



7(576).2021

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

АВТОМАТИЗАЦИЯ, ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИЯ и СВЯЗЬ В НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Automation,
telemechanization
and communication
in oil industry



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

**АВТОМАТИЗАЦИЯ,
ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИЯ
И СВЯЗЬ
В НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

SCIENTIFIC-TECHNICAL JOURNAL

**AUTOMATION, TELEMCHANIZATION
AND COMMUNICATION
IN OIL INDUSTRY**



При участии АО "ВНИИОЭНГ"

7(576) • 2021

МОСКВА • ГУБКИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

АВТОМАТИЗАЦИЯ, ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИЯ И СВЯЗЬ В НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научно-технический журнал

Основан в 1973 г.

Выходит 12 раз в год

№ 7(576)

Июль 2021 г.

Учредитель журнала – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина"

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Абрамов Г.С. (главный редактор) – д-р экон. наук, ТК 024 "Метрологическое обеспечение добычи и учета энергоресурсов (жидкостей и газов)", г. Тюмень;
Будзуляк Б.В. – д-р техн. наук, профессор, Президент СРО "АСГ и НК", г. Москва;
Вороненко А.В. – канд. физ.-мат. наук, ген. директор ООО "НПП "Годсиб", г. Фрязино;
Гуревич М.С. – Советник ген. директора ООО "Системы Нефть и Газ", действительный член РМА, г. Москва;
Джавадов Н.Г. – д-р техн. наук, профессор, акад. Международной и Азербайджанской Инженерной Академий, ген. директор ПО "Промавтоматика", г. Баку;
Каневская Р.Д. – д-р техн. наук, профессор, начальник отдела научно-технического развития и моделирования АО "Институт геологии и разработки горючих ископаемых" ПАО "НК "Роснефть", зав. кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва;
Кениг Е.Я. – профессор, зав. кафедрой Университета Падерборна, Германия;
Кизина И.Д. – канд. техн. наук, зам. ген. директора АО "Нефтеавтоматика" – директор Департамента разработки и внедрения ИАСУ, г. Уфа;
Костогрызов А.И. – д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник, Институт проблем информатики РАН, г. Москва;
Кузьяков О.Н. – д-р техн. наук, доцент, зав. кафедрой ТИУ, г. Тюмень;
Кучумов Р.Я. – д-р техн. наук, профессор, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва;
Лебедев В.Г. – д-р техн. наук, зав. лабораторией ИПУ РАН, г. Москва;
Лопатин А.С. – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва;
Лукьянов Э.Е. – д-р техн. наук, зам. ген. директора по науке НПП геофизической аппаратуры "Луч", г. Новосибирск;
Поздняков А.П. (зам. главного редактора) – д-р техн. наук, профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва;
Сидоров В.В. – канд. техн. наук, зав. кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва;
Сухарев М.Г. – д-р техн. наук, профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва;
Терехина Г.В. (зам. главного редактора) – выпускающий редактор, Издательский дом "Губкин", г. Москва;
Фафурин В.А. – д-р техн. наук, профессор, КНИТУ, г. Казань.

СОДЕРЖАНИЕ

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ, АВТОМАТИЗАЦИИ, ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИИ И СВЯЗИ

- Есауленко В.Н.** Камертонный датчик зенитного угла искривления ствола скважины 6
Москалев И.Н., Семенов А.В., Орехов Ю.И., Изюмченко Д.В. О возможности использования резонаторного метода для определения компонентного состава продуктов добычи нефтяных скважин 10

ИНФОРМАЦИОННЫЕ, ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ, ЭКСПЕРТНЫЕ, ОБУЧАЮЩИЕ СИСТЕМЫ

- Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А., Ложников П.С., Клиновенко С.А., Столяров В.Е., Иниватов Д.П.** Анализ рисков при использовании технологий искусственного интеллекта в нефтегазодобывающем комплексе 17
Горбунов С.С., Костандян А.В., Егоров А.Ф., Сидоров В.В., Алексанян А.А. Интеллектуальная система управления смешением бензинов в режиме реального времени с учетом параметрической неопределенности 28

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

- Крючков А.В., Степин Ю.П.** Системное моделирование, оценка и оптимизация рисков функционирования удаленного сервиса синтеза специального программного обеспечения для крупных автоматизированных систем управления нефтегазовым комплексом 37
Сидельников К.А., Файзуллин Р.В. Факторизация результатов определения профиля притока/приемистости в скважинах на основе байесовского моделирования 47
Галлямов И.И., Гилязетдинов Р.А., Марданов Р.Ф., Юсупова Л.Ф. Моделирование процесса кавитационной коррозии в трубопроводах .. 57

ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

- Памяти Александра Григорьевича Лачкова 60

AUTOMATION, TELEMECHANIZATION AND COMMUNICATION IN OIL INDUSTRY

Scientific-Technical Journal

Founded in 1973

July 2021

№ 7(576)

12 issues per year

CONTENTS

INSTRUMENTS OF MEASUREMENT, AUTOMATION, TELEMECHANIZATION AND COMMUNICATION

- Esaulenko V.N.** The tuning-fork sensor of a borehole curvature zenith angle 6
- Moskalev I.N., Semenov A.V., Orekhov Yu.I., Izyumchenko D.V.** On the possibility of using the resonator method to determine the component composition of oil well production products..... 10

INFORMATION, MEASURING, EXPERT, TRAINING SYSTEMS

- Dmitrievsky A.N., Eremin N.A., Lozhnikov P.S., Klinovenko S.A., Stolyarov V.E., Inivatov D.P.** Risk analysis when applying artificial intelligence technologies in oil and gas producing industry 17
- Gorbunov S.S., Kostandyan A.V., Egorov A.F., Sidorov V.V., Aleksanyan A.A.** Intelligent gasoline blending control system in real time taking into account parametric uncertainty 28

MATHEMATICAL MODELING AND SOFTWARE

- Kryuchkov A.V., Stepin Yu.P.** System modeling and risks assessment and optimization of remote service operation for the synthesis of special software for large automated control systems of the oil and gas industry.... 37
- Sidelnikov K.A., Faizullin R.V.** Factorization of flow profile data in production and injection wells based on the Bayesian modeling 47
- Gallyamov I.I., Gilyazetdinov R.A., Mardanov R.F., Yusupova L.F.** Simulation of cavitation corrosion in pipelines..... 57

MEMORIAL DATES

- In memory of Alexander Grigorievich Lachkov 60

Founder of Journal – National University of Oil and Gas "Gubkin University"

EDITORIAL BOARD:

- Abramov G.S. (Chief Editor)** – Dr. of econ. sci., TC 024 "Metrological Support of Production and Accounting of Energy Resources (Liquids and Gases)", Tyumen;
- Budzulyak B.V.** – Dr. of tech. sci., Professor, President of the Self-Regulated Organization "Association of constructors of gas and oil complexes", Moscow;
- Voronenko A.V.** – Cand. of phys.-math. sci., Director of Scientific-Production Company "Godsib", Ltd., Fryazino;
- Gurevich M.S.** – Adviser of the General Director of LLC "Systems of Oil and Gas", full member of RMA, Moscow;
- Dzhavadov N.G.** – Dr. of tech. sci., Professor, Academician of the International and Azerbaijan Engineering Academy, General Director of PO "Promavtomatika", Baku;
- Kanevskaya R.D.** – Dr. of tech. sci., Professor, Head of the Department of Scientific-Technical Development and Modeling of JSC "Institute of Geology and Development of Fossil Fuel" of PJSC "NK "Rosneft", Head of the Department of National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow;
- Kenig E.Ya.** – Dr. Ing. Habil, Head of the Department of Paderborn University, Germany;
- Kizina I.D.** – Cand. of tech. sci., Deputy-General Director of JSC "Nefteavtomatika", Director of development and implementation "Integrated ACS" Department, Ufa;
- Kostogrysov A.I.** – Dr. of tech. sci., Professor, Chief scientific employee, "Institute of Informatics Problems" of the Russian Academy of Sciences, Moscow;
- Kuzyakov O.N.** – Dr. of tech. sci., assistant professor, Head of the Department of TIU, Tyumen;
- Kuchumov R.Ya.** – Dr. of tech. sci., Professor, National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow;
- Lebedev V.G.** – Dr. of tech. sci., Head of the Laboratory of Institute of Control Sciences RAS, Moscow;
- Lopatin A.S.** – Dr. of tech. sci., Professor, Head of the Department of National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow;
- Lukyanov E.E.** – Dr. of tech. sci., Deputy-General Director on Scientific work of "Luch" – Scientific-Production Company of geophysical equipment, Novosibirsk;
- Pozdnyakov A.P. (Deputy-Chief editor)** – Dr. of tech. sci., Professor, National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow;
- Sidorov V.V.** – Cand. of tech. sci., Head of the Department of National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow;
- Sukharev M.G.** – Dr. of tech. sci., Professor, National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow;
- Terekhina G.V. (Deputy-Chief editor)** – production editor, "Gubkin" publishing house, Moscow;
- Fafurin V.A.** – Dr. of tech. sci., Professor, KNRTU, Kazan.

