

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 "АСГиНК", 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 Академии, 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 Падерборн, 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 Минобразования и науки РФ 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](mailto:zavyalov.a@gubkin.ru),  
[zavyalovap@yandex.ru](mailto:zavyalovap@yandex.ru),  
[atisoil@mail.ru](mailto: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<sup>1/16</sup>.  
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"



## ФАКУЛЬТЕТ

### АВТОМАТИКИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина  
ведет подготовку по следующим направлениям и уровням  
высшего образования:

#### БАКАЛАВРИАТ

Направление	<b>01.03.04 "Прикладная математика"</b>
Профиль	01.03.04.01 "Математическое моделирование в технике и экономике"
Направление	<b>09.03.01 "Информатика и вычислительная техника"</b>
Профили:	09.03.01.01 "Автоматизированные системы обработки информации и управления" 09.03.01.02 "Интегрированные автоматизированные информационные системы"
Направление	<b>12.03.01 "Приборостроение"</b>
Профиль	12.03.01.01 "Информационно-измерительная техника и технологии"
Направление	<b>13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника"</b>
Профиль	13.03.02.01 "Электропривод и автоматика"
Направление	<b>27.03.04 "Управление в технических системах"</b>
Профиль	27.03.04.01 "Системы и средства автоматизации технологических процессов"

#### МАГИСТРАТУРА

Направление	<b>01.04.04 "Прикладная математика"</b>
Программа	01.04.04.01 "Математическое моделирование в нефтегазовой отрасли"
Направление	<b>09.04.01 "Информатика и вычислительная техника"</b>
Программы:	09.04.01.01 "Автоматизированные системы диспетчерского управления в нефтегазовом комплексе" 09.04.01.02 "Информационные технологии организационно-экономического управления в нефтегазовом комплексе" 09.04.01.03 "Синергетика и управление" 09.04.01.04 "Киберфизические системы и технологии управления нефтегазовыми объектами"
Направление	<b>12.04.01 "Приборостроение"</b>
Программа	12.04.01.01 "Информационно-измерительные системы в нефтегазовой отрасли"
Направление	<b>13.04.02 "Электроэнергетика и электротехника"</b>
Программа	13.04.02.01 "Автоматизированные электромеханические комплексы и системы нефтегазовой промышленности"
Направление	<b>27.04.04 "Управление в технических системах"</b>
Программа	27.04.04.01 "Системы управления технологическими процессами на предприятиях нефтегазового комплекса"

#### АСПИРАНТУРА

Направление	<b>09.06.01 "Информатика и вычислительная техника"</b>
Специальности:	05.13.01 "Системный анализ, управление и обработка информации" 05.13.06 "Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами" 05.13.11 "Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей" 05.13.12 "Системы автоматизации проектирования" 05.13.18 "Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ"
Направление	<b>13.06.01 "Электро- и теплотехника"</b>
Специальность	05.09.03 "Электротехнические комплексы и системы"
Направление	<b>27.06.01 "Управление в технических системах"</b>
Специальность	05.11.16 "Информационно-измерительные и управляющие системы"