



**4(549).2019**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

Automation,  
telemechanization  
and communication  
in oil industry



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

SCIENTIFIC-TECHNICAL JOURNAL

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



При участии ОАО "ВНИИОЭНГ"

---

**4(549) • 2019**

МОСКВА • ГУБКИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

# АВТОМАТИЗАЦИЯ, ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИЯ И СВЯЗЬ В НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научно-технический журнал

Основан в 1973 г.

Выходит 12 раз в год

№ 4(549)

Апрель 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", г. Тюмень;

*Бакуменко А.В.* – д-р техн. наук, ген. директор ОАО "МРТИ РАН", 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;

*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;

*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;

*Лачков А.Г. (зам. главного редактора)* – ген. директор ОАО "ВНИИОЭНГ", 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;

*Сабиров А.И.* – канд. техн. наук, ген. директор ООО "НПП "ГКС", г. Казань;

*Сидоров В.В.* – канд. техн. наук, зав. кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва;

*Слепян М.А.* – канд. техн. наук, д-р экон. наук, ген. директор ООО НПФ "Нефтеавтоматика", г. Москва;

*Терехина Г.В.* – вед. специалист, Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва;

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

## СОДЕРЖАНИЕ

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ, ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ, ЭКСПЕРТНЫЕ, ОБУЧАЮЩИЕ СИСТЕМЫ

**Столяров В.Е., Еремин Н.А.** Эволюция систем управления транспортом газа..... 5

**Стародубцев П.А., Сторожок Е.А.** Подключение измерительного узла системы морского экологического мониторинга к локальной вычислительной сети..... 15

**Богаткина Ю.Г.** Методика математической оценки эффективности извлечения запасов нефти..... 21

**Мухутдинов А.Р., Ефимов М.Г.** Нейросетевой подход для оптимизации состава твердого топлива по скорости горения..... 25

### АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

**Шлык Ю.К., Власова Е.П., Кузяков О.Н., Ревякин Е.Е.** Синхронизация генераторов автономных электростанций нефтяных месторождений..... 30

**Атрощенко В.А., Кичкарь И.Ю., Кичкарь Ю.Е.** Система управления работой бурового вибростита..... 35

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

**Иванов Р.Е., Мухтаров А.А., Першин О.Ю.** Задача оптимального размещения заданного множества базовых станций беспроводной сети связи с линейной топологией..... 39

**Петров В.Н., Галимов Ф.М., Ахметзянова Л.А., Петров С.В.** Влияние гидродинамического удара и кавитации на характеристики нефтяного потока..... 46

---

# AUTOMATION, TELEMECHANIZATION AND COMMUNICATION IN OIL INDUSTRY

Scientific-Technical Journal

Founded in 1973

April 2019

№ 4(549)

12 issues per year

---

## CONTENTS

### INFORMATIONAL, MEASURING, EXPERT, EDUCATIONAL SYSTEMS

- Stolyarov V.E., Eremin N.A.** Evolution of gas transportation control system ..... 5
- Starodubtsev P.A., Storozhok E.A.** Connection of the measuring unit in the marine ecological monitoring system to the local computer network ..... 15
- Bogatkina Yu.G.** Mathematical assesment methodology of oil reserves extraction ..... 21
- Mukhutdinov A.R., Efimov M.G.** Neural network approach to optimize solid fuels composition by burning rate ..... 25

### AUTOMATED SYSTEMS OF CONTROL OVER TECHNOLOGICAL PROCESSES

- Shlyk Yu.K., Vlasova E.P., Kuzyakov O.N., Revyakin E.E.** Synchronization of autonomous power plants generators in oil fields ..... 30
- Atroshchenko V.A., Kichkar I.Yu., Kichkar Yu.E.** Control system of a screen shaker operation ..... 35

### MATHEMATICAL MODELING AND SOFTWARE

- Ivanov R.E., Mukhtarov A.A., Pershin O.Yu.** A problem of the optimal location of the given set of base stations in the wireless networks with a linear topology ..... 39
- Petrov V.N., Galimov F.M., Akhmetzyanova L.A., Petrov S.V.** Effect of hydrodynamic impact and cavitation on oil flow characteristics ..... 46

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

#### EDITORIAL BOARD:

*Abramov G.S. (Chief Editor)* – Dr. of tech. sci., Cand. of tech. sci., TC 024 "Metrological Support of Energy Production and Accounting", Tyumen;

*Bakumenko A.V.* – Dr. of tech. sci., General Director of JSC "MRTI RAS", 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;

*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;

*Lachkov A.G. (Deputy-Chief editor)* – General Director of JSC "VNII OENG", 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;

*Sabirov A.I.* – Cand. of tech. sci., Director of "GKS" Scientific-Production Company, Kazan;

*Sidorov V.V.* – Cand. of tech. sci., Head of the Chair of National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow;

*Slepyan M.A.* – Cand. of tech. sci., Dr. of econom. sci., General Director of "Nefteavtomatika" Research and Production Company, Moscow;

*Terekhina G.V.* – leading specialist, National University of Oil and Gas "Gubkin University", 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: *Н.В. Шуликина*  
Перевод: *О.М. Бисярина*

Адрес редакции: 119991, Россия, г. Москва,  
Ленинский просп., 65, корп. 1.  
Тел. 8-499-507-91-16

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

Подписано в печать 04.03.2019 г.  
Формат 84×108<sup>1/16</sup>.  
Усл. печ. л. 5,46. Уч.-изд. л. 5,6.  
Тираж 1500 экз.  
Цена свободная.

Печатно-множительная база:  
Типография ООО "Полипресс"  
115569, Россия, г. Москва, ул. Домодедовская, 4.

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. – канд. техн. наук, профессор, Президент РГУ нефти и  
газа (НИУ) имени И.М. Губкина, председатель совета

Лопатин А.С. – д-р техн. наук, профессор, советник ректората,  
зав. кафедрой, председатель комиссии по редакционно-  
издательской деятельности Ученого совета РГУ нефти  
и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, заместитель пред-  
седателя совета

Завьялов А.П. – канд. техн. наук, доцент, РГУ нефти и газа (НИУ) име-  
ни И.М. Губкина, секретарь совета

Абрамов Г.С. – д-р экон. наук, канд. техн. наук, член технического ком-  
итета ТК 024 "Метрологическое обеспечение добычи  
и учета энергоресурсов (жидкостей и газов)"

Васильев Г.Г. – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой РГУ  
нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

Гируц М.В. – д-р хим. наук, доцент, декан факультета научно-  
педагогических кадров и кадров высшей квалификации  
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

Григорьев Л.И. – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой РГУ  
нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

Ивановский В.Н. – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой РГУ  
нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

Кершенбаум В.Я. – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой РГУ  
нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

Лачков А.Г. – генеральный директор ОАО "ВНИИОЭНГ"

Лоповок Г.Б. – канд. экон. наук, доцент, директор Издательского цен-  
тра РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

Мастепанов А.М. – д-р экон. наук, профессор, РГУ нефти и газа (НИУ)  
имени И.М. Губкина, академик РАЕН, заведующий  
Аналитическим центром энергетической политики и  
безопасности ИПНГ РАН

Мартынов В.Г. – д-р экон. наук, профессор, ректор РГУ нефти и газа  
(НИУ) имени И.М. Губкина

Мещеряков С.В. – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой РГУ  
нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

Мурадов А.В. – д-р техн. наук, профессор, проректор по научной работе  
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

Оганов А.С. – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой РГУ  
нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

Соловьянов А.А. – д-р хим. наук, профессор, заместитель директора ФГБУ  
"Всероссийский научно-исследовательский институт  
охраны окружающей среды"

Туманян Б.П. – д-р техн. наук, профессор, РГУ нефти и газа (НИУ)  
имени И.М. Губкина

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ, ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ, ЭКСПЕРТНЫЕ, ОБУЧАЮЩИЕ СИСТЕМЫ

УДК 622.691.4.053:620.19+622.276:65.01

## ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТОМ ГАЗА

В.Е. Столяров<sup>1,2</sup>, Н.А. Еремин<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>НТС ПАО "Газпром", <sup>2</sup>ООО "Энергосертификация", <sup>3</sup>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, <sup>4</sup>ФГБУН "Институт проблем нефти и газа РАН"

В развитие темы эволюции систем автоматизации в статье рассмотрены динамика развития систем управления транспортом газа на примере основного элемента транспортной системы – газоперекачивающего агрегата (ГПА), а также приведены примеры управления компрессорной станцией (КС), линейным производственным управлением (ЛПУ) и управлением предприятием и отраслью в целом с учетом технологической и экономической целесообразности, эффективности применения гибридных и цифровых подходов.