Индекс журнала

10338, 10339 – по объединенному каталогу "Пресса России".

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС 77-74504 от 07.12.2018 г.

Журнал по решению Президиума ВАК Минобрнауки России входит в "Перечень рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук".

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) и международную базу данных и систему цитирования Chemical Abstracts.

Издательство – Издательский дом "Губкин" РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

Адрес редакции: 119991, Россия, г. Москва, Ленинский просп., 65, корп. 1.
Тел. 8-499-507-91-49

Сайт: <https://www.gubkin.ru>;
e-mail: zavyalov.a@gubkin.ru,
zavyalovap@yandex.ru,
atisoil@mail.ru

Ведущий редактор: *Г.В. Терехина*

Компьютерный набор: *В.В. Васина*
Компьютерная верстка: *И.В. Смолина*
Корректор: *Я.В. Ткачева*
Перевод: *О.М. Бисярина*

Подписано в печать 20.06.2021 г.
Формат 84×108^{1/16}.
Усл. печ. л. 6,72. Уч.-изд. л. 6,86.
Тираж 1500 экз.
Цена свободная.

Печатно-множительная база:
ИП Терентьева Ю.Б.
115551, г. Москва, Шипиловский пр., д. 43, корп. 2.

При перепечатке материала ссылка на издание обязательна.

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за соблюдение принципов научной этики и достоверность приведенных сведений.



Редакционный совет научно-технических журналов, издаваемых РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

- Мартынов В.Г. – Ректор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р экон. наук, профессор, академик РАО, председатель совета
- Максименко А.Ф. – Проректор по научной и международной работе РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, профессор, заместитель председателя совета
- Лопатин А.С. – Председатель комиссии по редакционно-издательской деятельности Ученого Совета РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, заведующий кафедрой, д-р техн. наук, профессор, главный редактор журнала "Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса", заместитель председателя совета
- Завьялов А.П. – Директор Издательского дома "Губкин" РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, канд. техн. наук, доцент, секретарь совета
- Абрамов Г.С. – Д-р экон. наук, член ТК 024 "Метрологическое обеспечение добычи и учета энергоресурсов (жидкостей и газов)", главный редактор журнала "Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности" (по согласованию)
- Близнюков В.Ю. – Руководитель проекта ПАО "НК "Роснефть", д-р техн. наук, профессор, главный редактор журнала "Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море" (по согласованию)
- Гируц М.В. – Декан факультета научно-педагогических кадров и кадров высшей квалификации РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р хим. наук, доцент
- Голунов Н.Н. – Проректор по дополнительному профессиональному образованию РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, канд. техн. наук, доцент
- Гриняев С.Н. – Декан факультета комплексной безопасности ТЭК РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, профессор
- Дедов А.Г. – Заведующий кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р хим. наук, профессор, академик РАН, главный редактор журнала "Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина"
- Дмитриевский А.Н. – Научный руководитель ИПНГ РАН, д-р геол.-минерал. наук, академик РАН, главный редактор журнала "Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений" (по согласованию)
- Ивановский В.Н. – Заведующий кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, профессор, главный редактор журнала "Территория Нефтегаз"
- Комков А.Н. – Начальник управления наукометрических исследований и поддержки публикационной активности, заведующий кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, канд. техн. наук, доцент
- Лачков А.Г.** – Генеральный директор АО "ВНИИОЭНГ" (по согласованию)
- Лоповок Г.Б. – Директор Издательского центра РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, канд. экон. наук, доцент
- Мастепанов А.М. – Заведующий аналитическим центром энергетической политики и безопасности ИПНГ РАН, профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р экон. наук, профессор, главный редактор журнала "Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом"
- Мельгунов В.Д. – Заведующий кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р юр. наук, профессор
- Мещеряков С.В. – Заведующий кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, профессор, заместитель главного редактора журнала "Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе"
- Михайлов Н.Н. – Профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, главный редактор журнала "Нефтепромысловое дело"
- Мурадов А.В. – Профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, заместитель руководителя редакционной коллегии журнала "Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина"
- Оганов А.С. – Заведующий кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, профессор, главный редактор журнала "Вестник Ассоциации буровых подрядчиков"
- Поздняков А.П. – Профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, заместитель главного редактора журнала "Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности"
- Постникова О.В. – Декан факультета геологии и геофизики нефти и газа РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р геол.-минерал. наук, профессор
- Соловьянов А.А. – Заместитель директора ФГБУ "Всероссийский научно-исследовательский институт охраны окружающей среды", главный редактор журнала "Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе", д-р хим. наук, профессор (по согласованию)
- Телегина Е.А. – Декан факультета международного энергетического бизнеса РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р экон. наук, профессор, член-корреспондент РАН
- Туманян Б.П. – Профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, главный редактор журналов "Химия и технология топлив и масел", "Технологии нефти и газа", "Промышленный сервис"

АНАЛИЗ РИСКОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕМ КОМПЛЕКСЕ

А.Н. Дмитриевский^{1,2}, Н.А. Еремин^{1,2}, П.С. Ложников^{3,4}, С.А. Клиновенко⁴, В.Е. Столяров¹, Д.П. Иниватов³
(¹ФГБУН "Институт проблем нефти и газа", ²РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, ³ФГБОУ ВО "Омский государственный технический университет", ⁴ООО "Газпром ВНИИГАЗ")

В статье описаны возможные риски в сфере нефтегазового комплекса при применении технологий искусственного интеллекта. Цифровая экономика становится ключевым элементом конкурентоспособности топливно-энергетического комплекса России. Переход от экспортно-сырьевого к ресурсно-инновационному развитию является первым этапом реализации стратегии цифровой модернизации. Нефтегазовый комплекс в настоящее время обладает крупнейшей в мире минерально-сырьевой базой, развитой инфраструктурой, квалифицированными кадрами, значительным инновационным потенциалом, в том числе возможностью реализации цифровых технологий и производств высоких переделов, что предполагает масштабный, быстрый и эффективный возврат вложенных финансовых ресурсов, новые бизнес-модели для сохранения передовых позиций добычи углеводородного сырья в длительной перспективе. Эти возможности могут быть обеспечены только за счет внедрения технологий на основе получения и обработки больших массивов данных, машинного обучения и цифровых двойников с целью минимизации факторов неопределенности и оценки рисков, а также для предупреждения возможных нештатных ситуаций и минимизации ущерба при нарушении технологических режимов. Факторы неопределенности способны затруднить прогнозирование финансовых, социальных, логистических и других условий ведения бизнеса, в связи с чем долговременные крупные проекты могут быть не реализованы. В статье рассмотрены причины сложившейся консервативной политики по продвижению инновационных продуктов в нефтегазовой отрасли, а также при интегрировании цифровых и технологических решений, обеспечивающих повышение эффективности управления производственными объектами инфраструктуры добычи. Приведены основные возможные риски, степень влияния рисков на проект. Представлены возможные меры по снижению рисков и их последствий на примере создания высокопроизводительной интеллектуальной системы предупреждения при бурении нефтегазовых скважин, что позволяет создать основу для перехода к безлюдным технологиям предупреждения аварийности и удаленной работы на нефтегазовых промыслах.

Ключевые слова: искусственный интеллект; система; риск; ущерб; интеллектуальные технологии; большие данные; бурение; нефтегазодобыча.

