



**Сбор, подготовка и  
транспортировка нефти и  
газа. Проектирование,  
строительство,  
эксплуатация - 2017**

Сборник докладов 6-й Международной  
научно-практической конференции  
Сочи, Краснодарский край  
20 – 25 марта 2017 г.

**Краснодар  
2017**



ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо»

**СБОР, ПОДГОТОВКА И ТРАНСПОРТИРОВКА НЕФТИ  
И ГАЗА. ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО,  
ЭКСПЛУАТАЦИЯ – 2017**

Сборник докладов  
6-й Международной научно-практической конференции  
Сочи, Краснодарский край  
20 – 25 марта 2017 г.

Краснодар

2017

УДК 622.691; 622.692; 622.276.8; 622.279.8

ББК 33.361; 33.362

Под редакцией: **В.М. Строганова, Д.М. Пономарева, А.М. Строганова**

**Сбор, подготовка и транспортировка нефти и газа. Проектирование, строительство, эксплуатация - 2017:** Сб. докл. 6-й Международной научно-практической конференции. Сочи, Краснодарский край, 2017 г. / ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо» – Краснодар: ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо», 2017. – 98 с.: ил.

ISBN 978-5-905924-21-7



«Research-and-Production firm «Nitpo», LLC

**GATHERING, PREPARATION AND TRANSPORTATION  
OIL AND GAS. DESIGN, CONSTRUCTION,  
OPERATION – 2017**

The collection of reports  
of the 6<sup>th</sup> International scientific-and-practical conference  
Sochi, Krasnodar region  
20<sup>th</sup> – 25<sup>th</sup> March 2017

Krasnodar

2017

UDK 622.691; 622.692; 622.276.8; 622.279.8

BBK 33.361; 33.362

Editorial Committee: **V.M. Stroganov, D.M. Ponomarev, A.M. Stroganov**

**Gathering, preparation and transportation oil and gas. Design, construction, operation – 2017:**  
The collection of reports of the 6<sup>th</sup> International scientific-and-practical conference. Sochi, Krasnodar region, 2017 / «Research-and-Production firm «Nitpo», LLC, – Krasnodar: «Research-and-Production firm «Nitpo», LLC, 2017. – 98 sheets : fig.

ISBN 978-5-905924-21-7



20-25 марта 2017 / Сочи

ЧЕРНОМОРСКИЕ НЕФТЕГАЗОВЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ  
OIL & GAS BLACK SEA CONFERENCES



6-я Международная научно-практическая конференция

**СБОР, ПОДГОТОВКА И ТРАНСПОРТИРОВКА НЕФТИ И ГАЗА.  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО, ЭКСПЛУАТАЦИЯ-2017**



ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА

ОРГАНИЗАТОР



ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ



ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ:

Tel / fax: + 7 (861) 212-85-85 / tel.: + 7 (861) 216-83-63 (-64; -65)

E-mail: oilgasconference@mail.ru / info@oilgasconference.ru

[www.oilgasconference.ru](http://www.oilgasconference.ru)

20-25 March 2017 / Sochi

ЧЕРНОМОРСКИЕ НЕФТЕГАЗОВЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ  
OIL & GAS BLACK SEA CONFERENCES



6<sup>th</sup> International scientific-and-practical conference

GATHERING, PREPARATION AND TRANSPORTATION OIL AND GAS.  
DESIGN, CONSTRUCTION, OPERATION - 2017



OFFICIAL SUPPORT

ORGANIZER



Russian Gas Society



СОЮЗ  
НЕФТЕГАЗОПРОМЫШЛЕННИКОВ  
РОССИИ



Министерство  
промышленности  
и энергетики  
Краснодарского края



ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ  
ПАЛАТА  
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ



ООО «Научно-производственная  
фирма «Нитпо»

INFORMATION SUPPORT



ORGANIZING COMMITTEE

Tel / fax: + 7 (861) 212-85-85 / tel.: +7 (861) 216-83-63 (-64; -65)

E-mail: oilgasconference@mail.ru / info@oilgasconference.ru

www.oilgasconference.ru





ЧЕРНОМОРСКИЕ НЕФТЕГАЗОВЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ  
OIL & GAS BLACK SEA CONFERENCES



ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА



Министерство промышленности и энергетики Краснодарского края



Торгово-промышленная палата Краснодарского края

ОРГАНИЗАТОР



ООО «НПФ «Нитро»

ЧЕРНОМОРСКИЕ НЕФТЕГАЗОВЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ  
OIL & GAS BLACK SEA CONFERENCES



20 - 25  
марта  
Россия, Сочи

6-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
СБОР, ПОДГОТОВКА И ТРАНСПОРТИРОВКА НЕФТИ И ГАЗА.  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО, ЭКСПЛУАТАЦИЯ - 2017





ЧЕРНОМОРСКИЕ НЕФТЕГАЗОВЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ  
OIL & GAS BLACK SEA CONFERENCES



OFFICIAL SUPPORT



ORGANIZER



ЧЕРНОМОРСКИЕ НЕФТЕГАЗОВЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ  
OIL & GAS BLACK SEA CONFERENCES



20 - 25  
March  
Sochi, Russia

6<sup>th</sup> INTERNATIONAL SCIENTIFIC-AND-PRACTICAL CONFERENCE  
GATHERING, PREPARATION AND TRANSPORTATION OIL AND GAS.  
DESIGN, CONSTRUCTION, OPERATION – 2017



