

# Научно-технический журнал

Scientific-technical journal



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

## ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ

ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОГО  
КОМПЛЕКСА

EQUIPMENT AND TECHNOLOGIES  
FOR OIL AND GAS COMPLEX

При участии



---

1(121) • 2021

москва

# ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

Февраль 2021 г.

№ 1(121)

Издается с 2001 г.

Выходит 6 раз в год

## Учредитель

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

## Редакционная коллегия

**Лопатин А.С.** – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва – главный редактор;

**Ерусланова Е.В.** – выпускающий редактор Редакции журнала "Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса" Издательского дома "Губкин" РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва – заместитель главного редактора;

**Балаба В.И.** – д-р техн. наук, профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва;

**Будзуляк Б.В.** – д-р техн. наук, профессор, Президент Саморегулируемой организации "Ассоциация строителей газового и нефтяного комплексов", г. Москва;

**Валовский В.М.** – д-р техн. наук, профессор, советник дирекции Татарского научно-исследовательского и проектного института нефти открытого акционерного общества "Татнефть" имени В.Д. Шашина по технике и технологии в разработке нефтяных месторождений, г. Бугульма;

**Васильев Г.Г.** – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва;

**Еремин Н.А.** – д-р техн. наук, профессор, заместитель директора по инновационной работе, главный научный сотрудник Института проблем нефти и газа РАН, г. Москва;

**Захаров М.Н.** – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой "Основы конструирования машин" МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва;

**Зейналов Р.Р.** – д-р техн. наук, доцент, генеральный директор "Инновационного центра", член-корреспондент Азербайджанской Инженерной Академии, г. Баку;

**Золотухин А.Б.** – д-р техн. наук, профессор, почетный профессор университета Ставангера, приглашенный профессор университета Молве, Норвегия;

**Ивановский В.Н.** – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва;

**Кениг Е.Я.** – зав. кафедрой Университета Падерборн, Dr.-Ing.Habil, Германия;

**Кучеров В.Г.** – д-р физ.-мат. наук, профессор Королевского технологического университета, Швеция;

**Оганов Г.С.** – д-р техн. наук, профессор, первый заместитель генерального директора ООО "Красноярскгазпром нефтегазпроект", г. Москва;

**Оганов А.С.** – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва;

**Протасов В.Н.** – д-р техн. наук, профессор, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва;

**Расулов С.Р.** – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности, Азербайджан, г. Баку;

**Сериков Д.Ю.** – д-р техн. наук, профессор, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва;

**Хостиков М.З.** – д-р техн. наук, профессор, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва;

**Шмаль Г.И.** – канд. экон. наук, Президент Союза нефтегазопромышленников, г. Москва

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

**Ясашин В.А., Сычев А.М., Пенчук М.Р., Шевченко И.И.** Дискретный анализ показателей ультразвуковых расходомеров на нефтепроводах с последующей разработкой методики их удаленной калибровки ..... 8

**Сериков Д.Ю.** Анализ конструкций эжекционных систем, использующих закрученные потоки ..... 13

**Макарова Т.Г., Уразаков К.Р., Киямов И.К., Сабитов Л.С.** К вопросу о повышении эффективности эксплуатации установок электроцентробежных насосов в скважинах, осложненных асфальтосмолопарафиновыми отложениями ..... 18

**Уткин И.Ю., Пономаренко Д.В.** Влияние двойного нагрева околословного участка зоны термического влияния на его микроструктуру и механические свойства стали класса прочности К60 с повышенной деформационной способностью ..... 23

### СТАНДАРТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

**Ерехинский Б.А., Сазонцев Р.В., Кершенбаум В.Я.** Технические требования как основа для разработки и внедрения на скважинах Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения отечественного комплекса подземного оборудования скважин, стойкого к сероводородсодержащей среде ..... 28

### НОВЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ

**Косяков А.В., Белов П.В., Ишков А.Д., Лапенко А.А.** Технология очистки воды от нефти и маслонепфтепродуктов с помощью "водяного" фильтра на минеральном пористом носителе ..... 32

