

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ЖУРНАЛ
Бурение

ISSN 2072-4799

& Нефть

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ДЛЯ БУРОВЫХ УСТАНОВОК
стр. 50

- ▶ ПРОИЗВОДСТВО
- ▶ МОНТАЖ
- ▶ ОБСЛУЖИВАНИЕ

ПО ИНДИВИДУАЛЬНЫМ
ТРЕБОВАНИЯМ ЗАКАЗЧИКА

 **PETRO
ENGINEERING**

ООО "ПетроИнжиниринг"

7-8 июль-август
2023



СОДЕРЖАНИЕ

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА

ООО «БУРНЕФТЬ»

Александр УДИНСКИЙ
генеральный директор
alex@burneft.ru, well@dol.ru

Эдуард ПОРЕТ
главный редактор
glavred@burneft.ru

Александр ХАУСТОВ
выпускающий редактор
vipred@burneft.ru

Эльмира МАХМУТОВА
дизайн и верстка

Александр АНШЕЛЕВИЧ
фотокорреспондент
fotokor@burneft.ru

Надежда ЖИЛИНА
секретариат

Павел МАЛКОВ
начальник отдела рекламы
8-919-786-53-75
malkovpavel@burneft.ru

Алексей ОСЬКИН
менеджер отдела рекламы
8-926-365-08-58
oskin@burneft.ru

Василий ДАВЫДОВ
системный администратор

Елена СИНЕЛЬНИКОВА
главный бухгалтер

РЕДКОЛЛЕГИЯ

Д.Ф. БАЛДЕНКО, д.т.н.

В.И. БОГОЯВЛЕНСКИЙ, д.т.н., чл.-корр. РАН

М.В. ДВОЙНИКОВ, д.т.н., профессор

А.Н. ДМИТРИЕВСКИЙ, д.г.-м.н., академик РАН

А.Н. ДРОЗДОВ, д.т.н., профессор

Н.А. ЕРЕМИН, д.т.н., профессор

В.А. КОНТОРОВИЧ, д.г.-м.н., чл.-корр. РАН

Ю.С. КУЗНЕЦОВ, д.т.н., профессор

Г.М. ЛЕВИН

В.П. ОВЧИННИКОВ, д.т.н., профессор

Э.В. ПОРЕТ

Р. САМУЕЛ, адъюнкт-профессор (США)

П.П. СУХ, д.н. (Польша)

Л.Г. ТИТОВ

А.С. УДИНСКИЙ, к.и.н., доцент

МАРИЯ ЦЕХАНОВСКА, д.т.н., профессор
(Польша)

Пан ЧАНВЭЙ, д.ю.н., постдоктор экон.,
профессор (КНР)

А.Х. ШАХВЕРДИЕВ, д.т.н., профессор

Л.В. ЭДЕР, д.э.н., профессор

Адрес редакции:

115201, Москва

Каширский проезд, 21, стр. 1, эт. 3, оф. 32

Тел/факс: +7 (499) 613-93-17

Тел: +7 901 519-13-33,

+7 925-384-93-11, +7 901-543-65-84

бухгалтерия +7 (915) 062-55-65

E-mail: well@dol.ru www.burneft.ru

Редакция оформляет полную годовую

подписку с любого месяца года

Подписные индексы

по каталогу «Урал-пресс»: 79931

по каталогу «Пресса России»: 29003

по каталогу «Почта России»: П1827

Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ

по делам печати, телерадиовещания

и средств массовых коммуникаций

Регистрационный номер ПИ № ФС 77-50419

Цена свободная

Отпечатано в типографии ООО «Гран При»

Журнал приглашает к сотрудничеству

рекламодателей и всех заинтересованных лиц

Заявленный тираж 5000 экз.

Редакция не несет ответственности

за содержание рекламных материалов

АКТУАЛЬНО

Порет Э.В. Энергетика цифровизации 3

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ

Чтоб не было больше потопа. Россия готовится к новым вызовам 7

Еремин Н.А., Столяров В.Е., Гавриленко С.И., Астафуров С.Н., Подопривога В.Н., Гарипова А.А. Вопросы регулирования и рисков обустройства интеллектуальных и роботизированных нефтегазовых месторождений 16

ИНФОРМАТИЗАЦИЯ

Алексеев О.О., Мухаметов Ф.Х., Востриков П.Э., Мухаметзянов Р.М., Хайруллин И.В. Будущее бурения: преимущества автоматизированных буровых установок 24

Шибяев А.А., Шраго И.Л., Васинкин И.А., Чернышов А.С. Применение методов машинного обучения в задаче анализа аномального поведения технологических параметров, при классификации технологических операций, цикла строительства скважины 28

Рыбаков А.К. Использование предиктивной аналитики в обслуживании насосного оборудования на НПЗ 32

Шафигуллин Р.И., Сагатов Р.Ф., Аслямов Айрат И., Павлов Э.И., Абакумов А.В., Мухаметзянов Р.Ф., Красникова С.М., Бояров Ф.Г., Хабибрахманов Р.Р., Нуриахметов Р.Р., Салахова И.С. На страже экологической безопасности 34

Применение компьютерных тренажеров в процессе комплексного обучения персонала буровых установок в соответствии с требованиями IWCF И IADC 38

ТЕХНОЛОГИИ

Докунихин В.Б., Шабров В.С., Миленький А.М., Яворский А.А., Юсупов И.У., Троров А.И., Кузин В.А., Нафиков Р.К., Абдуллаев Р.Т., Габдрафиков Ф.Р., Размахнин В.В., Сабиров Л.Р. Перспективные технологии для ачимовских отложений Уренгойского НГКМ 44

ОБОРУДОВАНИЕ

«Петроинжиниринг» начал производство энергетического оборудования 50

Екимова Н.А., Борхович С.Ю., Полозов М.Б., Колесова С.Б., Латыпов Р.Г. Применение одновременно-раздельной эксплуатации скважин для снижения лицензионных рисков 52

Азотные компрессорные станции третичных газовых методов серии ТГА для повышения нефтеотдачи пласта и других нефтесервисных операций 56

ИСТОРИЯ ОТРАСЛИ

Балденко Д.Ф., Балденко Ф.Д. Одновинтовые насосы в нефтяной промышленности – вчера, сегодня, завтра 60

