

Обзор подходов к организации систем сбора информации о продукции газовых и газоконденсатных месторождений

Review of approaches to the organization of systems for gathering information on the production of gas and gas condensate deposits

doi 10.26310/2071-3010.2021.274.8.006



Т. С. Ульянова,
аспирант, кафедра систем
автоматизации производства
✉ uljanova1980@mail.ru

T. S. Ulyanova,
postgraduate student, department
of industrial automation systems



С. С. Акимов,
старший преподаватель,
кафедра управления и информатики
в технических системах
✉ sergey_akimov_work@mail.ru

S. S. Akimov,
senior lecturer, department of management
and informatics in technical systems



А. С. Боровский,
д. т. н., доцент, зав. кафедрой,
кафедра управления и информатики
в технических системах
✉ borovski@mail.ru

A. S. Borovskiy,
doctor of technical sciences, associate professor,
head of department, department of management
and informatics in technical systems

Аэрокосмический институт, Оренбургский государственный университет
Aerospace institute, Orenburg state university

Современное состояние и развитие газодобывающей промышленности диктует новые требования к вопросам информационного обеспечения и сбора данных, поступающих с месторождений. В процессе проведения исследования, авторами проведен обзор из числа работ, описывающих проблемы и принципы использования современных систем сбора информации на газовых и газоконденсатных месторождениях. Проведенный обзор позволил сделать ряд значимых выводов о том, что существует определенная потребность во внедрении систем сбора и обработки данных, поскольку подобные системы позволяют реагировать на различные нештатные ситуации максимально оперативно. При этом в ряде работ указано, что месторождение корректно рассматривать как комплекс систем, контуры влияния которых, зачастую пересекаются. В этом случае образуется синергия взаимного влияния факторов, обладающая иной степенью влияния на систему, отличную от влияния факторов, несвязанных между собой.

Однако в системах противоаварийной защиты учет взаимного влияния факторов внутри технических и организационных систем на месторождениях распространен недостаточно широко, что может привести к аварийности и, следовательно, значительному снижению эффективности технологических процессов на газовых месторождениях. В настоящее время существуют исследования в области определения взаимного влияния различных эксплуатационных показателей деятельности на газовых и газоконденсатных месторождениях. Данные показатели слабо коррелируют с требованиями систем безопасности. Разработка современных систем противоаварийной защиты, наоборот, не учитывает комплексного влияния всех показателей, что может привести к неверной оценке ситуации и, следовательно, значительному снижению эффективности технологических процессов на газовых месторождениях. Создание системы безопасности, отвечающей современным требованиям к эксплуатации месторождений, учитывающей множество взаимно влияющих показателей, собираемых в процессе добычи, и использующей современные разработки в области техники и информационных технологий, является актуальной задачей нефтегазового промысла.

The current state and development of the gas industry dictates new requirements for information support and data collection from fields. In the course of the study, the authors reviewed a number of works describing the problems and principles of using modern data collection systems in gas and gas condensate fields. The review made it possible to draw a number of significant conclusions that there is a certain need for the implementation of data collection and processing systems, since such systems decide to respond to various emergency situations as quickly as possible. At the same time, a number of works indicate that it is correct to consider the field as a complex of systems, the contours of which often intersect. In this case, a synergy of mutual influence of factors is formed, which has a different degree of influence on the system, different from the influence of factors that are not related to each other.

However, in emergency protection systems, taking into account the mutual influence of factors within technical and organizational systems at fields is not widespread enough, which can lead to accidents and, consequently, a significant decrease in the efficiency of technological processes at gas fields. Currently, there are studies in the field of determining the mutual influence of various operational indicators of activities in gas and gas condensate fields. These indicators are weakly correlated with the requirements of security systems. The development of modern emergency protection systems, on the contrary, does not take into account the complex influence of all indicators, which can lead to an incorrect assessment of the situation and, consequently, a significant decrease in the efficiency of technological processes in gas fields. The creation of a security system that meets modern requirements for the operation of fields, taking into account a variety of mutually influencing indicators collected in the production process and using modern developments in the field of engineering and information technology is an urgent task of the oil and gas field.

Ключевые слова: системы сбора информации, газовые и газоконденсатные месторождения.

Keywords: information collection systems, gas and gas condensate fields.

Введение

Современное интенсивное развитие промышленности в целом, и газовой отрасли в частности, предопределяет повышение интенсивности использования месторождений, которое невозможно без комплекс-

ного повышения эффективности технологических процессов сбора газа.

Промысловый сбор газа имеет ключевое значение в общей системе топливно-энергетического комплекса. В процессе добычи из газоносных скважин извлеченный газ поступает в специальные системы сбора и

подготовки газа, вид и тип которых зависит от ряда факторов, в том числе и от проекта обустройств месторождения [10].

Современные системы сбора и подготовки извлекаемого газа представляют собой достаточно сложный синтез воздействия природных образований и комплекс специализированного промышленного оборудования. Все системы сбора и подготовки газа имеют различные назначения и конфигурацию, обусловленные множеством факторов, таких как особенности добычи, рельеф и другие. Данное обстоятельство обуславливает использование не только различных механических устройств, но и различных программных систем, обеспечивающих работу оборудования, применяемого на месторождениях.

В настоящее время значительное число ведущих специалистов в области добычи и переработки газа указывают на необходимость применения в данной отрасли современных информационных технологий [19], а также специализированных инструментов для работы с пространственными данными [36]. Отмечается также, что существует потенциальная возможность создания геоинформационных систем, обладающих определенной степенью проблемной ориентированности, и имеющих в своей основе гибкие производственные системы [14]. Применение таких систем в газодобывающих и газоперерабатывающих комплексах является, по мнению многих авторов, следующим шагом на пути к массовой интеллектуализации топливно-энергетического комплекса [30]. Для осуществления подобных операций применяются различные методы и алгоритмы, доказавшие свою эффективность в вопросах повышения эффективности производственных процессов [33].

В данной статье представлен всесторонний обзор современных методов, направленных на решение задач мониторинга состояния и функционирования систем сбора информации о продукции газовых и газоконденсатных месторождений. Особое внимание уделено системам, акцентирующим работу на снижение аварийности и повышение надежности взаимодействия различных технических систем.

Основная часть

Современные системы сбора и подготовки извлекаемого газа представляют собой достаточно сложный синтез воздействия природных образований и комплекс специализированного промышленного оборудования (рис. 1).

Ввиду сильной разветвленности газотранспортных магистралей и, как следствие, необходимость создания промежуточных пунктов сбора газа, роль которых выполняют газовые коллекторы, в настоящее время наиболее актуально применение именно коллекторных систем. Коллекторные системы, имеющиеся в составе газотранспортных систем, служат для промежуточного сбора газа, из которых последний перекачивается на центральный сборный пункт.

В настоящее время системы сбора газа классифицируются по ряду признаков, среди которых можно выделить рабочее давление, степень централизации технологических объектов газового оборудования, наличие коллекторов и конфигурирование коммуникации трубопровода [34]. Общая классификация систем сбора газа приведена на рис. 2.

Помимо наличия коллектора, как это отображено на рис. 2, системы сбора газа различаются конфигурацией, среди которых важное место занимает коллекторно-лучевая система сбора газа, представляющая собой несколько коллекторов, которые сходятся в одной точке, подобно лучам [7]. Накопленный опыт газового промысла выявил проблему извлечения газа из газоносных пластов, которая заключается в неполной выработке пласта за счет различных факторов, что снижает общую продуктивность добычи. Данное обстоятельство предопределяет необходимость создания оптимальных условий для работы газодобывающих систем, в том числе и коллекторно-лучевых систем сбора газа (КСС) с целью увеличения отдачи газоносного пласта и повышения общей эффективности добычи газа [27]. Общий вид КСС приведен на рис. 3.