Статья подготовлена по результатам работ, выполненных в рамках Программы государственных академий наук на 2013–2020 гг. Раздел 9 "Науки о Земле"; направление фундаментальных исследований 132 "Комплексное освоение и сохранение недр Земли, инновационные процессы разработки месторождений полезных ископаемых и глубокой переработки минерального сырья", проект "Фундаментальный базис инновационных технологий нефтяной и газовой промышленности", № ААА-0139-2018-0006.

**Ключевые слова:** эволюция систем управления транспортом газа; система телеметрии; технологические параметры; цифровизация; интеллектуализация; роботизация; цифровой двойник; газоперекачивающий агрегат (ГПА); управление компрессорной станцией (КС); линейное производственное управление (ЛПУ); компрессорный цех (КЦ).

DOI: 10.33285/0132-2222-2019-4(549)-5-14

### EVOLUTION OF GAS TRANSPORTATION CONTROL SYSTEM

V.E. Stolyarov<sup>1,2</sup>, N.A. Eremin<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>PJSC "Gazprom", <sup>2</sup>LLC "Energy Certification", <sup>3</sup>National University of Oil and Gas "Gubkin University", <sup>4</sup>Oil and Gas Research Institute Russian Academy of Sciences)

Following on from the theme of automation systems evolution, the paper considers the dynamics of the development of gas transportation control systems on the example of the main element of the transportation system – the gas pumping unit (GPU), as well as examples of controlling the compressor station (CS), line production management (LPM) and managing an enterprise and the industry in general, with account of the technological and economic feasibility, the effectiveness of the use of hybrid and digital approaches in the industry.

The article is prepared based on the results of the work carried out within the framework of the "Program of the State Academies of Sciences for 2013–2020. Section 9 "Earth sciences"; trend at fundamental research 132 "Integrated development and conservation of the Earth's interior, innovative processes of mining mineral deposits and deep processing of mineral raw materials", the project "Fundamental basis of innovative technologies in the oil and gas industry", Nos. ААА-0139-2018-0006.

**Keywords:** evolution of gas transportation control systems; telemetry system; technological parameters; digitalization; intellectualization; robotization; digital twin; gas-compressor unit (GCU); control of a compressor station (CS); line production management (LPM); compressor workshop (CW).

### Введение

Современный уровень развития систем автоматизации в своем развитии является интеграцией решений в трех предметных областях знаний и имеющихся практик: теории управления, технологическом процессе, информационных технологиях. В специализированной литературе по вопросам создания автоматизированного или автоматического оборудования и высокопроизводительных автоматизированных производств явно прослеживается следующая эволюция развития решений по возможности технологического воздействия на технологическое оборудование: ручное, пневматическое, электрическое, электронное, применение распределенных цифровых контроллеров (программируемый логический контроллер – ПЛК), широкое применение распределенных систем на базе промышленных шин и использование корпо-

ративных сетей и WEB-технологий (сокращение от WWW – World Wide Web, где WEB, дословно с английского языка, – паутина или интернет-пространство).

Эти решения могут быть реализованы локально совместно с оборудованием либо иметь централизованное размещение на объекте управления. В настоящее время такое разделение получило международное признание при трансформации бизнеса с использованием элементов модели управления предприятием под названием "Индустрия 4.0". В рамках реализации этой программы в России (ПАО "Газпром") предусмотрены "Развитие ИТ-обеспечения основных бизнес-процессов управления газового бизнеса" и создание цифровых моделей производственных объектов "цифровых двойников" для ряда технологических объектов, в том числе "Цифровой компрессорной станции (КС)" [9–14].

Становление Единой системы газоснабжения (ЕСГ) на базе распределенных региональных газопроводов высокого давления и разветвленной системы распределения обусловило необходимость ввода в эксплуатацию линейных (КС), дожимных компрессорных станций (ДКС) как высокоавтоматизированных объектов, обеспечивающих функционирование технологического оборудования в автоматическом режиме (165 тыс. км магистральных и 700 тыс. км распределительных газопроводов).

На компрессорных станциях в 1960–1970-е гг. первоначально применялись релейные системы агрегатной автоматики типа "Электра 1-3" (рис. 1) для электроприводных агрегатов СТД-4000, СТД-12500, пневмоэлементные системы газомотокомпрессоров 10ГКМА 1/28-75 типа "Компрессор-3", системы агрегатной автоматики "Компас-4" для газотурбинных агрегатов. В качестве системы цеховой автоматики системы управления кранами "Вега-1(2)" и в качестве цехового управления и визуализации технологического состояния станции длительное время эксплуатировались автоматизированные пульты (щиты) диспетчеризации КС "Контур-1" и "Кварц-2М".

В связи с более высокой эффективностью применения газотурбинных агрегатов по инициативе Мингазпрома (Управление развития новой техники) работы по созданию новых образцов получили широкое развитие во ВНИИГАЗе, ЦКТИ им. И.И. Ползунова, СКБ "Газавтоматика", что привело к созданию систем регулирования компрессорных цехов (КЦ) на КС типа "Нева-1" и "Сатурн".

В дальнейшем была разработана система управления электроприводным цехом на принципах малолюдных технологий с использованием микроЭВМ СМ-100, примененная на КС "Ивацевичи" предприятия "Западтрансгаз", но сложность в обслуживании и недостаточная эффективность применения вычислительных мощностей не позволили продвинуться в этом направлении. Имеющиеся решения не позволяли обеспечивать управление режимами и распределение нагрузок между агрегатами и цехами для многоцеховой КС, являющейся частью многониточного газопровода (рис. 2).

На предприятиях НИПИАСУтрансгаз (г. Харьков), ЦКТИ им. И.И. Ползунова (г. Санкт-Петербург) работы были продолжены в 1988–1992 гг. По итогам работ было зафиксировано отсутствие возможности на имеющемся в то время оборудовании автоматики реализовать систему антипомпажного регулирования и защиты от помпажа; обеспечить распределение нагрузки в заданном соотношении; реализовать требования управления на гидравлических и пневматических регуляторах нагрузки, скорость обеспечения предельного регулирования температуры продуктов сгорания, верхнего и нижнего пределов допустимых значений частоты вращения роторов газоперекачивающего агрегата (ГПА). Анализ результатов испытаний выявил недостаточную эффективность работы

ограничителя приёмности управления ГПА; отсутствие возможности эффективного контура регулирования частоты вращения нагнетателя ГПА с приводом от авиационных газотурбинных установок (ГТУ); невозможность создания удобного в пользовании интерфейса управления и контроля (рис. 3).

В связи с невозможностью решения этих проблем из-за разрушения корпоративных связей и производственной базы, отсутствия эффективных решений и необходимости обеспечения заданных технологических режимов добычи, транспорта газа РАО "Газпром" в 1993 г. заключило генеральное соглашение с фирмой Compressor Controls Corporation (ССС) на закупку систем управления. Первоначально поставки предназначались для замены физически и морально устаревших систем автоматики типа А-700-15. Ввод в эксплуатацию, аппаратную и кадровую поддержку обеспечивала сама фирма, а в дальнейшем – АО "Система Комплекс" (г. Москва), а системы стали применяться для всех создаваемых уровней управления с комплектацией и испытаниями в заводских условиях производителями ГПА и управления всеми объектами КЦ. Это обеспечило унификацию оборудования на единых типах средств и систем управления, возможность эксплуатации силами обученного персонала цехов без привлечения специализированных организаций заводов-изготовителей [1–3].

