

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

SCIENTIFIC-TECHNICAL JOURNAL

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



При участии ОАО "ВНИИОЭНГ"

---

**11(556) • 2019**

МОСКВА • ГУБКИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

# АВТОМАТИЗАЦИЯ, ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИЯ И СВЯЗЬ В НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научно-технический журнал

Основан в 1973 г.

Выходит 12 раз в год

№ 11(556)

Ноябрь 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 (жидкостей и газов)", г. Тюмень;  
*Будзуляк Б.В.* – д-р техн. наук, Президент СРО "АСГиНК", 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;

*Каневская Р.Д.* – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, начальник отдела НТР и МАО "Институт геологии и разработки горючих месторождений" ПАО "НК "Роснефть", г. Москва;

*Кениг Е.Я.* – профессор, зав. кафедрой Университета Падерборна, Германия;

*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;

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

*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;

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

## СОДЕРЖАНИЕ

### СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ, АВТОМАТИЗАЦИИ, ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИИ И СВЯЗИ

**Шабалина О.К., Шабалин А.С.** Применение критических сопел в составе эталонов единицы массового расхода газожидкостных смесей ..... 5

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ, ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ, ЭКСПЕРТНЫЕ, ОБУЧАЮЩИЕ СИСТЕМЫ

**Усов Э.В., Токарев Д.Н., Ульянов В.Н., Вылегжанин Р.И.** Проблемы интеграции задач мониторинга и симуляции в распределенных гидравлических системах нефтесборной сети ..... 9

**Хохрин С.А., Кузьмин С.А., Шестаков Н.В., Абрамов Г.С.** Информационная трансформация предприятия и роль единой объектной базы данных ..... 15

**Будзуляк Б.В., Лопатин А.С., Ляпичев Д.М.** Техническое диагностирование оборудования и трубопроводов объектов нефтегазового комплекса с применением инновационных технологий ..... 21

### АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

**Фролов О.Е.** Выбор значений показателей безопасности систем противоаварийной защиты по обобщенной степени опасности технологического объекта ..... 27

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

**Соловьев И.Г., Белашевский С.С.** Барометрическая модель скважины с ЭЦН второго порядка ..... 33

**Агаларова С.В.** Моделирование процесса полимерного воздействия на нефтяной пласт ..... 39

### МОНТАЖ, НАЛАДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ, ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИИ И СВЯЗИ, ИХ СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

**Шабалин А.С., Ахметзянова Л.А., Шабалина О.К.** Исследования метрологических характеристик УОСГ-100 СКП ..... 46

# AUTOMATION, TELEMECHANIZATION AND COMMUNICATION IN OIL INDUSTRY

Scientific-Technical Journal

Founded in 1973

November 2019

№ 11(556)

12 issues per year

## CONTENTS

### MEASURING, AUTOMATION, TELEMECHANIZATION AND COMMUNICATION FACILITIES

**Shabalina O.K., Shabalin A.S.** Critical nozzles as a part of mass flow unit standards for gas-liquid mixtures..... 5

### INFORMATIONAL, MEASURING, EXPERT, EDUCATIONAL SYSTEMS

**Usov E.V., Tokarev D.N., Ulyanov V.N., Vylegzhanin R.I.** Problems of integration of monitoring and simulation problems in distributed hydraulic systems of oil-collecting network ..... 9

**Khokhrin S.A., Kuzmin S.A., Shestakov N.V., Abramov G.S.** Enterprise information transformation and the role of a unified object database ..... 15

**Budzulyak B.V., Lopatin A.S., Lyapichev D.M.** Technical diagnostics of the equipment and pipelines of oil and gas facilities using innovative technologies ..... 21

### AUTOMATED SYSTEMS OF CONTROL OVER TECHNOLOGICAL PROCESSES

**Frolov O.E.** Choosing the safety indicators values of emergency shutdown (ESD) systems depending on the generalized safety level of a process facility ..... 27

### MATHEMATICAL MODELING AND SOFTWARE

**Solovyev I.G., Belashevsky S.S.** Barometric model of a well with a second-order ESP ..... 33

**Agalarova S.V.** Modeling of the polymer impact process on the oil formation ..... 39

### MOUNTING, ADJUSTMENT AND OPERATION OF AUTOMATION, TELEMECHANIZATION AND COMMUNICATION FACILITIES, THE SERVICING

**Shabalin A.S., Akhmetzyanova L.A., Shabalina O.K.** Research of metrological characteristics of UOSG-100 SKP ..... 46

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

#### EDITORIAL BOARD:

**Abramov G.S. (Chief Editor)** – Dr. of economic sci., Cand. of tech. 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;

**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;

**Kanevskaya R.D.** – Dr. of tech. sci., Professor, Head of the Department of National University of Oil and Gas "Gubkin University", Head of the Department of Scientific-Technical Development and Modeling of JSC "Institute of Geology and Development of Fossil Fuel Deposits of PJSC "NK "Rosneft", 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, Chief of the Chair 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 The Institute of Control Sciences, RAS, Moscow;

**Lopatin A.S.** – Dr. of tech. sci., Professor, 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;

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

**Sidorov V.V.** – Cand. of tech. sci., Head of the Chair of 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., 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 сте-  
пеней 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: *Я.В. Ткачева*  
Перевод: *О.М. Бисярина*

Адрес редакции: 119991, Россия, г. Москва,  
Ленинский просп., 65, корп. 1.  
Тел. 8-499-507-91-49

Сайт: <https://www.gubkin.ru>;  
e-mail: [com@gubkin.ru](mailto:com@gubkin.ru)

Подписано в печать 20.10.2019 г.  
Формат 84×108<sup>1/16</sup>.  
Усл. печ. л. 5,46. Уч.-изд. л. 5,58.  
Тираж 1500 экз.  
Цена свободная.

Печатно-множительная база:  
ИП Терентьева Ю.Б.  
115551, Россия, г. Москва, Шипиловский пр.,  
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

- Владимиров А.И. – Советник ректората, канд. техн. наук, профессор, лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники, лауреат премии Правительства РФ в области образования, заслуженный работник высшей школы, главный редактор журнала "Химия и технология топлив и масел", председатель 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, лауреат премии Правительства РФ в области образования, 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 технического комитета ТК 024 "Метрологическое обеспечение добычи и учета энерго-ресурсов (жидкостей и газов)", главный редактор журнала "Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности" (по согласованию)
- Васильев Г.Г. – Заведующий кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, профессор, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, главный редактор журнала "Трубопроводный транспорт: теория и практика"
- Гируц М.В. – Декан факультета научно-педагогических кадров и кадров высшей квалификации, д-р хим. наук, доцент
- Григорьев Л.И. – Заведующий кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, профессор, лауреат премии Правительства РФ в области образования, зам. главного редактора журнала "Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности"
- Ивановский В.Н. – Заведующий кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, профессор, заслуженный работник высшей школы, главный редактор журнала "Территория Нефтегаз"
- Кершенбаум В.Я. – Заведующий кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, профессор, лауреат премии Правительства РФ в области образования, главный редактор журнала "Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса"
- Лачков А.Г. – Генеральный директор ОАО "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" (по согласованию)
- Мартынов В.Г. – Ректор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р экон. наук, профессор, академик РАО, руководитель редакционной коллегии журнала "Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина"
- Мещеряков С.В. – Заведующий кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, профессор, заслуженный работник газовой промышленности, заслуженный химик РФ, лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники
- 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"
- 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)
- Туманян Б.П. – Профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, главный редактор журналов "Технологии нефти и газа", "Промышленный сервис"