Как уже было отмечено выше, КСС имеет в своем составе шлейф, к которому подведено и подключено

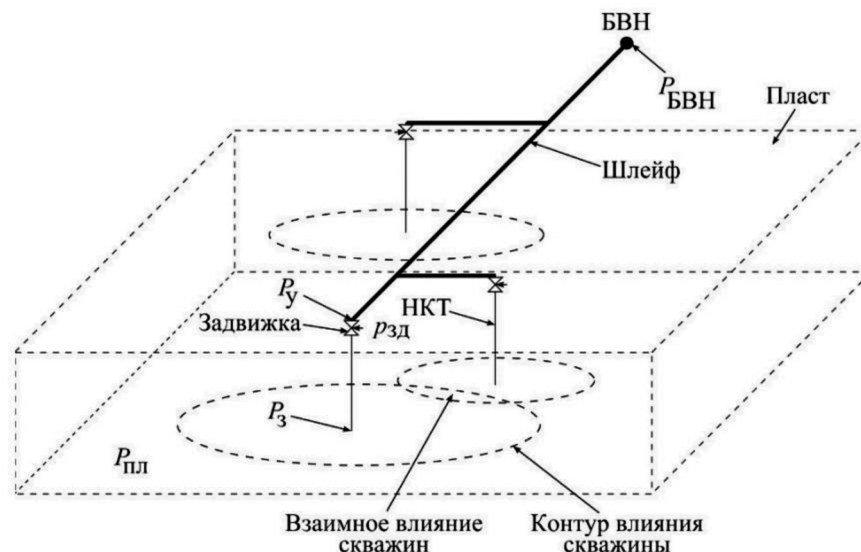


Рис. 1. Система сбора газа совместно с трубами насосной компрессии [11]

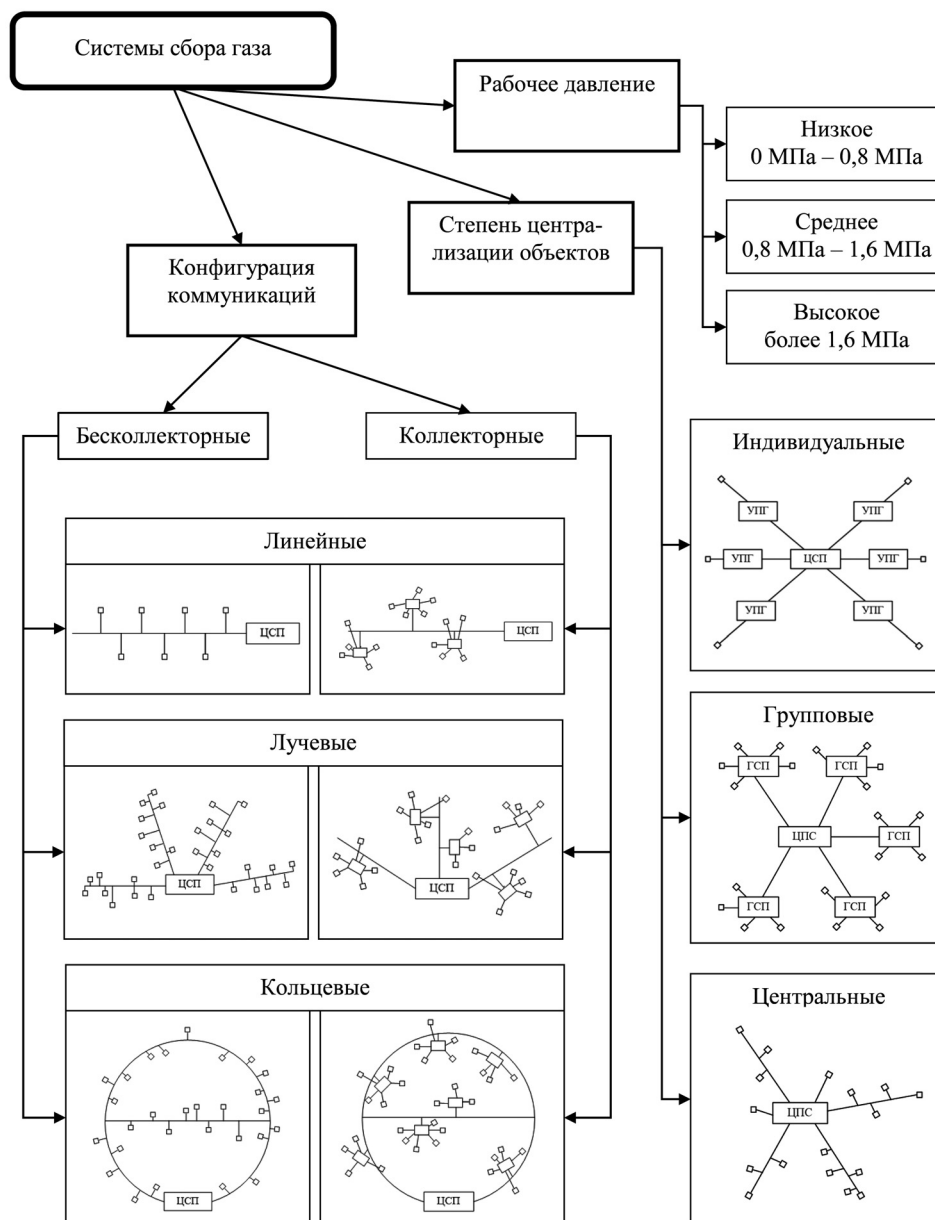


Рис. 2. Классификация систем сбора газа [37]

несколько скважин. Указанный шлейф, в свою очередь имеет подключение к блоку входных нитей (БВП), который, через специфические условия взаимодействия участвует в образовании общей системы подключения шлейфов к установке комплексной подготовки газа (УКПГ) [29].

Помимо перечисленного, для обеспечения системы автоматизированного управления и контроля, в КСС применяется специальное оборудование и программное обеспечение, обеспечивающее сбор и обработку данных с целью идентификации состояния контролируемой системы и выработки определенного управленческого воздействия.

На сегодняшний день существует множество подходов к способам организации систем сбора информации о состоянии коллекторно-лучевой системы сбора газа на месторождении.

В работе [25] рассмотрена задача контроля за информационной энтропией. В данном случае под

энтропией понимается качество управления, оцененная через неопределенность управляемой системы, потери информации в которой не должны превышать определенной величины [22].

Задача контроля за информационной энтропией реализована для больших технических систем, иначе говоря, задача сводится к снижению неопределенности, возникающей на различных этапах принятия управленческого решения. Указанная задача заключается в проведении автоматизированного мониторинга системы с целью выявления энтропии и расчета ее количественной оценки. Данное обстоятельство позволяет определить потенциальную возможность получения взвешенного решения, основываясь на оценке хранящихся данных в базе. Согласно мнению автора, представленный подход повышает эффективность принимаемых решений, при этом использование квазиструктурированных моделей информационного наполнения повышает эффек-

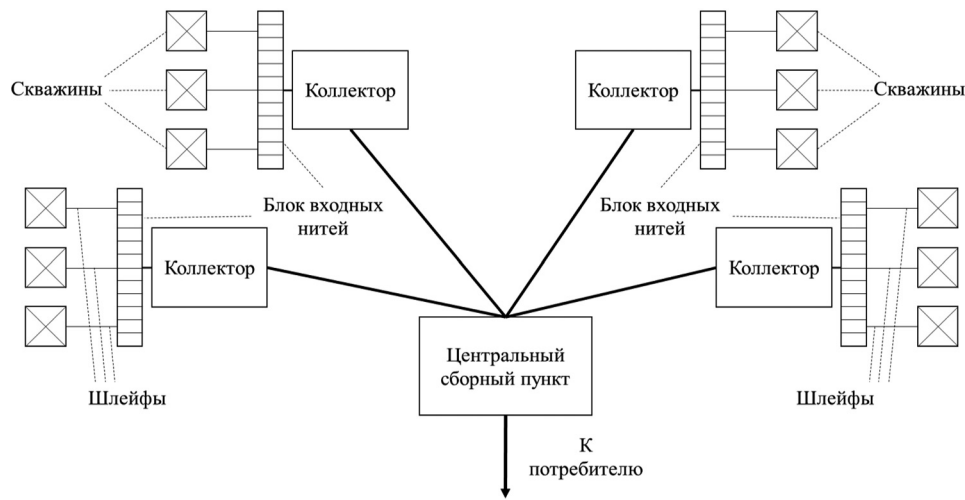


Рис. 3. Общий вид КСС

тивность обработки разноформатных документов с квазиструктурированным контентом.

