

На правах рукописи

МАЛИК Саад

ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ
БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ГОЗОПРОВОДОВ В УСЛОВИЯХ
РЕСПУБЛИКИ ПАКИСТАН НА БАЗЕ ГИС

Специальность 25.00.35 – Геоинформатика

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Санкт – Петербург – 2012

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Российский государственный гидрометеорологический университет» на кафедре морских информационных технологий.

Научный руководитель: Митько Валерий Брониславович,
Доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Истомин Евгений Петрович, доктор технических наук, профессор, декан факультета информационных систем и геотехнологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Российский государственный гидрометеорологический университет»

Веремьев Владимир Иванович, кандидат технических наук, доцент, директор НИИ радиоэлектронных систем прогнозирования чрезвычайных ситуаций Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ им.В.И.Ленина»

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

Защита состоится «31» мая 2012 года в 15-30 на заседании диссертационного совета Д 212.197.03 в Российском государственном гидрометеорологическом университете по адресу: 195196, Санкт-Петербург, пр. Металлистов, д.3, аудитория 102

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного гидрометеорологического университета.

Автореферат диссертации разослан «30» апреля 2012 года

Ученый секретарь
диссертационного совета Бескид Павел Павлович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Концепция безопасного обеспечения населения углеводородными энергоносителями является одной из основных в формировании концепции Устойчивого развития, провозглашённого ООН на XXI век. Следствием этих решений явились программы и проекты, ориентированные на конкретные регионы мира, включая арктические. В большинстве населенных пунктов Пакистана энергоснабжение по некоторым важным качественным показателям не соответствует установленным стандартам и нормам. Это связано не только с устаревшими технологиями, применяющимися на централизованных газораспределительных станциях, но, главным образом, со слабым внедрением современных информационных технологий в системы управления газоснабжением на всех этапах от месторождения до потребителя.

Состояние исследования проблемы. Применительно к рассматриваемому направлению можно указать на работы учёных секции Геополитики и безопасности РАЕН по социально-политическому проекту «Актуальные проблемы безопасности социума» под руководством председателя научного совета Совета безопасности РФ Пирумова В.С., в области объектно-ориентированных геоинформационных систем работы лаборатории объектно-ориентированных ГИС СПИИРАН (Попович В.В., Ивакин Я.А.), УНЦ «ГИС технологии» ЛЭТИ (Алексеев В.В., Куракина Н.И.), в области методологии оценки рисков работы СПбГПУ (Дубаренко К.А., Гуменюк В.И., Яковлев В.В.), в области логико-вероятностных методов работы ВМА им. Н.Г. Кузнецова (Рябинин И.А., Можаяев А.С., Поленин В.И.), НИИ Гостехнадзора (Мартынюк В.Ф., Суворова В.В., Смирнова В.В.) в области ГИС работы ГМА им. С.О.Макарова (Биденко С.И.), РГГМУ (Бескид П.П., Истомин Е.П.), в области экологических аспектов оценки характеристик водных объектов работы СПбГУ (Дмитриев В.В.), НИИ РЭС ПЧС СПбЭТУ (Веремьёв В.И.). Из зарубежных исследователей следует указать на работы представителей Пакистана и других газодобывающих стран.

Однако существуют резервы повышения безопасного газоснабжения, которые определяются всё более точными моделями систем управления

качеством газообеспечения с использованием объектно-ориентированных ГИС, развитием информационных технологий оптимизации распределения усилий на основе оценки рисков газообеспечения с учётом обстановки в источниках, системе транспортировки и реализации.

Таким образом **объектом** настоящего исследования являются современные системы газообеспечения, а предметом исследования – комплексная **система управления** безопасностью систем газообеспечения урбанистических сообществ различного масштаба.

Актуальность диссертационного исследования обусловлена необходимостью совершенствования технологий газообеспечения и природных источников газодобычи, подверженных природным и антропогенным воздействиям, градостроительных особенностей, разработки способов повышения качества газообеспечения урбанистических сообществ различного масштаба.

Исследования по теме ранее выполнялись в рамках НИР «ЯкутХАБИТАТ», «МурманХАБИТАТ», а также будут продолжены в рамках плановых НИР «КрасноярскХАБИТАТ».

Основной целью работы является разработка информационных технологий для повышения качества газообеспечения в соответствии с критериями, принятыми в мировом сообществе.

Для достижения указанной цели решены следующие задачи:

-осуществлён анализ факторов, определяющих безопасность газообеспечения в различных регионах, при различных способах газообеспечения и применения средств управления газообеспечением;

-разработана геоинформационная модель системы газообеспечения, учитывающая факторы, существенно влияющие на эффективность функционирования системы, с оценкой ее адекватности содержанию решаемых задач;

-обоснованы предложения по оптимизации системы газообеспечения, основанные на удовлетворении мировым критериям безопасности;

-выработаны рекомендации по рациональному оборудованию урбанистических сообществ элементами газообеспечения, основанными на инновационных технологиях;

-обоснована целесообразность внедрения разработанных предложений.