RISK ANALYSIS WHEN APPLYING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN OIL AND GAS PRODUCING INDUSTRY

A.N. Dmitrievsky^{1,2}, N.A. Eremin^{1,2}, P.S. Lozhnikov^{3,4}, S.A. Klinovenko⁴, V.E. Stolyarov¹, D.P. Inivatov³
(¹Oil and Gas Research Institute Russian Academy of Sciences, ²National University of Oil and Gas "Gubkin University", ³Omsk State Technical University, ⁴LLC "Gazprom VNIIGAZ")

The paper describes possible risks in the oil and gas industry when using artificial intelligence technologies. The digital economy is becoming a key element of the competitiveness of the Russian fuel and energy complex. The transition from export-raw materials to resource-innovative development is the first stage of the implementation of the digital modernization strategy. The oil and gas complex currently has the world's largest mineral resource base, developed infrastructure, qualified personnel and significant innovation potential, including the ability to implement digital technologies and high-conversion industries, which implies a large-scale, fast and efficient return on invested financial resources, new business models to maintain the leading positions of hydrocarbons production in the long term. These capabilities can only be achieved through the introduction of technologies based on the acquisition and processing of large amounts of data, machine learning and digital twins in order to minimize uncertainty factors and risk assessment, as well as to prevent possible abnormal situations and minimize damage caused by technological regimes violation. Uncertainty factors can make it difficult to predict the financial, social, logistical and other business conditions, therefore, long-term major projects may not be implemented. The paper also considers the reasons for the current conservative policy on the innovative products promotion in the oil and gas industry as well as the integration of digital and technological decision-makings that improve the efficiency of management of production facilities of the production infrastructure. The main possible risks and the degree of their

risk impact on the project are presented. Possible measures to reduce risks and their consequences are presented on the example of creating a high-performance intelligent system for preventing drilling of oil and gas wells, which allows creating a basis for the transition to unpopulated technologies for preventing accidents and remote work in oil and gas fields.

Keywords: artificial intelligence; system; risk; damage; intelligent technologies; big data; drilling; oil and gas production.

Введение

Нефтегазовая отрасль обеспечивает приоритетную роль в формировании ключевых позиций Российской Федерации на мировом энергетическом рынке. Это позволяет обеспечить цифровую модернизацию экономики страны в виде преобразования вектора развития экономики от экспортно-сырьевого к ресурсно-инновационному сценарию развития промышленности и экспорта продукции. Комплекс обладает крупнейшей в мире минерально-сырьевой базой и разнообразными разведанными запасами, развитой территориально распределенной структурой, значительными квалифицированными кадрами и собственным инновационным потенциалом. Все это позволяет при экономической заинтересованности отрасли обеспечить широкое внедрение отечественных интеллектуальных и цифровых технологий, а также конкурентоспособность продукции, укрепить позиции России на рынке высокотехнологичной продукции и сырья, получить масштабный, быстрый и эффективный возврат вложенных финансовых средств. Создаваемая интеллектуальная цифровая нефтегазовая экономика является новой формой современного бизнеса, который опирается на инновационные модели управления производством в режиме реального времени с минимальным участием персонала в производстве, моделью развития технологий на основе искусственного интеллекта и машинного обучения с эффективным использованием всех имеющихся производственных активов [1].

Обзор задач и источников цифровой трансформации

Задачами нефтегазового комплекса в происходящих процессах трансформации являются участие в социально-экономическом развитии национальной экономики, а также укрепление и развитие приоритетов и позиций Российской Федерации в мировой энергетике. Отрасли и предприятия топливно-энергетического комплекса (ТЭК) выступают при этом в различных качествах: объекта инвестиционного спроса на научные знания и технологии; среды внедрения и объекта реализации предложений; системного интегратора и постановщика задач; инвестора, а также регулятора при нормативно-правовом регулировании для применения в обществах, отрасли и государстве [2].

Проводимая инновационная политика перехода на интеллектуальные технологии является при этом основным источником экономического роста и обеспечивается сочетанием экономических, организационных, правовых и юридических мер и положений, реализуемых на федеральном, региональном и муниципальном уровнях для эффективной поддержки при-

оритетных и прибыльных инновационных проектов. Формы государственной поддержки могут быть прямыми и косвенными. Различие между ними сводится к приемам и способам влияния на объект в процессе инвестиционной деятельности. Прямые методы реализуются через законодательное обеспечение в виде финансовой, налоговой, административной поддержки, проведения материальной и моральной поддержки деятельности, защиты и организации надзора, широкой пропаганды и стимуляции результатов и новых технологий. Для косвенной поддержки преимущественно применяют формы налогового стимулирования инноваций [3].

Основой цифровой экономики являются большие массивы данных в цифровом виде и интеграция "сквозных" цифровых технологий, что обеспечивает контролируемый персоналом непрерывный производственный процесс, технологическую и экологическую безопасность на основе критерийного предиктивного управления и циклов обработки. Среди реализуемых в нефтегазовом производстве циклов можно выделить цифровой, технологический и инновационный.

Цифровой цикл включает: геологические/техногенные и инфраструктурные объекты – мультисенсорные измерения – передачу больших массивов данных (геоданные и информация по процессам) – обработку и систематизацию – формирование научных знаний – цифровые двойники и модели – облачные технологии и массивы информации. Технологический цикл состоит из производственных блоков: поиск и разведка углеводородов – разработка – добыча – транспорт – хранение – переработка – нефтегазохимия – логистика сырья и продукции.

Инновационный цикл объединяет: формирование ряда требований по созданию новых образцов технологий и оборудования (формирование требований – источники разработки – опытный образец – опытно-промышленная эксплуатация – серийное производство) – сертификация – вывод на рынок – масштабная реализация созданных в процессе инвестиций образцов. Именно с учетом необходимости выполнения постоянной поддержки и правового регулирования технологии искусственного интеллекта смогли подтвердить свою эффективность и возможность широкого применения в области медицины, военной техники, государственного управления, логистики и транспорта, а также при создании компьютерного зрения для различных отраслей применения. Управление данными, как показывает опыт внедрения таких систем, становится основой цифровой трансформации всей экономики и реализованных бизнес-процессов [4].

Сбор и обработка больших массивов данных позволяют выстроить виртуальную систему связей и зависимостей, которые в дальнейшем потребуются для имитации объекта в реальных рабочих условиях. Требуемые результаты могут быть получены с помощью изменений параметров выстроенной модели, исследования и выявления различных закономерностей, корреляций между переменными. Технологии искусственного интеллекта (ИИ) позволяют достичь высокого уровня соответствия между результатами реально эксплуатируемого объекта и его цифрового двойника. Разработка и освоение всё более функциональных и дешевых инструментов, осуществляющих сбор, хранение и обработку больших массивов данных, расширяют возможности использования ИИ, что повышает заинтересованность бизнеса и способствует достижению целей, среди которых можно выделить основные:

- сокращение расходов на производство. Процесс создания и внедрения является дорогостоящей процедурой и требует многоитеративной калибровки и проведения тестирований, что занимает длительное время, и значительных материальных средств. Осуществление процедуры в виртуальной среде позволяет выполнить вышеперечисленные этапы качественнее, быстрее и экономичнее и убедиться в корректном исполнении надлежащих данному продукту функций;
- уменьшение времени выхода разработки в производство и на рынок. Благодаря созданию виртуального прототипа продукта и проведению мониторинга его функций с помощью компьютерных средств, процедуры проверок и улучшения его модели осуществляются легче, быстрее и дешевле, что способствует более раннему поступлению разработки в производство и массовому применению в процессах;
- прогнозируемое диагностическое обслуживание. С помощью инновационных технологий появляется возможность осуществить сбор данных с реальных объектов, используя различные датчики, в виртуальной среде спрогнозировать предполагаемые поломки и рассчитать поведение системы с учетом фактического состояния.

Синергия технологий полных циклов нефтегазового дела позволяет создавать высокоэффективные целевые бизнес-модели управления нефтегазовым производством, обеспечивающие интенсивный рост фондоотдачи и производительности труда. Цифровая модернизация нефтегазовой отрасли при реализации позволит повысить средний коэффициент полезного действия (КПД) на нефтяных месторождениях с 30 до 40 % и на газовых промыслах с 75 до 80 %.