### РАЗРАБОТКА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

**Ланина Т.Д., Быков И.Ю., Селиванова Е.С., Платова Р.Ю.** Известково-содовый метод очистки пластовой воды для предотвращения коррозионных процессов на внутренней поверхности межпромысловых трубопроводов ..... 38

**Назарова Л.Н., Пятибратов П.В.** Совершенствование технологии заводнения как метод управления разработкой и увеличения нефтеотдачи ..... 46

**Еремьян Г.А., Рукавишников В.С.** Выбор математического выражения и компонентного состава целевой функции для автоматизированной адаптации геолого-гидродинамических моделей ..... 55

**Мустафеев С.Д., Ханкишиева Т.У.** Простые стационарные фильтрационные потоки несжимаемой нефти в однородном пласте по модифицированной модели Кессона ..... 62

### ТРУБОПРОВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ

**Агиней Р.В., Исупова Е.В., Гуськов С.С., Мусонов В.В.** Натурные исследования геомагнитно-индуцированного источника блуждающего тока, действующего на магистральный трубопровод ..... 66

**Юшин Е.С.** Применение защитных покрытий для обеспечения коррозионной стойкости основного металла фонтанной и трубопроводной арматур объектов газодобычи ..... 73

### МАТЕРИАЛЫ XXXIX ТЕМАТИЧЕСКОГО СЕМИНАРА "ДИАГНОСТИКА ОБОРУДОВАНИЯ И ТРУБОПРОВОДОВ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ"

**Усанов Р.Р., Чучкалов М.В., Иванова Н.Н., Кукушкин А.Н.** Выявление и оценка опасности упругопластических изгибов по данным внутритрубной диагностики ..... 78

**Бутусов Д.С.** Продление ресурса газоперекачивающих агрегатов и функция систем мониторинга технического состояния при выполнении требований Федерального законодательства о промышленной безопасности ..... 83

**Ляпичев Д.М.** Влияние неоднородности механических характеристик металла труб на несущую способность и остаточный ресурс газопроводов ..... 88

**Житомирский Б.Л.** К вопросу повышения эффективности разработки шурфов в мерзлых грунтах при диагностировании газопроводов ..... 91

**Соколинский Л.И., Лопатин А.С.** Натурные исследования шума в цехах с поршневыми компрессорами ..... 95

**Попова Т.В., Воронцов М.А., Глазунов В.Ю.** О классификации энергосберегающих технологий компрессорных станций на основе факторного анализа показателей энергетической эффективности ..... 99

**Жучков К.Н., Завьялов А.П.** Совершенствование научно-методических подходов к информационно-аналитическому обеспечению системы диагностического обслуживания оборудования и трубопроводов компрессорных станций ..... 104

**Лопатин А.С.** О некоторых аспектах информационно-технического обеспечения диагностики магистральных газопроводов ..... 109

# EQUIPMENT AND TECHNOLOGIES FOR OIL AND GAS COMPLEX

February 2021

№ 1(121)

published since 2001

6 issues per year

## CONTENTS

### MACHINERY AND EQUIPMENT

- Yasashin V.A., Sychev A.M., Penchuk M.R., Shevchenko I.I.** Discrete analysis of readings of ultrasonic flow meters on oil pipelines with subsequent development of remote calibration methods ..... 8
- Serikov D.Yu.** Analysis of ejection systems constructions using swirling flows ..... 13
- Makarova T.G., Urazakov K.R., Kiyamov I.K., Sabitov L.S.** To the problem of improving the operation efficiency of electrical centrifugal pumps in wells complicated by asphalt-resin-paraffin deposits ..... 18
- Utkin I.Yu., Ponomarenko D.V.** Effect of double heating of the near-seam section in the thermal impact zone on the microstructure and mechanical properties of K60 strength class steel with increased deformability ..... 23

### STANDARDIZATION AND QUALITY MANAGEMENT

- Erehinsky B.A., Sazontsev R.V., Kershenbaum V.Ya.** Technical requirements as a basis for the development and introduction of the domestic complex of underground well equipment resistant to hydrogen sulfide-containing environment at the wells of the Orenburg oil and gas condensate field ..... 28

### NEW METHODS AND TECHNOLOGIES

- Kosyakov A.V., Belov P.V., Ishkov A.D., Lapenko A.A.** Water purification technology from crude oil and oil- and petrol products by means of "water" filter based on porous mineral carrier ..... 32