Основными методами исследований являлись анализ и обобщение данных, формирование базы данных в геоинформационной системе, аналитический расчёт, алгоритмизация и программирование, имитационное моделирование и статистический анализ. Основным инструментом реализации указанных методов явилось применение общей теории статистических решений, применение логико-вероятностных и логико-статистических методов, объектно – ориентированное моделирование, машинный эксперимент и сопоставление его результатов с данными, полученными в ходе исследования. Разработанные модели, алгоритмы и методики программно реализованы на персональном компьютере

На защиту выносятся:

1. Концепция информационной поддержки управления безопасным газоснабжением городов и поселений Республики Пакистан на базе ГИС-технологий.
2. Геоинформационная модель управления безопасным газоснабжением с учётом характеристик источника, индикаторов безопасности и факторов влияния.
3. Логико-вероятностный метод оценки рисков некачественного газоснабжения и построения георельефа рисков в геоинформационной системе.
4. Методика обоснования масштаба урбанистического сообщества в системе газопотребления при централизованном газоснабжении.

Кроме того, в качестве дополнительных научных результатов выдвигаются следующие:

Рекомендации по рациональному оборудованию городов и населённых пунктов системами газоснабжения для хозяйственных целей.

Предложения по структуре базы данных источников газоснабжения в Республике Пакистан в геоинформационной системе.

Научная новизна результатов исследований заключается в разработке концепции информационной поддержки управления безопасным газоснабжением урбанистических сообществ на базе объектно-ориентированной геоинформационной модели, логико-вероятностного метода и обоснования

предложений по повышению безопасности газоснабжения урбанистических сообществ различного масштаба.

Теоретическая и практическая значимость исследований состоит в дальнейшем развитии логико-вероятностных и логико-статистических методов объектно-ориентированного моделирования структурно-сложных информационных систем. К основным практическим результатам можно отнести анализ, обобщение и оценку данных по характеристикам источников и трасс газоснабжения в геоинформационной системе Пакистана, влияющих на безопасность газоснабжения сегментов населённых пунктов страны, рекомендации по выбору параметров и структуры системы газоснабжения с учётом мировых индикаторов.

Достоверность научных положений и выводов подтверждена непротиворечивостью полученных результатов данным в литературных источниках, корректным применением современных методов математико-статистической обработки исходных данных, согласием с экспертными оценками.

Личный вклад автора заключается в формулировке задач, реализации методов их решения и анализе полученных результатов.

Использование результатов исследований. Автор участвовал в ряде НИР и ОКР РосНИПИУрбанистики РФ, Агентства по наукоёмким и инновационным технологиям «Прогноз-Норд», относящихся к оптимизации схем территориального планирования и оценки безопасности газоснабжения в соответствии с мировыми стандартами. Основные результаты работы использованы в НИР «ЯкутУрбан», «МурманУрбан», учебном процессе РГГМУ.

Апробация работы. Результаты исследований обсуждались на международных конференциях: «День Балтийского моря 2010, 2011», «Цели развития тысячелетия и инновационные принципы устойчивого развития арктических регионов 2011» и научных семинарах в РГГМУ.

Публикации. Результаты исследований опубликованы в 7 работах автора, включающих научные статьи, тезисы докладов и труды конференций, из которых 3 включают публикации в изданиях перечня ВАК.

Объем и структура работы. Работа объёмом 148 страниц состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы, включающего 127 наименований, содержит 28 рисунков, 6 таблиц.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы, формулируется целевая установка, определяется содержание научных исследований в интересах народно-хозяйственных задач на основе устойчивого развития.

В первой главе обобщаются данные по существующим принципам и моделям газоснабжения городов и поселений Республики Пакистан с формированием базы данных по имеемым и используемым источникам, их характеристикам и факторам, определяющим безопасность газоснабжения на различных этапах от месторождения до потребителя. Компания SNGPL отвечает за безопасное, надежное и эффективное распределение природного газа в северных районах Пакистана. Общая длина Распределительной системы составляет около 67500 км, которая обеспечивает 47.57 Кубометровых метров природного газа 3.45 миллионам пользователям в 1542 городах и селах. Услуги предоставляются в 8 районов страны. Существуют 3.35 миллион домашних, 52242 коммерческих и 5953 промышленных потребителей.



Рис.1. Основные источники газа Северного Пакистана

Анализируются и классифицируются существующие способы транспортировки газа. Производится сравнительный анализ факторов, влияющих на безопасность функционирования элементов газоснабжения, что представлено в таблице и на рис.1:

Таблица 1. Обобщённое число аварий на газопроводах (2005-2010г.г.)

Причина	Количество аварий	Длина газопровода
Землетрясение	3	59
Естественное старение	15	582
Наводнение	45	890
Терроризм	643	331
Другие	34	86

Статистический анализ данных по авариям является основой для применения прогнозных оценок риска и величины ущерба от аварий. В первой главе также формулируется Концепция информационной поддержки управления безопасным

газоснабжением городов и поселений Республики Пакистан на базе ГИС-технологий.

Эти характеристики рекомендуется формировать в базе данных ГИС для использования при расчёте рисков нарушения безопасности газоснабжения.

Реализация базы данных в ГИС позволяет осуществлять пространственный анализ качества газоснабжения урбанистических сообществ и визуализацию сложившейся обстановки. Выявленные в процессе исследования негативно эволюционирующие факторы определили необходимость разработки концепции информационной поддержки управления качеством газоснабжения на базе ГИС- технологий и системного учёта их эволюции при прогнозировании и оптимизации газоснабжения.