При внедрении эти системы были существенно доработаны с учетом требований эксплуатационного персонала, производителей технологического оборудования, что обеспечило эффективность применения, возможность интеграции в имеющиеся аналоговые системы и, как результат, на объектах появились гибридные (в современном понимании) системы, обеспечившие эффективное регулирование с учетом критериев управления. За 10 лет в эксплуатацию было введено 1557 комплектов системы автоматизированного управления и регулирования газоперекачивающим агрегатом (САУ и Р ГПА) и 296 комплектов системы автоматизированного управления и регулирования компрессорным цехом (САУ и Р КЦ).

Анализ внедрения систем управления и противопомпажного регулирования фирмы СССР на Уренгойском газоконденсатном месторождении в 1998 г. показал, что по итогам эксплуатации систем на 9 ДКС (в составе 30 ГПА) в период 1996–1998 гг. произошли увеличение времени наработки на отказ ГПА с 1600 до 2400 ч, а также снижение расхода топливного газа на 4 % для агрегата и на 8 % – на собственные нужды.

Полная экономическая оценка эффективности применения должна учитывать такие факторы, как показатели надежности при решении задач управления; возможность и простота обеспечения эксплуатационных режимов на верхних границах производительности; обеспечение технологической готовности оборудования. К дополнительным факторам эффективности целесообразно отнести:



Рис. 1. Агрегатная система управления "Электра-1" и загазованности "Газ-1"

- снижение числа аварийных остановов и незавершенных пусков, с проведением оперативного анализа и устранения причин силами персонала;

- снижение ремонтных затрат, объемов восстановительных работ по нагнетателю и ГТУ за счет ограничения зоны возможного помпажа;

- ограничение избыточной мощности ГПА и уменьшение колебаний параметров ГТУ за счет настройки работы систем управления, обеспечивающих плавность пусков и оптимальное тепломеханическое состояние агрегата;

- обеспечение автоматического ввода/вывода ГПА в магистраль, сокращение времени простоя ГПА и, соответственно, увеличение объемов поставки газа в пределах 1,3...2,3 %, продление эксплуатационного ресурса оборудования;

- внедрение унифицированных комплектов оборудования, включая системы пожарного обнаружения и защиты агрегата и нагнетателя;

- формирование групп и ступеней сжатия, одновременного ввода их в магистраль, что обеспечивает эффективность работы для режимов "падающая добыча" на поздней стадии эксплуатации месторождений за счет гиб-



Рис. 2. Внешний вид газоперекачивающего агрегата ГПА-16 с двигателем ДГ-90

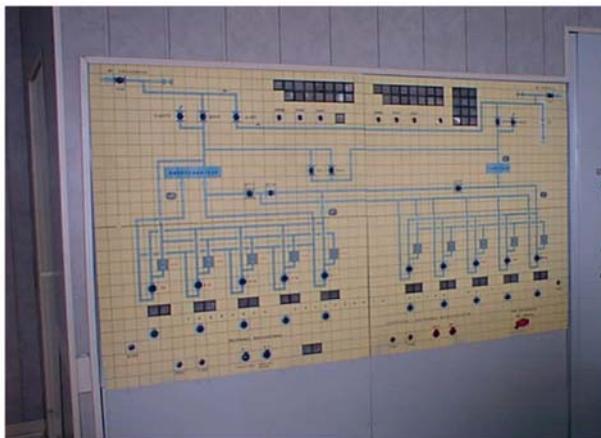


Рис. 3. Внешний вид мнемощита "Контур" и гибридной системы автоматизированного управления компрессорным цехом (САУ КЦ)

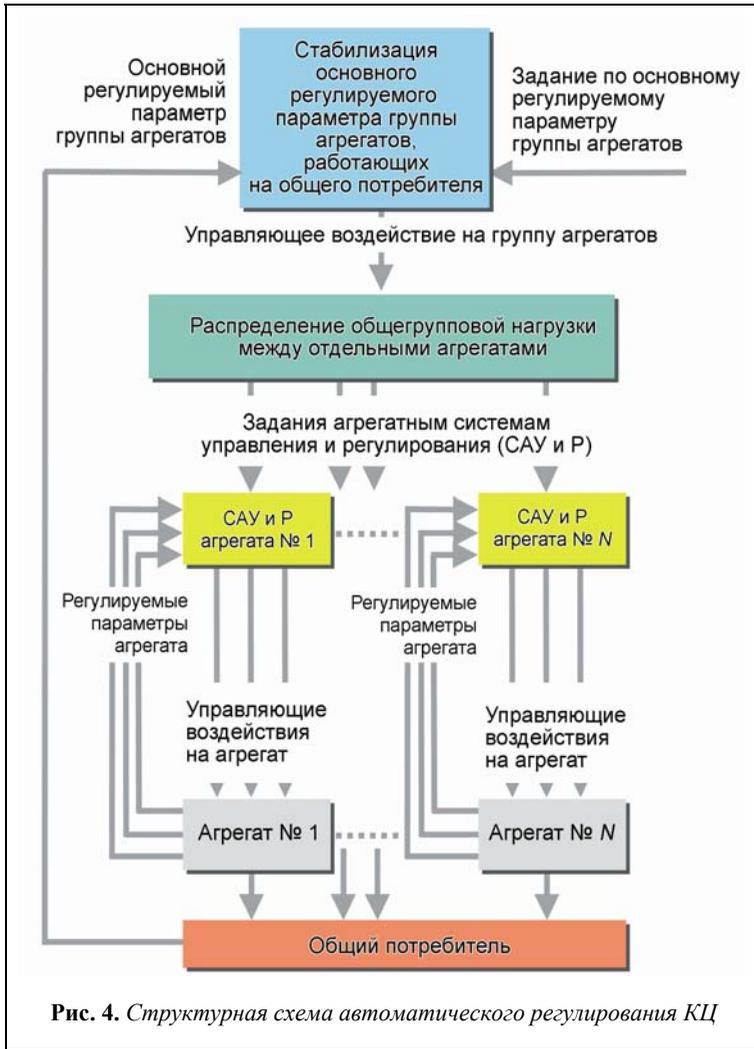


Рис. 4. Структурная схема автоматического регулирования КЦ

кости конфигурирования и возможности алгоритмического комплекса регулирования;  
 – ограничение числа включенных ГПА с одновременным сокращением неоправданной рециркуляции компримируемого газа и повышением нагрузки ГПА, сокращение времени формирования ступеней сжатия и расхода газа на рециркуляцию в пределах 1,3...2,3 % (рис. 4) для КЦ.

В дополнение к управлению и регулированию преимуществом цифрового управления является возможность: обеспечить автоматическую защиту от пожара и наличия загазованности, обеспечить диагностирование технического состояния агрегата, сравнение фактических эксплуатационных характеристик оборудования с проектными, прогнозирование технического состояния оборудования и вероятности временного интервала, в течение которого оборудование сохраняет свои проектные характеристики без проведения ремонтно-профилактических работ.

При этом возможность быстрого ввода в режим "работа" обеспечивается наличием встроенной диагностики и реализованной на уровне аппаратно-программных средств "стратегии выживания". Для отладки САУ и САУ КЦ используются разработанные модели КЦ, в том числе реализован моделирующий стенд многоцеховой КС с использованием действующих математических моделей. Применение таких технологич экономит время процесса проектирования и ввода объекта в эксплуатацию, не снижая при этом ресурс агрегатов.