ИССЛЕДОВАНИЯ

Васильев С.С., Борхович С.Ю., Полозов М.Б. Совершенствование методического подхода к планированию геолого-технических мероприятий 68

ЭКОЛОГИЯ И ПРОГРЕСС

Абдрахимов В.З., Лаухин В.М. Взаимосвязь экологии, цифровой экономики и рециклинга отходов нефтедобычи и цветной металлургии в производстве пористого заполнителя 74



CONTENTS

MAGAZINE FOUNDER

Co., Ltd. **BURNEFT**

Alexander UDINSKY

general director

alex@burneft.ru, well@dol.ru

Eduard PORET

editor-in-chief

glavred@burneft.ru

Alexander KHAUSTOV

publishing editor

vired@burneft.ru

Elmira MAKHMUTOVA

design and imposing

Alexander ANSHELEVICH

photographer

fotakor@burneft.ru

Nadejda ZHILINA

secretariat

Pavel MALKOV

the head of department

8-919-786-53-75

malkovpavel@burneft.ru

Alexey OSKIN

advertising manager

8-926-365-08-58

oskin@burneft.ru

Vasilij DAVYDOV

system administrator

Elena SINELNIKOVA

chief bookkeeper

EDITORIAL BOARD

D. BALDENKO, d.t.s.

V. BOGOYAVLENSKY, d.t.s.

RAS corr. member

M.V. DVOINIKOV, d.t.s., professor

A. DMITRIEVSKY, d.g-m.s.,

RAS Academician

A. DROZDOV, d.t.s., professor

N. EREMIN, d.t.s., professor

V. KONTOROVICH, d.g-m.s.,

RAS corr. member

Yu. KUZNETSOV, d.t.s., professor

G. LEVIN

V. OVCHINNIKOV, d.t.s., professor

E. PORET

R. SAMUEL, ass. professor (USA)

P. SUH, d.s. (Poland)

L. TITOV

A. UDINSKY, c.h.s., professor

M. TSEKHANOVSKA, d.t.s.,

professor (Poland)

G. CHAIKOVSKY, c.t.s.

Pan CHANVEY, d.j.s., economics

postdoc., professor (China)

A. SHAKHVERDIEV, d.t.s., professor

L. EDER, d.e.s., professor

Editorial office address:

21/1, Kashirsky driveway, office 32

115201, Moscow Russia

Tel/Fax: +7 (499) 613-93-17

+7 901 519-13-33, +7 925-384-93-11

+7 901-543-65-84, +7 (915) 062-55-65

E-mail: well@dol.ru

www.burneft.ru

Free price.

Printed in Dorado Ltd. Co's printing house

ACTUALITY

Poret E.V. Energy of digitalization 3

ANALYSIS AND PREDICTION

So that there will be no more flood. Russia prepares for new challenges 7

Eremin N.A., Stolyarov V.E., Gavrilenko S.I., Astafurov S.N., Podoprigora V.N., Garipova A.A. Issues of regulation and risks of development of intelligent and robotic oil and gas fields 16

INFORMATIZATION

Alekseev O.O., Mukhametov F.H., Vostrikov P.E., Mukhametzyanov R.M., Khayrullin I.V. The future of drilling: the benefits of automated drilling rigs 24

Shibaev A.A., Shrago I.L., Vasinkin I.A., Chernyshov A.S. Application of machine learning methods in the task of analysis of anomalous behavior of technological parameters, in the classification of technological operations, of the well construction cycle 28

Rybakov A.K. Using predictive analytics in the maintenance of pumping equipment at refinery 32

Shafigullin R.I., Sagatov R.F., Aslyamov Airat I., Pavlov E.I., Abakumov A.V., Mukhametzyanov R.F., Krasnikova S.M., Boyarov F.G., Khabibrakhmanov R.R., Nuriakhmetov R.R., Salahova I.S. On guard for environmental safety 34

The use of computer simulators in the process of comprehensive training of drilling rig personnel in accordance with the requirements of IWCF and IADC 38

TECHNOLOGIES

Dokunikhin V.B., Shabrov V.S., Milenkiy A.M., Yavorsky A.A., Yusupov I.U., Trobov A.I., Kuzin V.A., Nafikov R.K., Abdullaev R.T., Gabdrafikov F.R., Razmakhnin V.V., Sabirov L.R. Promising technologies for the Achimov deposits of the Urengoy oil and gas condensate field 44

EQUIPMENT

Petroengineering started production of power equipment 50

Ekimova N.A., Borchovich S.Yu., Polozov M.B., Kolesova S.B., Latypov R.G. Application of simultaneous-separate operation of wells to reduce license risks 52

Nitrogen compressor stations of tertiary gas methods series TGA for enhanced oil recovery and other oilfield operations 56

INDUSTRY HISTORY

Baldenko D.F., Baldenko F.D. Progressive cavity pumps in the oil industry - yesterday, today, tomorrow 60

ANALYSIS

Vasiliev S.S., Borkhovich S.Yu., Polozov M.B. Improving of the methodological approach to planning of the geological and engineering operations 68

ECOLOGY AND PROGRESS

Abdrakhimov V.Z., Laukhin V.M. Interrelation of ecology, digital economy and recycling of waste from oil production and non-ferrous metallurgy in the production of porous aggregate 74



ВОПРОСЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ И РИСКОВ ОБУСТРОЙСТВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ И РОБОТИЗИРОВАННЫХ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Н.А. ЕРЕМИН¹,
д.т.н., профессор
ermn@mail.ru

В.Е. СТОЛЯРОВ¹,
научный сотрудник
bes60@rambler.ru

С.И. ГАВРИЛЕНКО²,
преподаватель

С.Н. АСТАФУРОВ³,
управляющий партнер
astafurov099@gmail.com

В.Н. ПОДОПРИГОРА⁴,
к.э.н., доцент,
заведующий лабораторией
goramira@gmail.com

А.А. ГАРИПОВА⁴,
к.т.н., ведущий научный
сотрудник

¹Институт проблем нефти
и газа РАН
г. Москва, 119333, РФ

²Учебный Центр ОАО «Газпром
трансгаз Беларусь»
г. Минск, 220040,
Республика Беларусь