Инновационные технологии развития

С учетом имеющихся передовых мировых практик и компетенций в качестве элементов для решения практических задач цифрового нефтегазодобывающего комплекса применяют ряд ключевых технологий:

- Искусственного интеллекта с использованием нейросетей, машинного обучения и других методов

для разработки сценариев прогнозирования, моделирования и оптимального управления производственными объектами и технологическими процессами;

- Цифровых двойников для построения информационных моделей объектов и инфраструктуры, оптимизации производственных процессов, моделирования производственно-эксплуатационных, инженерно-технических, технико-экономических задач, состояния технологических комплексов;

- Корпоративных хранилищ данных с возможностью территориального и организационного распределения информационных мощностей и объемов хранения информации по работе, состоянию производственных объектов, геолого-технологическому состоянию нефтегазовых промыслов для всех стадий жизненного цикла, поступающих данных непосредственно с месторождений и объектов по мере обустройства, старения и изменения состояния;

- Структур больших массивов данных для обработки и конфигурации структурированных и неструктурированных онлайн-данных, получаемых в процессе строительства и эксплуатации для использования системами управления и мониторинга, различными подразделениями в реальном масштабе времени;

- Единого информационного ресурса предприятий для обеспечения элементов организационной целевой архитектуры, задействованной в эксплуатации и управлении технологическими и производственными процессами (включая диспетчерское управление) для решения задач автоматизации документооборота, планирования бюджета и ресурсов, логистики регламентов и проведения работ, информационных обменов и формирования задач;

- Промышленного интернета, элементов виртуальной и дополненной реальности для организации эффективного сбора данных с технологических объектов; применения дронов, роботизированных комплексов и мобильных рабочих для проведения работ в опасных производственных и малодоступных зонах, а также диагностики состояния объектов и технологий.

Особенностью применения в нефтегазовой отрасли технологий ИИ является геологическая удаленность промыслов, отсутствие развитой инфраструктуры и квалифицированного персонала на территориях обустройства. Это обуславливает необходимость комплексного подхода к применению имеющихся ресурсов и остаточной энергии пластов месторождений по мере исчерпания основных объемов добычи, что предполагает широкое использование малолюдных и инновационных технологий на основе беспроводной и спутниковой связи, систем диагностики инфраструктуры, автономных и возобновляемых источников энергоснабжения, а также проведения удаленного мониторинга производственных объектов с минимизацией участия персонала для снижения затрат в процессе строительства и эксплуатации объектов [5].

Происходящие процессы трансформации должны значительно поменять традиционные и достаточно консервативные взаимоотношения в отрасли по клю-

чевым вопросам создания инновационной среды и инженерной культуры по ряду ключевых производственных направлений, а именно: кадров, технологий и информации. С учетом необходимости инновационного развития рассматриваемые технологии должны обеспечивать возможность эффективной экономической эксплуатации на основе минимального привлечения персонала к опасным производственным процессам, широкого применения машинного обучения и технологий искусственного интеллекта, возможности превентивного анализа и управления большими массивами данных, организации бизнес-моделей с использованием единого информационного пространства. Технологии и оборудование предусматривают непрерывный мониторинг, безопасность эксплуатации и формируют требования и критерии для эволюционного развития, а также создание новых бизнес-процессов, интеграцию и масштабирование. Информация обеспечивается качеством и непрерывностью измерений, это предполагает анализ эффективности применяемых процессов, технологий и тенденций, а также является основой критерийного управления и предусматривает технологическую и экологическую безопасность персонала и оборудования [6].

Применение искусственного интеллекта в бурении

Примером оценки влияния рисков при использовании технологий ИИ в нефтегазодобывающем комплексе является выполненная в 2018–2021 гг. работа ФГБУН "Институт проблем нефти и газа РАН" по теме "Разработка высокопроизводительной автоматизированной системы предотвращения осложнений и аварийных ситуаций в процессе строительства нефтяных и газовых скважин на основе постоянно действующих геолого-технологических моделей месторождений с применением технологий искусственного интеллекта и индустриального блокчейна для снижения рисков проведения геолого-разведочных работ, в том числе на шельфовых проектах", реализованная по гранту Министерства науки и высшего образования

РФ (идентификатор проекта RFMEFI60419X0217, регистрационный номер АААА-А20-120032890002-3) [7]. Созданный экспериментальный программно-технический комплекс состоял из специализированных компонент, обеспечивающих решение ряда задач: валидации и передачи геолого-геофизических данных – "Блокчейн"; обработки реально-временной информации – "Оркестровка"; определения весовых коэффициентов нейронной сети – "Дополнение модели"; расчетов для интеллектуального бурения на моделях – "Нейросетевые расчеты", передачи информации и рекомендаций, обратной связи и интеграции компонент – "Обратная связь" [8].

Принципиальная структурная схема построения компоненты "Нейросетевые расчеты" приведена на рис. 1.

В процессе создания автоматизированной системы и программного компонента (ПК) "Нейросетевые расчеты" были сформулированы и реализованы организационные и технологические задачи:

1. Систематизированы и классифицированы типичные ситуации с учетом возможности автоматического распознавания и применения нейросетевых технологий и глубокого машинного обучения, разработаны алгоритмы предсказания и предотвращения аварий, выполнен расчет вероятности для каждого типа аварий. В алгоритмах реализована методика соответствия и зависимости проявлений нештатных ситуаций от измеряемых параметров, согласно архиву ретроспективных данных. Это позволило сформировать закономерности и корреляции между регистрируемыми параметрами и базовыми рецепторами для создаваемой нейросети ИИ;

2. Сформирован оптимальный набор параметров, получаемых в режиме онлайн с бурового комплекса, по составу и глубине архивов, что обеспечило прогнозирование задач предотвращения прихватов, поглощений, газонефтеводопроявлений в процессе бурения;

3. Сформированы оптимальная конфигурация сети нейронов и параметров, обеспечившая сходимость ре-

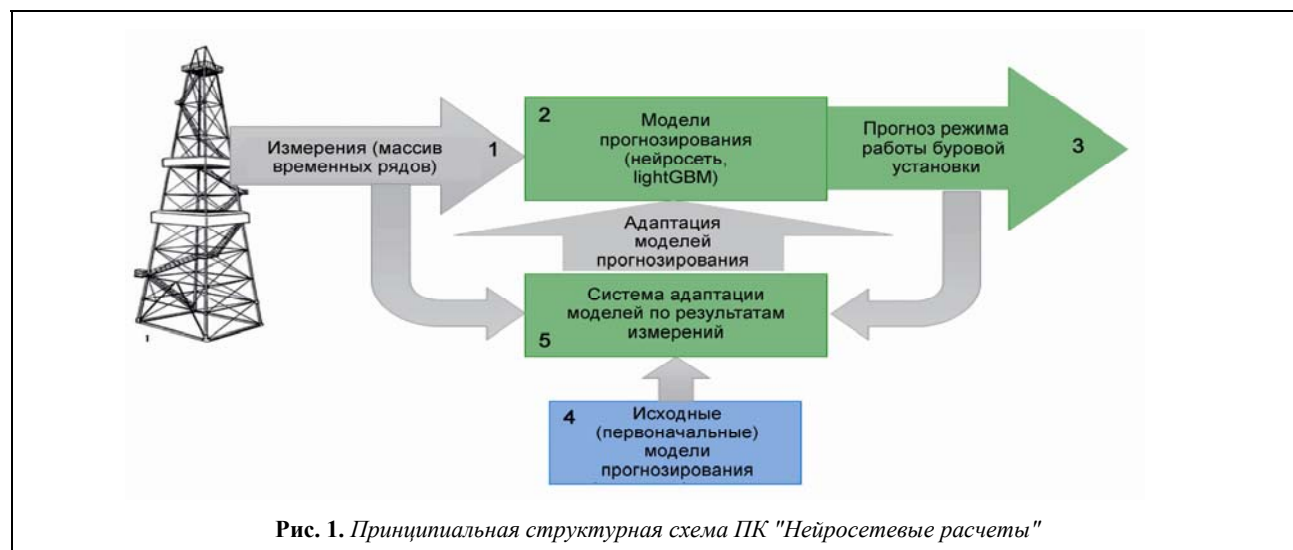


Рис. 1. Принципиальная структурная схема ПК "Нейросетевые расчеты"

зультатов при выполнении достоверного прогноза; требования для применения технологий облачных вычислений и распределенного ресурса в реальном масштабе времени;

4. Сформированы и реализованы мероприятия для адаптации системы защиты информации по технологии блокчейна во избежание искажения входных данных, обеспечения возможности передачи информации и рекомендаций по бурению между уровнями прогнозирования и принятия управленческих решений;

5. Разработаны рекомендации по сравнительной оценке результатов предупреждения аварийности на основе ИИ и обоснования выбора направлений дальнейшего исследования в рамках научно-технического сопровождения процессов бурения и строительства;

6. Проведено тестирование программного обеспечения по сходимости результатов и прогнозирование аварийности на основе фактических данных с буровой площадки.