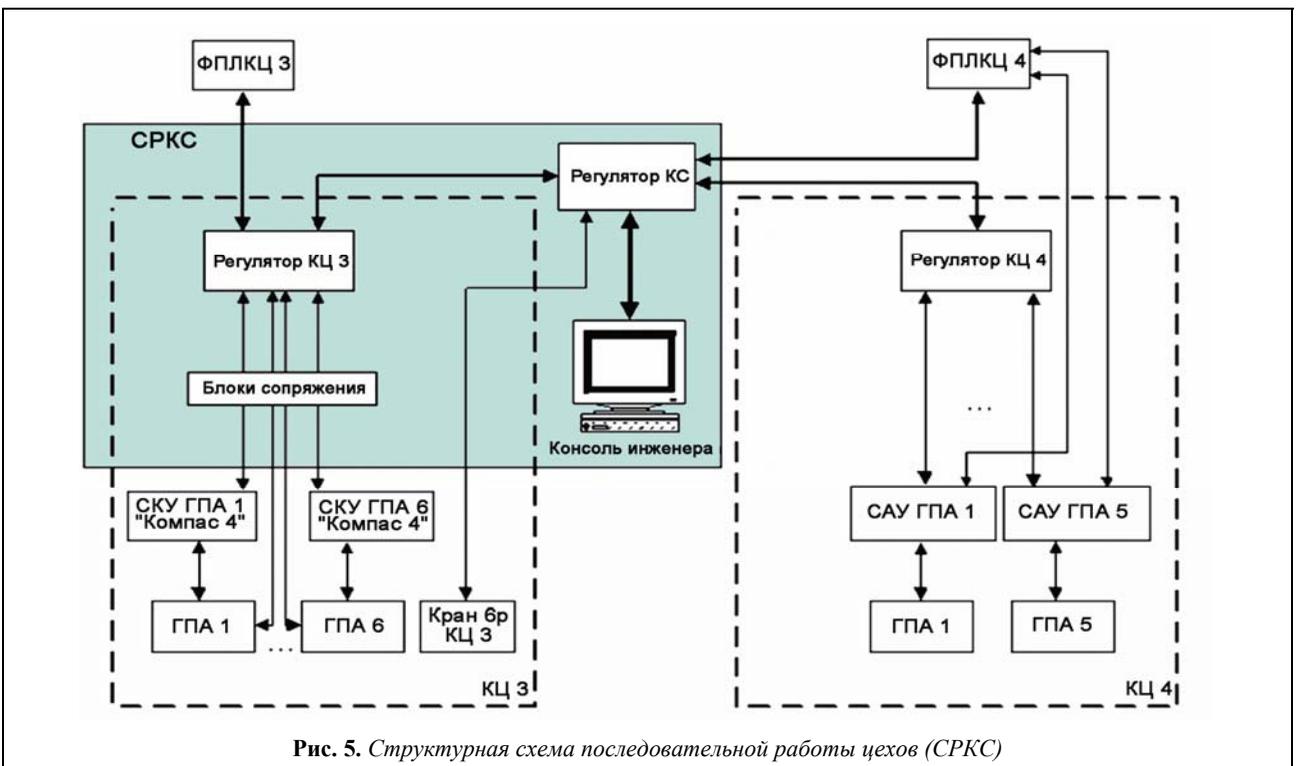


Рис. 5. Структурная схема последовательной работы цехов (СРКС)

Анализ приведенных факторов, проведенные количественные оценки позволяют выполнить экономическую оценку эффективности эксплуатации систем агрегатной и цеховой автоматики управления и регулирования (для ГПА-Ц-16; 16 МВт): с учетом объемов сэкономленного и дополнительно поставленного газа за счет бесперебойной работы систем дополнительная прибыль составляет порядка 2 млрд дол. США за 10 лет эксплуатации.

В конце 1990-х–начале 2000-х гг. предложенные решения были успешно реализованы и развиты в проектах по созданию региональных систем диспетчерского управления сетью газопроводов – проект ГОФО-2 (ООО "Мострансгаз" и ООО "Волготрансгаз") и АСУТП МГ Ямал–Европа на участке Торжок–Белосток (1999–2007 гг.).

Эти работы на КС "Несвиж" МГ Ямал–Европа выполнялись консорциумом российских предприятий с системной интеграцией проекта ПАО "Газпром автоматизация" в сотрудничестве с французским концерном Thales (ранее – "Сизека"), агрегатное и цеховое последовательное регулирование (СРКС) обеспечивалось НПФ "Система-Сервис" (КЦ 3) и АО "Система Комплекс" (КЦ 4).

Уникальность выполненной задачи обусловлена необходимостью обеспечения комплексного регулирования различных по характеристикам автоматизированных разными производителями цехов различной мощности, установленных на разных газопроводах. Так, на КЦ 4 МГ Ямал–Европа было смонтировано 5 ГПА-Ц-16С (16 МВт) с двигателями ДГ-90 производства НПП "Машпроект" (г. Николаев) и КЦ 3 на базе ГПА-Ц-6.3 (6,3 МВт) с приводами НК-12СТ (г. Самара) (рис. 5).

Предложенная система позволила обеспечить автоматическое регулирование и реализовать основные и вспомогательные функции.

Подсистема СРКС предназначена для выполнения следующих функций: обеспечение автоматической загрузки в магистраль станции и вывода из режима; поддержание заданного режима работы компрессорной станции; распределение нагрузки между цехами 3 и 4; распределение нагрузки между агрегатами КЦ 3; обеспечение антипомпажного регулирования; обеспечение антипомпажной защиты ГПА; определение режимов работы ГПА КЦ 3; формирование сообщений о необходимости пуска или останова ГПА; перераспределение нагрузок между КЦ при выходе из магистрали одного или несколько ГПА; ограничение давления на выходе цехов и КС; ограничение температуры на выходе ГПА цеха 3, КЦ 3 и КЦ 4 и др.

Вспомогательные функции, обеспечивающие работу цехов: сбор, обработка и передача данных; хранение данных; сигнализация; визуальное отображение информации; определение внутренних неисправностей подсистемы; генерация отчетов; обеспечение синхронного времени и др.

Основным результатом внедрения можно считать создание высоконадежного экспортного магистрального газопровода в Западную Европу и развитие соб-

ственной российской компетенции в области построения систем управления сложными распределенными объектами. Положительный опыт комбинированных решений на основе широкого применения мультисервисных систем связи, диагностики технического состояния, прогнозного развития ситуации и распределенного ресурса вычислительных мощностей на базе контроллерного оборудования локальных объектов позволил выработать единые подходы строительства и автоматизации компрессорных станций. Типовая структурная схема управления КС (АО "Гипрогазцентр"), принятая на основе этого опыта, приведена на рис. 6.

Эти апробированные на объектах и типизированные проектные подходы позволяют обеспечить:

- системность, при которой комплекс технических средств и технологических процессов рассматривается как целостная система управления с учетом всех внутренних и внешних связей;

- оптимальность, обеспечивающую выбор наилучшего варианта при принятии решений по обоснованному критерию;

- многофункциональность, которая позволяет решать задачи различной сложности и назначения, включая задачи оптимизации работы технологического оборудования;

- масштабируемость – способность расширения технических возможностей системы и мощностей объекта автоматизации;

- интегрируемость – возможность взаимодействия с различными внешними и смежными системами для организации информационного обмена;

- открытость – широкое использование открытых протоколов и средств информационного обмена для упрощения процесса интеграции систем;

- малолюдность с минимизацией участия персонала в управлении технологическими процессами.

Технологические объекты ЕСГ сегодня – это крупные производственные комплексы, мощности которых вводились поэтапно и по очереди, с целью обеспечения проектной производительности, эффективного использования сырья и материалов, освоения капитальных вложений. Так, в состав введенного в эксплуатацию первого пускового комплекса Бованенковского месторождения входили установка комплексной подготовки газа (УКПГ) мощностью 30 млрд м<sup>3</sup> газа в год и 60 скважин, а с вводом второй и третьей очередей добычи и мощностей по подготовке газа к транспорту будет обеспечена проектная мощность 115 млрд м<sup>3</sup> газа в год, а в перспективе добыча может быть увеличена до 140 млрд м<sup>3</sup> газа в год, что невозможно без реализации функций регулирования агрегатов, групп и цехов по очереди и промыслам. Эффективно и безопасно управлять такими сложными производственными комплексами в настоящее время невозможно без современных высоконадежных автоматизированных систем контроля и управления, наличия систем диагностики и поддержки принятия диспетчерских решений и прогнозирования на основе "рисковых" моделей и резерва мощностей для локализации нештатных ситуаций и сохранения технологического режима.