³Юридическая группа
«Советник Прав»
г. Астрахань, 414000, РФ

⁴Научная лаборатория
«Цифровые технологии
тарифного регулирования»,
РЭУ им. Г.В. Плеханова
г. Москва, 117997, РФ

N.A. EREMIN¹,
V.E. STOLYAROV¹,
S.I. GAVRILENKO²,
S.N. ASTAFUROV³,
V.N. PODOPRIGORA⁴,
A.A. GARIPOVA⁴

¹Institute of Oil and Gas
Problems of the Russian
Academy of Sciences
Moscow, 119333,
Russian Federation

²Gazprom Transgaz Belarus
Training Center
Minsk, 220040,
Republic of Belarus

³Legal group Counselor
of Rights
Astrakhan, 414000,
Russian Federation

⁴Plekhanov Russian University of
Economics
Moscow, 117997,
Russian Federation

Современная нефтегазовая экономика строится на основе комплексной автоматизации объектов добычи, транспорта и переработки. В настоящее время в отрасли широко применяются элементы интеллектуализации технологических процессов и машинной обработки данных, что обеспечивает рост производительности труда, снижение себестоимости продукции и влияния человеческого фактора, обеспечивает технологическую и экологическую безопасность.

Широкое внедрение процессов автоматизации и цифровизации обеспечивает повышение эффективности на всех этапах освоения нефтегазовых месторождений, что позволяет проводить развитие инфраструктуры, формирует занятость квалифицированных кадров в районах добычи и переработки сырья.

В соответствии с планами развития и применения элементов цифровой экономики возрастает роль и меняются задачи отраслевого и национального нормативно-правового регулирования. Проводимые в этой области изменения должны обеспечить создание инфраструктур, практик и компетенций всех возможных участников процессов, в том числе на уровне государственного нормативно-правового регулирования.

Модернизация нефтегазодобычи обеспечивает изменение ее направления развития с ресурсно-сырьевого на ресурсно-инновационное, позволяет создать основу для перехода к безлюдным технологиям эксплуатации и возможность удаленной работы на нефтегазовых промыслах. Объектами модернизации при этом являются информация, технологические процессы, оборудование и персонал.

Приведены основные риски при применении технологий искусственного интеллекта и роботизации для нефтегазовых месторождений, а также направления развития технологий.

Ключевые слова: автоматизация, данные, модели, нефтегазовый комплекс, обучение, риск, технологии, трансформация, интеллект, ущерб, экономика

ISSUES OF REGULATION AND RISKS OF DEVELOPMENT OF INTELLIGENT AND ROBOTIC OIL AND GAS FIELDS

The modern oil and gas economy is built on the basis of complex automation of production, transport and processing facilities. Currently, the elements of intellectualization of technological processes and machine data processing are widely used in the industry, which ensures an increase in labor productivity, a reduction in the cost of production and the influence of the human factor, ensures technological and environmental safety.

The widespread introduction of automation and digitalization processes ensures increased efficiency at all stages of the development of oil and gas fields, which allows for the development of infrastructure, forms the employment of qualified personnel in the areas of extraction and processing of raw materials.

In accordance with the plans for the development and application of elements of the digital economy, the role and tasks of sectoral and national regulatory regulation are increasing and changing. The changes carried out in this area should ensure the creation of infrastructures, practices and competencies of all possible participants in the processes, including at the level of state regulatory regulation.

Modernization of oil and gas production ensures a change in its direction of development from resource-based to resource-innovative, allows creating the basis for the transition to unpopulated operation technologies and the possibility of remote work in oil and gas fields.

The objects of modernization are information, technological processes, equipment and personnel. The main risks in the application of artificial intelligence and robotics technologies for oil and gas fields, as well as the directions of technology development are given.

Keywords: automation, data, models, oil and gas complex, training, risk, technology, transformation, intelligence, damage, economy



Цели развития и отдельные риски применения технологий искусственного интеллекта были рассмотрены ранее в журнале «Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности» – статья «Анализ рисков при использовании технологий искусственного интеллекта в нефтегазодобывающем комплексе» [1] и журнале «Нефтепромышленное дело» – статья «Нормативно-правовое обеспечение при внедрении инновационных разработок в нефтегазовой отрасли» [2].

Нефтегазовый бизнес является одним из основных заказчиков искусственного интеллекта и связанных с ним исследований в России. Согласно проводимой в России политики импортозамещения и цифровизации, применяемые в настоящее время технические средства, требования и решения требуют значительной актуализации и доработки законов, стандартов и положений в виде современных рекомендаций по проектированию и применению.

Ведущие корпорации нефтегазовой индустрии инициировали масштабное сотрудничество в этой сфере, сформированы национальные центры развития технологий. В 2021 году была создана Ассоциация «Искусственный интеллект (ИИ) в промышленности» (учредитель – ПАО «Газпром нефть», позже в состав членов ассоциации вошла компания ПАО «Татнефть»). Ассоциация консолидирует инициативы и координирует усилия лучших научных команд в области искусственного интеллекта в России и СНГ для содействия развитию технологий искусственного интеллекта для промышленных приложений. Объединяя ученых и практиков отрасли, ассоциация поддерживает инициативы по развитию и применению технологий в области академических, поисковых и прикладных исследований, научного образования, внедрения и распространения ИИ¹.

30 ноября 2022 г. Ассоциация «Искусственный интеллект в промышленности» совместно с «Газпром нефтью» и исследовательским центром «Сильный ИИ в промышленности» университета ИТМО провели вторую научно-практическую конференцию «Индустриальный искусственный интеллект: из лабораторий в промышленность».

На конференции представители «Газпром нефть» доложили о 712 сценариях применения цифровых технологий в направлении искусственный интеллект, цифровые двойники и вычисления на новых методах.

Долгосрочное видение развития цифровых технологий в «Газпром нефти» представлено на рис. 1.

На мировом рынке развития ИИ нефтегазовая промышленность также играет заметную роль. Невозможно назвать отрасль промышленности или науки, где не предполагается применять технологии ИИ, а в условиях ориентации развитых стран на декарбонизацию, усиления конкуренции на рынке нефтегазового сырья предполагается массовое применение новых технологий для снижения издержек и стоимости добываемой продукции, соответственно на искусственный интеллект с учетом этого возлагаются большие надежды. Компании объединяются в консорциумы, направляя совместные усилия на создание масштабных ИИ-технологий, помогающих решать вопросы операционной и производственной эффективности.

