

УДК 004.896

**КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ
ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В
НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ**

**THE CONCEPTUAL ISSUES
OF APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES
IN OIL AND GAS COMPLEX**

Фаталиев Т.Х., Мехтиев Ш.А.,
Институт информационных технологий НАНА,
г. Баку, Азербайджан

T.Kh. Fataliyev, Sh.A. Mehdiyev,
Institute of Information Technology of ANAS,
Baku, Azerbaijan

e-mail: shakir.mehtieff@gmail.com

Аннотация. Технологические прорывы в области разведки, бурения и добычи нефти и газа, растущие проблемы нефтегазового комплекса, а также падение цен на нефть, предопределили появление междисциплинарного подхода, который требует, чтобы некоторые критические процессы были полуавтоматизированы, а некоторые полностью автоматизированы. В этом контексте использование технологий искусственного интеллекта в нефтегазовом комплексе приобрело значительный интерес и привело к росту рынка в этой отрасли. Искусственный интеллект состоит из различных инструментов, таких как машинное обучение, искусственные нейронные сети, нечеткая логика и экспертные системы. Совместно с такими технологиями Индустрии 4.0, как большие данные, интернет вещей, облачные вычисления и робототехника, искусственный интеллект существенно влияет на отрасль, помогая ей в разработке передовых приложений для обслуживания и управления инфраструктурой, принятия обоснованных решений в геологоразведке и определения новых нефтегазовых месторождений, в соблюдении экологических норм и обеспечении безопасности работников. В данной работе рассматриваются и анализируются применения технологии искусственного интеллекта в нефтегазовом комплексе. Кратко изложены концептуальные вопросы реализации. Проведенный анализ может внести вклад в дальнейшее развитие решения этого вопроса.

Abstract. Technological breakthroughs in the field of exploration, drilling and production of oil and gas, growing problems of the oil and gas sector, as well as falling oil prices have predetermined the emergence of an interdisciplinary approach that requires some critical processes to be semi-automated and some fully automated. In this context, the use of artificial intelligence technologies in the oil and gas sector has gained considerable interest and has led to the growth of the market in this industry. Artificial intelligence consists of various tools, such as machine learning, artificial neural networks, fuzzy logic, and expert systems. Together with Industry 4.0 technologies such as big data, the Internet of things, cloud computing and robotics, artificial intelligence significantly affects the industry, helping it to develop advanced applications for maintenance and infrastructure management, make informed decisions in exploration and identify new oil and gas fields, compliance with environmental

standards and ensuring the safety of workers. This paper discusses and analyzes the application of artificial intelligence technology in the oil and gas sector. Outlines conceptual implementation issues. The performed analysis can make contribute to further development of the solution of this issue.

Ключевые слова: Индустрия 4.0, Интернет вещей, искусственный интеллект, большие данные, нефтегазовый комплекс.

Keywords: Industry 4.0, Internet of Things, artificial intelligence, Big data, the oil and gas complex.

Согласно прогнозам, нефть и газ будут важным источником энергии в дополнение к возобновляемым и альтернативным источникам энергии [1]. Следует отметить, что в настоящее время перспективы развития нефтегазовой отрасли являются проблемными из-за многих факторов. Наиболее существенными из них являются низкие цены на нефть, сложности извлечения нефти из твердых и особо твердых пород, растущее проникновение возобновляемых источников энергии, электромобили и ужесточение экологических норм. В этих условиях компании НГК должны быть заинтересованы в быстром внедрении многих научных и технических инноваций, которые позволили бы им повысить эффективность и сократить расходы. В данном контексте Индустрия 4.0 (*Industry 4.0*), предполагающая полную автоматизацию, становится все более актуальной для НГК [2]. Отметим, что Индустрия 4.0 обязана глобальной цифровизации и многим ключевым технологиям: Интернету вещей (*Internet of Things*), большим данным (*Big data*), облачным вычислениям (*cloud computing*), робототехнике (*robotics*) и, в том числе, искусственному интеллекту (*artificial intelligence*). Внедрение этих технологий в НГК способствует разработкам инновационных приложений для обслуживания и управления инфраструктурой, определения новых нефтяных скважин и обеспечения безопасности работников. В связи с растущими проблемами, с которыми НГК сталкивается в разведке и разработке углеводородов, появляется междисциплинарный подход, требующий, чтобы некоторые критические процессы были полуавтоматизированы, а некоторые полностью автоматизированы.