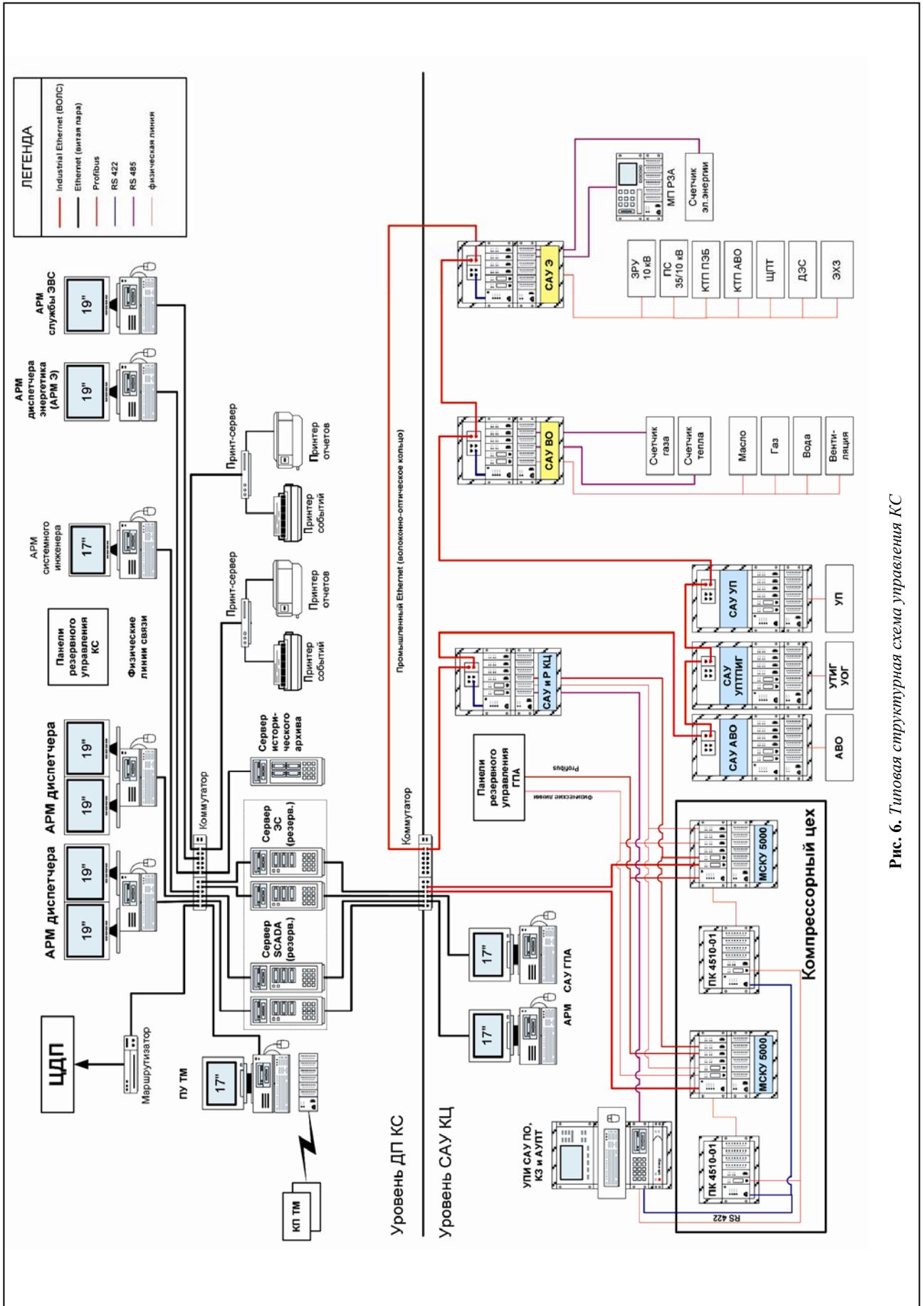


Рис. 6. Типовая структурная схема управления КС

В то же время в ПАО "Газпром" всегда активно использовалась и развивалась идеология развития и интеграции гибридных систем управления технологическим оборудованием и централизованного диспетчерского управления. Действующая ранее многоуровневая система управления соответствовала административным уровням управления ЕСГ: Центральный производственно-диспетчерский департамент (ЦПДД) – газотранспортное предприятие (ГТП) – линейно-производственное управление (ГПУ) – компрессорная станция (КС) – компрессорный цех (КЦ) – системы автоматизированного управления (САУ) агрегатами и вспомогательным оборудованием.

В этой структуре автоматическое управление существовало длительное время только на уровне САУ. С уровня КЦ осуществлялось управление САУ, т. е. задавались режимы работы, включались системы и т. д. Остальные уровни управления участвовали в подготовке и передаче отчетов, формируя поток информации на верхние уровни управления через систему АССПОТИ. С верхних уровней через производственно-диспетчерские службы на уровне непосредственного управления поступал поток данных с производственно-технологическими планами и графиками. Задания формировались в определении режимов работы технологического оборудования, которые диспетчеры на всех уровнях управления поддерживали и направляли отчет на вышестоящий уровень каждые 2 ч, при этом диспетчеры во взаимодействии с соответствующей производственно-диспетчерской службой должны были обеспечивать минимальное отклонение от заданных показателей транспорта газа. Доработанные решения по автоматизации предприятия и концепция управления были приняты и одобрены на основании Заключения государственной отраслевой экспертизы № 51 от 30 ноября 2000 г. по сводному технико-экономическому обоснованию (ТЭО) создания отраслевой системы оперативно-диспетчерского управления (ОСОДУ) [15].

Основной задачей создания ОСОДУ является повышение качества оперативности принятия решений по управлению объектами ЕСГ с помощью:

- предоставления технологической информации в реальном масштабе времени;
- непрерывного диспетчерского контроля технологических процессов газоснабжения;
- дистанционного управления объектами ЕСГ.

Повышение оперативности маневрирования потоками и ресурсами ЕСГ обеспечивалось при этом за счет:

- непрерывного контроля поставок газа, формирования потоков газа по объектам ЕСГ в реальном масштабе времени;
- моделирования системы газоснабжения в реальном масштабе времени;
- оперативного планирования режимов работы ЕСГ по данным реального времени.

Этот этап являлся продолжением программы поэтапного развертывания работ по созданию ОСОДУ России, утвержденной 10.05.1997 г.

ОАО "Газпром" и являющейся пилотным проектом отраслевой интегрированной информационно-управляющей системы (ОИИУС) ОАО "Газпром".

Оперативное диспетчерское управление осуществлялось первоначально на основе телефонного взаимодействия диспетчеров, находящихся на всех уровнях управления, кроме самого нижнего. Системы САУ, АСУТП и информационно-управляющие (АИУС) в настоящее время являются основой управления ЕСГ, предназначенной для специализированного управления производственно-технологическими процессами добычи, транспорта и распределения газотранспортных потоков для исполнения задач газоснабжения промышленных предприятий и населения, обеспечения контрактных обязательств. Все это налагает жесткие требования на обеспечение бизнес-процессов оперативной и достоверной технико-экономической информацией в текущем режиме и прогнозов в длительной перспективе. (Пульт управления режимами ДКС приведен на рис. 7).

С учетом сложившейся ситуации такое развитие возможно только на основе долгосрочных целевых программ технического перевооружения, реконструкции и развития с использованием решений, зарекомендовавших себя в течение длительной эксплуатации в сложных технологических условиях.