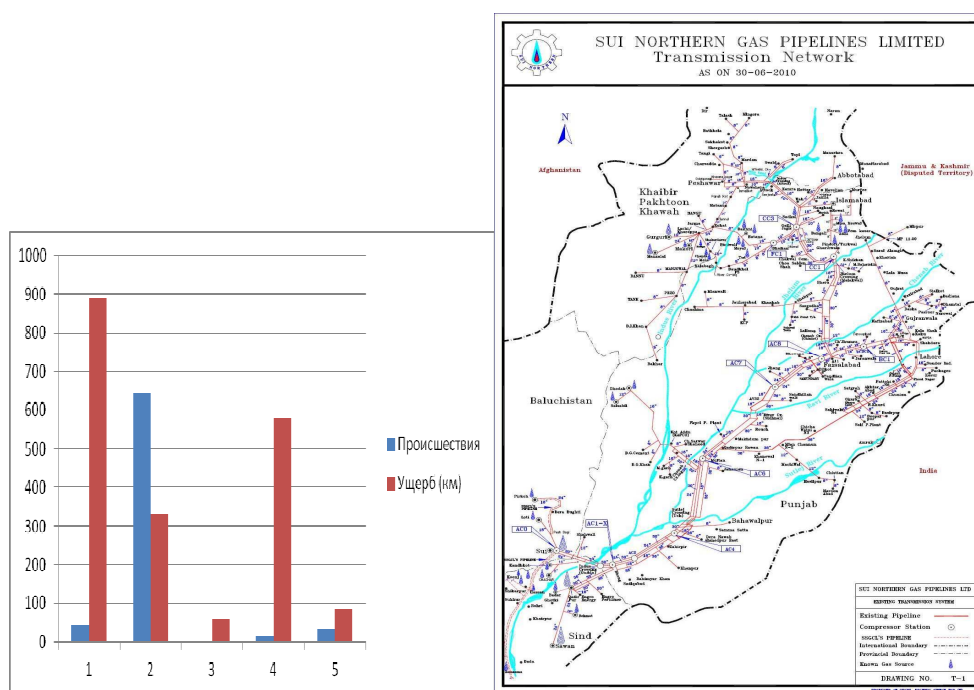


Рис. 2. Обобщённые данные по ущербу от аварий на газопроводах и схема газопроводной системы Пакистана

Формирование базы данных и базы знаний в ГИС по месторождениям газа является важным элементом технологий информационной поддержки управления безопасной эксплуатацией при управлении развитием территорий и оценке рисков в системе газоснабжения потребителей газа республики Пакистан. Пространственные характеристики трёх основных источников возникновения аварий приведены в Таблице 2:

	1	2	3	4
Наводнения	Белуджистан	Хайбер П. Х.	Синд	Пенджаб
Землетрясения	Синд	Пенджаб	Белуджистан	Хайбер П.Х.
Терракты	Пенджаб	Синд	Хайбер П.Х.	Белуджистан
Строит. работы	Белуджистан	Хайбер П. Х.	Синд	Пенджаб

В этой таблице опасности распределены по степени возрастания, они явились основой для построения соответствующего слоя в ГИС, характеризующего георельеф рисков для расчёта вероятности безопасной эксплуатации газопроводной системы в соответствующем регионе и разработки концепции информационной поддержки управления безопасным газоснабжением городов и поселений Республики Пакистан на базе ГИС-технологий, содержание которой представлено на рис. 3.



Рис. 3. Основное содержание концепции информационной поддержки управления безопасным газоснабжением городов и поселений Республики Пакистан на базе ГИС-технологий

Концепция основана на работах, выполненных в России и концепции развития системы газоснабжения основных фирм Пакистана.

Во второй главе разрабатывается *геоинформационная модель системы газоснабжения*, учитывающая факторы, существенно влияющие на эффективность функционирования системы, с оценкой ее адекватности решаемым задачам. Применительно к городу Карачи в качестве примера исследуется один из микрорайонов с типовым кварталом застройки. Результатом комплексного подхода к оценке рисков газоснабжения в ГИС явилась разработка предложений по практическому расчёту для выбранного типового квартала застройки пространственного распределения вероятности возникновения аварии в газораспределительной системе и построения георельефа рисков.

Разработанная геоинформационная модель предлагается в качестве эффективного инструмента при решении задач управления развитием территорий на региональном и муниципальном уровнях, территориальном планировании и эксплуатации систем газоснабжения для коллективных и индивидуальных потребителей газа республики Пакистан.

Для целей территориального планирования эффективным средством является построенный в ГИС георельеф рисков, определяющий распределение по территории необходимые средства газоснабжения. Количественные оценки рисков возникновения аварий магистрального трубопровода на входе в микрорайон Карачи могут быть сделаны на основе логико-вероятностных методов, развиваемых в работе.

Третья глава посвящена обоснованию комплексного подхода к оценке рисков в структурно сложных системах. Рассмотрены три основных подхода:

-с применением критериев, основанных на расчёте мультипликативных показателей по методу школы проф. Яковлева В.В.

-с применением логико-вероятностных методов школы проф. Рябинина И.А.

При использовании мультипликативных показателей риска некачественного газоснабжения в работе адаптирован показатель - мера риска R определяемый как

свертка (зачастую - произведение) вероятности W реализации аварии и вероятного относительного ущерба M по формуле:

$$R=WM \quad (1)$$

где R - количественная мера (степень) риска; W - вероятность возникновения аварии; M - вероятный относительный ущерб при аварии. Значение риска в мультипликативном представлении можно трактовать как математическое ожидание ущерба. Вероятность W возникновения аварии определяется на основе анализа условий эксплуатации системы и обработки статистических данных об авариях. В простейшем представлении используя закон Пуассона распределения времени между авариями, полагая, что наступления аварий образуют простейший поток случайных событий, принимается:

$$P(\geq 1, t) = 1 - P(0, t) = 1 - \exp(-\lambda \cdot t) = W \quad , \quad (2)$$

Как мера риска возникновения аварии на рассматриваемом объекте за интересующий интервал времени t .

