

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

SCIENTIFIC-TECHNICAL JOURNAL

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

7 • 2018

МОСКВА • ВНИИОЭНГ

АВТОМАТИЗАЦИЯ, ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИЯ И СВЯЗЬ В НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научно-технический журнал

Основан в 1973 г.

Выходит 12 раз в год

Июль 2018 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Абрамов Г.С. (главный редактор) – д-р экон. наук, канд. техн. наук, ТК 024 "Метрологическое обеспечение добычи и учета углеводородов", 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 РГА 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;

Кузьяков О.Н. – д-р техн. наук, доцент, зав. кафедрой ТИУ, г. Тюмень;

Кучуков Р.Я. – д-р техн. наук, профессор, РГА нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва;

Лачков А.Г. (зам. главного редактора) – ген. директор ОАО "ВНИИОЭНГ", 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 РГА нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва;

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

Терехина Г.В. – с. н. с., ОАО "ВНИИОЭНГ", г. Москва;

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

Ведущий редактор: *Г.В. Терехина*

Компьютерный набор: *В.В. Васина*

Компьютерная верстка: *И.В. Смолина*

Корректор: *Н.В. Шуликина*

Перевод: *О.М. Бисярина*

Подписано в печать 10.05.2018 г. Формат 84×108^{1/16}.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,72.

Уч.-изд. л. 6,86. Тираж 1500 экз.

Цена свободная. ОАО "ВНИИОЭНГ" № 6260.

СОДЕРЖАНИЕ

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ, АВТОМАТИЗАЦИИ, ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИИ И СВЯЗИ

- Есауленко В.Н., Перов В.Н., Судакова Г.Е.* Двухдиапазонный датчик зенитного угла искривления скважины на основе ПДХ..... 5
- Снегов В.С., Сафонов А.В., Каменских Ю.И.* О циклах взвешивания массы на компараторах 9
- Петров В.Н., Галимов Ф.М., Борисова О.К., Петров С.В.* Принципы аттестации воспроизведения расхода многофазных испытательных стенов..... 13

ИНФОРМАЦИОННЫЕ, ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ, ЭКСПЕРТНЫЕ, ОБУЧАЮЩИЕ СИСТЕМЫ

- Кизина И.Д., Латнер Л.Я.* Автоматизированный контроль качества данных в информационно-измерительных и управляющих системах MES-уровня 19
- Мухина А.Г., Шеляго Н.Д.* Интегрированная компьютерная модель системы управления производством углеводородов 29
- Шумихин А.Г., Колыхматов А.О.* Оценка действий человека-оператора на основе продукционной модели знаний опытных операторов..... 35

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

- Мухина А.Г.* Анализ особенностей природной неопределенности месторождений углеводородов для совершенствования автоматизированного управления добычей нефти и газа 39
- Сабитов М.А., Ведерникова Ю.А.* Имитационное моделирование для оценки экономичности режимов работы котельного агрегата 46
- Арсеньев-Образцов С.С.* Применение высокопроизводительных вычислений в нефтегазовом комплексе и опыт использования суперкомпьютера Sunway TaihuLight 52

AUTOMATION, TELEMECHANIZATION AND COMMUNICATION IN OIL INDUSTRY

Scientific-Technical Journal

Founded in 1973

12 issues per year

№ 7

CONTENTS

MEASURING, AUTOMATION, TELEMECHANIZATION AND COMMUNICATION FACILITIES

- Esaulenko V.N., Perov V.N., Sudakova G.E.* Two-band sensor of a zenith angle of a well deviation based on hall field sensor 5
- Snegov V.S., Safonov A.V., Kamenskikh Yu.I.* The cycles of weighing on mass comparators..... 9
- Petrov V.N., Galimov F.M., Borisova O.K., Petrov S.V.* Certification principles for reproduction of multiphase test bench flow-rate..... 13

INFORMATIONAL, MEASURING, EXPERT, EDUCATIONAL SYSTEMS

- Kizina I.D., Latner L.Ya.* Automated data quality control in information-measuring and control systems of MES-level 19
- Mukhina A.G., Shelyago N.D.* Integrated computer model of the system of hydrocarbons production control 29
- Shumikhin A.G., Kolykhatov A.O.* Evaluation of man-operator actions based on the production model of experienced operators knowledge 35

MATHEMATICAL MODELING AND SOFTWARE

- Mukhina A.G.* Nature uncertainty analysis of hydrocarbon reservoirs to improve automated control of oil and gas production..... 39
- Sabitov M.A., Vedernikova Yu.A.* Simulation to evaluate the economical aspects of a boiler unit's operating modes 46
- Arseniev-Obraztsov S.S.* High performance computing in oil and gas industry and the usage experience of the Sunway TaihuLight super-computer 52

EDITORIAL BOARD:

Abramov G.S. (Chief Editor) – Dr. of tech. sci., Cand. of tech. sci., TC 024 "Metrological Support of Hydrocarbons 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 I. Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Moscow;

Gurevich M.S. – member of Supervisory Council of "Infrared and Microwave systems, Ltd." Company", 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, I. Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Moscow;

Lachkov A.G. (Deputy-Chief editor) – General Director of JSC "VNII OENG", 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 I. Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Moscow;

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

Terekhina G.V. – senior research employee, JSC "VNII OENG", Moscow;

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

Leading editor: *G.V. Terekhina*

Computer handling: *V.V. Vasina*
Computer proof in pages: *I.V. Smolina*
Corrector: *N.V. Shulikina*
Translate: *O.M. Bisyarina*

**Учредитель журнала –
ОАО "ВНИИОЭНГ"**

Генеральный директор – **А.Г. Лачков**

Индекс журнала

58504 – по каталогу Агентства "Роспечать",
10338 – по объединенному каталогу
10339 "Пресса России".