На основе проводимых исследований можно выделить ряд направлений использования искусственного интеллекта в нефтегазовой индустрии:

- В геологических исследованиях;
- В оценочных работах;
- В разведочном бурении;
- В разработке месторождений;
- В добыче;
- В транспортировке;
- В строительстве трубопроводов;
- В эксплуатации трубопроводов;
- В распределении ресурсов;
- В управлении нефтехранилищем;
- В нефтепереработке;
- В безопасности и охране окружающей среды.

С учетом развития направлений исследований, интеллектуальное нефтегазовое месторождение представляется как система автоматического управления операциями по добыче нефти и газа, предусматривающая непрерывную оптимизацию созданной интегральной модели месторождения (цифрового двойника)



Рис. 1. Развитие цифровых технологий в «Газпром нефти».

¹ - <https://rusindustrial.ai>

и действующей модели управления добычей. Основным объектом, обеспечивающим эффективность, является скважина, следовательно, с учетом возможности интеграции и управления всем технологическим комплексом возникает целесообразность создания и интеграции модели подземной (скважина) и наземной инфраструктуры (инфраструктура месторождения), их интеграции (синхронизация наземной и подземной инфраструктуры) для обеспечения добычи. В этом случае цифровое управление объектами для интеллектуального управления позволяет обеспечить:

- Непрерывный расчет рисков; анализ технологической и экологической безопасности, снижение вероятности опасных отклонений путем автоматизации и роботизации процессов управления;

- Передачу части компетенций на уровень роботизированных систем, что снижает влияние человеческого фактора и компетенций персонала и предусматривает ситуационное управление на основе моделей развития; автоматизированную подстройку и адекватность построенной геолого-технологической модели фактическим показателям промысла;

- Автоматизированный расчет материального баланса по скважинам и управление режимами кустов скважин, промыслами и месторождению в целом;

- Учет ресурсов, планирование работ, оформление отчетных форм с учетом целевых показателей, согласно принятой бизнес-модели и ранжирования показателей;

- Оптимизацию распределения нагрузки по скважинам, агрегатам и установкам, планирование и организацию работ по ремонту, обслуживанию и интенсификации; адаптацию управления режимами месторождения в реальном масштабе времени, соответствие фактическим показателям на месторождении моделям рисков и режимов эксплуатации.

Комплекс решаемых и моделируемых процессов должен предусматривать создание геологических, технологических, геомеханических и гидродинамических моделей для месторождений, а также наличие методик взаимодействия моделей; обеспечивать эффективность интеграции разработки и эксплуатации, оценку достоверности и качества моделирования входящих в систему взаимодействия технологических объектов и процессов на объекте. Основными причинами необходимости оперативного развития и применения в отрасли наукоемких направлений развития является также ряд факторов:

- Значительное сокращение финансирования геолого-разведочных работ, что представляет угрозу сохранения показателей добычи, а также восстановления и развития ресурсной базы;

- Значительная зависимость по обеспечению оборудованием и программно-техническими решениями от иностранных поставщиков и производителей технологий и инвестиций (внешних рынков) капитала;

- Большая часть разведанных за последние 20 лет нефтяных и газовых запасов находится в труднодоступных местах Сибири, Арктики, морских и шельфовых месторождениях, что в условиях отсутствия инфраструктуры и квалифицированного персонала формирует низкую рентабельность добычи без применения новых технологий;

- Нефтегазовая отрасль является достаточно консолидированной, где доля крупных предприятий в общем объеме добычи нефти превышает 97 % (более 80 % нефти добывается пятью крупнейшими отечественными компаниями, право использования и развития ЕСГ

и поставки природного газа на экспорт принадлежит одной компании);

- Длительные сроки эксплуатации характерны для основных и уникальных нефтегазовых месторождений, что определяет длительные сроки эксплуатации и значительный износ основного технологического оборудования, формирует низкую эффективность технологий добычи, а также способствует увеличению рисков аварий, росту затрат на разработку и обустройство месторождений, снижению показателей объемов добычи продукции;

- Имеющиеся технологические решения характеризуются существенной зависимостью рентабельности добычи от фискальной нагрузки, требуется изменение порядка лицензирования и финансовой поддержки для расширения;

- Введенные против российского нефтегазового сектора санкции и ограничения вызвали необходимость корректировки инвестиционных программ, вследствие чего ряд капиталоемких проектов оказались сдвинутыми на лучшее время или не финансируются в настоящее время.

Комплекс решаемых и моделируемых процессов должен предусматривать создание геологических, технологических, геомеханических и гидродинамических моделей для месторождений, а также наличие методик взаимодействия моделей; обеспечивать эффективность интеграции разработки и эксплуатации, оценку достоверности и качества моделирования входящих в систему взаимодействия технологических объектов и процессов на объекте.

Базисом развития и цифровой трансформации является скоординированное государством действующее федеральное законодательство по направлениям: 1) отрасли экономики и рынки труда и финансов; 2) платформы развития технологии; 3) базовые условия нормативного и правового регулирования, инфраструктура, а также наличие кадров, информационная и финансовая безопасность и др. условия развития.

Наиболее значимыми с точки зрения проведения политики цифровой модернизации нефтегазового комплекса Российской Федерации являются вызовы, характеризующие:

- Снижение затрат на извлечение легкой нефти, сухого газа, сланцевых нефти и газа за счет создания цифровых нефтегазовых технологий и появления группы нефтегазовых компаний-лидеров, обладающих цифровыми производственными технологиями и ориентированных на дальнейшее снижение себестоимости извлечения нефти и газа до уровня затрат стран Персидского (Арабского) залива и, соответственно, прирост извлекаемых запасов легкой нефти и сухого газа;

- Нарастание дефицита высококвалифицированных кадров с цифровыми нефтегазовыми компетенциями для растущей цифровой нефтегазовой экономики страны;



Рис. 2. Цели цифровой модернизации объектов нефтегазовой отрасли

– Возрастание социально-экономического напряжения в связи с внедрением роботизированных нефтегазовых комплексов в геологии, бурении, разработке и управлении добычи, транспорта, переработки;

– Возрастающая потребность в обеспечении энергетической безопасности и нефтегазовой независимости России, конкурентоспособности отечественной нефти, газа и нефтепродуктов на мировых рынках, снижение технологических рисков в нефтегазовом комплексе страны;

– Качественное изменение в составе товарной продукции, предназначенной для хранения в подземных хранилищах газа, с природного сухого газа на совместное хранение водорода и гелия, углекислого газа, необходимых для устойчивого развития высоких технологий;

– Необходимость эффективного освоения углеводородных ресурсов шельфа Мирового океана и Арктики;

– Старение существующей нефтегазовой инфраструктуры и необходимость в продлении сроков эксплуатации уникальных нефтегазовых месторождений.