За последнее десятилетие использование решений Индустрии 4.0 в НГС привлекло внимание основных акторов в этой сфере, что, в свою очередь, привело к росту рынка искусственного интеллекта (ИИ) [3, 4].

ИИ – это отрасль компьютерной науки, которая использует методологию мышления человека и вычислительные возможности компьютеров для выполнения или имитации работы человеческого мозга [5]. В инженерной практике это означает решение возникающих проблем с возможностью одновременного учета всех эффективных параметров некоторого процесса. Основные принципы ИИ включают в себя рассуждения, знания, планирование, обучение, общение, восприятие и способность манипулирования объектами [6]. Кроме того, он имеет способность к обобщению и обучению непосредственно из данных различных областей. Согласно данным Института прикладного искусственного интеллекта (*Artificial Intelligence Applications Institute*) применение технологий ИИ имеет перспективы в следующих задачах:

- обоснование на основе случая: адаптация методологии на основе прошлых доказательств и существующих корпоративных ресурсов, таких как базы данных для экспериментальной диагностики и поиска неисправностей;

- генетические алгоритмы: адаптация техники поиска с очень широкой применимостью в планировании, оптимизации и адаптации моделей;

- планирование и рабочий процесс: моделирование, постановка задач, выполнение, мониторинг и координация различных усилий;
- интеллектуальные системы: подход к построению систем, основанных на знаниях.

Рассмотрим технологии, которые используются с ИИ в НГК для автоматизации и оптимизации операций при максимизации доходов.

Интернет вещей (ИВ). Полевые устройства, такие как датчики, камеры, роботы, дроны и др. в режиме реального времени собирают данные о сейсмической активности, температуре, давлении, вибрации и др. и обеспечивают интеллектуальный прогноз, который максимизирует эффективность и обеспечивает безопасность. Устройства ИВ на базе ИИ помогают контролировать морские платформы, нефтегазовые скважины, нефтеперерабатывающие заводы, трубопроводы, логистику, транспортировку готовой продукции, маркетинг и др.

Машинное обучение. Помогает оптимизировать проектирование и бурение нефтяных скважин, устранять неполадки в скважинах с недостаточной производительностью, улучшать моделирование пласта, проводить профилактическое и прогностическое обслуживание, находить сланцевые ресурсы и т.д.

Искусственные нейронные сети (ИНС). Широко используемый и быстро растущий инструмент ИИ, используемый в промышленной сфере. ИНС использует человеческие атрибуты решения проблем, которые сложно имитировать, используя логические и аналитические методы экспертной системы.

Нейролингвистическое программирование (НЛП). Совместно с ИИ помогает автоматизировать и агрегировать новости и информацию. НЛП, машинное обучение и компьютерное зрение могут потенциально улучшить показатели добычи нефти для данных бурения и разведки. Помимо этого, методы НЛП помогают обеспечить ИТ-поддержку с помощью чат-ботов и виртуальных помощников.

Аналитика больших данных. Совместно с ИИ может разрабатывать модели оценки и прогнозирования, которые помогают собирать и анализировать динамику производственной процедуры. Аналитика больших данных требует существенных вычислительных мощностей. Данная задача решается на платформе облачных вычислений.

Отметим, что использование этих инструментов помогает преобразовать данные в ценную информацию, которая может в дальнейшем применяться на различных этапах жизненного цикла НГК. Рассмотрим некоторые возможные применения ИИ в так называемых сегментах НГК: *Upstream, Midstream* и *Downstream* [7, 8].

Сегмент Upstream – состоит из этапов поисково-разведочного бурения и добычи углеводородов (нефти и природного газа).

Одним из основных аспектов деятельности в НГК является бурение эксплуатационного участка. Бурение является технически сложной и дорогостоящей операцией. Устранение риска бурения, использование больших данных для улучшения эксплуатационных показателей и превращение традиционной производственной системы в новые прогностические технологии являются факторами, стимулирующими рост мирового рынка ИИ в НГК. Использование ИИ для точного бурения помогает исключить человеческий фактор, помогает снизить риски несчастных случаев, разливов

нефти, пожаров и повышает скорость проходки. Интерпретация данных с его помощью выявляет важные геологические особенности, например, аномально высокие пластовые давления, несоответствия и физические границы сырьевых пластов. Точная информация, предоставляемая технологией ИИ, очень важна для операторов, потому что геологи иногда не могут получить всю информацию из-за плохого состояния скважин или других внешних факторов. В дальнейшем по данным бурения в геологоразведочных скважинах строится трехмерная модель месторождения. Оптимальное расположение добывающих скважин на месторождении также производится с помощью ИИ.

