

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

АВТОМАТИЗАЦИЯ, ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИЯ И СВЯЗЬ В НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

SCIENTIFIC-TECHNICAL JOURNAL

AUTOMATION, TELEMCHANIZATION
AND COMMUNICATION
IN OIL INDUSTRY

При участии



3(560) • 2020

МОСКВА • ГУБКИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

АВТОМАТИЗАЦИЯ, ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИЯ И СВЯЗЬ В НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научно-технический журнал

Основан в 1973 г.

Выходит 12 раз в год

№ 3(560)

Март 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 "АСГ и 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;

Кузяков 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;

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

Кисленко Н.А., Казак А.С., Косова К.О. Анализ ретроспективных данных по динамике запаса газа в зависимости от балансовых показателей режимов эксплуатации ГТС 6

Кисленко Н.А., Казак А.С., Косова К.О. Идентификация факторов, определяющих запас газа в ГТС, на основе анализа физических законов течения газа 15

Кисленко Н.А., Казак А.С., Косова К.О. Регрессионный подход к прогнозу запаса газа в ГТС 22

Казак А.С., Кисленко Н.А., Горлов Д.В., Постникова И.В. Задача идентификации состава газа в ГТС ЕСГ 29

Казак А.С., Кисленко Н.А., Горлов Д.В., Постникова И.В. Задача моделирования и оптимизации поставок газа по ЕСГ с учетом показателей качества газа 36

Соколова Н.А., Кисленко Н.А., Ляшенко В.А., Кулик В.С. Подходы к портфельной оптимизации стратегии освоения месторождений разных регионов газодобычи 42

Литвин Ю.В., Кисленко Н.А., Кулик В.С., Шрейдер А.А., Мозговой В.С., Хабибуллин Д.Я. Автоматизация построения плана проведения геолого-разведочных работ с использованием методов математического программирования 50

AUTOMATION, TELEMECHANIZATION AND COMMUNICATION IN OIL INDUSTRY

Scientific-Technical Journal

Founded in 1973

March 2020

№ 3(560)

12 issues per year

CONTENTS

Kislenko N.A., Kazak A.S., Kosova K.O. Analysis of retrospective data on changes in time of the gas accumulated quantity depending on the balance characteristics of a gas transmission system (GTS) operational mode.....	6
Kislenko N.A., Kazak A.S., Kosova K.O. Identification of factors determining the accumulated gas quantity in the gas transmission systems (GTS), based on the analysis of the physical laws of gas flow	15
Kislenko N.A., Kazak A.S., Kosova K.O. A regression approach to forecasting gas reserves in gas transmission systems (GTS).....	22
Kazak A.S., Kislenko N.A., Gorlov D.V., Postnikova I.V. The problem of gas composition identification in the Unified Gas Supply System	29
Kazak A.S., Kislenko N.A., Gorlov D.V., Postnikova I.V. Problem of modeling and optimization of gas supply through on the Unified Gas Supply System (UGSS), taking into account gas quality indicators	36
Sokolova N.A., Kislenko N.A., Lyashenko V.A., Kulik V.S. Approaches to portfolio optimization of field development strategies in different gas production regions	42
Litvin Yu.V., Kislenko N.A., Kulik V.S., Shreyder A.A., Mozgovoy V.S., Habibullin D.Ya. Automation of the geological exploration works scheduling using mathematical programming methods.....	50

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.

Редакционный совет научно-технических журналов, издаваемых РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

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,
zavyalovap@yandex.ru,
atsoil@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 15.02.2020 г.
Формат 84×108^{1/16}.
Усл. печ. л. 5,88. Уч.-изд. л. 6,0
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.

- 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)
- 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"
- 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
- Муратов 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"

ООО "НИИГазэкономика" – правопреемник ВНИИЭгазпрома, созданного в 1967 г. как основной научный центр формирования стратегии развития газовой промышленности и экономической эффективности управления производством. Институт координировал исследования по экономическим проблемам, организации труда, стандартизации и качеству продукции, научно-технической информации.

Сегодня ООО "НИИГазэкономика" является 100%-м дочерним обществом ПАО "Газпром" со статусом головного научного центра в области экономики, организации управления и прогнозирования развития отрасли. Генеральный директор Общества – кандидат технических наук Николай Анатольевич Кисленко.

Исследования, проводимые Институтом, охватывают все сферы газовой отрасли, а научные разработки используются по всей технологической цепочке нефтегазового бизнеса: от стратегического планирования и оценки рисков до экономики добычи, переработки, хранения и использования газа. В настоящее время ООО "НИИГазэкономика" – это 12 научных центров, которые ведут работу по различным направлениям:

- **Стратегическое планирование и прогнозирование;**
- **Энергетические рынки, ценообразование и тарифная политика;**
- **Экономика нефтегазовой отрасли;**
- **Инвестиционная и финансовая деятельность;**
- **Системные исследования и экономико-математическое моделирование;**
- **Корпоративное управление;**
- **Информационные технологии.**

При участии ООО "НИИГазэкономика" реализовывались такие перспективные программы ПАО "Газпром", как комплексное освоение месторождений полуострова Ямал, Восточной Сибири и Дальнего Востока, развитие добычи, транспортировки и переработки жидких углеводородов, создание новых направлений экспорта газа: Ямал–Европа, "Голубой поток", Северо-Европейский газопровод, построение Генеральной схемы развития газовой отрасли до 2035 г. На основе схем потоков газа, разработанных Институтом, выполнены обоснования решений о формировании ЕСГ России.

Специалисты Института участвуют в программах научно-технического сотрудничества ПАО "Газпром" с зарубежными энергетическими компаниями, крупнейших конференциях и семинарах, активно трудятся в комитетах и рабочих группах Международного газового союза, Европейской экономической комиссии ООН и других международных организациях. ООО "НИИГазэкономика" является полноправным членом Международного делового конгресса и Объединения по энергетической политике и экономике энергетики.

Будучи частью научного сообщества, Институт сотрудничает с ведущими российскими высшими учебными заведениями и научными организациями, среди которых МГУ имени М.В. Ломоносова, МГТУ им. Н.Э. Баумана, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина и др. Сотрудники Института принимают участие в учебном процессе университетов-партнеров в качестве студентов, аспирантов и преподавателей, более 25 % специалистов имеют кандидатские и докторские степени. В ходе преподавательской деятельности в вузах научные сотрудники ООО "НИИГазэкономика" занимаются отбором перспективных молодых ученых для пополнения кадрового состава Института.