Свидетельство о регистрации средства
массовой информации ПИ № 77-12331
от 10.04.2002 г.

Журнал по решению Президиума ВАК
Минобразования и науки РФ входит в
"Перечень ведущих рецензируемых науч-
ных журналов и изданий, в которых долж-
ны быть опубликованы основные научные
результаты диссертаций на соискание уче-
ных степеней кандидата и доктора наук".

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

Издательство ОАО "ВНИИОЭНГ" с 2018 г.
присваивает DOI всем научным статьям,
публикуемым в журнале.

Адрес редакции: 117420, РФ, г. Москва,
ул. Наметкина, 14, корп. 2,
ОАО "ВНИИОЭНГ".
Тел. ред.: 332-00-35, 332-00-49.
Адрес электронной почты:
vniioeng@mcn.ru, vniioeng@vniioeng.ru
www.vniioeng.mcn.ru

Группа распространения и подписки:
тел./факс: (495) 332-06-15.

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

При перепечатке материала ссылка на из-
дание обязательна.
Авторы опубликованных материалов несут
ответственность за соблюдение принципов
научной этики и достоверность приведен-
ных сведений.

**Редакционный совет научно-технических журналов,
издаваемых ОАО "ВНИИОЭНГ"**

- Лачков А.Г. – генеральный директор ОАО "ВНИИОЭНГ" (предсе-
датель),
- Абрамов Г.С. – д.э.н., к.т.н., ТК 024 "Метрологическое обеспечение
добычи и учета углеводородов",
- Близнюков В.Ю. – д.т.н., начальник управления технологической
экспертизы Экспертно-аналитической группы ОАО
"НК "Роснефть",
- Богатырев А.Г. – д.т.н., профессор, зав. отделом ОАО "ВНИИОЭНГ",
- Быков И.Ю. – д.т.н., профессор, зав. кафедрой Ухтинского государ-
ственного технического университета,
- Валовский В.М. – д.т.н., профессор, советник дирекции Татарского на-
учно-исследовательского и проектного института
нефти ОАО "Татнефть" имени В.Д. Шашина по тех-
нике и технологии в разработке нефтяных месторож-
дений,
- Григорьев Л.И. – д.т.н., профессор, зав. кафедрой РГУ нефти и газа
(НИУ) имени И.М. Губкина,
- Дмитриевский А.Н. – д.г.-м.н., профессор, академик РАН, научный руково-
дитель Института проблем нефти и газа РАН,
- Ивановский В.Н. – д.т.н., профессор, зав. кафедрой РГУ нефти и газа
(НИУ) имени И.М. Губкина,
- Захаров Е.В. – д.г.-м.н., зав. отделом ООО "Газпром ВНИИГАЗ",
- Зубарева В.Д. – д.э.н., профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени
И.М. Губкина,
- Зубченко А.В. – д.б.н., профессор, старший научный сотрудник ФГУП
"Полярный научно-исследовательский институт
морского рыбного хозяйства и океанографии имени
Н.М. Книповича",
- Карпов В.А. – д.т.н., зам. директора ФГБУН "Институт проблем
экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН",
- Кершенбаум В.Я. – д.т.н., профессор, генеральный директор Националь-
ного института нефти и газа, зав. кафедрой РГУ неф-
ти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина,
- Кузнецов Ю.С. – д.т.н., профессор, зам. директора по научной работе
НЦ НВМТ РАН,
- Мастепанов А.М. – д.э.н., руководитель Аналитического центра энерге-
тической политики и безопасности, зам. директора
Института проблем нефти и газа РАН,
- Оганов С.А. – д.т.н., профессор, зав. отделом ОАО "ВНИИОЭНГ",
- Поляков В.Н. – д.т.н., профессор, главный научный сотрудник НИИ
повышения нефтеотдачи пластов АН Республики
Башкортостан,
- Потапов А.Г. – д.т.н., профессор, зам. директора Центра разработки,
эксплуатации месторождений природных газов и
бурения скважин, ООО "Газпром ВНИИГАЗ",
- Спиркин В.Г. – д.т.н., профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени
И.М. Губкина,
- Слепян М.А. – д.э.н., к.т.н., генеральный директор ООО НПФ "Неф-
теавтоматика",
- Хисамов Р.С. – д.г.-м.н., главный геолог ОАО "Татнефть",
- Шмаль Г.И. – к.э.н., президент Союза нефтегазопромышленников