Проведенные работы показали, что решающее значение в повышении эффективности приобретает квалификация экспертов в сфере применения новых технологий, возможность быстрой и качественной обработки больших массивов геолого-геофизической информации. Расчеты проводились на основе применения современных высокопроизводительных вычислительных информационных технологий, что обеспечивает возможность подготовки рекомендаций и выработки управляющих решений с использованием количественных моделей в квазиреальном и реальном режимах.

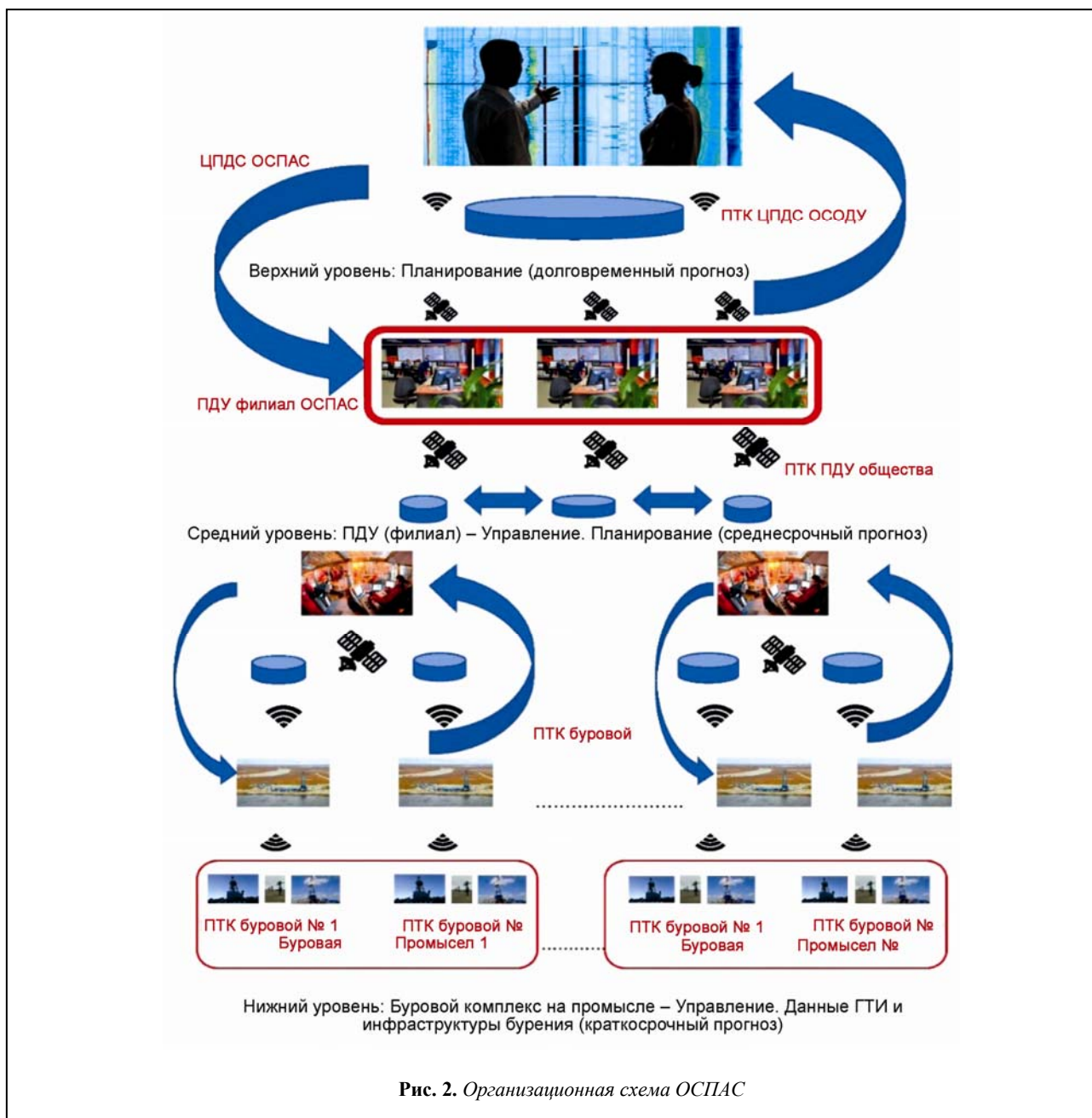


Рис. 2. Организационная схема ОСПАС

При создании системы предупреждения проводились отработка и использование информации по результатам бурения на основе ранее выведенного из эксплуатации норвежского нефтяного месторождения "Вольве" в Северном море, а также в виде симуляционных данных, полученных с действующего бурового тренажера DrillSim-5000 (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина) и со станций геолого-технологической информации (ГТИ) при разбуривании скважин на месторождениях [10].

Основное отличие технологий искусственных нейронных сетей по сравнению с традиционно используемыми статистическими методами заключается в возможности обучения интеллектуальной системы предупреждений на реальных геолого-технологических данных в режиме реального времени, которые формируются на различных этапах строительства скважин. Выявление всех видов осложнений и предаварийных ситуаций на рассматриваемых скважинах обеспечивается проведением полномасштабных вычислительных экспериментальных исследований с данными (ГТИ). Точность прогнозов зависит от количества данных и конкретных условий бурения для скважины и возрастает по мере накопления информации и результатов применения.

С учетом требований и возможностей создания единой информационной платформы предприятия была также предложена территориально распределенная по уровням организации и имеющимся ресурсам структура мониторинга, управления бурением и строительством. Согласно предложениям, это позволяет организовать различные по глубине прогнозы: краткосрочный, среднесрочный и долгосрочный. Оперативное управление и краткосрочное прогнозирование режимов выполняются непосредственно на буровой, а удаленно в центре мониторинга месторождения на базе производственно-диспетчерского управления (ПДУ) осуществляется среднесрочный прогноз по нескольким буровым комплексам. В единой для нефтегазового общества центральной производственно-диспетчерской службе (ЦПДС) предприятия организуется непрерывный технологический контроль бурения для различных промыслов с привлечением экспертов и специалистов по различным направлениям строительства и эксплуатации, а также расчет моделей и режимов на базе создаваемой отраслевой системы предупреждения аварийных ситуаций (ОСПАС) и мониторинга всего объема строительства. Создание ОСПАС требует привлечения различных компетенций: геологов, проектировщиков, буровиков, специалистов IT-технологий, специалистов по безопасности и защите информации, управления проектами строителей, эксплуатационного и управленческого персонала и др.

С учетом потребностей и возможностей интеллектуальных технологий, можно прогнозировать расширение специализации и услуг таких центров для различных направлений деятельности, что обеспечивается информационными ресурсами без физического

присутствия специалистов на объектах (удаленный мониторинг).

В нефтегазовой промышленности объем работ с большими геоданными возрастает за счет процессов сенсоризации и цифровизации основных производственных активов, оптикализации получения и передачи данных, интеллектуализации процессов принятия решений, а также суперкомпьютеризации моделирования цифровых двойников, роботизации рутинных технологических операций, что актуально при обустройстве скважин и месторождений. Функциональная схема уровней планирования и управления ОСПАС приведена на рис. 2. Преимуществом высокотехнологического управления является возможность перехода к плановому управлению без участия операторов буровой и промысла, способность на основе нейронных моделей эффективно реагировать на ситуации, имитировать и моделировать неопределенности.