Цели цифровой модернизации приведены на рис. 2.

Проводимая государством поддержка инновационной деятельности обеспечивается опережающим принятием специальных законов и актов, принятыми национальными программами развития и дорожными картами [3].

В законодательстве РФ имеется большое количество разрозненных нормативно-правовых актов (НПА), однако до настоящего времени формирования и систематизации единой базы не проводилось. С учетом этого целью государственного управления и регулирования для обеспечения поддержки инновационных технологий (применение ИИ и роботизация) является:

- Совершенствование правовой базы;
- Обеспечение охраны прав и интересов субъектов;
- Создание комфортных условий для роста числа предприятий различных форм собственности;
- Создание национальной и трансграничной инфраструктуры цифрового пространства доверия;
- Привлечение средств финансирования для разработки и внедрения передовых технологий;
- Создание передовой инфраструктуры для широкого применения и развития.

В рамках снижения рисков и развития Программы «Цифровая экономика Российской Федерации» для применения технологий ИИ и роботизации был разработан и принят ряд документов, обеспечивающих национальное развитие в этом направлении:

– Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 г. N 490 «О развитии искусственного интеллекта в РФ»:

– Распоряжение Правительства РФ от 19.08.2020 N 2129-р «Об утверждении Концепции развития регулирования отношений в сфере технологий искусственного интеллекта и робототехники до 2024 года»;

– Распоряжение Правительства РФ от 28.12.2021 г. № 3924-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации топливно-энергетического комплекса»;

– Распоряжение Правительства РФ от 20.05.2023 г. № 1315-р «Об утверждении Концепции технологического развития на период до 2030 г.».

Для использования в нефтегазовой отрасли возможно применение практически всего спектра имеющихся в виде отдельных решений отечественных разработок в области информационных инноваций: применение мобильных устройств и беспроводного оборудования, спутниковых каналов связи и облачных технологий хранения и обработки больших массивов данных, виртуальных двойников и машинного обучения, промышленного интернета, технологий виртуальной и дополненной реальности, роботизированных систем, технологий расчета и управления рисками; «умного производства» и цифровых фабрик, использование беспилотных аппаратов и квадрокоптеров; применение возобновляемых источников энергии для удаленных и протяженных технологических объектов, внедрение технологий машинного обучения в операционные и управленческие процессы цифрового Предприятия. Происходящие процессы трансформации должны значительно поменять традиционные и достаточно консервативные взаимоотношения в отрасли по ключевым вопросам создания инновационной среды и инженерной культуры по ряду ключевых производственных направлений, а именно кадров, технологий и информации. Согласно принятым документам, до 2030 года должен быть реализован ряд сквозных технологий, включая большие данные, нейротехнологии и искусственный интеллект, компоненты робототехники и сенсорики, технологии беспроводной связи, а также обеспечен рост производительности труда, снижение аварийности и рост инвестиций в создание отечественных решений за счет государственного регулирования, финансирования и льгот.

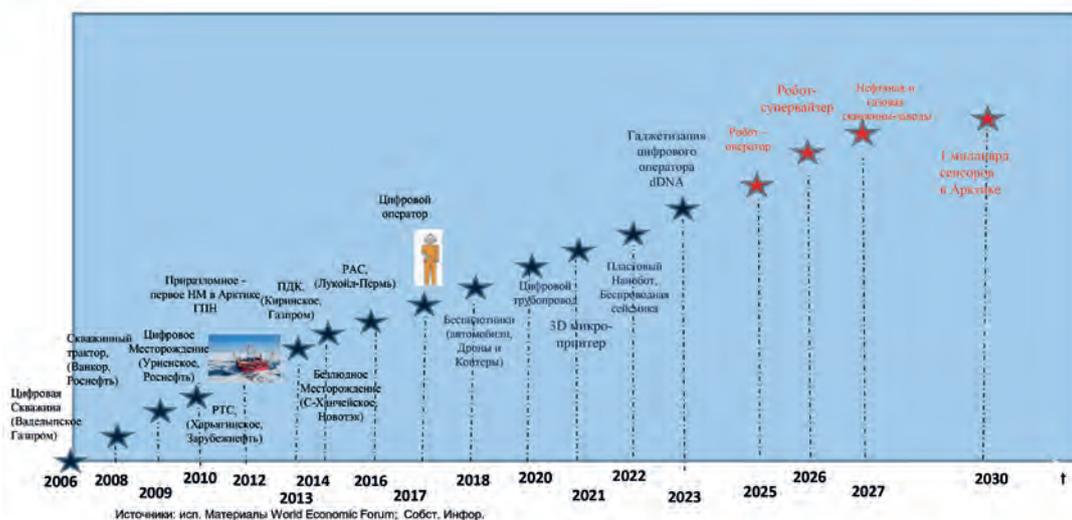


Рис. 3. Эволюция развития технологий нефтегазового комплекса России

Для использования в нефтегазовой отрасли возможно применение практически всего спектра имеющихся в виде отдельных решений отечественных разработок в области информационных инноваций.

Решения на федеральном и региональном уровне обеспечиваются в виде прямой и косвенной поддержки инновационного развития (более 200 различных форм развития и финансирования). Эволюция технологий в нефтегазовом комплексе России приведена на рис. 3.