В работе [24] данное исследование продолжено и дополнено. В частности, детально изучен способ идентификации состояния КСС газовой добычи для Оренбургского газоконденсатного месторождения. Указанный в работе способ заключается в квалитетической идентификации информационной энтропии, представленной электронными документами с разнообразным информационным наполнением. Оценка проводится на основе анализа эксплуатационного контента. Под квалитетической оценкой информационной энтропии, в контексте предлагаемой работы, понимается количественная оценка качества процесса управления с позиции полноты знаний об управляемой системе. Сама же поставленная задача мониторинга информационной энтропии КСС газа с месторождения сведена к четкому автоматизированному контролю количественной оценки полученной информационной энтропии для конкретного участка газораспределительной системы.

Схожий подход демонстрируется в работе [9]. В указанном исследовании рассмотрен подобный же способ автоматизированного контроля информационной энтропии для КСС газа с месторождения, который также заключается в количественной оценке качественного показателя. В основе системы управления лежит анализ сопутствующего эксплуатационного набора данных, занесенных в базу из систем оперативного сбора и выработка соответствующих рекомендаций по снижению данного контента до допустимых на производстве пороговых значений.

В работе [20] описана необходимость интеллектуализации производства предприятий нефтегазовой отрасли, для чего необходимо применение самых современных методов обработки и анализа данных, с использованием и информационно-телекоммуникационных технологий.

Автор делает упор на геоинформационные системы (ГИС), которые позволяют обрабатывать как атрибутивные, так и пространственные данные о производственных объектах газодобывающих и газотранспортирующих предприятий. В исследовании

отображено, что на производственных предприятиях газовой отрасли имеется достаточно значительное число задач самых различных классов, которые могут быть решены только с помощью ГИС. Далее в работе проведен анализ векторных универсальных ГИС на степень соответствия формируемой системы представленным требованиям предприятий отрасли. Данное обстоятельство позволило выявить существование четырех ГИС-платформ (ArcGIS 10.5, MapInfo Pro™ V. 16, ГИС «Панорама» 12, GET MAP), которые удовлетворяют указанным требованиям и позволяют разрабатывать проблемно-ориентированные ГИС для промышленных предприятий.

В исследовании [13] сформулированы требования (сбор данных, отбор определенных скважин, выбор геолого-технических мероприятий (ГТМ), оценка их эффективности и построения плана работ) предъявляемые к информационным системам (ИС) для управления геолого-техническими мероприятиями. С учетом всех поставленных в работе требований проведена полная разработка архитектуры ИС, перечислены достоинства подобной сервис-ориентированной архитектуры, и в дальнейшем получены первые результаты программной реализации ИС.

В работе [11] отмечено, что на современном этапе развития промышленной добычи газа в настоящее время достаточно строго очерчена задача, заключающаяся в создании цифровой экосистемы, характеризующейся целостностью и комплексностью. Под данной экосистемой авторы понимают достаточно специфичную среду, способную к обеспечению набора условий, в составе интеллектуального развития систем мониторинга технологическими процессами на объектах газодобычи и газораспределения, а также соответствующих им систем управления. Описываемые системы должны обладать достаточно широким функционалом, что может быть обеспечено только при условии глобального охвата поступления данных, обеспечиваемого специфическими контролирующими системами. Более того, поступающие данные, в том числе и агрегированные, должны подвергаться комплексному сопоставлению и обработке, что позволяет проводить не только аналитические работы, но и прогнозирование показателей,

с целью получения определенных характеристик при определенном управляющем воздействии на конкретной газотранспортировочной системе.

Ряд авторов [16] в своей работе отмечают, что современный уровень развития интеллектуальных систем управления технологическими процессами в процессе добычи, транспортировки и переработки газа позволяет диспетчерской службе получать в свое распоряжение достаточно обширную первичную информацию, которую целесообразно применять для решения возникающих оперативных задач управления. Однако данное обстоятельство не является гарантией того, что принимаемые решения будут не только оптимальными, но и даже правильными, соответственно эффективность подобных решений остается весьма сомнительной. В качестве примеров в данном исследовании взят технологический процесс, описывающий транспортировку газа по магистрали, который осуществляется транспортным предприятием, а также процесс сбора поступающего газа, реализованного соответствующим подразделением. Полученные результаты позволяют говорить о ряде проблем при ручной обработке данных и о высокой эффективности внедрения систем поддержки принятия решений (СППР) в подобные управляющие системы в газотранспортной отрасли.

В работе [12] отмечено, что сложившиеся в настоящее время тенденции на нефтегазовых промыслах формируют острую необходимость в проведении автоматизации комплексного типа, а также консолидации поступающей информации с различных объектов газовой промышленности. Информацию, поступающую с месторождений необходимо рассматривать системно и оперативно, с целью выработки своевременного управляющего воздействия. В данной работе приведено оригинальное решение для блока диспетчерского управления (ДУ), который включен в состав информационно-управляющей системы (ИУС) и позволяет получать данные об изменении ключевых параметрах месторождений заметно быстрее. Общая схема предложенного метода отображена на рис. 4.

Применение созданного ДУ блока позволяет специалистам в области мониторинга и контроля получить оперативный и непрерывный доступ к достоверным данным о состоянии объекта газовой промышленности, в том числе о ключевых параметрах и их изменении, о режимах работы в зоне действия ДУ и т. д. Все данные приводятся в удобную для восприятия форму, что позволяет диспетчеру на их основе принять более взвешенное решение за меньший промежуток времени.

В исследовании [28] авторы сосредоточили свое внимание на проблеме коррозии и протекающих при этом процессов разрушения трубопроводов системы. Анализ получаемой статистической информации показал, что при поточной диагностике газосборников, транспортирующих агрессивный продукт, содержащий углекислый газ, выявляются значительные проблемы. Это позволило локализовать и описать причины коррозионного воздействия, для последующего их устранения.

Кроме того, представлен новый подход к интерпретации данных поточной дефектоскопии и последующему анализу результатов, полученных для газосборников, для тех из них, которые могут быть диагностированы в настоящий момент времени. Данное обстоятельство дало возможность разработать проект профилей газопровода с учетом необходимости частой поточной диагностики.

По результатам углубленной аналитической работы выявлены наиболее вероятные места возникновения соответствующих дефектов на одном из коллекторов, в которых отсутствуют камеры для запуска и приема снарядов.

Авторы исследования [21] в качестве цели работы определили увеличение эффективности транспортировки газа по КСС. Основным потенциалом оптимизации стала разработка структурной модели для информационной системы, реализующие задачи автоматического комплексирования всех задействованных систем мониторинга в газотранспортной системе. В результате выполненных расчетов получена комплексная

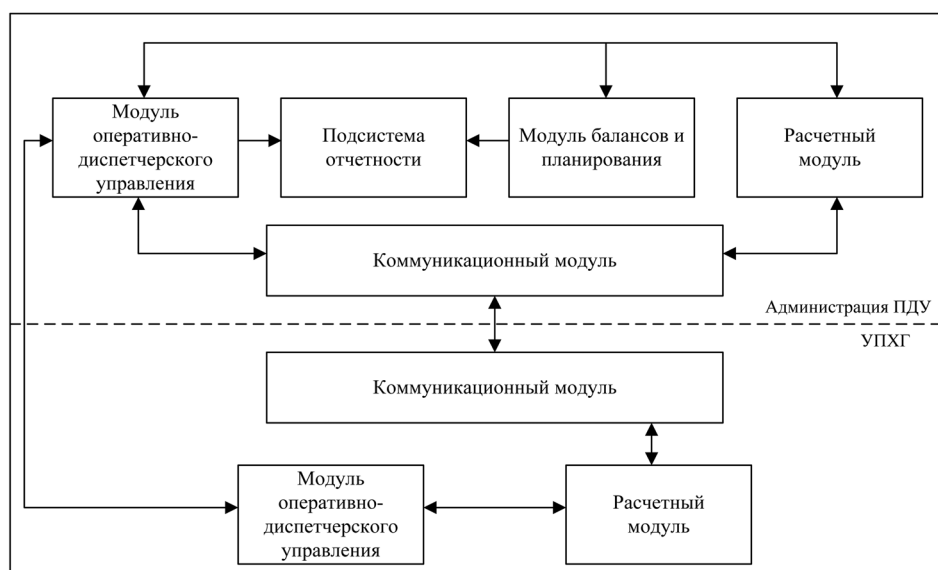


Рис. 4. Общая схема подсистемы диспетчерского управления [12]