В НГК необходимо оптимизировать техническое обслуживание, потому что его выполнение непосредственно влияет на работоспособность активов и составляет существенную часть расходов. Следовательно, необходимо решать, какие активы должны быть расставлены по приоритетам для проверки и обслуживания, а какие активы могут быть исключены для последующего обслуживания. Тенденция заключается в использовании системной оценки рисков для оптимизации плана. Но поскольку эта оценка выполняется вручную, она считается трудоемкой, предъявляет высокие требования к усилиям и уязвима для предубеждений и ошибок человека. Во время инспекции и обслуживания технический персонал стремится обнаружить любые аномалии, угрожающие эксплуатационной целостности нефтегазовых активов. Используются различные методы, такие как ультразвуковое тестирование, рентгенография, утечка магнитного потока и т.д. Однако, на основе индивидуального опыта у технического персонала вырабатываются навыки принятия решения, которое успешно использовалось в прошлых практиках, но в настоящее время требует существенной коррекции. Система интеллектуального обслуживания на базе ИИ, при котором обслуживание выполняется только тогда, когда это необходимо и до того, как произойдет сбой, может существенно снизить затраты

Сегмент Midstream – исходное сырье заполняется в первичные резервуарные батареи, где нефть отделяется от газа и воды и далее транспортируется на перерабатывающие предприятия. Управление нефтяным резервуаром включает несколько технических аспектов, таких как интерпретация сейсмических данных, геология, управление резервуаром, добыча и т.д., для которых степень оптимизации и обслуживания очень высока. Системы ИИ могут быть обучены на основе этих технических данных и помогают в полевом надзоре, снижении затрат на техническое обслуживание резервуара, разработке резервуара и т.д. Мониторинг транспортировки нефти и газа обеспечит безопасность работников и окружающей среды в целом. Аварии могут отслеживаться с помощью интеллектуального видеонаблюдения, роботов, дронов и др., чтобы уменьшить степень потенциального ущерба. Частые проверки оборудования и оценка рисков помогут компаниям в принятии прогнозных мер во избежание непредвиденных обстоятельств. Например, трубопровод имеет систему для обнаружения любой утечки нефти. В настоящее время эта система обслуживается персоналом операторов, которые должны находиться в режиме ожидания и отслеживать состояние системы трубопроводов. Они должны учитывать различные рабочие параметры трубопровода, такие как давление, температура и расход, чтобы выявить неустойчивость процессов и любые нарушения. Существенным недостатком подобной системы являются повышенные требования к квалификации персонала и сравнительно высокая вероятность ложных тревог. Эта же задача будет выполняться лучше и быстрее при помощи ИИ, потому что включает в себя тип задачи распознавания образов. Другим применением ИИ в системе наблюдения за трубопроводом – обнаружение и определение типа угроз при сторонних работах вблизи трубопровода.

Сегмент Downstream – здесь нефть или природный газ перерабатываются в конечные продукты, такие как бензин, керосин, реактивное топливо, дизельное топливо, мазут, смазочные материалы, сжатый газ, пластмассы, фармацевтическое сырье и другие материалы. В этом сегменте решающее значение, как и для любого бизнеса имеет поддержка клиентов и взаимодействие с клиентами. Чат-боты (*chatbots*) на основе ИИ помогают компаниям НГК взаимодействовать со своими клиентами, предоставляя информацию о продуктах, решая их вопросы, рекомендации и т.д. Чат-боты могут проводить опросы на своих веб-сайтах для сбора отзывов клиентов и дальнейшего повышения качества обслуживания клиентов.

Таким образом, применение технологий ИИ в различных сегментах НГК оказывает огромное влияние на их эффективное функционирование, ведет к экономии времени, минимизации рисков, экономии затрат, повышению эффективности и решению многих задач оптимизации.

Выводы

Поскольку системы ИИ могут автоматизировать и оптимизировать процессы, насыщенные большими данными, они помогают минимизировать или исключить дублирование усилий и в дальнейшем снизить бизнес-риски. Это повышает производительность и сводит к минимуму общие эксплуатационные расходы. Во всем мире компании НГК пересмотрели свои производственные стратегии и операционные модели, чтобы включить ИИ как важный элемент трансформации бизнеса.

