

Проведенная работа по созданию и апробации игры «Скарбнічка ведаў» демонстрирует высокий потенциал игровых технологий в сфере экологического образования. Интерактивный формат, сочетающий викторину, стратегию и тренировку памяти, доказал свою эффективность в усвоении сложной информации о редких видах флоры и фауны. Игра не только служит практическим инструментом для педагогов, но и решает более широкую социальную задачу – воспитание у молодежи бережного отношения к природному наследию. Универсальность и эмоциональная вовлеченность, обеспечиваемые «Скарбнічкай ведаў», открывают широкие возможности для ее применения в учебных программах и просветительских проектах, внося tangible вклад в сохранение биоразнообразия страны.

Список использованных источников

1. Государственная инспекция охраны животного и растительного мира при Президенте Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gosinspekciya.gov.by/actual/rybolovstvo-i-rybolovnoe-khozyaystvo/339/>. – Дата доступа: 7.10.2025.

УДК 681.5

П.А. Мальцев

Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II
Санкт-Петербург, Россия

ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОЛЯ ДАВЛЕНИЯ В ГАЗОВОМ ПЛАСТЕ СО СЛОЖНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ

***Аннотация.** С ростом спроса на газ возрастает значение разработки нетрадиционных, структурно-сложных коллекторов. Геологическая неоднородность снижает эффективность традиционных методов добычи. В исследовании пласт рассматривается как объект с распределёнными параметрами, что позволяет применять более точные методы управления.*

P.A. Maltsev

Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University
Saint Petersburg, Russia

INFORMATION AND CONTROL SYSTEM FOR REGULATING THE PRESSURE FIELD IN A GASFORMATION WITH A COMPLEX GEOLOGICAL STRUCTURE

***Abstract.** With the growth in demand for gas, the importance of developing unconventional, structurally complex reservoirs is increasing. Geological heterogeneity reduces the effectiveness of traditional production methods. In the study, the reservoir is considered as an object with distributed parameters, which allows for the application of more accurate management methods.*

В настоящее время запасы традиционных энергетических ресурсов, таких как уголь, нефть и газ, по мнению учёных [1], неуклонно снижаются. Это оказывает негативное влияние на экономику, так как функционирование промышленных предприятий напрямую связано с потреблением этих ресурсов.

Природный газ обеспечивает около 24% мировой энергетики, так как для многих промышленно развитых стран он является основным источником энергии для отопления, производства электроэнергии и работы промышленности. При этом природный газ – это не только топливо, но и ценное сырьё для химической промышленности (производство удобрений, пластмассы, метанола и множество других продуктов). Поэтому резкий отказ от него невозможен без экономического коллапса. Так же природный газ является альтернативой использования угля.

Увеличение добычи газа связано с разработкой месторождений с труднодобываемыми углеводородами, в частности, представленных коллекторами со сложным строением. Огромное количество запасов природного газа находится в этих месторождениях, и добыча из них является наиболее перспективным направлением развития газодобывающей отрасли.

Одной из ключевых проблем эксплуатации структурно-сложных пластов является управление распределением давления внутри газоносного горизонта. Именно поле давления определяет динамику движения углеводородов, формирование и развитие воронки депрессии, эффективность работы добывающих скважин и, как следствие, величину коэффициента газоотдачи. В пластах давление распределено в пространстве неравномерно, поэтому месторождение

следует рассматривать как объект с распределёнными параметрами, где состояние каждой точки зависит не только от локальных условий, но и от процессов в соседних областях.

В этой связи применение точечных или сосредоточенных методов управления является малоэффективным: они не учитывают пространственную структуру объекта и могут приводить к преждевременному обводнению или снижению продукции пластов. Решением является переход к реализации распределённого управления, в основе которого лежит моделирование и регулирование поля давления по всему объёму пласта, а не отдельных скважин.

Исследуемый объект — участок ачимовских залежей Уренгойского газоконденсатного месторождения. С геологической точки зрения ачимовские отложения являются крайне неоднородными, для них характерно переслаивание глинистых пород, песчаников линзовидного характера залегания и алевролитов. Фильтрационно-емкостные свойства, характерные для ачимовки, являются низкими, а температуры и давления аномально высокие.

Для описания распределения давления использована математическая модель на основе трёхмерного уравнения Лейбензона, учитывающего пористость, вязкость газа, проницаемость и потоковые взаимодействия между соседними участками [2]. Пласт был представлен в виде трёхмерной области, разделённой на 27 блоков. Для каждого блока заданы граничные условия второго рода (непроницаемые внешние границы месторождения) и условия равенства потоков на внутренних границах.