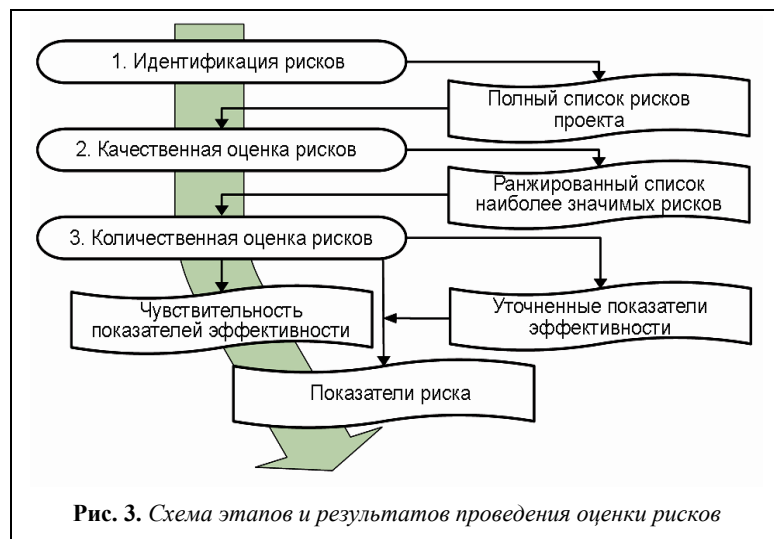
Следует отметить, что состав информации и выбор параметров для выявления осложнений и предаварийных ситуаций зависят от количества данных и конкретных условий бурения скважины. Существенной проблемой при этом являются ограничения в отрасли по доступности получения данных для анализа и продолжения работы, отсутствие типовых стандартов по организации сбора и конфигурированию, структурированию, хранению, распределению и использованию информации из единых баз, требований к созданию и использованию имеющихся цифровых платформ. Препятствием в решении этой проблемы являются серьезные ведомственные барьеры и протекционизм нефтегазовых компаний, наличие ограничений по получению и использованию технологической информации для применения в опытных образцах программно-технических комплексов (ПТК), отсутствие передачи опыта и компетенций.

Анализ рисков при применении инновационных технологий

При функционировании предприятия подвергаются различного рода влиянию через внешние воздействия, которые могут отрицательно сказаться на результатах деятельности. Факторы неопределенности способны затруднить прогнозирование финансовых, социальных, логистических и других условий ведения бизнеса, в связи с чем долговременные крупные проекты могут быть сорванными или невыполненными. Для расчета рисков и их нейтрализации разработаны специальные методики, осуществляющие оценки [11].

В общем случае под риском понимается мера опасности, характеризующаяся возможностью возникновения аварий и тяжестью их последствий. В зависимости от целей анализа риск может оцениваться как в качественных, так и количественных показателях (СТО РД Газпром 39-1.10-084-2003).

Основным показателем опасности на объектах нефтегазодобычи является риск аварий, который учитывает вероятностный характер превращения аварий-



ной опасности в непосредственную угрозу их возникновения с последующим возможным причинением вреда жизни, здоровью людей, окружающей среде, безопасности государства, имуществу физических и юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу. Мерой оценки вреда является ущерб (Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах. Руководство по безопасности. Утверждено приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11.04.2016 г. № 144).

Основная цель анализа риска аварий – определение степени аварийной опасности опасных производственных объектов (ОПО) и/или их составных частей для заблаговременного предупреждения угроз причинения вреда. С этой точки зрения при применении интеллектуальных технологий в инвестиционных проектах стоит руководствоваться рекомендациями положения Р Газпром 120-2012 "Методические рекомендации по оценке рисков перспективных нефтегазовых проектов, реализуемых на новых рынках" (введение 2013–09–02). Схема возможных этапов и результаты проведения оценки рисков представлены на рис. 3.

Рекомендуемый порядок оценки рисков реализуемых инвестиционных проектов, направленный на получение показателей риска, содержит последовательные этапы: идентификация рисков, качественная оценка рисков, количественная оценка рисков. Цель идентификации рисков – выявление максимально полного списка рисков, которые могут оказать негативное влияние на эффективность проекта. Целью качественной оценки рисков является получение ранжированного списка наиболее значимых рисков проекта. Основная цель количественной оценки – получение значений показателей риска. Другими важными целями этапа являются оценка чувствительности показателей эффективности проекта к реализации основных рисков и расчет уточненных (с учетом оценки рисков) показателей эффективности.

Эффективность инвестиционных проектов определяется выбранной стратегией – идентификацией базового технологического уклада. При определении эффективности инвестиционных проектов рекомендуется учитывать следующие основные принципы: 1) рассмотрение проекта на протяжении всего расчетного периода (жизненного цикла); 2) обеспечение сопоставимости условий сравнения различных проектов (вариантов проекта), в том числе степень развитости информационных систем и систем управления; 3) обеспечение положительности эффекта при реализации проекта и максимума прибыли при выборе из альтернативных проектов (вариантов); 4) учет фактора времени; 5) учет предстоящих затрат и поступлений; 6) учет всех наиболее существенных последствий реализации проекта (влияние на эффективность допускает количественную оценку, и ее следует выполнить, либо учет влияния должен осуществляться экспертно); 7) учет потребности в оборотном капитале (при необходимости); 8) использование принципа "с проектом" и "без проекта", а не "до проекта" и "после проекта"; 9) учет влияния инфляции (изменение цен на различные виды продукции и ресурсов в период реализации проекта); 10) учет (в количественной форме) влияния неопределенностей и рисков, сопровождающих реализацию проекта.

Осуществление ранжирования и оценка рисков выполняются также на основе различных методик. Так, в ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010/2011 приведен перечень методов оценки риска, их подробное описание, порядок проведения оценки, список требований, отражающий возможность применения того или иного метода для анализа данного риска. Оценка может осуществляться с различной степенью глубины и детализации, а применяться могут как один, так и несколько методов формирования прогнозной оценки. При выборе метода нужно учитывать, что результаты должны соответствовать определенной форме, а сам метод – анализируемой ситуации. В связи с тем, что оценка риска представляет собой процесс, требующий постоянного мониторинга вследствие возможных изменений условий, то и выбираемые методы также должны воспроизводить результаты с учетом изменившейся обстановки. Для оценки и управления проектными рисками рекомендуется рассматривать факторы рисков по стадиям жизненного цикла и видам деятельности (организационной, производственно-технической и финансово-экономической), выделяя внешние факторы риска. На прединвестиционной стадии в качестве основных факторов проектных рисков рекомендуется рассматривать: 1) недостаточную обоснованность (неопределенность) оценок параметров (в том числе капитальных и операционных затрат, объемов транспортировки, тарифов) и показателей эффективности, а также выбора вариантов; 2) несо-

блюдение нормативных требований к оформлению проектных документов; 3) внешние факторы риска.

На инвестиционной стадии в качестве основных факторов проектных рисков следует рассматривать: 1) несвоевременность, недостаточное качество и несоответствие нормативным и проектным требованиям проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ; 2) несвоевременность и недостаточность финансирования проекта; 3) несоблюдение нормативных требований при оформлении результатов выполненных работ; 4) внешние риски, в том числе изменения правовых и нормативных требований.

На эксплуатационной стадии в качестве основных факторов проектных рисков целесообразно рассматривать: 1) несоответствие параметров построенных объектов планируемому и/или требуемому, в том числе невыход на проектную мощность, 2) недостаточное качество работ по эксплуатации объектов, 3) недостаточный контроль операционных затрат, 4) аварии и инциденты на проектных объектах, 5) внешние риски, в том числе изменение нормативных требований и/или налоговой политики, несовершенство тарифной политики. Составляющие и показатели проектных рисков должны определяться в соответствии с детерминированным или вероятностным подходом к оценке проектных рисков, что подробно рассмотрено в материалах В.В. Алексеева и др. "Математические модели и методики обеспечения приемлемых рисков информационно-измерительных и управляющих систем транзитных газопроводов" (2016 г.).

С учетом сложившейся в настоящее время ситуации по продвижению продуктов на основе искусственного интеллекта необходимо выделить часть рисков, связанных:

- с международной политикой, таможенным законодательством и межнациональными нормами и правилами. Следует оценить как глобальные с высоким уровнем воздействия;
- государственной политикой и нормативно-правовым регулированием в области социального, экологического, трудового законодательства, экономической и налоговой политики и другими мероприятиями по поддержке инвестиций. Такие риски рекомендуются оценивать как национальные (государственные) со средней степенью воздействия;
- отраслевой политикой, связанной с отсутствием компетенций, инфраструктуры и технологической отсталостью, обеспечением достаточного финансирования научных разработок и отраслевой нормативной базы, оборудования и исполнения договорных обязательств. Такие риски с учетом существующей практики и причин возникновения следует оценивать как отраслевые (внутренние) с низким уровнем воздействия.

