

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ТЭК

SCIENTIFIC-TECHNICAL JOURNAL

AUTOMATION AND INFORMATIZATION
OF THE FUEL AND ENERGY COMPLEX

2(607) • 2024

МОСКВА • ГУБКИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ТЭК

Научно-технический журнал

Основан в 1973 г.

Выходит 12 раз в год

№ 2(607)

Февраль 2024 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:

Казак А.С. (главный редактор) – д-р техн. наук, профессор, ученый секретарь ООО "НИИГазэкономика", г. Москва;
Абрамов Г.С. (зам. главного редактора) – д-р экон. наук, ТК 024 "Метрологическое обеспечение добычи и учета энергоресурсов (жидкостей и газов)", г. Тюмень;
Кисленко Н.А. (зам. главного редактора) – канд. техн. наук, начальник Департамента ПАО "Газпром", ген. директор ООО "НИИГазэкономика", г. Санкт-Петербург, г. Москва;
Поздняков А.П. (зам. главного редактора) – д-р техн. наук, профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва;
Будзюлак Б.В. – д-р техн. наук, профессор, президент СРО "АСГНИК", г. Москва;
Григорьев Б.А. – чл.-кор. РАН, д-р техн. наук, профессор, начальник отдела Ученого совета ООО "Газпром ВНИИГАЗ", г. Москва;
Гуревич М.С. – Советник ген. директора ООО "Системы Нефть и Газ", действительный член РМА, г. Москва;
Джавадов Н.Г. – д-р техн. наук, профессор, акад. Международной и Азербайджанской Инженерной Академий, ген. директор НАКА, г. Баку;
Жучков К.Н. – канд. физ.-мат. наук, доцент, начальник АЦП АО "Газпром диагностика", г. Санкт-Петербург;
Каневская Р.Д. – д-р техн. наук, профессор, начальник отдела научно-технического развития и моделирования АО "Институт геологии и разработки горючих ископаемых" ПАО "НК "Роснефть", зав. кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва;
Кениг Е.Я. – профессор, зав. кафедрой Университета Падерборн, Германия;
Кизина И.Д. – канд. техн. наук, доцент, зам. ген. директора АО "Нефтеавтоматика", директор Департамента разработки и внедрения ИАСУ, г. Уфа;
Костогрызлов А.И. – д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник, ФИЦ ИУ 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, главный научный сотрудник 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 научной работе 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;
Степин Ю.П. – д-р техн. наук, профессор 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. – выпускающий редактор, Издательский дом "Губкин", г. Москва;
Фадурин В.А. – д-р техн. наук, профессор, КНИТУ, г. Казань.

СОДЕРЖАНИЕ

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ, АВТОМАТИЗАЦИИ, ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИИ И СВЯЗИ

Есауленко В.Н., Кантемиров В.И., Есауленко Н.В. Частотный датчик вязкости бурового раствора на забое скважины..... 5

ИНФОРМАЦИОННЫЕ, ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ, ЭКСПЕРТНЫЕ, ОБУЧАЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Олейников А.В., Казак А.С., Белинский А.В., Горлов Д.В., Фомина Е.В. Исследование целесообразности нейросетевого моделирования режимов работы компрессорных станций 10

Лаптева У.В., Кузяков О.Н. Исследование гладких деформаций поверхностей объектов с помощью электронно-проекционного муарового метода 20

Голунов Н.Н., Макарова Е.Д., Субботин Р.А., Голиков А.А. Разработка цифровой системы управления операционными процессами дополнительного профессионального образования..... 28

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Соловьев И.Г., Говорков Д.А., Лапик О.И. Программная стабилизация плановой производительности с контролем функциональных ограничений для скважины с электроцентробежным насосом... 34

МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Лазорин Д.С., Правиков Д.И. Защищенность киберфизической системы на основе цифрового двойника через оценку качества управления 43

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Любимова О.В., Закиров Э.С. Обратные задачи подземной гидродинамики с уточнением пространственного распределения фаций 48

Барашкин Р.Л., Жедяевский Д.Н., Калашников П.К., Никулин А.С., Разяпов Т.Э., Южанин В.В., Матвеев В.Б. Опыт разработки модулей цифрового двойника малотоннажного производства сжиженного природного газа в импортонезависимом программно-вычислительном комплексе "СИМБА" 56