После дискретизации методом конечных разностей получена модель, пригодная для компьютерного моделирования. Она позволяет рассчитывать динамику давления в каждой точке пространства с учётом граничных условий и управляющих воздействий.

Поскольку основное управляющее воздействие в процессе добычи — это давление на забое скважины, именно через регулирование забойного давления возможно воздействовать на форму и динамику поля давления [3]. Для анализа объекта моделирование проводилось с использованием пространственных мод, характеризующих распределённую структуру давления. Для каждой моды объект демонстрирует поведение, соответствующее апериодическому звену с запаздыванием, что позволило синтезировать высокоточный распределённый регулятор.

В качестве управляющего устройства разработан распределённый высокоточный регулятор (РВР), который принципиально отличается от традиционного ПИД-регулятора.

Обычный ПИД использует информацию о рассогласовании только в одной точке, тогда как РВР учитывает состояние соседних областей и формирует управляющее воздействие с учётом пространственного градиента давления. Это позволяет значительно повысить точность регулирования и стабилизировать процесс разработки пласта в условиях значительной геологической неоднородности.

Результаты моделирования показали, что применение РВР обеспечивает высокое качество регулирования: перерегулирование не превышает 1 %, установившееся значение достигается за короткое время, а ошибка регулирования стремится к нулю. Графики переходных процессов демонстрируют устойчивую работу системы и корректное распределение давления в пространстве, что подтверждает эффективность предложенного подхода.

Практическая значимость разработки включает:

- возможность применения в системах автоматизированного управления добычей газа;
- равномерное вовлечение газа из разных участков пласта;
- снижение вероятности обводнения скважин;
- увеличение газоотдачи;
- повышение срока службы оборудования за счёт снижения перепадов давления.

Разработанная информационно-управляющая система позволяет перейти от точечных методов регулирования к полноценному управлению распределённым полем давления. Это открывает возможности для построения цифровых двойников месторождений, оптимизации режимов добычи, а также внедрения адаптивных алгоритмов управления на основе данных мониторинга.

Список использованных источников

1. Amiraslanli, N. (2025). The Exploitation Potential and Economic Efficiency of Gas Reserves. SCIENTIFIC WORK, 19(9), 104–107. <https://doi.org/10.36719/2663-4619/121/104-107>
2. Сирота, Д. Д. (2020). Разработка компьютерной модели неустановившейся фильтрации газа с учетом неоднородности фильтрационных свойств пласта. Международная Конференция По Мягким Вычислениям И Измерениям, 1, 193–197.
3. Abramkin, S.E.; Dushun, S.E. Implementation of Complex Control Algorithms at a Gas Production Enterprise. In Proceedings of the 2022 XXV International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM);

May 2022, Saint Petersburg, Russian Federation, 2022, 56-59,
doi:10.1109/SCM55405.2022.9794873.

УДК 005.95:004.8

М.Ю. Миронова, Т. П. Водопьянова

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ВОЗМОЖНОСТИ НЕЙРОСЕТИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ РАБОТЫ С ПЕРСОНАЛОМ И КЛИЕНТАМИ

***Аннотация.** Нейросети существенно расширяют возможности оптимизации работы с персоналом и клиентами, автоматизируя рутинные процессы, углубляя аналитику и повышая качество сервиса. Применение искусственного интеллекта позволяет повысить эффективность HR и клиентского обслуживания, а также внедрить современные подходы в управление компанией.*

M.Y. Mironova, T. P. Vodopyanova

Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

NEURAL NETWORK POSSIBILITIES FOR IMPROVING PERFORMANCE HR AND CUSTOMER SERVICE

***Abstract.** Neural networks significantly expand the possibilities for optimizing work with personnel and customers, automating routine processes, deepening analytics, and improving the quality of service. The use of artificial intelligence allows to increase the efficiency of HR and customer service, as well as to introduce modern approaches to company management.*

В современных условиях цифровизации бизнеса всё больше организаций внедряют нейросетевые решения в управленческие процессы. Особенно значимо это для работы с персоналом и клиентами, где ИИ предоставляет новые инструменты для повышения эффективности управления и конкурентоспособности [1].

Нейросети в последние годы значительно трансформируют работу с персоналом и клиентами, представляя собой революционный инструмент в управлении бизнесом. Применение искусственного интеллекта в HR открывает новые возможности для автоматизации, повышения эффективности и точности принятия управленческих решений. Одним из ключевых направлений является автоматический