

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

SCIENTIFIC-TECHNICAL JOURNAL

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



При участии ОАО "ВНИИОЭНГ"

6(551) • 2019

МОСКВА • ГУБКИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

АВТОМАТИЗАЦИЯ, ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИЯ И СВЯЗЬ В НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научно-технический журнал

Основан в 1973 г.

Выходит 12 раз в год

№ 6(551)

Июнь 2019 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, канд. техн. наук, ТК 024 "Метрологическое обеспечение добычи и учета энергоресурсов", г. Тюмень;

Бакуменко А.В. – д-р техн. наук, ген. директор ОАО "МРТИ РАН", г. Москва;

Вороненко А.В. – канд. физ.-мат. наук, ген. директор ООО "НПП "Годсиб", г. Фрязино;

Григорьев Л.И. (зам. главного редактора) – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва;

Гуревич М.С. – член Наблюдательного Совета ООО "Инфракрасные и микроволновые системы", 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;

Кизина И.Д. – канд. техн. наук, зам. ген. директора ОАО "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;

Кузиков 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;

Лачков А.Г. (зам. главного редактора) – ген. директор ОАО "ВНИИОЭНИ", г. Москва;

Лукьянов Э.Е. – д-р техн. наук, зам. ген. директора по науке НПП геофизической аппаратуры "Луч", г. Новосибирск;

Молчанов А.А. – д-р техн. наук, профессор, Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург;

Сабиров А.И. – канд. техн. наук, ген. директор ООО "НПП "ТКС", г. Казань;

Сидоров В.В. – канд. техн. наук, зав. кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва;

Слепян М.А. – канд. техн. наук, д-р экон. наук, ген. директор ООО НПФ "Нефтеавтоматика", г. Москва;

Терехина Г.В. – вед. специалист, Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва;

Фафурин В.А. – д-р техн. наук, первый зам. директора по научной работе ФГУП "ВНИИР", г. Казань

СОДЕРЖАНИЕ

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ, АВТОМАТИЗАЦИИ, ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИИ И СВЯЗИ

Москалев И.Н., Семенов А.В., Чистяков А.О., Захаров В.Н., Грицкевич А.К. Результаты экспериментального моделирования техники определения объемной доли воды в продуктах добычи скважин газоконденсатных и нефтегазоконденсатных месторождений 5

Шабалина О.К., Шабалин А.С. Исследование влияния кавитации на метрологические характеристики турбинных преобразователей расхода 15

Чудин В.И., Жилиев О.В. О целесообразности применения многофазной измерительной установки "Спектр-М" для измерения высоковязкой нефти 18

ИНФОРМАЦИОННЫЕ, ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ, ЭКСПЕРТНЫЕ, ОБУЧАЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Гольдзон И.А., Завьялов А.П., Лопатин А.С. О перспективах использования систем автоматизированного контроля технического состояния оборудования объектов ТЭК с использованием беспилотных технологий 25

Поспелова Т.А., Лопатин Р.Р., Юшков А.Ю., Стрекалов А.В., Трушников Д.Н. Перспективы интеллектуализации газовых промыслов на основе двухуровневой системы автоматического управления 31

Даев Ж.А. Автоматизированная система контроля и поиска утечек газа из магистрального газопровода на основе нечетких множеств 40

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Сызранцева К.В., Бакановская Л.Н., Румянцев В.О. Оптимизация управления потоками газа в системе транспорта газа на основе теории графов 44

Ермоленко Б.В., Филимонова Н.Д. Экономико-математическая модель для оптимального проектирования распределенных систем подогрева нефти с использованием тепловых насосов 50

AUTOMATION, TELEMECHANIZATION AND COMMUNICATION IN OIL INDUSTRY

Scientific-Technical Journal

Founded in 1973

June 2019

№ 6(551)

12 issues per year

CONTENTS

MEASURING, AUTOMATION, TELEMECHANIZATION AND COMMUNICATION FACILITIES

- Moskalev I.N., Semenov A.V., Chistyakov A.O., Zakharov V.N., Gritskevich A.K.** The results of experimental modeling of the technique for determining the volume fraction of water in well products of gas condensate and oil and gas condensate fields 5
- Shabalina O.K., Shabalin A.S.** Study of the cavitation influence on the metrological characteristics of turbine flow transducers 15
- Chudin V.I., Zhilyaev O.V.** The expediency of usage of "Spectr-M" multi-phase flow metering unit for measuring high-viscous oil 18

INFORMATIONAL, MEASURING, EXPERT, EDUCATIONAL SYSTEMS

- Goldzon I.A., Zavyalov A.P., Lopatin A.S.** On the prospects of the use of automated control systems of technical condition of the equipment of fuel-energy complex facilities using unmanned technologies 25
- Pospelova T.A., Lopatin R.R., Yushkov A.Yu., Strekalov A.V., Trushnikov D.N.** Prospects of gas fields intellectualization by a two-level automatic control system 31
- Daev Zh.A.** An automated system for monitoring and searching of gas leaks from a trunk gas pipeline based on fuzzy sets 40