Для нефтегазовых обществ низкая степень воздействия объясняется отсутствием востребованности в

применении лучших международных практик и результатов. Это происходит в связи с проводимой независимой технической политикой по развитию собственных институтов разработки, желанием обеспечить техническую независимость от имеющихся предложений на рынке инвестиционных разработок и созданием собственных компетенций. Отрицательно сказывается отсутствие механизмов стимуляции для внедрения современных технологий и мер по координации отечественных научных и производственных организаций в интересах отрасли. В условиях высокой неопределенности ключевых факторов мирового развития достаточно трудно оценить риски и вероятность тех или иных сценариев будущего развития отечественной нефтегазовой отрасли. Причиной необходимости развития наукоемких направлений являются следующие факторы:

– серьезные риски для восполнения и развития ресурсной базы в среднесрочной перспективе возникают в связи с сокращением объемов геолого-разведочных работ (ГРП);

– отрасль является сильно консолидированной. Доля крупных предприятий в общем объеме добычи нефти превышает 96,7 % (более 80 % нефти добывается пятью крупнейшими отечественными компаниями; на долю средних предприятий приходится 3,2 % и малых – 0,1 %, при этом доля малых предприятий постоянно сокращается);

– в связи с длительными сроками эксплуатации основных месторождений отрасль сталкивается с неэффективными технологиями добычи, увеличением рисков аварий, постоянным ростом затрат на разработку месторождений, снижением объемов продукции;

– значительная часть разведанных за последние 20 лет нефтяных и газовых запасов находится в труднодоступных местах и нерентабельна без применения новых технологий;

– имеющиеся технологические решения характеризуются существенной зависимостью рентабельности добычи от фискальной нагрузки и ряда других внешних экономических условий, изменения порядка лицензирования и финансовой поддержки;

– применяемое оборудование и технологии, программные и технические комплексы зависят от иностранных технологий и инвестиций (внешних рынков) капитала;

– введенные против российского нефтегазового сектора санкции вызвали пересмотр и оптимизацию большинства инвестиционных программ, вследствие чего ряд капиталоемких проектов оказались сдвинутыми на лучшее время или не финансируются.

Архитектура решений, принятых с учетом современных тенденций развития и применения искусственного интеллекта, позволяет обеспечить возможность перепрофилирования тематики работы для лю-

бых отраслей на основании машинного обучения и компетенций, масштабирование решений и тиражирование с минимизацией общей стоимости внедрения и эксплуатации в рамках решения конкретных отраслевых проблем, способствует созданию новых ответственных продуктов, услуг, компаний и высококвалифицированных рабочих мест.

Однако с учетом ограниченности финансовых возможностей первоочередные инвестиции должны быть сделаны не в ремонт мощностей прошлого века, а направлены на создание современных высокорентабельных роботизированных производств на основе применения технологий ИИ.

Развитие технологий и компетенций в дальнейшем неизбежно приведет к снижению или исключению человека из цепочек управления, замене его искусственным интеллектом в производственных процессах. Серьезной проблемой является положение, связанное с недостаточным развитием теории интеллектуального управления и роли человека в этом процессе. Как предупреждал в своих лекциях д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой АСУ РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина Л.И. Григорьев, это может привести к ряду возможных негативных проблем, связанных:

- с дегуманизацией управления и исключением человека из цепочек управления, а также неопределенностями поведения системы в связи с заменой ИИ в нестандартных ситуациях, что может привести к непредсказуемым последствиям;
- ограниченностью ИИ в связи с определением границ взаимодействия по линии "постановка задач – решение задач", которую определяет компетентность определяющего задачу человека;
- ограниченностью цифровых моделей в связи с отсутствием исследований, знаний и закономерностей при переходе к модели управления на основе анализа больших массивов данных и алгоритмов;
- расщеплением личности, когда в условиях цифровой экономики человек обеспечивает в основном вспомогательные функции мониторинга и контроля, а возможности анализа и решений фактически переходят к ИИ;
- необходимостью организации защищенного режима исполнения ИИ по стадиям сбора, алгоритмам, принятым решениям от возможных кибератак.

Инициаторами проектов по внедрению интеллектуальных технологий в настоящее время уже выступают крупные добывающие компании в рамках планирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на 3...5 лет. Эти компании привлекают к сотрудничеству институты РАН, университеты и отраслевые исследовательские центры, обладающие необходимыми научными и технологическими заделами, а также способны добиться финансовой и законодательной поддержки своих проектов со стороны

государства и обеспечить необходимое финансирование научных исследований для снижения рисков внедрения в производство.

Выводы

Анализ и управление рисками внедрения современных технологий являются актуальной задачей современности. Особую значимость с позиций энергетической безопасности приобретает обеспечение приемлемых рисков при применении интеллектуальных технологий в нефтегазодобыче. Сложность разработки адекватных методологий, моделей и методик для достижения уровня приемлемых рисков обусловлена множеством факторов, в том числе междисциплинарными проблемами, историческим консерватизмом и осторожностью применения новых технологий на ОПО, сложностью и иерархичностью процессов, наличием причинно-следственных связей и ограничений для всех направлений деятельности. Значительным ограничением является отсутствие экспертов по нефтегазовым направлениям, имеющих опыт разработки, проектирования и эксплуатации, а также большое число применяемых в процессе добычи математических, графических и описательных моделей, разработанных теоретических методов и средств решения проблемы для перехода на модель управления с минимальным участием человека в производственных процессах.

Успешное внедрение интеллектуальных технологий и искусственного интеллекта в отрасли обеспечивает получение дополнительных объемов добычи нефти и газа за счет внедрения масштабируемого инструментального базиса, прикладных методических основ модельно-предиктивного управления цифровым производством в режиме реального времени, оптимизацию кинематики и динамики движения газовых потоков в интегрированной системе цифровой нефтегазодобычи и обеспечение требуемого качества продукции. Переход к новому экономическому укладу связан со значительными преобразованиями и в других направлениях: разработке нормативно-правовой базы, совершенствовании технологических процессов, применении методов современной диагностики и материалов, создании системы непрерывной переподготовки персонала в соответствии с современными требованиями.

Статья подготовлена по результатам работ, выполненных ИПНГ РАН по государственному заданию на тему "Фундаментальный базис инновационных технологий нефтяной и газовой промышленности". Раздел 9 "Науки о Земле". Направление фундаментальных исследований: "Комплексное освоение и сохранение недр Земли, инновационные процессы разработки месторождений полезных ископаемых и глубокой переработки минерального сырья".

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриевский А.Н., Мастепанов А.М., Бушуев В.В. Ресурсно-инновационная стратегия развития экономики России // Вестн. РАН. – 2014. – Т. 84, № 10. – С. 867–873. – DOI: 10.7868/S0869587314100077
2. Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А., Столяров В.Е. К вопросу цифровизации процессов газодобычи // Изв. Тульского гос. ун-та. Науки о Земле. – 2019. – Вып. 2. – С. 136–152.
3. Особенности цифровой трансформации активов при реализации инвестиционных нефтегазовых проектов / Н.А. Еремин, М.А. Королев, А.А. Степанян, В.Е. Столяров // Газовая пром-сть. – 2019. – № 4 (783). – С. 108–119.
4. Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А., Столяров В.Е. Роль информации в применении технологий искусственного интеллекта при строительстве скважин для нефтегазовых месторождений // Науч. журн. Российского газового общества. – 2020. – № 3 (26). – С. 6–21.
5. Галлямова Э.И. Оценка производственных рисков как метод управления безопасностью в нефтяной и газовой промышленности // Электрон. науч. журн. "Нефтегазовое дело". – 2016. – № 3. – С. 293–306.
6. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска. – Введ. 2012–12–01. – М.: Стандартиформ, 2012. – 69 с.
7. Пат. 2703576 Рос. Федерация, МПК E21B 44/00, H04L 12/24, G06F 17/40. Адаптивная система управления бурением скважин на базе единой цифровой платформы / В.В. Кульчицкий, А.К. Пархоменко, С.А. Ильичев [и др.]; патентообладатель АО "НТПЦ ГНТ". – № 2019101435; заявл. 18.01.2019; опубл. 21.10.2019, Бюл. № 30.
8. Цифровые технологии строительства скважин. Создание высокопроизводительной автоматизированной системы предотвращения осложнений и аварийных ситуаций в процессе строительства нефтяных и газовых скважин / Н.А. Еремин, А.И. Архипов, А.Д. Черников [и др.] // Деловой журн. Neftegaz.Ru. – 2020. – № 4 (100). – С. 38–50.
9. Шаяхметова К.О., Кусен Е.Т. Риски нефтегазовой отрасли и возможности управления рисками // Вестник КазНУ. Серия экономическая. – 2012. – Т. 91, № 3. – С. 153–157.
10. Сиргалина Г.Т., Хасанова Г.Ф., Батталова А.А. Анализ рисков в нефтяной и газовой промышленности // Управление экономическими системами: электрон. науч. журн. – 2018. – № 12 (118). – С. 81.