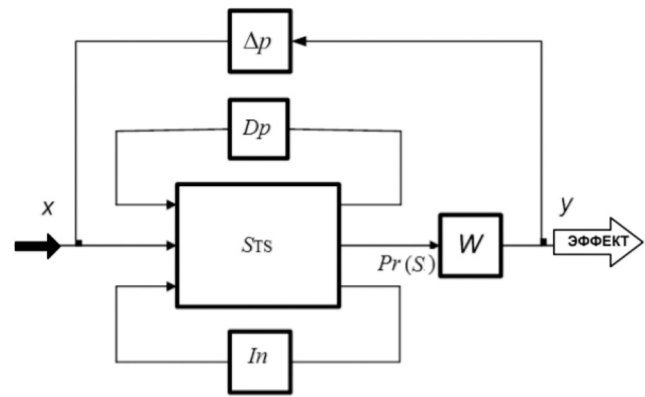
модель технологии в информационном пространстве, позволяющая принимать взвешенные управленческие решения за счет применения параметрической и структурно-топологической оптимизации. Все предложенные подходы прошли практическую проверку и удовлетворяют всем существующим техническим требованиям процесса транспортировки газа.

Оригинальный подход раскрыт в работе [23], где процесс управления транспортом газа представлен как сложная система и включает ресурсы транспорта газа, процесс транспортировки газа и результат деятельности транспорта газа. Для решения поставленной задачи оптимизации управления газотранспортной системой все многочисленные системы, входящие в газотранспортную систему, классифицируются по обрабатываемому компоненту на три одноцелевых класса: энергетические (изменение характеристик природного газа: объем газовой смеси, химический состав, давление, температура), обработка (транспортировка массы смеси газов), информация (получение, обработка, выдача информации о транспортировке газа). Проведена декомпозиция газотранспортной системы на технологическую, энергетическую и информационную системы и определено место диспетчерского управления транспортом газа, деятельность которого должна стимулировать работу систем. Полученная модель управления приведена на рис. 5.

Глобальная проблема управления транспортировкой газа была решена за счет оптимизации структуры управления, включая автоматизированные системы управления в контуре управления, активное участие в управлении всеми элементами структуры и соблюдение установленных правил-ограничений.

Авторский коллектив в своей работе [15] приводят решение задачи оперативного получения параметров, запрашиваемых диспетчером, которые являлись бы ключевыми для определения режима работы газовых скважин в реальных, изменяющихся условиях. Для этих целей в работе выполнен многосторонний анализ применяющихся в настоящее время информационно-измерительных систем (ИИС), которые обеспечивают функции мониторинга и контроля состава компонентов добываемого газа на определенных месторождениях. Помимо этого, авторами проведена оценка систем мониторинга и контроля многопоточных систем, распространенных за рубежом, с указанием принципов их работы, а также перечислены факторы которые накладывают определенные ограничения на применение иностранных систем учета расходов многопоточного типа в российских условиях работы газовых скважин.

В работе [26] рассмотрены вопросы организации нормативно-справочного обеспечения процессов контроля технического состояния объектов добычи газа, а также приведена структура разработанной авторами информационно-поисковой системы, отличающейся уникальностью и новизной. Также даны описания средств для проведения интеллектуального информационного поиска и реализации математической модели обработки поисковых запросов пользователей системы. Помимо этого, в работе рассмотрены факторы технико-экономической эффективности внедрения



Обозначения: STC – структурированные технические системы СТГ; Dp – диспетчер; In – сменный инженер; W – устройство автоматического управления СТГ; Δp – блок обратной связи устойчивого автоматического управления СТГ; X – входное поле управляющих сигналов; Y – выходное поле сигналов

Рис. 5. Модель управления структурой системы транспорта газа [23]

системы в эксплуатацию, что обосновывает эффективность внедрения разработанных систем.

В исследовании [32] отмечается, что современные системы информационной поддержки эксплуатации газодобывающих и газоперерабатывающих комплексов, в настоящее время представляют собой некое связующее звено между механизмами и персоналом управления. Применение информационных систем сбора и обработки данных позволяет форсировать интенсивность добычи и, в целом, увеличивает эффективность работы газовых скважин. Здесь же подчеркивается, что ведущую роль в вопросах увеличения эффективности добычи играет мониторинг технического состояния соответствующего оборудования, причем, применение современных средства автоматизации позволяют исключить влияние человеческого фактора из данной системы, совершая рутинные операции в автоматическом режиме, что делает систему управления нефтедобычи более устойчивой. В работе приводится мнение, что поскольку оперативность сбора результатов выросла в несколько раз, то и сами принимаемые решения принимаются гораздо быстрее, для чего необходимо использовать системы мониторинга и поддержки принятия решений.

Значительная часть исследователей соотносит процесс обеспечения газодобычи и транспортировки информационными технологиями с процессом обеспечения безопасности работы оборудования.

В работе [17] изучается передовой опыт создания синтезированных систем для управления безопасностью промышленных объектов на газодобывающей системе. В процессе исследования определены потребности системы безопасности и разработана интеллектуальная модель анализа данных, основанная на централизованном управлении. В завершении работы проводится анализ совместимости различных систем управления, из чего делается вывод, что применение централизованной системы дает преимущество при создании интеллектуального интерфейса.

В исследовании [35] приведены вопросы расширения общих возможностей информационных

систем, применяемых как систем противоаварийной защиты (ПАЗ). В основе данного исследования лежат новейшие методы анализа и обработки поступающих в систему данных, в частности, определяется взаимное воздействие показателей друг на друга. В работе показано, что применение подобных систем позволяет получить более целостную картину изменения в технологическом процессе. На основании полученных данных система принимает решение с учетом взаимного влияния, что снижает энергозатраты и повышает быстродействие реагирования системы.

В работе [8] отмечено, что для проведения мероприятий по созданию систем ПАЗ необходимо провести отбор наиболее опасных участков работы скважин. Для этого применяется ряд методов в том числе:

- анализ трендов технологических параметров работы газодобывающего и газораспределительного оборудования, проводимый в автоматизированном режиме;
- методы интеллектуального анализа данных (ИАД) о всех остановах и отказах оборудования, во взаимосвязи с их причинами;
- методика планирования оперативных остановок;
- расчет общего геологического потенциала для скважин определенного типа и т. д.

Затем на основании проведенного анализа принимается решение о расстановке системы датчиков, с учетом вероятностных характеристик возникновения аварийных ситуаций. Система датчиков передает данный в общую систему мониторинга ПАЗ и на пульт диспетчера, что позволяет максимально быстро среагировать на возникновение аварийной ситуации.

Авторы в работе [18] отмечают, что создание прикладных интеллектуальных систем противоаварийной защиты затрудняется тем, что достаточно большое количество данных, необходимых для точного и оперативного анализа, разрознено по всей системе добычи и транспортировке газа, что в значительной степени усложняет их сбор, анализ и интеграцию для составления общей картины о состоянии и устойчивости газодобывающей и газотранспортной системы.

Указанная выше проблема рассмотрена в работе [31], где предложены такие решения, как система «точка к точке» — интеграция каждого связанных между собой элементов системы; применение концентратора, консолидирующего в себе поток данных, что позволяет избегать множества разрозненных систем управления, но при этом сам является достаточно трудоемким в исполнении; сервисно-ориентированное решение с созданием гибкой системы ориентированных решений, воздействующих через серверы по специализированному протоколу, с обеспечением управления посредством MES-системы.