Разработанная Минэкономразвития и утвержденная Распоряжением Правительства РФ от 19.08.2020 № 2129-р Концепция регулирования отношений в сфере технологий искусственного интеллекта (ИИ) и робототехники (РТ) на период до 2024 года, предусматривает развитие российского законодательства для обеспечения возможности создания и применения технологий искусственного интеллекта и робототехники в различных сферах экономики, не нарушая при этом прав и законных интересов граждан. При этом предполагается, что законодательство при применении технологий искусственного интеллекта и робототехники требует доработки в части:

- Человеко-ориентированного подхода;
- Формирования кодексов этических правил применения;
- Оценки воздействия технологий на сферы жизни человека, общества и государства, основанных на научных исследованиях с подключением широкого круга ученых;
- Обеспечения баланса интересов разработчиков, потребителей и иных лиц для развития и внедрения ИИ и РТ.

В настоящее время в РФ отсутствует специальное законодательное регулирование, учитывающее специфику применения технологий ИИ и РТ, соответственно необходимо создание регуляторной среды, комфортной для безопасного развития и внедрения технологий, основанной на балансе интересов человека, общества, государства, компаний-разработчиков ИИ и РТ, а также потребителей их товаров, работ, услуг [4].

Концепция учитывает положения Национальной стратегии, национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» и Стратегии развития информационного общества, а также положения информационных документов стратегического планирования, нормативно-правовых актов и методических документов, в том числе, международных организаций.

Следствием реализации Концепции должны стать разработка и принятие к 2024 году нормативных правовых актов в сфере искусственного интеллекта и робототехники, создающих комфортную регуляторную среду для развития технологий. Практика обустройства месторождений на основе цифровых технологий доказала ранее свою эффективность, обеспечив увеличение извлекаемых запасов газонефтедобычи не менее 10–15 %, уменьшение времени простоев скважин порядка 50 % и сокращение операционных затрат порядка 10–25 % [5].

К наиболее передовым решениям, перспективным направлениям развития для нефтегазовых месторождений в период до 2030 г. и далее необходимо отнести:

- Роботизацию процессов добычи, развитие технологий «Искусственный интеллект» и «Машинное обучение (AI/ML);
- Автоматизацию технологических процессов при помощи роботов (RPA), для более эффективного принятия решений в нештатных и аварийных ситуациях;
- Автоматизацию процессов и разработку программного обеспечения для корректного управления процессами добычи и подготовки продукции к транспорту;
- Видеоаналитику и техническое зрение для автоматизации процессов получения продукции и технической информации о состоянии объектов;
- Моделирование пласта и керна, планирование операций по бурению, проведение технических и регламентных работ.

Развитие указанных технологий позволяет значительно повысить эффективность и в дальнейшем приведет к снижению роли человека при управлении производством, замене его искусственным интеллектом, что обеспечит реализацию автономного роботизированного нефтегазового месторождения по аналогии с подводными добычными комплексами.

Согласно Распоряжения правительства РФ от 28 декабря 2021 г. № 3924-Р об утверждении «Стратегического



направления в области цифровой трансформации топливно-энергетического комплекса» предусмотрено широкое развитие и применение технологий на основе больших данных, нейротехнологий и искусственного интеллекта, компонент робототехники и сенсорики, беспроводной связи. Принят проект «Роботизация в нефтегазовом комплексе», который предназначен для широкого внедрения робототехнических решений в отрасли до 2030 г. и функционально должен обеспечить создание пилотов полностью автономных активов для снижения производственных травм на опасных производственных объектах, а также предусматривает возможность обеспечения разработки и эксплуатации труднодоступных месторождений, повышение производительности труда. Указом Президента РФ от 21 июля 2020 г. N 474 «О национальных целях развития РФ на период до 2030 года» предусмотрено:

- Достижение «цифровой зрелости» ключевых отраслей экономики и социальной сферы, в том числе, здравоохранения и образования, а также государственного управления;

- Увеличение вложений в отечественные решения в сфере информационных технологий в 4 раза по сравнению с показателем 2019 года;

- Реальный рост инвестиций в основной капитал не менее 70 процентов по сравнению с показателем 2020 года;

- Увеличение численности занятых в сфере малого и среднего предпринимательства, включая индивидуальных предпринимателей и самозанятых, до 25 млн человек.

В рамках государственного регулирования для определения сроков и степени готовности предприятий к цифровой трансформации, возможности быстрого трансфера технологий к трансформации в Российской Федерации разработан и применяется стандарт ГОСТ Р 57194.1–2016 (Трансфер технологий), определяющий степень цифровой зрелости отраслей и отдельных предприятий [6]. С учетом требований ГОСТ целесообразно:

- Определить цифровую зрелость компании и возможность достижения показателей развития по индикаторам в краткосрочной, среднесрочной и долгосрочной перспективе с учетом направления деятельности компании (многокритериальная система показателей – экономические и экологические показатели, надежность);

- Провести интеллектуальный анализ корпоративных данных для формирования технологии построения СППР (системы подготовки и принятия решений) как основы применения решений для внедрения алгоритмов ИИ;

- Обеспечить рассмотрение возможностей (рейтинг компетенций) производителей оборудования и проектных организаций для формирования типовых технических требований к объектам внедрения, а также достижимым показателям;

- Разработать научно-методические требования на основе базы документов для проектирования, строительства и эксплуатации (СТО, правила, рекомендации);

- Провести подготовку эксплуатационного персонала в рамках непрерывного обучения, определив технологии развития и объекты внедрения;

- Разработать комплексную программу (стратегию развития) в перспективе не менее 3–5 лет с указанием критериев и объемов финансирования; развить базу СТО для применения технологий ИИ;

- Создать команду внедрения, заинтересованную в результате и обладающую административным ресурсом на всех уровнях управления.

Для возможности тиражирования роботизированных технологических комплексов целесообразно разработать и применить меры особого режима налогообложения для высокотехнологичных компаний, занимающихся разработкой и внедрением компонентов и робототехнических комплексов и систем интеллектуального управления, создания особых межведомственных полигонов для отработки и внедрения безлюдных технологий, изменение федерального и отраслевого законодательства с учетом создания типовых проектных решений и распространения опыта внедрения.