AUTOMATION AND INFORMATIZATION OF THE FUEL AND ENERGY COMPLEX

Scientific-Technical Journal

Founded in 1973

February 2024

№ 2(607)

12 issues per year

CONTENTS

MEASURING, AUTOMATION, TELEMECHANIZATION AND COMMUNICATION FACILITIES

Esaulenko V.N., Kantemirov V.I., Esaulenko N.V. Frequency sensor
of drilling mud viscosity at the bottom hole 5

INFORMATION, MEASURING, EXPERT, TRAINING SYSTEMS

Oleynikov A.V., Kazak A.S., Belinsky A.V., Gorlov D.V., Fomi-
na E.V. Research of the feasibility of neural network modeling of oper-
ating modes of compressor stations..... 10

Lapteva U.V., Kuzyakov O.N. Research of smooth deformations of
facilities surfaces using electron-projection moiré method..... 20

Golunov N.N., Makarova E.D., Subbotin R.A., Golikov A.A. Devel-
opment of a digital system for operational processes management of
additional professional education 28

AUTOMATED CONTROL SYSTEMS FOR TECHNOLOGICAL PROCESSES

Solovyev I.G., Govorkov D.A., Lapik O.I. Program stabilization of
planned productivity with control of functional limitations for a well
with an electric submersible pump (ESP)..... 34

METHODS AND SYSTEMS OF PROTECTION OF INFORMATION, INFORMATION SECURITY

Lazarin D.S., Pravikov D.I. Security of a cyber-physical system based
on a digital twin through assessment of management quality 43

MATHEMATICAL MODELING AND SOFTWARE

Lyubimova O.V., Zakirov E.S. Inverse tasks of underground hydro-
dynamics with clarification of the spatial distribution of facies..... 48

Barashkin R.L., Zhedyaevsky D.N., Kalashnikov P.K., Nikulin A.S.,
Razyapov T.E., Yuzhanin V.V., Matveev V.B. Experience of devel-
oping a digital twin module for small-scale production of liquified nat-
ural gas (LNG) in "SIMBA" import-independent software 56

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

EDITORIAL BOARD:

Kazak A.S. (Chief Editor) – Dr. of tech. sci., Professor, Academic
secretary of LLC "NIIgazekonomika", Moscow;

Abramov G.S. (Deputy-Chief Editor) – Dr. of econ. sci., TC 024 "Metro-
logical Support of Production and Accounting of Energy Resources
(Liquids and Gases)", Tyumen;

Kislenko N.A. (Deputy-Chief Editor) – Cand. of tech. sci., Head
of the Department of PJSC "Gazprom", General Director of
LLC "NIIgazekonomika", St. Petersburg, Moscow;

Pozdnyakov A.P. (Deputy-Chief Editor) – Dr. of tech. sci., Pro-
fessor, National University of Oil and Gas "Gubkin University",
Moscow;

Budzulyak B.V. – Dr. of tech. sci., Professor, President of the
Self-Regulated Organization "Association of constructors of gas
and oil complexes", Moscow;

Grigoriev B.A. – Corresponding member of RAS, Dr. of tech. sci.,
Professor, Head of the Department of the Academic Council of
LLC "Gazprom VNIIGAZ", Moscow;

Gurevich M.S. – Adviser of the General Director of LLC "Sys-
tems of Oil and Gas", full member of RMA, Moscow;

Dzhavadov N.G. – Dr. of tech. sci., Professor, Academician of
the International and Azerbaijan Engineering Academy, General
Director AzNAA, Baku;

Zhuchkov K.N. – Cand. of phys.-math. sci., associate professor,
Director of the Analytical Center of gas industry of JSC "Gaz-
prom diagnostics", St. Petersburg;

Kanevskaya R.D. – Dr. of tech. sci., Professor, Head of the
Department of Scientific-Technical Development and Modeling
of JSC "Institute of Geology and Development of Fossil Fuel" of
PJSC "NK "Rosneft", Head of the Department of National Uni-
versity of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow;