Помимо этого, существуют различные виды изобретений, которые имеют прямое отношение к газодобывающей промышленности и могут применяться в процессе добычи на газовых месторождениях, в том числе использующих коллекторно-лучевую организацию схемы сбора.

Результат изобретения патента RU2597390C1 [5] заключается в увеличении эффективности процесса эксплуатации газового месторождения за счет потен-

циальной возможности работы на минимальных рабочих показателях устьевых давлений в системе сбора и транспортировки газа. Согласно данному способу, на конкретных шлейфах газотранспортной системы, которые нуждаются в продувке по технологическим причинам, необходимо создать высокий перепад давления между коллектором запорно-переключающей арматуры (ЗПА) и кустовым коллектором. Подобный перепад достигается за счет изменения степени сжатия компрессора и одновременного ограничения расхода в остальных шлейфах на рабочем уровне посредством специально настроенных автоматических регуляторов. Для этих целей все скважины и контролируемые точки шлейфов оснащают специализированной системой телеметрии, включающей в себя преобразователи давления и температуры.

При этом не нарушается технологический процесс сбора и транспортировки газа, остается неизменной и сама технология сбора. Данный метод обеспечивает значимое сокращение потерь продукции в процессе эксплуатационной продувки газового шлейфа.

В процессе проведения работ необходимо обеспечивать постоянный мониторинг поступающих показателей и динамики изменения таких ключевых показателей, как давление, температура. Особое внимание следует уделять показателям, собранным на устьях скважин, в контрольных местах кустового коллектора и общего контура, а также перепадам давления между: кустовым пластом и общим коллектором ЗПА; устьем скважины и кустовым коллектором. На основании поступающей в вычислительные центры информации обеспечивается фиксация текущих изменений гидравлического сопротивления и формируется управляющее воздействие в виде снижения давления в общем коллекторе ЗПА на такую величину, которая обеспечила бы снижение давления в коллекторе кластера до минимально возможного значения, разрешенного правилами эксплуатации скважин.

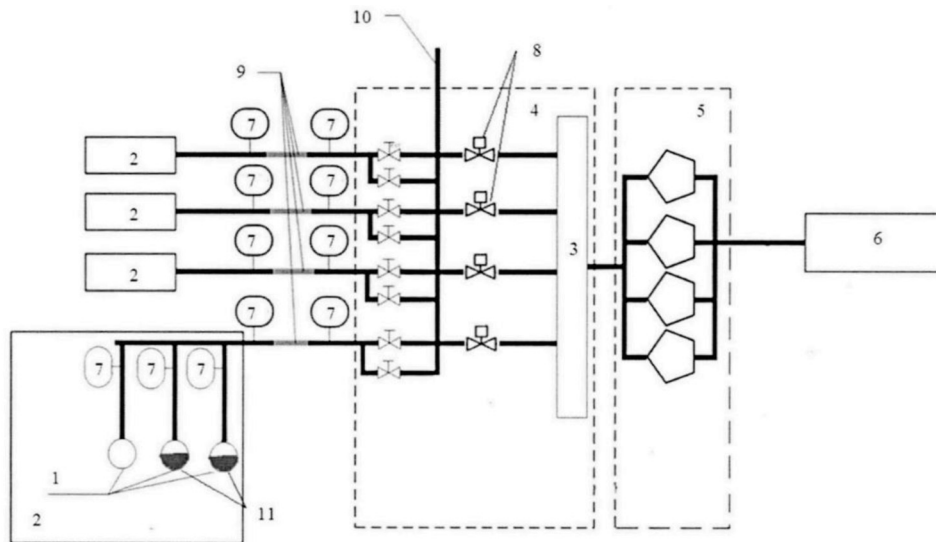
Схема реализации указанного метода приведена на рис. 6.

Авторское свидетельство E21B 47/10 [6] направлено на повышение точности и общей результативности замера общего потенциала работы группы месторождений газа.

Для проведения процесса замера газа со всех газовых месторождений и обеспечения процесс поступления данных о потенциале группы месторождений в целом все скважины напрямую к коллекторам. На коллекторе в это же время перекрывают основной отсекающий и открывают отсекающий на перемычке, а поступающий с месторождений газ отправляется в сепаратор. Из сепаратора весь поступающий газ через коллектор направляется в систему сбора газа, что позволяет более точно проводить замер данных в коллекторно-лучевой системе сбора.

Кроме того, ряд исследований по данному вопросу раскрыт в диссертационных исследованиях.

В диссертации [2] дается обобщение множества концепций сбора информации о состоянии коллекторных систем и дается единое определение — концепция интеллектуальных месторождений, в которой большую роль играют информационные технологии, позволяю-



Обозначения: 1 – скважины, 2 – куст скважин, 3 – общий коллектор, 4 – ЗПА, 5 – цех очистки газа (ЦОГ), 6 – дожимная компрессорная станция (ДКС), 7 – преобразователи температуры и давления, 8 – автоматические регуляторы, 9 – жидкостные пробки, 10 – факельная линия, 11 – скважины, требующие продувки

Рис. 6. Схема реализации метода, описанного в патенте RU2597390C1 [5]

щие производить совокупный мониторинг объектов месторождения в режиме реального времени. При этом отмечается, что все используемые информационные технологии, включая интеллектуальные технологии, и реализующие их ИС должны тесно интегрироваться при выполнении всех производственных процессов предприятия для повышения эффективности управления его производством.

В диссертационной работе [3] определено, что в процессе эксплуатации на газоконденсатном месторождении происходит накопление достаточно большого количества информации, имеющей отношение к эксплуатации газовых месторождений. Данная информация обладает рядом особенностей, и может обеспечить нахождение причин неисправностей, посредством ретроспективного анализа. Для обработки такого рода данных, представленных, как правило, в больших количествах, необходимо применять методы и алгоритмы интеллектуального анализа данных.

В самой диссертационной работе проведен широкий обзор разнообразных методов и подходов к вопросам анализа накопленных данных, собранных в разные периоды с эксплуатируемых газовых месторождений. Помимо этого, по мнению автора, особый интерес представляют данные, полученные в результате транспортировки газа по КСС. Для оперирования подобным количеством данных с целью решения задачи автоматизированного управления КСС был рассмотрен ряд методов векторной оптимизации, и доказано, что наиболее успешной является аппроксимация векторной модели на дискретном множестве данных.

Кроме того, построена модель КСС газа, определены основные характеристики предлагаемой модели методом интеллектуального анализа данных, предложены рекомендации для дальнейших направлений исследований.

В диссертации [1] определяется, что комплексная систематизация применяющихся в настоящее время методик, математических моделей, подходов и алгоритмов решения задач, связанных со сбором, анализом информации и выработки взвешенного управляющего решения для систем добычи, распределения и транспортировки газа, а также создание комплексной синтетической модели работы газодобывающей системы является ключевой задачей для построения современной многоуровневой системы управления. В данной работе особо отмечается, что математические модели, разработанные без применения серьезных информационных технологий имеют ограниченный, локальный характер и не могут и не могли предусмотреть всех сложностей и многоаспектности реальной ситуации с современной позиции. Однако применение данных методов необходимы для создания современных многоуровневых моделей, адекватных настоящим условиям и характеризующих все технологические процессы с достаточно степенью точности. В результате работы получены новые математические модели для фильтрационно-емкостных свойств пластов, которые могут применяться для задач планирования и управления добычей скважин, режимом работы добычи, с повышением надежности и снижением аварийных ситуаций. Все модели выражены в виде алгоритмов и реализованы программно для применения их на конкретных месторождениях.

В диссертационном исследовании [4] проведен ряд исследований непосредственно систем и подсистем противоаварийной защиты, в частности, представлена математическая модель, описывающая взаимодействие подобной системы с оборудованием, имеющих повышенный класс опасности. В данном случае модель определяет аварийную ситуацию как случайное событие, происходящее с некоторой вероятностью, и имеющий определенные последствия, также стохастического характера, включающего в себя, однако,

характеристики среды, оборудования и самой системы противоаварийной защиты. Совокупность учтенных факторов, архитектуры всех значимых подсистем, технических характеристик эксплуатации позволяют привести модель к алгоритмам ответа системы, что дает конкретный вариант решения для исполнения системы ПАЗ.