Таким образом, в инженерных оценках может быть рассчитана вероятность W возникновения аварии. Вероятный относительный ущерб M рассчитывается по следующей методике. На основе моделирования аварийной ситуации прогнозируются материальные M_v и людские N_v потери вследствие воздействия формируемых в аварии поражающих факторов. По таблице Классификации чрезвычайных ситуаций (Постановление Правительства РФ от 13.9.96 №1094) определяется вид чрезвычайной ситуации и соответствующие максимальные значения возможного материального ущерба M_{max} или гибели людей N_{max} . Тогда: $M_m = M_v / M_{max}$, или $M_n = N_v / N_{max}$, где M_m , M_n – вероятный относительный материальный и людской ущербы соответственно.

По этой методике несчастный случай со смертельным исходом взрослого человека оценивается суммой 80 000 руб, а расчеты выполняются по формуле:

$$M = \frac{k \cdot M_v + g \cdot N_v}{k \cdot M_{max} + g \cdot N_{max}} \quad , \quad (3)$$

где коэффициент k приводит к единой мере финансовые единицы измерения ущербов, коэффициент g равен выбранной мере стоимости жизни одного

человека в единицах, соответствующих единицам ущерба. Здесь можно, например, в качестве стоимости человеческой жизни выбирать условные значения, соответствующие конкретным регионам и оценкам экспертов.

При применении логико-вероятностного метода для оценки рисков безопасной эксплуатации газопроводов, современные системы газоснабжения можно отнести к классу структурно-сложных систем. Разнообразие существующих систем и выбор класса структурно-сложных систем для последующего исследования может быть основан на анализе моделей централизованного, децентрализованного и смешанного газоснабжения, имеющие как структурные, так и географические особенности. К примеру первый тип более адекватен крупным городам, второй – сельской местности, третий – населённым пунктам с окраинными территориями. В данной работе рассмотрены только структурно-сложные системы (ССС), к которым относятся системы газоснабжения всех трёх типов.

Понятие сложности учитывает как сложность структуры системы, так и сложность функций, реализуемых системой. Под «сложной системой» понимается система, которую можно описать не менее чем на двух различных математических языках. Под «структурно-сложными системами» в работе понимаются такие системы, которые при математическом описании не сводятся к последовательным, параллельным или древовидным структурам. Структурно-сложные системы описываются сценариями сетевого типа с циклами и неустранимой повторностью аргументов при их формализации. Независимо от природы изучаемой СССР при решении соответствующих задач используются одни и те же абстрактные модели, а именно логико-вероятностные.

Единственным практически реальным и доступным путем для проектирования и исследования СССР является моделирование. Принято, что большинство реальных систем газоснабжения относятся именно к классу СССР, но из-за математических трудностей они пока изучаются в основном описательным путем. Для структурно-простых систем разработаны количественные методы описания и построения логико-вероятностных моделей.

При логико-вероятностном моделировании установлены четкие правила замещения логических аргументов (x_i) в функциях алгебры логики - $y(x_1, \dots, x_n)$ вероятностями их истинности $P\{x_i = 1\}$ и логических операций: конъюнкции (\wedge), дизъюнкции (\vee), отрицания (\neg) арифметическими операциями: умножения (\times), сложения ($+$), вычитания ($-$). Вероятностная функция (ВФ) — это вероятность истинности функции алгебры логики, т.е. $P\{y(x_1, \dots, x_n) = 1\}$.

В работе используются логические уравнения - аналитическая запись задачи о разыскании значений аргументов, при которых значения двух данных функций равны

$$f_1(x_1, \dots, x_n) = f_2(x_1, \dots, x_n), \quad (4)$$

где x_n - неизвестные аргументы.

Решениями (корнями) уравнения являются такие значения неизвестных аргументов x_i , при которых соблюдается равенство (4). Системой уравнений является совокупность уравнений, для которых требуется найти значения неизвестных, удовлетворяющих одновременно всем уравнениям. В работе отдаётся предпочтение понятию системе логических уравнений в виде

$$y = y(f_1, f_2, \dots, f_n), \quad (5)$$

$$f_i = a_i \vee a_{i1} f_1 \vee a_{i2} f_2 \vee \dots \vee a_{in} f_n = 1, \dots, n, \quad (6)$$

где a_i - функции алгебры логики, выраженные через логические переменные x . В работе под логико-вероятностной теорией безопасности понимаются основные знания по расчетам опасности возникновения аварий и катастроф структурно-сложных систем, базирующиеся на логическом представлении развития опасных состояний и математических методах вычисления истинности функций алгебры логики, представляющих функцию опасности системы.

Демонстрационный пример применения информационной технологии общего логико-вероятностного метода в специализированной системе автоматизации проектирования, мониторинга и управления эксплуатацией централизованных систем газоснабжения (ЦСГ) выполнен для системы, представленной на рис. 4.