Основные решения для снижения рисков и возможных аварийных ситуаций целесообразно разработать и апробировать до широкого применения на межведомственных полигонах. Применение полигонов позволит выработать механизмы снижения или исключения влияния человеческого фактора в рамках ограничения способностей искусственного интеллекта, определить границы взаимодействия человека и роботизированного комплекса, сформировать требования к применяемым программно-техническим средствам, объемов различных данных с производственного комплекса, а также обеспечить информацию для обработки с помощью искусственного интеллекта для ряда операций и процессов, обеспечивающих максимальную добычу, снижение затрат при обеспечении технологической и экологической безопасности на нефтегазовых месторождениях.

Искусственный интеллект, основанный на данных, может совершать ошибки, которые сложно отследить. Чем больше размерность модели ИИ, тем выше в ней риск ошибок и тем меньше ее пригодность для принятия решений, сопряженных с риском.

В условиях складывающегося политического и экономического противостояния цена ошибки при принятии решений резко возрастает, поскольку ресурсы ограничены только внутренними возможностями нефтегазовых предприятий. А если речь идет об экспортно-ориентированных отраслях, развивающихся в последние двадцать лет за счет интеграции в производство лучших мировых технологий и зарубежных инвестиций, цена ошибки становится критической.

Поэтому, несмотря на обилие публикаций, посвященных перспективам развития нефтегазового комплекса в ближайшие годы, необходимо видение, построенное на осмыслении возможных трансформаций, прежде всего, связанных с цифровыми технологиями. Исходя из этого подхода, для предупреждения осложнений и аварий предусматривается комплекс технологических приемов, которые проводятся при выявлении на ранней стадии развития за счет применения высокопроизводительной автоматизированной системы предотвращения осложнений и аварийных ситуаций на основе постоянно действующих геолого-технологических моделей месторождений с применением технологий искусственного интеллекта. Обучение моделей проводится итеративно, на небольших пакетах геолого-технологических данных, что дает возможность проводить обучение на наборах данных произвольного размера. Основой такого подхода является преимущество глубокого обучения с разделением на следующие категории: простота, масштабируемость, а также гибкость и готовность к многократному использованию.

Представленная концепция системы интеллектуального мониторинга и управления легко адаптируется к различным технологическим процессам при работе в чрезвычайных ситуациях за счет информационной поддержки. Прямое обращение к искусственному интеллекту (ИИ) с вопросом о рисках использования в добыче нефти и газа позволило получить не бесспорный, но довольно внятный ответ:

«Использование искусственного интеллекта (ИИ) в добыче нефти и газа может привести к преимуществу и появлению дополнительной возможности по извлечению нефти и газа с высокой эффективностью». Однако, есть и связанные с этим риски. Некоторые из них включают в себя:

1. *Сложность внедрения.* Внедрение ИИ-технологий требует значительных вложений в инфраструктуру, обучение персонала и приспособление культуры компании к новым технологиям. Также внедрение может быть осложнено затратным процессом.

2. *Надежность применения данных.* Для успешного использования ИИ в добыче нефти и газа требуются большие объемы данных. Недостаточная надежность и качество данных могут проявиться неточными результатами и неправильными решениями. Ошибки в банках данных имеют серьезные последствия для безопасности и производительности.

3. *Конфиденциальность и безопасность данных.* Применение ИИ в добыче нефти и газа требует обработки больших объемов чувствительных данных, включая оценку крупных, технических параметров и планирования. Несанкционированный доступ к таким данным может привести к росту числа преступлений в отношении компании и снижению ее эффективности.

4. *Этические вопросы.* Необходимо тщательно обдумывать этические аспекты, чтобы быть уверенным в соответствии принятых решений моральным и правовым нормам.

5. *Зависимость от технологий.* Внедрение ИИ может привести к зависимости от технологий и оборудования. неполадки в файлах ИИ или отказы оборудования могут привести к простоям и потерям производительности, если не предусмотрены адекватные резервные планы».

Проводимая на нефтегазовых месторождениях ранняя диагностика отклонений от проектных показателей разработки в автоматизированном режиме способна обеспечить технологическую и экологическую безопасность персонала и оборудования на всех стадиях строительства и эксплуатации. К приведенным рискам необходимо добавить также часть рисков, осмысленных людьми и отраженных в публикациях и даже в состоявшихся нормативных решениях, связанных:

– С международной политикой, таможенным законодательством и международными нормами.

– Государственной политикой и нормативно-правовым регулированием в области социального, экологического, трудового законодательства, экономической и налоговой политики и другими мероприятиями по поддержке инвестиций.

– Отраслевой политикой, обусловленной отсутствием компетенций, недостаточностью инфраструктуры и технологической отсталостью, обеспечением недостаточного финансирования научных разработок и отраслевой нормативной базы, оборудования и исполнения обязательств.

Под риском понимается мера опасности, характеризующаяся возможностью возникновения аварий, связанная с тяжестью их последствий. Риск может оцениваться как в качественных, так и количественных показателях. Как указано в нормативных документах, к рискам несвоевременного исполнения решений также необходимо отнести:

– Недостаточность мер поддержки со стороны государства при производстве, проведении испытаний и внедрении отечественных робототехнических решений.

– Длительный процесс внесения изменений в законодательство РФ с целью устранения нормативных барьеров, препятствующих внедрению и использованию робототехнических решений.

Часть рисков по обеспечению эффективности принятых решений связана с ролью персонала:

– С дегуманизацией управления и исключением человека из цепочек управления, а также неопределенности поведения системы в связи с заменой ИИ в штатных ситуациях, что может привести к непредсказуемым последствиям.

– Ограниченностью ИИ в связи с определением границ взаимодействия по линии «постановка задач – решение задач», которую определяет компетентность и квалификация 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 переходят к ИИ.

– Необходимость организации защищенного режима исполнения ИИ по стадиям сбора, алгоритмам, принятым решениям.

Реальная опасность применения интеллектуальных технологий при управлении месторождениями заключается в непредсказуемости, возможности самосовершенствования за счет перепрограммирования, эволюционном росте компетенций искусственного интеллекта и непрерывном росте источников информации для применяемого ИИ и РТ, что может привести к превышению человеческого интеллекта и невозможности обеспечения контролируемого процесса добычи.