Выводы

Таким образом, проведенный обзор показал многообразие подходов к сбору информации на КСС, и позволил выявить ряд ключевых подходов к указанным проблемам. Среди наиболее важных выводов необходимо выделить следующие:

- в настоящее время существует достаточно устойчивая система взглядов на необходимость широкого внедрения информационных технологий для выполнения отдельных операций, а также реализации систем мониторинга, управления, контроля и безопасности на газовых и газоконденсатных месторождениях;
- несмотря на различия в деталях, все исследователи сходятся во мнении, что необходимо комплекс-

ное внедрение информационных технологий, по возможности, с применением методов интеллектуального анализа данных и/или комплексного изучения совокупных показателей работы оборудования;

- подобные методы могут быть приложены к любому участку для решения целого комплекса проблем, что делает их универсальным средством, а потому объясняет необходимость из повсеместного внедрения на газовых месторождениях;
- ключевой целью работы систем мониторинга и управления является поддержание технологических параметров оборудования на максимально эффективном уровне и как следствие, одной из основных задач является недопущение аварийной ситуации на производстве;
- вопросам разработки и внедрения комплексных систем ПАЗ, включающих в себя современные информационные системы, обеспечивающие комплексный сбор и обработку информации, на наш взгляд, уделено недостаточно внимания.

Сказанное выше предопределяет дальнейшее направление исследований — разработке методов и алгоритмов сбора информации о ПАЗ КСС.

Список использованных источников

1. К. С. Ахмедов. Основы теории и принципы разработки системы оптимального планирования и управления работой газодобывающих предприятий: дис. ... д-р. техн. наук, 05.13.01. Ставрополь, 2019. 364 с.
2. И. В. Евсюткин. Интеллектуальная информационная система для управления фондом скважин нефтегазодобывающего предприятия: дис. ... канд. техн. наук, спец. 05.13.01. Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2021. 201 с.
3. Ю. В. Полищук. Система автоматического управления сбором продукции газоконденсатного месторождения на этапе падающей добычи: дис. ... канд. техн. наук, спец. 05.13.06. Оренбург, 2007. 167 с.
4. А. С. Телюк. Синтез систем противоаварийной защиты для процессов подготовки продукции нефтегазовых скважин: дис. ... канд. техн. наук, спец. 05.13.06. М.: Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина, 2015. 111 с.
5. Авторское свидетельство № 1452960 А1 СССР, МПК E21B 47/10. Групповая замерная установка: № 4242382. Заявл. 07.03.1987, опубл. 23.01.1989/В. Т. Дробах, Р. М. Хузин, Г. Е. Звагильский и др. Заявитель: предприятие п/я М-5478, Сулевское нефтегазодобывающее управление.
6. Патент № 2597390 С1 Российская Федерация, МПК E21B 43/00. Способ эксплуатации газового промысла при коллекторно-лучевой организации схемы сбора на завершающей стадии разработки месторождения : № 2015122859/03. Заявл. 15.06.2015, опубл. 10.09.2016/Г. Ю. Коловертнов, А. Н. Краснов, С. Н. Федоров и др. Заявитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет».
7. С. С. Акимов, Б. К. Жумашева. Процесс управления и контроля работы участков газопровода//Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. Материалы Всероссийской научно-методической конференции, Оренбург, 23-25 января 2019 г. Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2019. С. 672-675.
8. К. С. Ахмедов, Н. М. Аршинова, А. А. Семеняк. Информационная система планирования и оценки эффективности ГТМ на фонде скважин ОАО «Газпром»//Газовая промышленность. 2012. № 7. С. 51-55.
9. В. В. Борисов. Информационная энтропия коллекторно-лучевых систем сбора продукции месторождения в принятии управленческих решений/Под общей ред. С. Г. Горшенина//Наследие И. М. Губкина: интеграция образования, науки и практики в нефтегазовой сфере. Материалы международной научно-практической конференции, Оренбург, 24 апреля 2018 г. Оренбург: ООО «Амирит», 2018. С. 90-102.
10. А. С. Боровский, Н. А. Шумилина, В. В. Борисов. Функциональная модель проектно-ориентированного подхода в управлении рисками нефтегазовой отрасли/Под общей ред. С. Г. Горшенина//Наследие И. М. Губкина: интеграция образования, науки и практики в нефтегазовой сфере. Материалы международной научно-практической конференции, Оренбург, 24 апреля 2018. Оренбург: ООО «Амирит», 2018. С. 77-82.
11. А. В. Гусев, А. Ю. Киреев. Структурный анализ состояния и перспективы развития диспетчерского управления ЕСГ РФ//Газовая промышленность. 2019. № 2 (780). С. 16-22.
12. Д. Ю. Евсеев, А. В. Харитонов, Д. В. Щукин. Построение системы ИУС П ПХ в части диспетчерского управления//Промышленные АСУ и контроллеры. 2014. № 3. С. 24-33.
13. И. В. Евсюткин, Н. Г. Марков. Архитектура информационной системы для управления геолого-техническими мероприятиями на фонде нефтяных и газовых скважин/Под ред. Т. Е. Мамоновой//Молодежь и современные информационные технологии. Сборник трудов XIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 2-х т. Томск, 9-13 ноября 2015 г. Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Институт кибернетики (ИК). Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2016. С. 143-144.
14. Н. А. Еремин, А. Н. Дмитриевский, Л. И. Тихомиров. Настоящее и будущее интеллектуальных месторождений//Нефть. Газ. Новации. 2015. № 12 (183). С. 46-51.
15. О. В. Ермолин, И. Ю. Храбров, Д. Н. Великанов. Современные информационно-измерительные технологии контроля продукции газовых и газоконденсатных скважин//Территория Нефтегаз. 2015. № 3. С. 53-61.
16. Л. И. Бернер, А. В. Остроух, А. С. Хадеев и др. Интеллектуальная система управления распределенными технологическими объектами транспорта газа//Промышленные АСУ и контроллеры. 2021. № 8. С. 16-26.
17. Н. Р. Юсупбеков, Е. В. Матвиенко, Ф. Т. Адилев и др. Интеллектуальные информационные технологии для интегрированных систем управления предприятиями с комплексной схемой газодобычи и газопереработки//Промышленные АСУ и контроллеры. 2017. № 7. С. 22-28.
18. А. В. Кудинов, Н. Г. Марков. Проблемы автоматизации производства газодобывающих компаний: монография. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 247 с.
19. Н. Г. Марков. Геоинформационные системы предприятий нефтегазовой отрасли: функциональность, архитектура и перспективы развития//Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2017. Т. 328. № 9. С. 16-32.
20. Н. Г. Марков. Информационно-управляющие системы для газодобывающего производства. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. 261 с.
21. Л. И. Нефедов, М. В. Шевченко, О. В. Василенко. Структурная модель информационной технологии автоматизированного синтеза системы мониторинга транспорта газа//Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2009. Т. 6. № 2(42). С. 12-15.
22. Б. Н. Петров. Избранные труды. Т. 1. Теория автоматического управления. М.: Наука, 1983. 432 с.