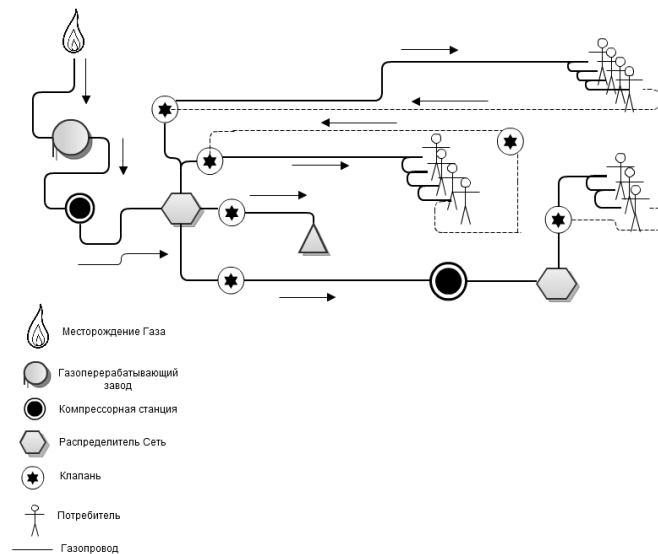


Рис. 4. Модель централизованной системы газоснабжения

Эта модель включает все атрибуты ЦСГ со следующими структурными и качественными характеристиками:

Ориентировочный масштаб – квартал города Карачи с населением порядка 100-150 тыс. чел. Каждый из показанных на схеме потребителей соответствует микрорайону с 15-20 жилыми домами с населением численностью порядка 1 тыс. чел. каждый. В задаче требуется: оценить надежность ЦСГ в функции текущего времени в основном и резервном режимах функционирования; оценить критически важные объекты (элементы) ЦСГ и степень деградации ЦСГ при их выходе из строя; рассчитать риски возникновения аварий в системе газоснабжения; оценить целесообразные мероприятия по совершенствованию и восстановлению ЦСГ (замене устаревших элементов) и достигаемый эффект.

Схема функциональной целостности ЦСГ по первому варианту исходных данных для основного режима функционирования, составленная по технологии логико-вероятностного метода на фоне структуры ЦСГ, представлена на рис.5.

При визуализации различными цветами выделяются фиктивные вершины, связанные с расчетом показателей надежности и риска. Одна из фиктивных вершин отражает показатель надежности системы потребителей газоснабжения, а другая вершина – системы обеспечения газоснабжения. Каждая из этих вершин дизъюнктивно объединяет кустовые схемы, частные показатели которых

формируются дизъюнктивным и конъюнктивным объединением соподчиненных элементов согласно логике их взаимодействия. Первая из указанных фиктивных вершин отражает комплексный показатель надежности ЦСГ. Расчет показателя безотказности функционирования ЦСГ осуществлялся последовательно для указанных выше двух вариантов ЦСГ: первый – имеющей устаревшие элементы и газопроводы различного диаметра, второй – имеющей улучшенные элементы и газопроводы.

Результаты расчета показателя безотказности функционирования ЦСГ в основном режиме функционирования представлены в окне моделирования и расчетов с применением программного комплекса автоматизированного структурно-логического моделирования систем (ПК АСМ) (рис. 6).

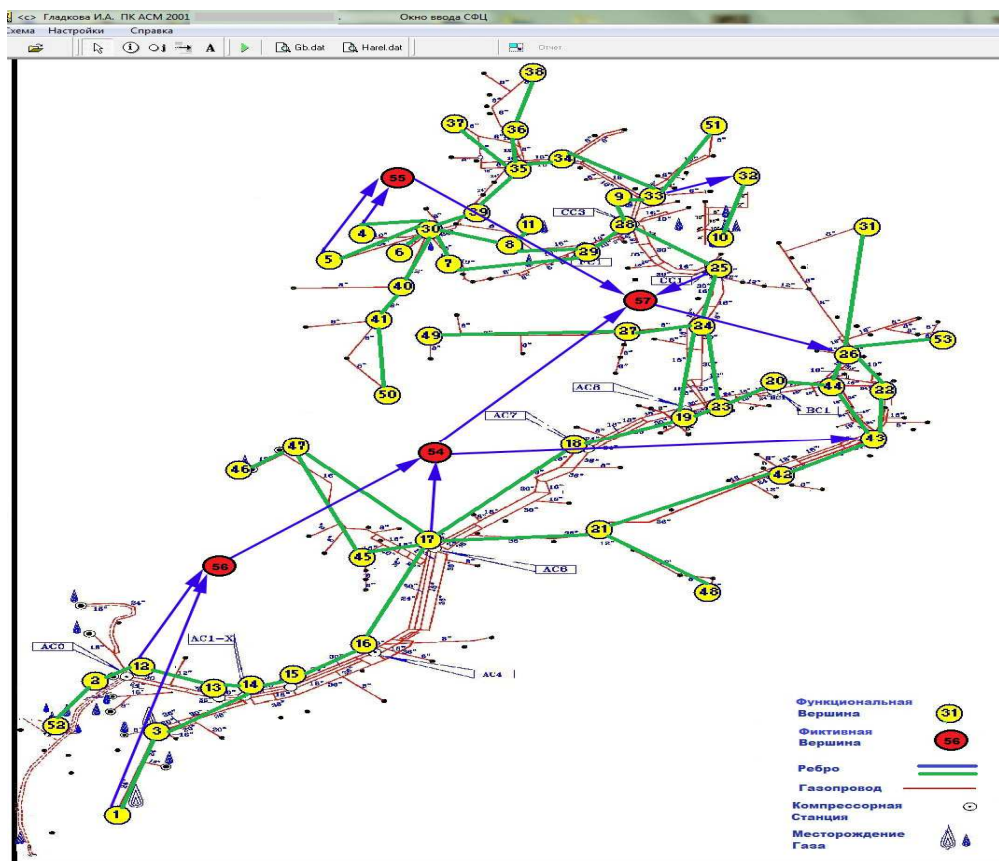


Рис. 5. Схема функциональной целостности на фоне структурной схемы ЦСГ в основном режиме функционирования

