

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ТЭК

SCIENTIFIC-TECHNICAL JOURNAL

AUTOMATION AND INFORMATIZATION
OF THE FUEL AND ENERGY COMPLEX

2(595) • 2023

МОСКВА • ГУБКИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ТЭК

Научно-технический журнал

Основан в 1973 г.

Выходит 12 раз в год

№ 2(595)

Февраль 2023 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;

Будуляк Б.В. – д-р техн. наук, профессор, президент СРО "АСГиНК", г. Москва;

Вороненко А.В. – канд. физ.-мат. наук, ген. директор ООО "НПП "Годсиб", г. Фрязино;

Григорьев Б.А. – чл.-кор. РАН, д-р техн. наук, профессор, начальник отдела 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 Академии, ген. директор ПО "Промавтоматика", г. Баку;

Жучков К.Н. – канд. физ.-мат. наук, доцент, зам. начальника АЦПП 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;

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

Костокрызов 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;

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;

Фафурин В.А. – д-р техн. наук, профессор, КНИТУ, г. Казань.

СОДЕРЖАНИЕ

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ, АВТОМАТИЗАЦИИ, ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИИ И СВЯЗИ

Музипов Х.Н. Система контроля содержания воды с одновременным определением расхода топочного мазута на тепловых электростанциях 5

ИНФОРМАЦИОННЫЕ, ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ, ЭКСПЕРТНЫЕ, ОБУЧАЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Амирханов И.Р., Калеева Е.С., Фатун Д.А. Система оптимизации в реальном времени: методы и реализация 13

Слинкина Е.В., Апарин С.Н. Переход от иерархической файловой модели к модели "плоский список", хранимой в колоночной базе данных, для геолого-геофизического архива 20

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Каневская Р.Д., Кочуева О.Н., Федюнина Д.Д. О влиянии модели утечек в пласт при гидроразрыве сжимаемой жидкостью 25

Антипина Е.В., Мустафина С.А., Антипин А.Ф. Поиск оптимального управления нефтехимическим процессом с терминальными ограничениями на основе метода дифференциальной эволюции 31

Курмангалиев Р.З., Фролов С.А., Усов Э.В., Ульянов В.Н., Овсепян М.А., Лысь Е.В., Черемисин А.Н., Тайлаков Д.О., Каюров Н.К., Симонов М.В., Перец Д.С. Методика построения межскважинных численных моделей с отслеживанием фронта распространения жидкости для оценки зависимостей между работой добывающих и нагнетательных скважин 37

Болсуновская М.В., Гинцяк А.М., Федяевская Д.Э., Петряева А.А., Бурлуцкая Ж.В. Комплексное моделирование процессов нефтедобычи: аналитический обзор 51

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

Кудусов Д.И., Левин К.А., Малышев С.Л. Модернизация Государственного первичного специального эталона ГЭТ 195-2011 63

AUTOMATION AND INFORMATIZATION OF THE FUEL AND ENERGY COMPLEX

Scientific-Technical Journal

Founded in 1973

February 2023

№ 2(595)

12 issues per year

CONTENTS

MEASURING, AUTOMATION, TELEMECHANIZATION AND COMMUNICATION FACILITIES

Muzipov Kh.N. Water content monitoring system with simultaneous
determination of fuel oil consumption at thermal power plants..... 5

INFORMATION, MEASURING, EXPERT, TRAINING SYSTEMS

Amirkhanov I.R., Kaleeva E.S., Fatun D.A. Real-time optimization
system: methods and implementation 13

Slinkina E.V., Aparin S.N. Transition from a hierarchial file model to a
"flat list" model stored in a column database for a geological-geophysical
archive 20

MATHEMATICAL MODELING AND SOFTWARE

Kanevskaya R.D., Kochueva O.N., Fedyunina D.D. On the influence
of the model of leakage into the reservoir during hydraulic fracturing by
compressive liquid 25

Antipina E.V., Mustafina S.A., Antipin A.F. Search for the optimal
control of the petrochemical processes with terminal constraints based on
the differential evolution method 31

Kurmangaliev R.Z., Frolov S.A., Usov E.V., Ulyanov V.N., Ovse-
pryan M.A., Lys E.V., Cheremisin A.N., Tailakov D.O., Kayurov N.K.,
Simonov M.V., Perets D.S. A methodology for constructing inter-well
numerical models with tracking of fluid propagation front to assess the
dependencies between the operation of production and injection wells 37

Bolsunovskaya M.V., Gintciak A.M., Fedyaevskaya D.E., Petryae-
va A.A., Burlutskaya Zh.V. Complex modeling of the oil production
processes: analytical review 51

INSTALLATION, ADJUSTMENT AND OPERATION OF AUTOMATION, TELEMECHANIZATION AND COMMUNICATION EQUIPMENT, THEIR SERVICING

Kudusov D.I., Levin K.A., Malyshev S.L. Modernization of GET 195-
2011, the State primary special standard 63

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;

Voronenko A.V. – Cand. of phys.-math. sci., Director of Scien-
tific-Production Company "Godsib", Ltd., Fryazino;

Grigoriev B.A. – Corresponding member of RAS, Dr. of tech. sci.,
Professor, Head of the Department 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 of PO "Promavtomatika", Baku;

Zhuchkov K.N. – Cand. of phys.-math. sci., associate professor,
Deputy Director of the Analytical Center of gas industry of
JSC "Gazprom 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., Deputy-General Director of
JSC "Nefteavtomatika", Director of development and implemen-
tation "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
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., Head of the Laboratory of Insti-
tute 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

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 15.02.2023 г.
Формат 84×108^{1/16}.
Усл. печ. л. 7,35. Уч.-изд. л. 7,50.
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)
- Гируц М.В. – Декан факультета научно-педагогических кадров и кадров высшей квалификации РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р хим. наук, доцент
- Голунов Н.Н. – Проректор по дополнительному профессиональному образованию РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, канд. техн. наук, доцент
- Гриняев С.Н. – Декан факультета комплексной безопасности ТЭК РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, профессор
- 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 разработка 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"
- 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"
- 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"