23. В. Н. Писаренко. Синтез модели управления системой транспорта газа//Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: «Экономика и управление». 2015. № 2 (21). С. 57-60.
24. Ю. В. Полищук, Т. А. Черных, П. В. Полищук. Идентификация состояния коллекторно-лучевой системы сбора продукции Оренбургского газоконденсатного месторождения//Информационные технологии и системы. Труды пятой международной научной конференции, Банное, 24-28 февраля 2016 г. ФГБОУ ВПО «Челябинский государственный университет»; Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»; ИСА РАН ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет»; ФГБОУ ВПО «Уральский федеральный университет». Банное: Челябинский государственный университет, 2016. С. 273-276.
25. Ю. В. Полищук. Мониторинг информационной энтропии в задачах описания больших технических систем//Мехатроника, автоматизация, управление. 2015. Т. 16. № 6. С. 396-401.
26. В. Н. Медведев, Ф. Г. Тухбатуллин, А. Б. Докучович и др. Проектирование средств интеллектуального информационного поиска для автоматизации процессов контроля технического состояния объектов добычи газа//Газовая промышленность. 2011. № 8 (663). С. 95-97.
27. В. В. Пугин, О. Ю. Губарева. Обзор методик анализа рисков информационной безопасности информационной системы предприятия//Т-Сотм: телекоммуникации и транспорт. Вып. 6. 2012. С. 54-57.
28. А. Ю. Корякин, Д. В. Дикамов, А. Ю. Неудахин и др. Разработка методики прогнозирования возможных мест локализации коррозионных дефектов газосборного коллектора по результатам внутритрубной диагностики схожих трубопроводов//Газовая промышленность. 2018. № 53 (773). С. 34-39.
29. Г. В. Рассохин. Завершающая стадия разработки газовых и газоконденсатных месторождений. М.: Недра, 1977.
30. И. С. Решетников. Автоматизация производственной деятельности газотранспортной компании. М.: Изд-во Нефтегазсофтсервис, 2011. 116 с.
31. И. С. Решетников, А. П. Козлецов. MES — теория и практика. М.: Российская рабочая группа MESA International, 2010. 98 с.
32. В. А. Плесняев, К. Н. Жучков, Д. А. Богданов и др. Создание комплексов интегрированной логистической поддержки в морских объектах газо- и нефтедобычи//Экспозиция. Нефть. Газ. 2014. № 7 (39). С. 39-42.
33. В. А. Трипош, С. С. Акимов. Оценка временной сложности алгоритмов распознавания, основанных на решении составной байесовской задачи//Научно-технический вестник Поволжья. 2020. № 1. С. 24-28.
34. Т. С. Ульянова, С. С. Акимов. Методика проведения пусконаладочных работ на газовых хранилищах//Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. Материалы Всероссийской научно-методической конференции, Оренбург, 23-25 января 2019 г. Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2019. С. 989-992.
35. М. В. Цветков. Система обеспечения безопасности объектов инфраструктуры топливно-энергетических комплексов нефтяной и газовой отраслей на базе интеллектуальной географической информационной системы//5-я Российская мультиконференция по проблемам управления. Материалы конференции «Информационные технологии в управлении» (ИТУ-2012), Санкт-Петербург, 9-11 октября 2012 г. Санкт-Петербург: ЦНИИ «Электроприбор», 2012. С. 437-438.
36. Т. А. Чернявская. Место геоинформационной системы в информационном пространстве нефтегазодобывающей компании//ArcReview. 2011. № 1. С. 1-3.
37. Т. С. Ульянова, А. С. Боровский, С. С. Акимов, Е. М. Езерская. Классификация систем промыслового сбора извлекаемого газа//Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии. Сборник материалов X Всероссийской конференции. Оренбург: Оренбург. гос. ун-т, 2021.

References

1. K. S. Akhmedov Osnovy teorii i printsipy razrabotki sistemy optimal'nogo planirovaniya i upravleniya rabotoy gazodobyvayushchikh predpriyatiy: dis. ... d-r. tekhn. nauk, 05.13.01. Stavropol', 2019. 364 s. (In Russian.)
2. I. V. Evsyutkin. Intellektual'naya informatsionnaya sistema dlya upravleniya fondom skvazhin neftegazodobyvayushchego predpriyatiya: diss. ... kand. tekhnich. nauk, spets. 05.13.01. Tomsk: Natsional'nyy issledovatel'skiy Tomskiy politekhnicheskii universitet, 2021. 201 s. (In Russian.)
3. Yu. V. Polishchuk. Sistema avtomaticheskogo upravleniya sborom produktzii gazokondensatnogo mestorozhdeniya na etape padayushchey dobychi: diss. ... kand. tekhnich. nauk, spets. 05.13.06. Orenburg, 2007. 167 s. (In Russian.)
4. A. S. Telyuk. Sintez sistem protivovariynoy zashchity dlya protsessov podgotovki produktzii neftegazovyykh skvazhin: diss. ... kand. tekhnich. nauk, spets. 05.13.06. M.: Rossiyskiy gosudarstvennyy universitet nefti i gaza im. I. M. Gubkina, 2015. 111 s. (In Russian.)
5. Avtorskoe svidetel'stvo № 1452960 A1 SSSR, MPK E21B 47/10. Gruppovaya zamernaya ustanovka: № 4242382. Zayavl. 07.03.1987, opubl. 23.01.1989/V. T. Drobakh, R. M. Khuzin, G. E. Zvagit'skiy i dr. Zayavitel' predpriyatie p/ya M-5478, Suleevskoe neftegazodobyvayushchee upravlenie. (In Russian.)
6. Patent № 2597390 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK E21B 43/00. Sposob ekspluatatsii gazovogo promysla pri kollektorno-luchevoy organizatsii skhemy sbora na zavershayushchey stadii razrabotki mestorozhdeniya: № 2015122859/03. Zayavl. 15.06.2015, opubl. 10.09.2016/G. Yu. Kolovertnov, A. N. Krasnov, S. N. Fedorov i dr. Zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Ufimskiy gosudarstvennyy nefteyanoy tekhnicheskii universitet». (In Russian.)
7. S. S. Akimov, B. K. Zhumasheva. Protseess upravleniya i kontrolya raboty uchastkov gazoprovoda//Universitetskii kompleks kak regional'nyy tsentr obrazovaniya, nauki i kul'tury. Materialy Vserossiyskoy nauchno-metodicheskoy konferentsii, Orenburg, 23-25 yanvara 2019 g. Orenburg: Orenburgskiy gosudarstvennyy universitet, 2019. S. 672-675. (In Russian.)
8. K. S. Akhmedov, N. M. Arshinova, A. A. Semenyak. Informatsionnaya sistema planirovaniya i otsenki effektivnosti GTM na fonde skvazhin OAO «Gazprom»//Gazovaya promyshlennost'. 2012. № 7. S. 51-55. (In Russian.)
9. V. V. Borisov. Informatsionnaya entropiya kollektorno-luchevyykh sistem sbora produktzii mestorozhdeniya v prinyatii upravlencheskikh resheniy/Pod obshchey red. S. G. Gorchhenina//Nasledie I. M. Gubkina: integratsiya obrazovaniya, nauki i praktiki v neftegazovoy sfere. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Orenburg, 24 aprelya 2018 g. Orenburg: 000 «Amirit», 2018. (In Russian.)
10. A. S. Borovskiy, N. A. Shumilina, V. V. Borisov. Funktsional'naya model' proektno-orientirovannogo podkhoda v upravlenii riskami neftegazovoy otрасli/Pod obshchey red. S. G. Gorchhenina//Nasledie I. M. Gubkina: integratsiya obrazovaniya, nauki i praktiki v neftegazovoy sfere. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Orenburg, 24 aprelya 2018 g. Orenburg: 000 «Amirit», 2018. S. 77-82. (In Russian.)
11. A. V. Gusev, A. Yu. Kireev. Strukturnyy analiz sostoyaniya i perspektivy razvitiya dispatcherskogo upravleniya ESG RF//Gazovaya promyshlennost'. 2019. № 2 (780). S. 16-22. (In Russian.)
12. D. Yu. Evseev, A. V. Kharitonov, D. V. Shchukin. Postroenie sistemy IUS P PKh v chasti dispatcherskogo upravleniya//Promyshlennye ASU i kontrolyery. 2014. № 3. S. 24-33. (In Russian.)
13. I. V. Evsyutkin, N. G. Markov. Arkhitektura informatsionnoy sistemy dlya upravleniya geologo-tekhnicheskimi meropriyatiyami na fonde nefteyanoykh i gazovyykh skvazhin/Pod red. T. E. Mamonovoy//Molodezh' i sovremennye informatsionnye tekhnologii. Sbornik trudov XIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchennykh. V 2 t. Tomsk, 9-13 noyabrya 2015 g. Natsional'nyy issledovatel'skiy Tomskiy politekhnicheskii universitet, Institut kibernetiki (IK). Tomsk: Natsional'nyy issledovatel'skiy Tomskiy politekhnicheskii universitet, 2016. S. 143-144. (In Russian.)
14. N. A. Eremin, A. N. Dmitrievskiy, L. I. Tikhomirov. Nastoyashchee i budushchee intellektual'nykh mestorozhdeniy//Nef't'. Gaz. Novatsii. 2015. № 12 (183). S. 46-51. (In Russian.)
15. O. V. Ermolkina, I. Yu. Khrabrov, D. N. Velikanov. Sovremennye informatsionno-izmeritel'nye tekhnologii kontrolya produktzii gazovyykh i gazokondensatnykh skvazhin//Territoriya Neftegaz. 2015. № 3. S. 53-61. (In Russian.)
16. L. I. Berner, A. V. Ostroukh, A. S. Khadeev i dr. Intellektual'naya sistema upravleniya raspredelennymi tekhnologicheskimi objektami transporta gaza//Promyshlennye ASU i kontrolyery. 2021. № 8. S. 16-26.
17. N. R. Yusupbekov, E. V. Matvienko, F. T. Adilov i dr. Intellektual'nye informatsionnye tekhnologii dlya integrirovannykh sistem upravleniya predpriyatiyami s kompleksnoy skhemoy gazodobychi i gazopererabotki//Promyshlennye ASU i kontrolyery. 2017. № 7. S. 22-28. (In Russian.)
18. A. V. Kudinov, N. G. Markov. Problemy avtomatizatsii proizvodstva gazodobyvayushchikh kompaniy: monografiya. Tomsk: Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2012. 247 s. (In Russian.)
19. N. G. Markov. Geoinformatsionnye sistemy predpriyatiy neftegazovoy otрасli: funktsional'nost', arkhitektura i perspektivy razvitiya//Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesurov. 2017. T. 328. № 9. S. 16-32. (In Russian.)
20. N. G. Markov. Informatsionno-upravlyayushchie sistemy dlya gazodobyvayushchego proizvodstva. Tomsk: Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2016. 261 s. (In Russian.)
21. L. I. Nefedov, M. V. Shevchenko, O. V. Vasilenko. Strukturnaya model' informatsionnoy tekhnologii avtomatizirovannogo sinteza sistemy monitoringa transporta gaza//Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovyykh tekhnologiy. 2009. T. 6. № 2 (42). S. 12-15. (In Russian.)
22. B. N. Petrov. Izbrannyye trudy. T. 1. Teopiya avtomaticheskogo upravleniya. M.: Nauka, 1983. 432 s. (In Russian.)
23. V. N. Pisarenko. Sintez modeli upravleniya sistemoy transporta gaza//Vektor nauki Tol'yattinskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: «Ekonomika i upravlenie». 2015. № 2 (21). S. 57-60. (In Russian.)