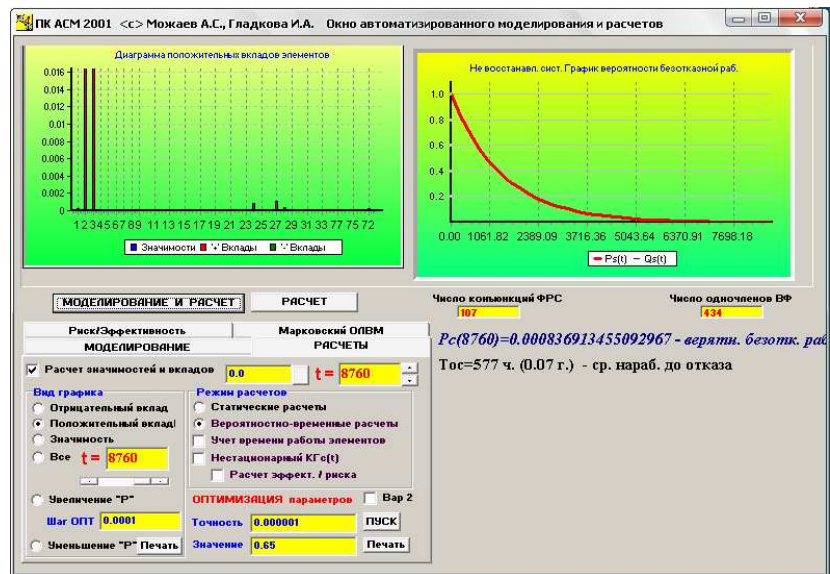


Рис. 6. Окно моделирования и расчетов ПК АСМ с результатами оценки показателей безопасного функционирования ЦСГ за 1 год в основном режиме функционирования

Полученное значение показателя свидетельствует о низкой надежности ЦСГ в целом. Средняя наработка на отказ составляет всего 577 час или около 24 суток. Вместе с тем, она подтверждается средними статистическими характеристиками возникновения отказов на реальных ЦСГ Пакистана. *Приведённые информационные структуры и алгоритмы характеризуют ОЛВМ, как эффективный и перспективный пример информационной технологии обеспечения управления качеством газоснабжения и может быть рекомендован к внедрению в ведущих фирмах газовой промышленности Пакистана.*

Практическое применение ОЛВМ для моделирования и расчета различных характеристик сложных систем облегчается тем, что все основные технологические этапы построения логических, вероятностных моделей и вычисления показателей полностью автоматизированы и реализованы в программных комплексах автоматизированного структурно-логического моделирования. Программный комплекс автоматизированного структурно-логического моделирования и расчета надежности и безопасности систем «АРБИТР» (ПК АСМ СЗМА) аттестован Советом по аттестации программных

средств Ростехнадзора РФ и в настоящее время используется промышленными организациями РФ.

На исследователя возлагается только задача составления схемы функциональной целостности системы, то есть задача, свойственная проектировщикам систем. Нет необходимости ни выбора метода, ни аналитической работы по составлению и решению систем алгебраических или дифференциальных уравнений. Таким образом, применением ОЛВМ достигается радикальное разрешение проблемы перехода от качественной графической формы модели структурно-сложной технической системы к формальной вероятностной математической модели с автоматическим обеспечением ее адекватности графической модели и корректности программной реализации. Следует подчеркнуть, что применений технологии информационной поддержки в обеспечении безопасной эксплуатации газопроводной системы Республики Пакистан в части применения ГИС с базой данных по характеристикам газопроводов представляет собой довольно трудную задачу, поскольку за время эксплуатации системы не производилось систематизированное накопление этих данных и тем более их анализ для применения в базе знаний. В работе предприняты некоторые усилия по восполнению этого пробела и на рис. 7. Эти данные необходимы для выполнения расчётов по безопасной эксплуатации системы газоснабжения по всем методикам, рассматриваемым в работе и применяемым газовыми компаниями Пакистана.