11. Volve Data Village. – URL: <https://www.equinor.com/en/how-and-why/digitalisation-in-our-dna/volve-field-data-village-download.html> (дата обращения 05.07.2020).

LITERATURA

1. Dmitrievskiy A.N., Mastepanov A.M., Bushuev V.V. Resursno-innovatsionnaya strategiya razvitiya ekonomiki Rossii // Vestn. RAN. – 2014. – T. 84, № 10. – S. 867–873. – DOI: 10.7868/S0869587314100077
2. Dmitrievskiy A.N., Eremin N.A., Stolyarov V.E. K voprosu tsifrovizatsii protsessov gazodobychi // Izv. Tul'skogo gos. un-ta. Nauki o Zemle. – 2019. – Vyp. 2. – S. 136–152.
3. Osobennosti tsifrovoy transformatsii aktivov pri realizatsii investitsionnykh neftegazovykh projektov / N.A. Eremin, M.A. Korolev, A.A. Stepanyan, V.E. Stolyarov // Gazovaya prom-st'. – 2019. – № 4 (783). – S. 108–119.
4. Dmitrievskiy A.N., Eremin N.A., Stolyarov V.E. Rol' informatsii v primenении tekhnologiy iskusstvennogo intellekta pri stroitel'stve skvazhin dlya neftegazovykh mestorozhdeniy // Nauch. zhurn. Rossiyskogo gazovogo obshchestva. – 2020. – № 3 (26). – S. 6–21.
5. Gallyamova E.I. Otsenka proizvodstvennykh riskov kak metod upravleniya bezopasnost'yu v neftyanoy i gazovoy promyshlennosti // Elektron. nauch. zhurn. "Neftegazovoe delo". – 2016. – № 3. – S. 293–306.
6. GOST R ISO/MEK 31010-2011. Menedzhment riska. Metody otsenki riska. – Vved. 2012–12–01. – M.: Standartinform, 2012. – 69 s.
7. Pat. 2703576 Ros. Federatsiya, MPK E21B 44/00, H04L 12/24, G06F 17/40. Adaptivnaya sistema upravleniya bureniem skvazhin na baze edinoy tsifrovoy platformy / V.V. Kul'chitskiy, A.K. Parkhomenko, S.A. Il'ichev [i dr.]; patentoobladatel' AO "NTPTs GNT". – № 2019101435; zayavl. 18.01.2019; opubl. 21.10.2019, Byul. № 30.
8. Tsifrovye tekhnologii stroitel'stva skvazhin. Sozdanie vysokoproizvoditel'noy avtomatizirovannoy sistemy predotvrashcheniya oslozhneniy i avariynykh situatsiy v protsesse stroitel'stva neftyanykh i gazovykh skvazhin / N.A. Eremin, A.I. Arkhipov, A.D. Chernikov [i dr.] // Delovoy zhurn. Neftegaz.Ru. – 2020. – № 4 (100). – S. 38–50.
9. Shayakhmetova K.O., Kusen E.T. Riski neftegazovoy otrasli i vozmozhnosti upravleniya riskami // Vestnik KazNU. Seriya ekonomicheskaya. – 2012. – T. 91, № 3. – S. 153–157.
10. Sirgalina G.T., Khasanova G.F., Battalova A.A. Analiz riskov v neftyanoy i gazovoy promyshlennosti // Upravlenie

*ekonomicheskimi sistemami: elektron. nauch. zhurn. – 2018.
– № 12 (118). – S. 81.
11. Volve Data Village. – URL: <https://www.equinor.com/en/>*

*how-and-why/digitalisation-in-our-dna/volve-field-data-village-download.html (data obrashcheniya
05.07.2020).*

Анатолий Николаевич Дмитриевский^{1,2}, д-р геол.-минерал. наук, профессор, академик РАН
e-mail: a.dmitrievsky@ipng.ru,

Anatoly Nikolaevich Dmitrievsky^{1,2}, Dr. of geological-mineralogical sci., Professor, academician of RAS
e-mail: a.dmitrievsky@ipng.ru,

Николай Александрович Еремин^{1,2}, д-р техн. наук, профессор
e-mail: ermn@mail.ru,

Nikolay Alexandrovich Eremin^{1,2}, Dr. of tech. sci., Professor
e-mail: ermn@mail.ru,

Павел Сергеевич Ложников^{3,4}, д-р техн. наук
e-mail: P_Lozhnikov@vniigaz.gazprom.ru,

Pavel Sergeevich Lozhnikov^{3,4}, Dr. of tech. sci.
e-mail: P_Lozhnikov@vniigaz.gazprom.ru,

Сергей Александрович Клиновенко⁴
e-mail: S_Klinovenko@vniigaz.gazprom.ru,

Sergey Alexandrovich Klinovenko⁴
e-mail: S_Klinovenko@vniigaz.gazprom.ru,

Владимир Евгеньевич Столяров¹
e-mail: bes60@rambler.ru,

Vladimir Evgenievich Stolyarov¹
e-mail: bes60@rambler.ru,

Даниил Павлович Иниватов³
e-mail: daniilini@mail.ru

Daniil Pavlovich Inivatov³
e-mail: daniilini@mail.ru

¹ФГБУН "Институт проблем нефти и газа РАН"
119333, РФ, г. Москва, ул. Губкина, 3;

¹Oil and Gas Research Institute Russian Academy of Sciences
3, Gubkin str., Moscow, 119333, Russian Federation;

²РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина
119991, РФ, г. Москва, Ленинский просп., 65, корп. 1;

²National University of Oil and Gas "Gubkin University"
65, bld. 1, Leninsky prosp., Moscow, 119991, Russian Federation;

³ФГБОУ ВО "Омский государственный технический университет"
644050, РФ, г. Омск, Просп. Мира, 11;

³Omsk State Technical University
11, prosp. Mira, Omsk, 644050, Russian Federation;

⁴ООО "Газпром ВНИИГАЗ"
142717, РФ, Московская обл., г. Видное, пос. Развилка,
пр. Проектируемый № 5537, владение 15, стр. 1

⁴LLC "Gazprom VNIIGAZ"
15, bld. 1, Proektiruemy proezd № 5537, Razvilka stl., Vidnoe,
142717, Moscow region, Russian Federation



ВСТРЕЧИ ЗАКАЗЧИКОВ И ПОДРЯДЧИКОВ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

НОВЫЕ ВСТРЕЧИ – НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ!

Москва, улица Тверская, 22, отель InterContinental



**09 ДЕКАБРЯ
2021**

НЕФТЕГАЗШЕЛЬФ

Подряды на нефтегазовом шельфе

Заказчиками оборудования выступают «Газпром нефть», «Роснефть», «ЛУКОЙЛ», «Газпром флот» и другие крупные компании. В условиях введения экономических санкций необходимо освоить производство жизненно важного оборудования, в первую очередь запасных частей. Награждение лучших компаний, способных поставлять продукцию/услуги для шельфа. Презентация настенной карты инвестиционных проектов в нефтегазовом комплексе

Телефоны: +7 (495) 514-44-68, 514-58-56; n-g-k.ru