Основными целями разработки таких программ являются обеспечение системного и планомерного выполнения работ по техническому перевооружению, реконструкции и развитию систем автоматизации, телемеханизации и противоаварийной защиты технологических объектов ПАО "Газпром", создание в Обществе эффективных интегрированных систем управления и безопасности на базе реализации перспективных системных решений и новых инновационных технологий. Реализация мероприятий позволяет обеспечить в длительной перспективе:

- однородность и эффективность применяемых решений на объектах ЕСГ;
- необходимую надежность и безопасность эксплуатации технологических объектов и производственных комплексов, входящих в ЕСГ;
- снижение рисков возникновения аварийных ситуаций и минимизацию масштабов ущерба экологии при нештатных событиях;

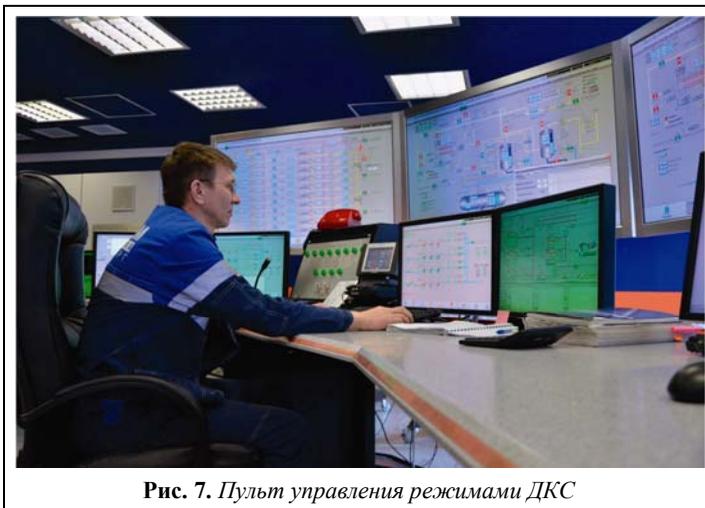


Рис. 7. Пульт управления режимами ДКС

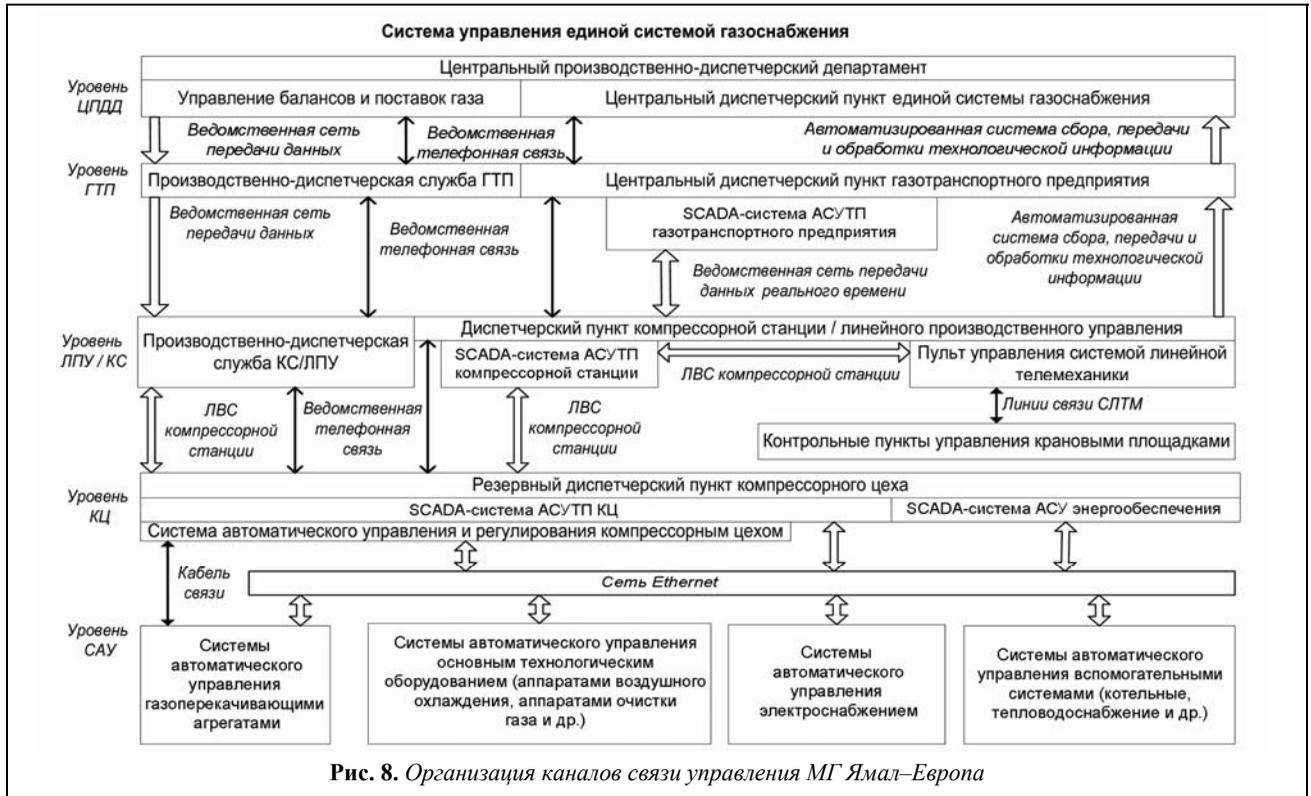


Рис. 8. Организация каналов связи управления МГ Ямал–Европа

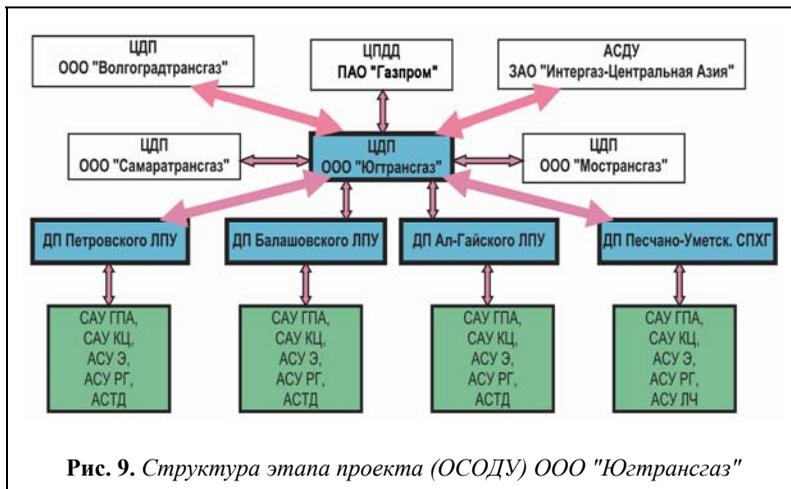


Рис. 9. Структура этапа проекта (ОСОДУ) ООО "Югтрансгаз"

– повышение экономической эффективности управления производственно-технологическими процессами и объектами, в том числе за счет снижения непроизводительных потерь и сокращения эксплуатационных затрат, персонала;

– формирование единого информационного пространства Общества за счет создания гибкой и масштабируемой технологической инфраструктуры, обеспечивающей быструю интеграцию действующих и вновь вводимых САУ, АСУ ТП, АСУ Э и АИУС;

– повышение эффективности инвестиций в комплексную автоматизацию технологических процессов за счет цифровизации и унификации, роботизации как отдельных элементов, так и целых объектов на основе малолюдных технологий и роботизированных комплексов в видимой перспективе.

Мероприятия по техническому перевооружению, реконструкции и развитию АСУ ТП разрабатываются на основе:

- оценки текущего состояния АСУ производственно-технологического комплекса, обеспечения транспортных потоков в зоне ответственности Обществ;
- стратегических целей развития ПАО "Газпром" в длительной перспективе;
- Стратегии информатизации ПАО "Газпром";
- Комплексной целевой программы развития единого информационного пространства Группы Газпром на 2018–2022 гг. (КЦП ЕИП);

– Генеральной схемы развития газовой отрасли до 2030 г.;

- предложений дочерних Обществ по включению мероприятий в программу;
- анализа смежных Программ ПАО "Газпром" по видам деятельности.

Реализуемые в рамках Программ мероприятия предусматривают применение инновационных решений, основанных на современных информационных технологиях, обеспечивают распределение и взаимную увязку задач по вертикали и горизонтали между системами и подсистемами, функциональную наполненность объектов ПАО "Газпром". В связи с необходимостью учета сложных причинно-следственных факторов при разработке количественных показателей эффективности и методик оценки рисков для проверки эффективности бизнес-процессов дочерних

Обществ и организаций Общества по видам деятельности необходимо проведение работ по созданию и сопровождению современной нормативно-технической базы.