24. Yu. V. Polishchuk, T. A. Chernykh, P. V. Polishchuk. Identifikatsiya sostoyaniya kollektorno-luchevooy sistemy sbora produktsii Orenburgskogo gazokondensatnogo mestorozhdeniya//Informatsionnye tekhnologii i sistemy. Trudy pyatoy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, Bannoe, 24-28 fevralya 2016 g. FGBOU VPO «Chelyabinskiy gosudarstvennyy universitet»; Federal'nyy issledovatel'skiy tsentr «Informatika i upravlenie»; ISA RAN FGBOU VPO «Ufimskiy gosudarstvennyy aviatsionnyy tekhnicheskiy universitet»; FGBOU VPO «Ural'skiy federal'nyy universitet». Bannoe: Chelyabinskiy gosudarstvennyy universitet, 2016. S. 273-276. (In Russian.)
25. Yu. V. Polishchuk. Monitoring informatsionnoy entropii v zadachakh opisaniya bol'shikh tekhnicheskikh sistem//Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie. 2015. T. 16. № 6. S. 396-401. (In Russian.)
26. V. N. Medvedev, F. G. Tukhbatullin, A. B. Dokutovich i dr. Proektirovanie sredstv intellektual'nogo informatsionnogo poiska dlya avtomatizatsii protsessov kontrolya tekhnicheskogo sostoyaniya ob'ektov dobychi gaza//Gazovaya promyshlennost'. 2011. № 8 (663). S. 95-97. (In Russian.)
27. V. V. Pugin, O. Yu. Gubareva. Obzor metodik analiza riskov informatsionnoy bezopasnosti informatsionnoy sistemy predpriyatiya//T-Comm: telekommunikatsii i transport. Vyp. 6. 2012. S. 54-57. (In Russian.)
28. A. Yu. Koryakin, D. V. Dikamov, A. Yu. Neudakhin i dr. Razrabotka metodiki prognozirovaniya vozmozhnykh mest lokalizatsii korrozionnykh defektov gazosbornogo kollektora po rezul'tatam vnutritrubnoy diagnostiki skhozhih truboprovodov//Gazovaya promyshlennost'. 2018. № S3 (773). S. 34-39.
29. G. V. Rassokhin. Zavershayushchaya stadiya razrabotki gazovykh i gazokondensatnykh mestorozhdeniy. M.: Nedra, 1977. (In Russian.)
30. I. S. Reshetnikov. Avtomatizatsiya proizvodstvennoy deyatel'nosti gazotransportnoy kompanii. M.: Izd-vo Neftegazsoftservis, 2011. 116 s.
31. I. S. Reshetnikov, A. P. Kozletsov. MES — teoriya i praktika. M.: Rossiyskaya rabochaya gruppy MESA International, 2010. 98 s. (In Russian.)
32. V. A. Plesnyayev, K. N. Zhuchkov, D. A. Bogdanov i dr. Sozdanie kompleksov integrirovannoy logisticheskoy podderzhki v morskikh ob'ektakh gazo- i nefte dobychi//Ekspozitsiya. Neft'. Gaz. 2014. № 7 (39). S. 39-42.
33. V. A. Tripkosh, S. S. Akimov. Otsenka vremennoy slozhnosti algoritmov raspoznavaniya, osnovannykh na reshenii sostavnoy bayesovskoy zadachi//Nauchno-tekhnicheskiy vestnik Povolzh'ya. 2020. № 1. S. 24-28. (In Russian.)
34. T. S. Ul'yanova, S. S. Akimov. Metodika provedeniya puskonaladochnykh rabot na gazovykh khranilishchakh//Universitetskiy kompleks kak regional'nyy tsentr obrazovaniya, nauki i kul'tury. Materialy Vserossiyskoy nauchno-metodicheskoy konferentsii, Orenburg, 23-25 yanvarya 2019 g. Orenburg: Orenburgskiy gosudarstvennyy universitet, 2019. S. 989-992.
35. M. V. Tsvetkov. Sistema obespecheniya bezopasnosti ob'ektov infrastruktury toplivno-energeticheskikh kompleksov neftyanoy i gazovoy otrasley na baze intellektual'noy geograficheskoy informatsionnoy sistemy//5-ya Rossiyskaya mul'tikonferentsiya po problemam upravleniya. Materialy konferentsii «Informatsionnye tekhnologii v upravlenii» (ITU-2012), Sankt-Peterburg, 9-11 oktyabrya 2012 g. Sankt-Peterburg: TsNII «Elektropribor», 2012. S. 437-438. (In Russian.)
36. T. A. Chernyavskaya. Mesto geoinformatsionnoy sistemy v informatsionnom prostranstve neftegazodobyvayushchey kompanii//ArcReview. 2011. № 1. S. 1-3. (In Russian.)
37. T. S. Ul'yanova, A. S. Borovskiy, S. S. Akimov, E. M. Ezerskaya. Klassifikatsiya sistem promyslovogo sbora izvlekaemogo gaza//Komp'yuternaya integratsiya proizvodstva i IPI-tekhnologii. Sbornik materialov X Vserossiyskoy konferentsii. Orenburg: Orenburg. gos. un-t, 2021.