MATHEMATICAL MODELING AND SOFTWARE

- Syzrantseva K.V., Bakanovskaya L.N., Rummyantsev V.O.** Optimization of gas flows control in a gas transportation system based on the graph theory 44
- Ermolenko B.V., Filimonova N.D.** Economical-mathematical model for the optimal designing of oil heating distributed systems by means of heat pumps 50

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

EDITORIAL BOARD:

Abramov G.S. (Chief Editor) – Dr. of tech. sci., Cand. of tech. sci., TC 024 "Metrological Support of Energy Production and Accounting", Tyumen;

Bakumenko A.V. – Dr. of tech. sci., General Director of JSC "MRTI RAS", Moscow;

Voronenko A.V. – Cand. of phys.-math. sci., Director of Scientific-Production Company "Godsib", Ltd., Fryazino;

Grigoriev L.I. (Deputy-Chief editor) – Dr. of tech. sci., Professor, Head of the Chair of National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow;

Gurevich M.S. – member of Supervisory Council of "Infra-red and Microwave systems, Ltd." full-fledged 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;

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, Chief of the Chair of TIU, Tyumen;

Kuchumov R.Ya. – Dr. of tech. sci., Professor, National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow;

Lachkov A.G. (Deputy-Chief editor) – General Director of JSC "VNIOENG", Moscow;

Lukyanov E.E. – Dr. of tech. sci., Deputy-General Director on Scientific work of "Luch" – Scientific-Production Company of geophysical equipment, Novosibirsk;

Molchanov A.A. – Dr. of tech. sci., Saint-Petersburg Mining University, St. Petersburg;

Sabirov A.I. – Cand. of tech. sci., Director of "GKS" Scientific-Production Company, Kazan;

Sidorov V.V. – Cand. of tech. sci., Head of the Chair of National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow;

Slepyan M.A. – Cand. of tech. sci., Dr. of econom. sci., General Director of "Nefteavtomatika" Research and Production Company, Moscow;

Terekhina G.V. – leading specialist, National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow;

Fafurin V.A. – Dr. of tech. sci., the First Deputy-Director on Scientific work, Kazan.

При участии ОАО "ВНИИОЭНГ"

Индекс журнала

58504 – по каталогу Агентства "Роспечать",
10338 – по объединенному каталогу
10339 "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 журна-
лов и изданий, в которых должны быть
опубликованы основные научные результа-
ты диссертаций на соискание ученых степе-
ней кандидата и доктора наук".

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

Издательство – "Губкинский университет"

Ведущий редактор: *Г.В. Терехина*

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

Адрес редакции: 119991, Россия, г. Москва,
Ленинский просп., 65, корп. 1.
Тел. 8-499-507-91-16

Сайт: <https://www.gubkin.ru>;
e-mail: com@gubkin.ru

Подписано в печать 13.05.2019 г.
Формат 84×108^{1/16}.
Усл. печ. л. 6,30. Уч.-изд. л. 6,42.
Тираж 1500 экз.
Цена свободная.

Печатно-множительная база:
Типография ООО "Полипресс"
115569, Россия, г. Москва, ул. Домодедовская, 4.

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

Владимиров А.И. – канд. техн. наук, профессор, Президент РГУ нефти и
газа (НИУ) имени И.М. Губкина, председатель совета

Лопатин А.С. – д-р техн. наук, профессор, советник ректората,
зав. кафедрой, председатель комиссии по редакционно-
издательской деятельности Ученого совета РГУ нефти
и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, заместитель пред-
седателя совета

Завьялов А.П. – канд. техн. наук, доцент, РГУ нефти и газа (НИУ) име-
ни И.М. Губкина, секретарь совета

Абрамов Г.С. – д-р экон. наук, канд. техн. наук, член технического ком-
итета ТК 024 "Метрологическое обеспечение добычи
и учета энергоресурсов (жидкостей и газов)"

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

Гируц М.В. – д-р хим. наук, доцент, декан факультета научно-
педагогических кадров и кадров высшей квалификации
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

Григорьев Л.И. – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой РГУ
нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

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

Кершенбаум В.Я. – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой РГУ
нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

Лачков А.Г. – генеральный директор ОАО "ВНИИОЭНГ"

Лоповок Г.Б. – канд. экон. наук, доцент, директор Издательского цен-
тра РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

Мастепанов А.М. – д-р экон. наук, профессор, РГУ нефти и газа (НИУ)
имени И.М. Губкина, академик РАЕН, заведующий
Аналитическим центром энергетической политики и
безопасности ИПНГ РАН

Мартынов В.Г. – д-р экон. наук, профессор, ректор РГУ нефти и газа
(НИУ) имени И.М. Губкина

Мещеряков С.В. – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой РГУ
нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

Мурадов А.В. – д-р техн. наук, профессор, проректор по научной работе
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

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

Соловьянов А.А. – д-р хим. наук, профессор, заместитель директора ФГБУ
"Всероссийский научно-исследовательский институт
охраны окружающей среды"

Туманян Б.П. – д-р техн. наук, профессор, РГУ нефти и газа (НИУ)
имени И.М. Губкина