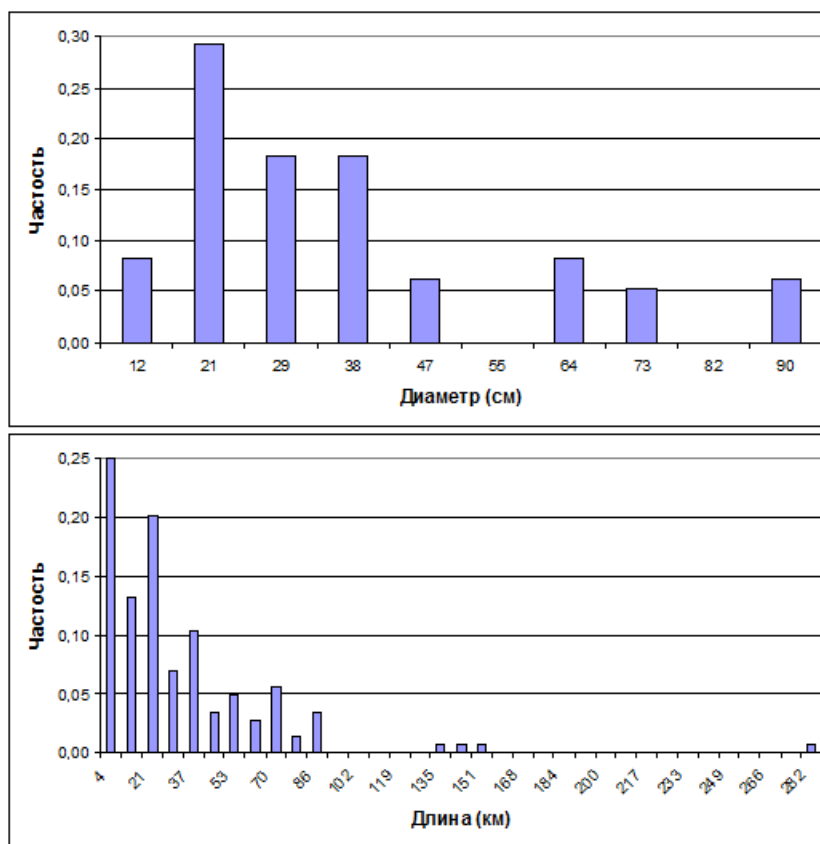


Рис. 7. Статистические характеристики диаметров и длин газопроводов В Республике Пакистан

В работе рассматривались методики оценки безопасного функционирования газоснабжения в России, поскольку сравнение их с подобными алгоритмами, применяемыми в Республике Пакистан, могут быть сделаны только на качественном уровне по ряду причин, прежде всего из-за чрезвычайной конфиденциальности данных, необходимых для оценок.

В четвёртой главе на основе разработанных геоинформационных технологий выполнено экономическое обоснование целесообразных способов транспортировки газа в зависимости от ситуаций, обоснован оптимальный масштаб потребителей для оборудования газораспределительными станциями и оптимальной густоте газопроводных систем.

По данным пакистанских компаний Пакистан обладает хорошо развитой и интегрированной системой транспортировки и распределительной сетью трубопроводов для поставок природного газа конечным потребителям. Газоснабжение обеспечивается сетью газопроводов, представленной трубами

большого диаметра и сравнительно высокого или среднего давления газа. Они проложены вдоль основных коммуникаций. Газораспределительная сеть включает взаимосвязанные трубопроводные системы низкого давления, которые осуществляют подачу природного газа с сетевого питания на точки, прилегающие к площадке пользователя. Природный газ проходит от распределительных станций на газовый счетчик потребителя через службы газопровода. Газораспределительная система состоит из различных труб размером от 1,9 см до 106,6 см в диаметре из стали и полиэтиленового материала.

Магистральные газопроводы, которые проходят через страну, контролируются и управляются с компрессорных станций и распределительных пунктов, которые равномерно распределены по всей стране. Тринадцать из всех компрессорных станций обеспечивают отправку газа в центральную и северную части страны, а 8 станций отправляют газ в южный Пакистан. Технические характеристики трубопроводов и газораспределительных станций являются основой для определения рисков и оптимизации масштаба территории (количества пользователей) по критерию «эффективность-стоимость». Для этих целей в работе используется метод целевой функции, который предполагает более корректное определение существа риска по сравнению с выше приведённым мультипликативным критерием (1). Кроме параметров, участвующих в решении задачи определения значений риска по мультипликативному критерию, необходима дополнительная информация о затратах и о потенциальной экономической (платежной) способности предприятия, региона или лица, ответственного за принятие решения. В статистической постановке целевая функция риска рекомендована в работе. Для обоснования оптимального масштаба потребителей газа в работе адаптируется подход, основанный на методе целевой функции школы СПбГПУ, который предполагает более корректное определение существа риска по сравнению с ранее приведёнными выражениями. Целевая функция риска $\Pi(s)$ рекомендована в работе в следующем виде:

$$\Pi(s) = \frac{s_0 \cdot (1 - W(s_k))}{S} + \frac{[(k \cdot M_v + g \cdot N_v) - m(s_1)] \cdot W(s_k)}{k \cdot M_{\max} + g \cdot N_{\max}}, \quad (7)$$

где s_0 - затраты на создание технической системы (объекта); $W(s_k)$ - вероятность возникновения аварийной ситуации, значение которой определяется средствами s_k , затрачиваемыми на предотвращение возникновения аварийной ситуации; Mv - прогнозируемый ущерб материальным ценностям и окружающей природной среде; Nv - прогнозируемые людские потери в размерности выбранных финансовых средств; s_1 - затраты на обеспечение безопасности системы (снижение ожидаемого ущерба); s_k - средства, выделяемые на предотвращение аварий; k, g - коэффициенты приведения стоимостных показателей ущерба и потери населения к единой мере; $m(s_1)$ - функция предотвращенного ущерба, значение которой определяется выделяемыми средствами s_1 :

$$m(s_k) = k \cdot m_v(s_M) + g \cdot n_v(s_N) \quad (8)$$

$m_v(s_M)$ - предотвращенный материальный ущерб; $n_v(s_N)$ - предотвращенный ущерб вследствие людских потерь; $s_1 = s_M + s_N$; S - потенциальная платежная способность заказчика или лица, ответственного за принятие решения.

$$S \geq s_0 + s_M + s_N + s_k \quad (9)$$

Вероятность негативного воздействия на среду обитания $W(s_k)$ может быть представлена в виде зависимости от надежности исследуемой технической системы:

$$W(s_k) = W(s_x) \cdot [1 - P(s_y)] \quad (10)$$

где $s_k = s_x + s_y$; $W(s_x)$ - вероятность развития аварии (отказа, поломки) технической системы или технологического процесса и формирование чрезвычайной ситуации. Значение этой вероятности зависит от объема средств s_x , выделенных на локализацию аварии; $P(s_y)$ - надежность (вероятность безотказной работы) технической системы или технологического процесса, значение которой зависит от средств s_y , выделенных на повышение надежности.