Описанная территориальная структура диспетчерского управления постоянно совершенствовалась и модернизировалась. Указанная модернизация в основном шла по двум направлениям: внедрение АСУТП, САУ с процессорной (цифровой) автоматикой вместо САУ с релейной автоматикой и внедрение SCADA-систем на уровнях управления компрессорным цехом и компрессорной станцией.

SCADA-системы на основе человеко-машинного интерфейса и находящиеся на разных уровнях управления взаимодействовали с помощью цифровых каналов, организованных в ведомственной сети передачи данных. Внедрение SCADA-систем существенно изменяло и расширяло функции, реализуемые на уровнях управления, снижая влияние человеческого фактора на процесс управления и делая процесс принятия диспетчерского решения существенно более объективным. В то же время SCADA-системы, обладая большим набором возможностей по реализации функций сбора, обработки и визуализации технологической информации, имели ограниченный телекоммуникационный ресурс для передачи данных в SCADA-системе и между уровнями управления.

Как уже указывалось, реализованной мировой тенденцией в это время явилось групповое регулирование нескольких установок, находящихся в единой технологической цепочке. Идея регулирования связана с распределением нагрузок (производственного плана) между установками при одновременной оптимизации затрат по определенному ресурсу и является необходимым элементом перехода к роботизированным комплексам. На основе анализа лучших мировых практик, появившихся новых возможностей по автоматизации функций диспетчерского управления, при построении систем управления МГ Ямал–Европа как объекта в зоне ответственности газотранспортного предприятия была предложена новая структурная схема диспетчерского управления экспортным участком МГ.

Система управления газопроводом Ямал–Европа обеспечивает возможность управления и передачи ответственности за управление на пяти уровнях ответственности: ЦПДУ ЕСГ ПАО "Газпром" – Центральный диспетчерский пункт ОАО "Белтрансгаз" – диспетчерские пункты ДП КС/ЛПУ (5 пунктов) – посты управления АСУТП КЦ МГ Ямал–Европа – САУ основного и вспомогательного оборудования [7, 8].

Организация каналов связи управления МГ Ямал–Европа представлена на рис. 8 (по состоянию на 1999 г.).

В пределах Общества глобально задача управления сводится к разграничению сфер влияния и границ взаимодействия (ответственности) подразделений для обеспечения оперативного регулирования с существующих уровней управления ПАО "Газпром". Многоуровневый иерархический комплекс контроля и управления строится на принципах системы реального времени и обеспечивает: распределение функций оперативного планирования и управления по уров-

ням. ОСОДУ является частью общеотраслевой интегрированной информационно-управляющей системы (ОИИУС), которая охватывает все сферы деятельности соответствующих подразделений ПАО "Газпром".

Автоматизированная система диспетчерского управления (АСДУ) ЕСГ России предоставляет диспетчерскому персоналу ЦПДУ оперативную и режимную информацию (суточные и оперативные балансы газа по предприятиям, данные о технологических режимах газотранспортных систем, объемы экспорта, показатели качества и т. д.). В нештатной ситуации персонал ЦПДУ при поддержке АСДУ ЕСГ разрабатывает решения по изменению потоков газа и режимов работы газотранспортных систем, минимизирующие нарушения контрактных ограничений, и передает их в виде команд управления в ЦДП предприятий, на которых произошла нештатная ситуация, и в ЦДП предприятий смежных участков газотранспортной системы.

Управление такого вертикально интегрированного производства, являющегося частью единой системы ОСОДУ Общества, предполагает централизацию управления и наличие единого процесса проектирования, строительства, эксплуатации. Накопленный опыт позволил ОАО "Газавтоматика" перейти в 2004 г. к типовому проектированию ОСОДУ Обществ, а в 2007 г. приступить к реализации типовых проектов ОСОДУ. Проектные решения были отредактированы в 2007–2008 гг. согласно Стратегии информатизации и ограничены в дальнейшем объемом АСУТП, не затрагивая задач реализации производственно-хозяйственной деятельности предприятия.

На рис. 9 схематично приведен этап проекта ООО "Югтрансгаз", охватывающий 5 объектов газотранспортного предприятия, включая подсистемы цехового уровня, и постоянный информационный обмен со смежными (граничными) предприятиями.

Направление развития АСУТП предприятий формируется на основе требований производства и общих тенденций развития информационных технологий. Современный уровень развития информационных систем предоставил предприятиям новые возможности оптимизации бизнес-процессов, что в свою очередь требует еще большего проникновения автоматизации в управление технологией производства и интеграции всех АСУТП и ИАСУ предприятий в единую систему на основе автоматического (роботизированного) управления удаленными или опасными производственными объектами, обеспечения применения элементов искусственного интеллекта в производстве и широкого применения оптоволоконных, беспроводных и космических каналов связи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Системы автоматического управления и регулирования фирмы Compressor Controls Corporation / Б.В. Будзуляк, А.М. Бойко, А.З. Шайхутдинов [и др.] // Газовая пром-сть. – 2002. – № 3. – С. 31–35.
2. Киреев А.Ю., Столяров В.Е. Диспетчерское управление в задачах АСУТП // Автоматизация. – Минск, 2003. – № 6. – С. 14–16.