При разработке нормативных документов предприятия, направленных на обеспечение стабильной работы ИИ, рекомендуется использовать принципы управления рисками искусственного интеллекта, изложенные в стандарте ISO/IEC 23894:2023 «Информационные технологии. Искусственный интеллект. Руководство по менеджменту рисков», который содержит важные руководящие указания по управлению рисками для организаций любых масштабов и типов, которые используют искусственный интеллект в своих системах или процессах. Стандарт определяет, как эффективно управлять рисками, связанными с ИИ, для достижения целей и повышения производительности и направлен на те организации, которые разрабатывают, внедряют или используют системы искусственного интеллекта в своей деятельности.

В российской экспертной практике рекомендации по управлению рисками ИИ содержатся в Кодексе этики искусственного интеллекта. В частности, субъектам,



использующим системы ИИ, рекомендуется проводить оценку потенциальных рисков применения, в том числе – с помощью независимого аудита, и выработать соответствующие методики оценки рисков.

Выводы

С учетом широкого применения интеллектуальных технологий необходимо разработать ряд нормативных документов, критериев и положений, содержащих требования, термины и определения для проектирования и эксплуатации объектов на основе интеллектуальных технологий и роботизированных систем управления.

Переход к новому экономическому укладу связан со значительными преобразованиями и в других направлениях: обеспечение государственного регулирования инноваций и поддержки создания отечественных технологий, материалов; внедрение нормативно-правовой базы и индикаторов развития; совершенствование технологических процессов, применение методов современной диагностики, создание системы непрерывной переподготовки персонала в соответствии с современными требованиями. Применение технологий искусственного интеллекта и решений по роботизации на нефтегазовых месторождениях в России позволяет не только решить важнейшие проблемы топливно-энергетического направления, но и создать задел для будущего развития фундаментальных и прикладных исследований, а также конкурентоспособных технологий и производств в Российской Федерации. Работы в этом направлении требуют продолжения и государственной поддержки для создания нормативно-правовой документации на федеральном уровне.

По оценкам экспертов, реализованный междисциплинарный информационный подход при комплексном подходе (бурение, строительство, эксплуатация) обеспечивает снижение затрат на устранение различных аварийных ситуаций, что приведет к снижению общей стоимости добываемого продукта от 5 до 25 % от первоначальных затрат на нефтегазовых месторождениях.

Благодарности

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания (тема «Фундаментальный базис энергоэффективных, ресурсосберегающих и экологически безопасных, инновационных и цифровых технологий поиска, разведки и разработки нефтяных и газовых месторождений, исследование, добыча и освоение традиционных и нетрадиционных запасов и ресурсов нефти и газа; разработка рекомендаций по реализации продукции нефтегазового комплекса в условиях энергоперехода и политики ЕС по декарбонизации энергетики (фундаментальные, поисковые, прикладные, экономические и междисциплинарные исследования)», номер гос. Рег. № НИОКТР в РОСРИД 122022800270-0).

Литература

1. 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 // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2021.

– № 7 (576). – С. 17–28., DOI : 10.33285/0132-2222-2021-7(576)-17-27.

2. Еремин Н.А., Столяров В.Е., Сафарова Е.А., Филиппова Д.С. Нормативно-правовое обеспечение при внедрении инновационных разработок в нефтегазовой отрасли // Нефтепромысловое дело. – 2021. – № 4 (628). – С. 51–59., DOI: 10.33285/0207-2351-2021-4 (628)-51-58.

3. Еремин Н.А., Черников А.Д., Столяров В.Е. Значение информации для цифровой трансформации при бурении и строительстве нефтегазовых скважин // Бурение и нефть. – 2022. – № 7–8. – С. 8–18.

4. Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А., Столяров В.Е. Нормативно-правовое регулирование инновационных технологий: интеллектуальные технологии и роботизация объектов нефтегазовой отрасли / сб. докладов 12-й Международной научно-практической конференции. Сочи, Краснодарский край, 2023 г. ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо»: ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо», – 2023. – С. 13–19 (108 с.).

5. Алексеев В.В., Гавриленко С.И., Панов А.Н., Столяров В.Е. Математические модели и методики обеспечения приемлемых рисков информационно-измерительных и управляющих систем транзитных газопроводов / Монография. Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2016 г. – 160 с. – DOI: 681.518:519.71:658.5.012.7.– ББК 3 973–04.

6. ГОСТ Р57194.1-2016. Трансфер технологий. Общие положения. Национальный стандарт Российской Федерации.

References

1. Dmitrievskii A.N., Eremin N.A., Lozhnikov P.S., Klinovenko S.A., Stolyarov V.E., Inivatov D.P. Risk analysis when using artificial intelligence technologies in the oil and gas industry // *Automation, telemechanization and communication in the oil industry*. – 2021. – No. 7 (576). – Pp. 17–28., DOI: 10.33285/0132-2222-2021-7(576)-17-27.

2. Eremin N.A., Stolyarov V.E., Safarova E.A., Filippova D.S. Regulatory support in the implementation of innovative developments in the oil and gas industry // *Neftepromyslovoe delo*. – 2021. – No. 4 (628). – P.51–59., DOI: 10.33285/0207-2351-2021-4 (628)-51-58.

3. Eremin N.A., Chernikov A.D., Stolyarov V.E. The value of information for digital transformation in drilling and construction of oil and gas wells // *Drilling and Oil*. – 2022. – No. 7–8. – Pp. 8–18.

4. Dmitrievskii A.N., Eremin N.A., Stolyarov V.E. Normative-legal regulation of innovative technologies: intelligent technologies and robotization of oil and gas industry facilities / sat. reports of the 12th International Scientific and Practical Conference. Sochi, Krasnodar Territory, 2023 Scientific and Production Company Nitpo LLC: Research and Production Company Nitpo LLC, – 2023. – Pp. 13–19 (P. 108).

5. Alekseev V.V., Gavrilenko S.I., Panov A.N., Stolyarov V.E. Mathematical models and methods for ensuring acceptable risks of information-measuring and control systems of transit gas pipelines / Monograph. Publishing house of St. Petersburg Electrotechnical University LETI. – 2016 – P. 160. – UDC 681.518:519.71:658.5.012.7.– BBK Z 973–04.

6. GOST R57194.1-2016. Technology transfer. General provisions. National standard of the Russian Federation. ■