

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

SCIENTIFIC-TECHNICAL JOURNAL

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

---

**8 • 2018**

**МОСКВА • ВНИИОЭНГ**

# АВТОМАТИЗАЦИЯ, ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИЯ И СВЯЗЬ В НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научно-технический журнал

Основан в 1973 г.

Выходит 12 раз в год

Август 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 РГУ нефти и газа (НИУ) им. 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;

*Кучунов Р.Я.* – д-р техн. наук, профессор, РГУ нефти и газа (НИУ) им. 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 РГУ нефти и газа (НИУ) им. 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.* – 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: *Т.Д. Диатропцова*

Корректор: *Н.В. Шуликина*

Перевод: *О.М. Бисярина*

Подписано в печать 21.06.2018 г. Формат 84×108<sup>1/16</sup>.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 5,46.

Уч.-изд. л. 5,6. Тираж 1500 экз.

Цена свободная. ОАО "ВНИИОЭНГ" № 6266.

## СОДЕРЖАНИЕ

### СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ, АВТОМАТИЗАЦИИ, ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИИ И СВЯЗИ

|  |    |
|--|----|
| <i>Столяров В.Е., Еремин Н.А.</i> Эволюция систем автоматизации газодобычи .....   | 5  |
| <i>Кондаков А.В., Биккулов В.Ш., Фромета Планче И.</i> Метрологическое обеспечение средств измерений уровня жидкости в резервуарах на Кубе .....     | 13 |
| <i>Дмитриев О.А.</i> Применение четверной хронометрии для контроля метрологических характеристик расходомеров с использованием компакт-прувера ..... | 15 |

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ, ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ, ЭКСПЕРТНЫЕ, ОБУЧАЮЩИЕ СИСТЕМЫ

|  |    |
|--|----|
| <i>Мовчан И.Б., Яковлева А.А.</i> Способы автоматизации экспертной оценки результатов бесконтактной полевой диагностики нефтегазовых трубопроводов ..... | 19 |
|--|----|

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

|   |    |
|---|----|
| <i>Белашевский С.С., Говорков Д.А., Житов Д.В., Соловьев И.Г.</i> Вычислительный анализ режимов эксплуатации скважины с ЭЦН в условиях действия газового фактора .....    | 26 |
| <i>Халилова Ю.В., Козлов В.В., Макарова Л.Н.</i> Проектирование оптимальной технологии циклического заводнения на основе анализа кривых восстановления давления .....     | 31 |
| <i>Грезнев В.С.</i> Ускорение расчетов явных разностных схем для решения дифференциальных уравнений в частных производных с помощью графических ускорителей .....         | 35 |
| <i>Гасумов Р.А., Толпаев В.А., Ахмедов К.С., Кравцов А.М., Петросянц М.Т.</i> Нелинейные динамические волновые модели газожидкостных потоков в технических системах ..... | 42 |
| <i>Фейзуллаев Х.А., Халилов М.С., Кулиев Э.А., Маггеррамова С.Д.</i> Моделирование газового воздействия на газоконденсатный пласт на завершающей стадии разработки .....  | 48 |

# AUTOMATION, TELEMECHANIZATION AND COMMUNICATION IN OIL INDUSTRY

Scientific-Technical Journal

Founded in 1973

12 issues per year

№ 8

## CONTENTS

### MEASURING, AUTOMATION, TELEMECHANIZATION AND COMMUNICATION FACILITIES

- Stolyarov V.E., Eremin N.A.* Evolution of gas production automation systems .....5
- Kondakov A.V., Bikkulov V.Sh., Frometa Planche I.* Metrological support of level measuring instruments liquids in tanks in Cuba .....13
- Dmitriyev O.A.* Quadruple chronometry application to control flowmeters metrological characteristics using a compact-prover .....15

### INFORMATIONAL, MEASURING, EXPERT, EDUCATIONAL SYSTEMS

- Movchan I.B., Yakovleva A.A.* Methods of expert evaluation automation of the results of contactless field diagnostics of oil and gas pipelines .....19

### MATHEMATICAL MODELING AND SOFTWARE

- Belashevsky S.S., Govorkov D.A., Zhitov D.V., Solovyev I.G.* Computational analysis of operating modes of ESP-equipped wells under conditions of gas factor effect .....26
- Khalilova Ju.V., Kozlov V.V., Makarova L.N.* Development of cyclic water-flooding optimal technology on the basis of pressure recovery curves analysis .....31
- Greznov V.S.* Acceleration of calculations of explicit difference scheme to solve partial differential equations in partial derivatives using graphical accelerators .....35
- Gasumov R.A., Tolpaev V.A., Akhmedov K.S., Kravtsov A.M., Petro-syants M.T.* Nonlinear dynamic wave models of gas-liquid flows in technical systems .....42
- Feyzullayev Kh.A., Khalilov M.S., Kuliev E.A., Maharramova S.D.* Modelling of gas impact on gas-condensate layer at development closing stages .....48

#### 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 "Infra-red 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;

*Kuzakov 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 "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 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 "VNIO-ENG", 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: *T.D. Diatroptova*

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)

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  
научно-исследовательского и проектного института  
нефти ПАО "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  
нефти 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  
"Нефтеавтоматика",

Хисамов Р.С. – д.г.-м.н., главный геолог ПАО "Татнефть",

Шмаль Г.И. – к.э.н., президент Союза нефтегазопромышленников