### DEVELOPMENT OF OIL AND GAS FIELDS

- Janina T.D., Bykov I.Yu., Selivanova E.S., Platova R.Yu.** Lime-soda method for cleaning reservoir water to prevent corrosion processes on the inner surface of inter-field pipelines ..... 38
- Nazarova L.N., Pyatibratov P.V.** Improvement of flooding technology as a method of managing development and increasing oil recovery ..... 46
- Remyan G.A., Rukavishnikov V.S.** Selection of a mathematical expression and an objective function component composition for automated reservoir model history matching ..... 55
- Mustafaev S.D., Khankishiyeva T.U.** Simple stationary filtering flows of incompressible oil in a homogeneous reservoir according to the modified Caisson model ..... 62

### PIPELINE TRANSPORT

- Aginey R.V., Isupova E.V., Gus'kov S.S., Musonov V.V.** Local studies of a geomagnetic-induced straying current source affecting a main pipeline ..... 66
- Yushin E.S.** Use of protective coatings to ensure corrosion resistance of the base metal of the gushing and pipeline accessories of gas production facilities ..... 73

### PROCEEDINGS OF THE XXXIX SEMINAR "DIAGNOSING OF EQUIPMENT AND TUBING OF COMPRESSOR STATIONS"

- Usmanov R.R., Chuchkalov M.V., Ivanova N.N., Kukushkin A.N.** Identification and assessment of the danger of elastic-plastic bending by the data of the in-line inspection ..... 78
- Butusov D.S.** Extension of the service life of gas compressing units and the function of technical state monitoring systems while meeting the requirements of the Federal legislation on industrial safety ..... 83
- Lyapichev D.M.** Influence of inhomogeneity of the mechanical characteristics of pipes metal on the carrying capacity and residual life of gas pipelines ..... 88
- Zhitomirsky B.L.** To the problem of increasing pits development efficiency in frozen soils when diagnosing gas pipelines ..... 91
- Sokolinsky L.I., Lopatin A.S.** Field researches of noise in workshops with piston compressors ..... 95
- Popova T.V., Vorontsov M.A., Glazunov V.Yu.** On the classification of energy saving technologies of compressor stations based on factor analysis of energy efficiency indicators ..... 99
- Zhuchkov K.N., Zavyalov A.P.** Improvement of scientific-methodological approaches to information-analytical support for the system of diagnostic maintenance of equipment and pipelines of compressor stations ..... 104
- Lopatin A.S.** Some aspects of information and technical support for diagnostics of main gas pipelines ..... 109

**Founder of journal** – National University of Oil and Gas "Gubkin University"

### Editorial board

**Lopatin A.S.** – Dr. of tech. sci., Professor, Head of the Department of National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow – Editor-in-Chief;

**Eruslanova E.V.** – Production editor of the Editorial Board of the Journal "Equipment and Technologies for the Oil and Gas Complex" of the "Gubkin" Publishing House of the National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow – Deputy Editor-in-Chief;

**Balaba V.I.** – Dr. of tech. sci., Professor of National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow;

**Budzulyak B.V.** – Dr. of tech. sci., Professor, President of the Self-regulated organization "Association of architects of gas and oil complexes", Moscow;

**Valovsky V.M.** – Dr. of tech. sci., Professor, technical and technological adviser in the field of oil fields development of the Managerial Board of the "Tatar Research and Project Institute of Oil" and Public Corporation "Tatneft" named after V.D. Shashin, Bugulma;

**Vasiliev G.G.** – Dr. of tech. sci., Professor, Head of the Department of National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow;

**Eremin N.A.** – Dr. of tech. sci., Professor, Deputy Director for innovations, Chief researcher of "Oil and Gas Research Institute" Russian Academy of Sciences, Moscow;

**Zakharov M.N.** – Dr. of tech. sci., Professor, Head of the Department "Principals of machinery designing" of Moscow State Technical University named after N.E. Bauman, Moscow;

**Zeinalov R.R.** – Dr. of tech. sci., associate professor, General Director of the "Innovation Center", corresponding member of the Azerbaijan Engineering Academy, Baku;