Анализ целевой функции может быть использован для оценки масштаба потребителей газа. При стремлении вероятности возникновения аварии к нулю величина функции риска стремится к отношению затрат на создание системы (объекта) к потенциальным платежным способностям (состоянию) заказчика. При стремлении вероятности возникновения аварии к единице - значение показателя

риска определяется вторым слагаемым, т.е. относительным ущербом. Напрашивается вывод о том, что для высоконадежных, хорошо защищенных систем следует обращать внимание на риск в виде относительной стоимости системы. В случае, когда вероятность возникновения аварийной ситуации достаточно высока, особого внимания заслуживает вклад средств на предотвращение ожидаемого ущерба, защиту населения и ценностей.

Приоритетной остается задача выделения достаточных средств для снижения вероятности возникновения аварии перед мерами по снижению ожидаемого ущерба. В реальных условиях на основе анализа целевой функции оптимальным сообществом потребителей газа является в настоящее время современный дом или кондоминиум с населением порядка 1000-1500 человек. При таких условиях минимальной удельной ценой (на каждого члена социума) обеспечивается заданное значение степени риска коллективов от 1000 человек. При потреблении среднестатистической городской семьей 250 кубометров газа в месяц общее количество газа составит 41000 кубометров на 1 дом в месяц.

В **заключении** приводятся итоги работы, перечисляются полученные научные и практические результаты, раскрывается степень их достоверности, новизны и вклада в науку и практику, указываются сведения о реализации научных результатов, а также предложения по дальнейшему использованию результатов исследования, отмечаются нерешённые вопросы, которые могут служить предметом дальнейших исследований.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Решение задач диссертационного исследования позволило получить новые научные и практические результаты, составляющие концепцию информационной поддержки управления безопасной эксплуатацией газопроводов в условиях

республики Пакистан, а также повышения качества газоснабжения отдельных потребителей газа.

1. Разработанная геоинформационная модель газоснабжения, включающая слои пространственного распределения тенденций изменения параметров газодобывающих месторождений, позволяет повысить эффективность функционирования системы на основе прогноза и учёта факторов влияния, пространственных характеристик территорий и масштабов сообществ потребителей газа.

2. Логико-вероятностный метод оценки рисков безопасного газоснабжения и построение георельефа рисков в ГИС обеспечивают адекватные практике газоснабжения результаты и позволяют объединить операции, основанные на детерминистическом, вероятностном, логическом и статистическом анализе структурно сложной системы газоснабжения.

3. Методика обоснования масштаба сообщества потребителей газа в системе распределения газа при централизованном газоснабжении определило для выбранных условий масштаб порядка 10000-15000 жителей, что является научно обоснованной информационной поддержкой принятия решений в этой области.

4. Рекомендации по рациональному оборудованию городов и населённых пунктов Пакистана системами газоснабжения являются важным инструментом, снижающим риск возникновения аварий на магистральном газопроводе.

5. Реализация предложений для организации и структуры базы данных в геоинформационной системе позволит структурировать распределение газа по магистральным трубопроводам юга и севера Пакистана, улучшит ситуацию в сфере управления газоснабжением внутри городов страны, а также повысит безопасность эксплуатации газопроводов.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Малик С., Минина М.В., Соболева К.В. «Технологии информационной поддержки экологического менеджмента водопользования. Известия ЮФУ № 9, Таганрог.-2011.-С.200-206.

2. Малик С., Седова А.П., Ткаченко Н.Н. Технологии информационной поддержки управления безопасной эксплуатацией газопроводов в гидрометеороусловиях Республики Пакистан. Учёные записки РГГМУ №1, СПб.-2012.-С.18-24.

3. Малик С., Митько В. Б., Седова А.П. Технологии геоинформационной поддержки управления качеством жизни в арктических регионах России. Труды II Всерос. Научн.-практ. форума «Экология: синтез естественно-научного, технического и гуманитарного знания», Саратов.-2011.-С.86-90.

4. Митько В.Б., Малик С. Инновационный подход к определению масштаба урбанистического сообщества для построения коллективной системы водоочистки. Материалы межд. Конф. «День Балтийского моря» -2011,- СПб.- С.256-258.

Mitko V. B., Malik S. Innovative Approach for the Urbanistic Community Scale Determination for the Collective Water Cleaning System Creation. DBS-2011.-P.258-259.

5. Малик С., Митько В. Б., Седова А.П. Геоинформационные технологии систем жизнеобеспечения в Арктических регионах России. Труды IV Межд. Конгресса. «Цели развития тысячелетия и инновационные принципы устойчивого развития арктических регионов». СПб.:ООО «ПИФ.СОМ», 2011.-С.9-12

6. Малик С., Минина М.В. Геоинформационные технологии поддержки управления системами жизнеобеспечения социума. Материалы межд. конгресса «Цели развития тысячелетия и инновационные принципы устойчивого развития Арктических регионов», т.1, СПб.: «ПИФ.СОМ».-2010.-С.50-55

7. Малик С., Минина М.В., Митько В.Б. Структура геоинформационной модели управления безопасной эксплуатацией газопроводов на территории республики Пакистан. Материалы межд. конгресса «Цели развития тысячелетия и инновационные принципы устойчивого развития Арктических регионов», т.1, СПб.: «ПИФ.СОМ».-2010.-С.244-250