Проведенные исследования в данной работе показывают, что ИИ представляет большой интерес и значение для эффективного решения задач НГС, в том числе, для уменьшения вероятности ошибок при принятии управленческих решений, приспособленных к периоду низких и непредсказуемых цен на углеводороды. ИИ оказывает существенное влияние на отрасль, и его применения продолжают расти. Известные его применения для интерпретации данных каротажа, диагностики бурового долота с использованием нейронных сетей и интеллектуального интерфейса симулятора пласта доказали свою эффективность. ИИ применяется для решения многих проблем в НГК, которые включают в себя распознавание сейсмических изображений, характеристику пласта, прогноз проницаемости и пористости, диагностику буровых долот, оценку падения давления в трубах и скважинах, оптимизацию добычи скважин, производительность скважин, общие операции по принятию решений и т.д.

Работа выполнена при поддержке Научного фонда Государственной нефтяной компании Азербайджанской Республики (ГНКАР) – Контракт №: 03LR – АМЕА.

Литература

1. BP Energy Outlook. 2019. Доступно на: <https://clck.ru/Pcf94>
2. Fataliyev T.Kh., Mehdiyev Sh.A. Analysis and New Approaches to the Solution of Problems of Operation of Oil and Gas Complex as Cyber-Physical System // International Journal of Information Technology and Computer Science (IJTCS). 2018. Т. 10. №11. С. 67-76.
3. Казначеев П.Ф., Самойлова Р.В., Курчиски Н.В. Применение методов искусственного интеллекта для повышения эффективности в нефтегазовой и других сырьевых отраслях // Экономическая политика. 2016. Т. 11. №5. С. 188-197.
4. Ненашев С.В., Ненашева В.А. Польза и вред искусственного интеллекта // Информационные технологии. Проблемы и решения. 2019. Т.1. С. 29-33.
5. Kalogirou S.A. Artificial intelligence for the modelling and control of combustion processes: a review // Progress in energy and combustion science. 2003. Т. 29. №6. С. 515-566.

6. Bhattacharyya P. CS344: Introduction to Artificial Intelligence (associated lab: CS386). 2011.

7. Фаталиев Т.Х., Мехтиев Ш.А. Перспективы применения Интернета вещей в нефтегазовом комплексе // Телекоммуникации. 2018. №9. С. 36-42.

8. Fataliyev T.Kh., Mehdiyev Sh.A. Industry 4.0: The Oil and Gas Sector Security and Personal Data Protection // International Journal of Engineering and Manufacturing (IJEM). 2020. Т.10, №2. С. 1-14.

УДК 004:621.81

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ШТАМПОСВАРНЫХ ТРОЙНИКОВ ПУТЕМ РАЦИОНАЛЬНОГО ВЫБОРА РЕЖИМА ОПЕРАЦИИ ОПРЕССОВКИ

INCREASING THE DURABILITY OF DIE-WELDED TEES BY RATIONALLY SELECTING THE MODE OF CRIMPING OPERATION

^{1,2}Ерофеев В.В., ^{2,3}Трояновская И.П., ⁴Гильманшин Р.А.

¹Шарафиев Р.Г., ⁵Ерофеев С.В., ¹Гужвиев А.А.,

¹Уфимский государственный нефтяной технический университет,
ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450062, Россия

²ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»,
г. Троицк, Российская Федерация

³ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет»,
г. Челябинск, Российская Федерация,

⁴ООО НПЦ «Нефтегазинжиниринг»

г. Уфа, Российская Федерация,

⁵ООО «НПП Плазмотрон»

г. Челябинск, Российская Федерация

V.V. Erofeev^{1,2}, I.P. Troyanovskaya^{2,3}, R.A. Gilmanshin⁴,

R.G. Sharafiev¹, S.V. Erofeev, A.A. Guzviev¹,

¹Ufa State Petroleum Technological University,
Kosmonavtov Str., 1, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450062, Russia

²FSBEI HE “South Ural state agrarian University”,
Troizk, Russian Federation

³FSBEI HE “South Ural state University”,
Chelyabinsk, Russian Federation

LLC SPC “Neftegazengineering”,

Ufa, Russian Federation

NPP “Plazmatron” LLC,

Chelyabinsk, Russian Federation

e-mail: ervv52@mail.ru

Аннотация. Предложенная методика расчетного определения диапазона давлений опрессовки штамповарных тройников, выполненных по различным вариантам их изготовления (без усиления и с усилением горловины с помощью дополнительных элементов), позволяет на стадии заключительного контроля за счет рационального выбора режимов редуцирования сварных трубных изделий,