3. *Контракт ЯМАЛ–ЕВРОПА: Номер 97/147. Концепция обособления подсистемы СРКС: Номер 156300-HWDD-98-403-19785.*
4. *Автоматизация объектов ГП "Белтрансгаз" / Р.Я. Берман, А.В. Покутний, Ю.Б. Борисов, В.Е. Столяров // Мир компьютерной автоматизации. – 2001. – № 3. – С. 74–80.*
5. *АСУ технологическими процессами КС Несвиж / А.М. Бойко, М.А. Балавин, И.П. Рутковский, В.Е. Столяров // Газовая пром-сть. – 2001. – № 4. – С. 26–30.*
6. *Опыт комплексной автоматизации объектов МГ Ямал–Европа / И.С. Гедранович, А.Е. Наумец, В.Е. Столяров [и др.] // Газовая пром-сть. – 2010. – № 12 (653). – С. 36–40.*
7. *Математические модели и методики обеспечения приемлемых рисков информационно-измерительных и управляющих систем транзитных газопроводов / В.В. Алексеев, С.И. Гавриленко, А.Н. Панов, В.Е. Столяров. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2016. – 159 с.*
8. *Создание отраслевой интегрированной информационно-управляющей системы (ОИИУС) ОАО "Газпром" (1-я очередь). Ч. 4. Сводное (ТЭО). Т. 7. Отраслевая система оперативно-диспетчерского управления (ОСОДУ). Кн. 1А. Общая пояснительная записка. – ДОО "Гипрогазцентр". – Шифр 2962.*
9. *Еремин Н.А., Столяров В.Е. Цифровая система управления экспортным газопроводом с повышенным уровнем надежности // Науч. журн. Российского газового общества. – 2018. – № 2. – С. 3–10.*
10. *Столяров В.Е., Еремин Н.А. Эволюция систем автоматизации газодобычи // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – М.: ОАО "ВНИИОЭНГ", 2018. – № 8. – С. 5–12. – DOI: 10.30713/0132-2222-2018-8-5-12.*
11. *Цифровые газовые скважины: состояние и перспектива / В.Е. Столяров, Н.А. Еремин, Ал.Н. Еремин, И.К. Басниева // Нефтепромысловое дело. – М.: ОАО "ВНИИОЭНГ", 2018. – № 7. – С. 48–55. – DOI: 10.30713/0207-2351-2018-7-48-55.*
12. *Столяров В.Е., Еремин Н.А. Оптимизация процессов добычи газа при применении цифровых технологий // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – М.: ОАО "ВНИИОЭНГ", 2018. – № 6. – С. 54–61. – DOI: 10.30713/2413-5011-2018-6-54-61.*
13. *Столяров В.Е., Еремин Н.А. Применение энергонезависимого комплекса телеметрии при разработке и эксплуатации газодобывающих месторождений и хранилищ (ПХГ) // Изв. ТулГУ. Науки о Земле. – 2018. – № 3. – С. 131–149.*
14. *Еремин Н.А. Цифровой двойник в нефтегазовом производстве // Нефть. Газ. Новации. – 2018. – № 12 (217). – С. 14–17.*
15. *Заключение государственной отраслевой экспертизы № 51 от 30 ноября 2000 г. по сводному технико-экономическому обоснованию (ТЭО) создания отраслевой системы оперативно-диспетчерского управления (ОСОДУ).*
16. *ko, A.Z. Shaykhutdinov [i dr.] // Gazovaya prom-st'. – 2002. – № 3. – С. 31–35.*
17. *Kireyev A.Yu., Stolyarov V.E. Dispatcherskoye upravleniye v zadachakh ASUTP // Avtomatizatsiya. – Minsk, 2003. – № 6. – С. 14–16.*
18. *Kontrakt YAMAL–EVROPA: Nomer 97/147. Kontsepsiya oborudovaniya podsistemy SRKS: Nomer 156300-HWDD-98-403-19785.*
19. *Avtomatizatsiya ob'yektov GP "Beltransgaz" / R.Ya. Berman, A.V. Pokutnyy, Yu.B. Borisov, V.E. Stolyarov // Mir komp'yuternoy avtomatizatsii. – 2001. – № 3. – С. 74–80.*
20. *ASU tekhnologicheskimi protsessami KS Nesvizh / A.M. Boyko, M.A. Balavin, I.P. Rutkovskiy, V.E. Stolyarov // Gazovaya prom-st'. – 2001. – № 4. – С. 26–30.*
21. *Opyt kompleksnoy avtomatizatsii ob'yektov MG Yamal–Evropa / I.S. Gedranovich, A.E. Naumets, V.E. Stolyarov [i dr.] // Gazovaya prom-st'. – 2010. – № 12 (653). – С. 36–40.*
22. *Matematicheskiye modeli i metodiki obespecheniya priyemlemykh riskov informatsionno-izmeritel'nykh i upravlyayushchikh sistem tranzitnykh gazoprovodov / V.V. Alekseyev, S.I. Gavrilenko, A.N. Panov, V.E. Stolyarov. – SPb.: Izd-vo SPbGETU "LETI", 2016. – 159 s.*
23. *Sozdaniye otraslevoy integrirovannoy informatsionno-upravlyayushchey sistemy (OIIUS) OAO "Gazprom" (1-ya ochered'). Ch. 4. Svodnoye (TEO). T. 7. Otraselevaya sistema operativno-dispatcherskogo upravleniya (OSODU). Kn. 1A. Obshchaya poyasnitel'naya zapiska. – DОО "Giproga兹tsentr". – Shifr 2962.*
24. *Eremyn N.A., Stolyarov V.E. Tsifrovaya sistema upravleniya eksportnym gazoprovodom s povyshennym urovнем nadezhnosti // Nauch. zhurn. Rossiyskogo gazovogo obshchestva. – 2018. – № 2. – С. 3–10.*
25. *Stolyarov V.E., Eremyn N.A. Evolyutsiya sistem avtomatizatsii gazodobychi // Avtomatizatsiya, telemekhanizatsiya i svyaz v neflyanoy promyshlennosti. – M.: OAO "VNIIOЭNГ", 2018. – № 8. – С. 5–12. – DOI: 10.30713/0132-2222-2018-8-5-12.*
26. *Tsifrovyye gazovyye skvazhiny: sostoyaniye i perspektiva / V.E. Stolyarov, N.A. Eremyn, Al.N. Eremyn, I.K. Basniyeva // Neftepromyslovoye delo. – M.: OAO "VNIIOЭNГ", 2018. – № 7. – С. 48–55. – DOI: 10.30713/0207-2351-2018-7-48-55.*
27. *Stolyarov V.E., Eremyn N.A. Optimizatsiya protsessov dobychi gaza pri primenenii tsifrovyykh tekhnologiy // Geologiya, geofizika i razrabotka neflyanykh i gazovykh mestorozhdeniy. – M.: OAO "VNIIOЭNГ", 2018. – № 6. – С. 54–61. – DOI: 10.30713/2413-5011-2018-6-54-61.*
28. *Stolyarov V.E., Eremyn N.A. Primeneniye energonezavisimogo kompleksa telemetrii pri razrabotke i ekspluatatsii gazodobyvayushchikh mestorozhdeniy i khranilishch (PKhG) // Izv. TulGU. Nauki o Zemle. – 2018. – № 3. – С. 131–149.*
29. *Eremyn N.A. Tsifrovoy dvoynik v neftegazovom proizvodstve // Neft'. Gaz. Novatsii. – 2018. – № 12 (217). – С. 14–17.*
30. *Zaklyucheniye gosudarstvennoy otraslevoy ekspertizy № 51 ot 30 noyabrya 2000 g. po svodnomu tekhniko-ekonomicheskomu obosnovaniyu (TEO) sozdaniya otraslevoy sistemy operativno-dispatcherskogo upravleniya (OSODU).*

LITERATURA

1. *Sistemy avtomaticheskogo upravleniya i regulirovaniya firmy Compressor Controls Corporation / B.V. Budzulyak, A.M. Boy-*

**V.E. Stolyarov**  
e-mail: bes60@rambler.ru

**В.Е. Столяров**  
e-mail: bes60@rambler.ru  
НТС ПАО "Газпром"  
117997, РФ, г. Москва, ул. Наметкина, 16;  
ООО "Энергосертификация"  
117218, РФ, г. Москва, ул. Кржижановского, 15;

PJSC "Gazprom"  
16, Nametkin str., Moscow, 117997, Russian Federation;  
LLC "Energy Certification"  
15, Krzhizhanovskiy str., Moscow, 117218, Russian Federation;

**Н.А. Еремин**  
e-mail: ermn@mail.ru

**N.A. Eremyn**  
e-mail: ermn@mail.ru

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина  
119991, РФ, г. Москва, Ленинский просп., 65;  
ФГБУН "Институт проблем нефти и газа РАН"  
119333, РФ, г. Москва, ул. Губкина, 3

National University of Oil and Gas "Gubkin University"  
65, Leninsky prosp., Moscow, 119991, Russian Federation;  
Oil and Gas Research Institute Russian Academy of Sciences  
3, Gubkin str., Moscow, 119333, Russian Federation

# Центр инновационных компетенций

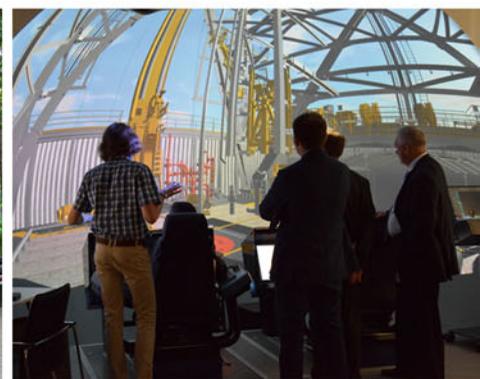
структурное подразделение РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, осуществляющее образовательные услуги в области дополнительного профессионального образования руководителей и специалистов топливно-энергетического комплекса

## Направления обучения:

Поиск и разведка залежей углеводородов  
Бурение нефтяных и газовых скважин  
Добыча углеводородов  
Транспорт и хранение углеводородов  
Переработка углеводородов, нефте-, газохимия  
Проектирование и сооружение объектов нефтегазового комплекса  
Право

Автоматизация технологических процессов  
Информационные и коммуникационные технологии  
Электроэнергетика, теплоэнергетика  
Экология  
Промышленная безопасность и охрана труда  
Экономика и управление  
Логистика, трейдинг, материально-техническое обеспечение

- 30** лет в сфере дополнительного профессионального образования
- 500** квалифицированных преподавателей
- 40** программ профессиональной переподготовки
- 250** программ повышения квалификации
- 4000** руководителей и специалистов проходят обучение ежегодно



119991, г. Москва, Ленинский просп., 63/2

+7 (499) 507-88-00

dpo.gubkin.ru

dpo@gubkin.ru



РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**НЕФТИ и ГАЗА**

(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

**имени И.М. ГУБКИНА**

Базовый вуз нефтегазового комплекса России