



ГУБКИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

SCIENTIFIC-TECHNICAL JOURNAL

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

---

**4(561) • 2020**

МОСКВА • ГУБКИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

# АВТОМАТИЗАЦИЯ, ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИЯ И СВЯЗЬ В НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научно-технический журнал

Основан в 1973 г.

Выходит 12 раз в год

№ 4(561)

Апрель 2020 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, профессор, Президент СРО "АСИ НК", 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. Междуна-родной 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 Падерборн, Германия;

*Кизина И.Д.* – канд. техн. наук, зам. ген. директора ОАО "Нефтеавтоматика" – директор Департамента разработки и внедрения ИАСУ, г. Уфа;

*Костогрызлов 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;

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

*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, первый зам. директора по научной работе ФГУП "ВНИИР", г. Казань.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Григорьев Л.И., Малиновская Г.Н., Храбров И.Ю.</b> Системные исследования, современные информационно-аналитические технологии, средства искусственного интеллекта – интеграционная основа инновационного развития нефтегазового образования и производства .....	5
<b>Храбров И.Ю., Сидоров В.В.</b> Формы приобретения и развития профессиональных ИТ-компетенций на факультете автоматики и вычислительной техники .....	8
<b>Леонов Д.Г., Папилина Т.М., Степанкина О.А.</b> Эволюция технологий и моделей прогнозирования в задачах диспетчерского управления трубопроводным транспортом углеводородов .....	12
<b>Барашкин Р.Л., Боярский А.О., Калашников П.К., Нургуатова А.С., Попадью В.Е.</b> Разработка системы диспетчерского управления и сбора данных компьютерного тренажера отработки навыков по управлению типовыми объектами нефтегазовой отрасли ....	19
<b>Степин Ю.П., Бледных Е.Н.</b> Системное моделирование, оптимизация, оценка и анализ рисков и эффективности функционирования нефтегазовых производственных систем .....	26
<b>Карманов А.В., Фролов О.Е.</b> Модель и алгоритм расчета показателей безопасности подсистемы СПАЗ с архитектурой 1002D .....	35
<b>Ермолкин О.В., Великанов Д.Н., Попова Я.Д., Храбров И.Ю., Горохов А.В.</b> К решению проблемы регистрации примесей в многофазном потоке продукции газовых и газоконденсатных скважин .....	41
<b>Мухина А.Г., Шеляго Н.Д.</b> Построение виртуальных моделей мониторинга технологических процессов нефтегазового производства в среде PI System как средство обучения поколения digital natives .....	50
<b>Каневская Р.Д., Кирячёк В.А.</b> Моделирование влияния неоднородных включений на напряженно-деформированное состояние пласта .....	55
<b>Индрупский И.М., Махно М.А.</b> Моделирование стационарного течения углеводородной смеси в скважине с неравновесными фазовыми переходами .....	61
<b>Кочуева О.Н., Зайнетдинова Л.Г.</b> Аппроксимация зависимости коэффициента гидравлического сопротивления от числа Рейнольдса с применением аппарата нечетких множеств .....	68
<b>Осетинский Н.И.</b> Применение критерия факторности для одного класса линейных управляемых систем .....	72

# AUTOMATION, TELEMECHANIZATION AND COMMUNICATION IN OIL INDUSTRY

Scientific-Technical Journal

Founded in 1973

April 2020

№ 4(561)

12 issues per year

## CONTENTS

<b>Grigoriev L.I., Malinovskaya G.N., Khrabrov I.Yu.</b> System studies, modern information and analytical technologies, artificial intelligence tools are the integration basis of the innovative development of oil and gas education and production .....	5
<b>Khrabrov I.Yu., Sidorov V.V.</b> Forms of acquisition and development of professional IT competencies at the Faculty of Automation and Computer Engineering .....	8
<b>Leonov D.G., Papilina T.M., Stepankina O.A.</b> The evolution of technologies and forecasting models in the tasks of dispatching control of hydrocarbons pipeline transport .....	12
<b>Barashkin R.L., Boyarsky A.O., Kalashnikov P.K., Nurgueva A.S., Popadko V.E.</b> Development of the system of computer simulator supervisory control and data acquisition for training skills of typical oil and gas industry objects .....	19
<b>Stepin Yu.P., Blednykh E.N.</b> System modeling, optimization, assessment and analysis of risks and efficiency of oil and gas production systems operation.....	26
<b>Karmanov A.V., Frolov O.E.</b> A model and algorithm for safety parameters calculation of safety instrumented system (SIS) with 1oo2D architecture .....	35
<b>Ermolkin O.V., Velikanov D.N., Popova Ya.D., Khrabrov I.Yu., Gorokhov A.V.</b> To solving the problem of registration of inclusions in the product multiphase flow of gas and gas-condensate wells .....	41
<b>Mukhina A.G., Shelyago N.D.</b> Building virtual models for monitoring technological processes of oil and gas production in the PI System environment as a learning tool for digital natives generation .....	50
<b>Kanevskaya R.D., Kiryachyok V.A.</b> Modeling of the influence of heterogeneous inclusions on a formation stress strain state .....	55
<b>Indrupskiy I.M., Makhno M.A.</b> Modeling of hydrocarbon mixture stationary flow in a well with non-equilibrium phase transitions.....	61
<b>Kochueva O.N., Zainetdinova L.G.</b> Approximation of the dependence of hydraulic resistance coefficient on the Reynolds number using the apparatus of fuzzy sets.....	68
<b>Osetinsky N.I.</b> Application of the factorization criterion for one class of linear control systems .....	72

**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, Head 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, Head of the Chair 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;

*Sidorov V.V.* – Cand. of tech. sci., Head of the Chair 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., the First Deputy-Director on Scientific work, Kazan.

## Индекс журнала

58504 – по каталогу Агентства "Роспечать",  
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 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 – 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 15.03.2020 г.  
Формат 84×108<sup>1/16</sup>.  
Усл. печ. л. 7,98. Уч.-изд. л. 8,1.  
Тираж 1500 экз.  
Цена свободная.

Печатно-множительная база:  
Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ)  
имени И.М. Губкина,  
119991, г. Москва, Ленинский просп., д. 65,  
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 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. – Д-р техн. наук, профессор, главный редактор журнала "Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море" (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" (по согласованию)
- 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"