**Zolotukhin A.B.** – Dr. of tech. sci., Professor, honorable Professor of the Stavanger University, visiting Professor of the Molde University, Norway;

**Ivanovsky V.N.** – Dr. of tech. sci., Professor, Head of the Department of National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow;

**Kenig E.Ya.** – Head of the Department of Paderborn University, Germany;

**Kucherov V.G.** – Dr. of phys.-math. sci., Professor of the Royal Technological University, Sweden;

**Oganov G.S.** – Dr. of tech. sci., Professor, the First Vice General Director of LLC "Krasnoyarskgazprom neftegazproekt", Moscow;

**Oganov A.S.** – Dr. of tech. sci., Professor, Head of the Department of National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow;

**Protasov V.N.** – Dr. of tech. sci., Professor, Head of the Department of National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow;

**Rasulov S.R.** – Dr. of tech. sci., Professor, Head of the Department of Azerbaijan State University of Oil and Industry, Baku;

**Serikov D.Yu.** – Dr. of tech. sci., Professor, National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow;

**Khostikoev M.Z.** – Dr. of tech. sci., Professor, National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow;

**Shmal G.I.** – Cand. of economic sci., President of the Union of Oil and Gas Producers, Moscow

Журнал включен в "Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук".

Свидетельство о регистрации средств массовой информации ПИ № ФС 77-73917 от 12 октября 2018 г.

Журнал входит в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ.

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

Адрес редакции:

119991, Россия, г. Москва, Ленинский просп., д. 65, корп. 1.

Сайт: <https://www.gubkin.ru>

Тел.: 8-499-507-91-17

Адрес электронной почты: [zavyalov.a@gubkin.ru](mailto:zavyalov.a@gubkin.ru),  
[zavyalovap@yandex.ru](mailto:zavyalovap@yandex.ru), [eruslanova\\_ev@mail.ru](mailto:eruslanova_ev@mail.ru)

Ведущий редактор *И.А. Антипова*  
Компьютерный набор *В.В. Васина*  
Компьютерная верстка *Е.В. Кобелькова*  
Корректор *Т.В. Быстракова*  
Перевод *О.М. Бисярина*

Подписано в печать 20.12.20. Формат 84×108 1/16.  
Бумага офсетная. Офсетная печать. Усл. печ. л. 11,76.  
Уч.-изд. л. 11,90. Тираж 2000 экз.

#### Индекс журнала

58501 – по каталогу Агентства "Роспечать",  
10331, 10332 – по объединенному каталогу  
"Пресса России".

Печатно-множительная база:

ИП Терентьева Ю.Б.  
115551, Россия, г. Москва, Шипиловский пр.,  
д. 43, корп. 2.

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

© РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2021.

При перепечатке материалов ссылка на издание обязательна.

## 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, канд. техн. наук, член ТК 024 "Метрологическое обеспечение добычи и учета углеводородов", 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)
- Гирец 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.-минер. наук, профессор, 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 РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 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"

### DOI-prefix РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина НТЖ "Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса"

*Уважаемые коллеги, авторы и читатели!*

**Сообщаем, что всем научным статьям, публикуемым в журнале, присваивается индекс DOI.  
Его можно найти в начале статьи.**

The Digital Object Identifier (DOI) — это цифровой идентификатор документа. Научные статьи регистрируются фирмой CrossRef. Практически все ведущие научные журналы мира сотрудничают с этой фирмой. Технология и индекс DOI при помощи базы CrossRef, которая содержит несколько десятков миллионов материалов, позволяют обращаться к оригиналам научных статей, облегчают пользователям (читателям) поиск оригинала (первоисточника) научной публикации. Индекс DOI всегда остается неизменным, он "привязан" к URL научной работы. Благодаря индексу DOI увеличивается число цитирований опубликованных работ, поэтому желательно размещать статьи в журналах с этим кодом, это автоматически повышает индекс цитирования статей автора и индекс Хирша.

Пример присвоения DOI статье НТЖ "Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса":  
**10.33285/1999-6934-2021 (год выпуска)-(номер журнала)-(номера страниц статьи)**

**Вниманию авторов!**

При ссылке на статьи, которые имеют индекс DOI, рекомендуется в списке литературы указывать этот индекс.