Kenig E. Ya. – Dr. Ing. Habil, Head of the Department of Pader-
born University, Germany;

Kizina I.D. – Cand. of tech. sci., associate professor, Deputy-
General Director of JSC "Nefteavtomatika", Director of devel-
opment and implementation "Integrated ACS" Department, Ufa;
Kostogrysov A.I. – Dr. of tech. sci., Professor, Chief scientific
employee, Federal Research Center Computer Science and Con-
trol of the Russian Academy of Sciences, Moscow;

Kuzyakov O.N. – Dr. of tech. sci., assistant professor, Head of the
Department of TIU, Tyumen;

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

Lebedev V.G. – Dr. of tech. sci., Chief scientific employee of In-
stitute of Control Sciences RAS, Moscow;

Lopatin A.S. – Dr. of tech. sci., Professor, Head of the Depart-
ment 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 Department of Na-
tional University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow;

Stepin Yu.P. – Dr. of tech. sci., Professor, 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. – production editor, "Gubkin" publishing house,
Moscow;

Fafurin V.A. – Dr. of tech. sci., Professor, KNRTU, Kazan.

Индекс журнала

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 журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней 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,
zavyalovap@yandex.ru,
atisoil@mail.ru

Telegram-канал



Ведущий редактор: *Г.В. Терехина*

Компьютерный набор: *В.В. Васина*
Компьютерная верстка: *Л.П. Ушанкина*
Корректор: *Я.В. Ткачева*
Перевод: *О.М. Бисярина*

Подписано в печать 12.02.2024 г.

Формат 84×108^{1/16}.

Усл. печ. л. 7,14. Уч.-изд. л. 7,25.

Тираж 1500 экз.

Цена свободная.

Печатно-множительная база:
ООО "ИИА "Пресс-Меню"
129128, Россия, г. Москва, ул. Малахитовая, 21.

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

- Мартынов В.Г. – Ректор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р экон. наук, профессор, академик РАО, председатель совета
- Максименко А.Ф. – Проректор по научной и международной работе РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, профессор, заместитель председателя 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, главный редактор журнала "Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса", 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
- Близнюков В.Ю. – Руководитель проекта ПАО "НК "Роснефть", д-р техн. наук, профессор, главный редактор журнала "Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море" (по согласованию)
- Голунов Н.Н. – Проректор по дополнительному профессиональному образованию РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, канд. техн. наук, доцент
- Дедов А.Г. – Заведующий кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р хим. наук, профессор, академик РАН, главный редактор журнала "Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина"
- Дмитриевский А.Н. – Научный руководитель ИПНГ РАН, д-р геол.-минерал. наук, академик РАН, главный редактор журнала "Геология, геофизика и разведка нефтяных и газовых месторождений" (по согласованию)
- Ивановский В.Н. – Заведующий кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, профессор, главный редактор журнала "Территория Нефтегаз"
- Казак А.С. – Ученый секретарь ООО "НИИГазэкономика", д-р техн. наук, профессор, главный редактор журнала "Автоматизация и информатизация ТЭК" (по согласованию)
- Комков А.Н. – Начальник управления наукометрических исследований и поддержки публикационной активности, заведующий кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, канд. техн. наук, доцент
- Лоповок Г.Б. – Директор Издательского центра РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, канд. экон. наук, доцент
- Мастепанов А.М. – Главный научный сотрудник Аналитического центра 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"
- Мельгунов В.Д. – Заведующий кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р юр. наук, профессор
- Мещеряков С.В. – Заведующий кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, профессор, заместитель главного редактора журнала "Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе"
- Михайлов Н.Н. – Профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, главный редактор журнала "Нефтепромысловое дело"
- 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"
- Поздняков А.П. – Профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, заместитель главного редактора журнала "Автоматизация и информатизация ТЭК"
- Постникова О.В. – Декан факультета геологии и геофизики нефти и газа РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р геол.-минерал. наук, профессор
- 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)
- Телегина Е.А. – Декан факультета международного энергетического бизнеса РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р экон. наук, профессор, член-корреспондент РАН
- Туманян Б.П. – Профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, главный редактор журналов "Химия и технология топлив и масел", "Технологии нефти и газа", "Промышленный сервис"