<b>СО Д Е Р Ж А Н И Е</b>	<b>стр.</b>
<b>МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ СБОРА, ПОДГОТОВКИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ УГЛЕВОДОРОДОВ: МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ В СОЧИ</b> Научно-технический журнал «Нефть.Газ.Новации» № 5, 2017	12
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТА ПРИРОДНОГО ГАЗА В РЕЖИМЕ ОНЛАЙН. ПРОГРАММНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС «ВОЛНА»</b> Макс.Г. Анучин, Мих.Г. Анучин, А.А. Анфалов, А.А. Архипов, В.В. Волосов, А.Н. Кузнецов, Л.Н. Шабанова (ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ имени академ. Е.И. Забабахина»)	21
<b>БЕЗАМБАРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА С ПРИМЕНЕНИЕМ ИННОВАЦИОННОГО УСТРОЙСТВА ПЕРЕКРЫТИЯ</b> В.К. Тянь, Н.И. Иванова, И.А. Федотова (ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»)	34
<b>ПРИМЕНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ КРОССОТРАСЛЕВЫХ РЕШЕНИЙ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА</b> П.В. Коробейников (ООО «ЭКРА-ТЭК»)	36
<b>КОМБАЙН ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ НАКОПИТЕЛЕЙ НЕФТЕШЛАМОВ С ПОМОЩЬЮ АЭРОБНЫХ И АНАЭРОБНЫХ БАКТЕРИЙ</b> А.В. Бунякин, М.Г. Приходько, Г.Г. Попова, М.А. Яценко (Институт нефти, газа и энергетики, ФГБОУ ВО «КубГТУ»)	45
<b>ТРУБНАЯ ПРОДУКЦИЯ ПАО «ТМК» ДЛЯ ОБУСТРОЙСТВА НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ</b> А.П. Медведев, А.И. Голованов, А.Ю. Гозенко (ПАО «ТМК»)	50
<b>ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ В НЕФТЯНЫХ КОМПАНИЯХ</b> А.С. Волков (ООО «Нанотехнологический центр композитов»)	58
<b>РОССИЙСКИЕ МАГИСТРАЛЬНЫЕ НЕФТЯНЫЕ НАСОСЫ – ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ</b> С.Г. Валюхов, С.В. Ярославцев (ОАО «Турбонасос»)	63
<b>КАБЕЛИ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ</b> Л.В. Тарасова (ООО «Донкабель»)	71
<b>ОЧИСТКА ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА ОТ H<sub>2</sub>S И ПОДГОТОВКА ВЫСОКОМЕРКАПТАНИСТЫХ ГАЗОКОНДЕНСАТОВ К ТРАНСПОРТИРОВКЕ</b> А.Г. Ахмадуллина, Р.М. Ахмадуллин, Л.Ш. Хамидуллина (ИП Ахмадуллина А.Г.; НТЦ «AhmadullinS – Наука и Технологии»)	74
<b>РАСЧЕТ И ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕПЛООВОГО НАСОСА В КОМБИНАЦИИ С БИНАРНОЙ ЭНЕРГОУСТАНОВКОЙ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТРАБОТАВШИХ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН В КАЧЕСТВЕ ТЕПЛООВОГО КОЛЛЕКТОРА</b> М.Г. Приходько, А.В. Бунякин, П.С. Кунина (Институт нефти, газа и энергетики, ФГБОУ ВО «КубГТУ»)	81

<b>ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПЕРЕРАБОТКИ ПОСТОЯННО МЕНЯЮЩЕГОСЯ СОСТАВА НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ</b> А.А. Асатрян (ООО «РН-Туапсинский НПЗ»)	89
---	----



<b>C O N T E N T S</b>	<b>р.</b>
<p><b><i>Modernization of Systems Hydrocarbons Gathering, Preparation and Transportation: the International Conference in Sochi</i></b>  <i>Scientific and technical journal «Nefte.Gaz.Novatsii», № 5, 2017</i></p>	12
<p><b><i>Modelling of Natural Gas Transport Online. Program-Computer System «Volna»</i></b>  <i>Max.G. Anuchin, Mikh.G. Anuchin, A.A. Anfalov, A.A. Arkhipov, V.V. Volosov, A.N. Kuznetsov, L.N. Shabanova (FSUE «RFNC-VNIITF»)</i></p>	21
<p><b><i>Sumplless Technology of Repair of the Trunk Pipeline Using the Innovative Device of Overlapping</i></b>  <i>V.K. Tyan, N.I. Ivanova, I.A. Fedotova (FGBOU VO «Samara State Technical University»)</i></p>	34
<p><b><i>Application of Effective Cross-Sectoral Solutions of Automation of Objects of the Fuel and Energy Complex</i></b>  <i>P.V. Korobeynikov (OOO «EKRA-TEK»)</i></p>	36
<p><b><i>The Combine for Cleaning of Natural Stores of Oil Slimes by Means of Aerobic and Anaerobic Bacteria</i></b>  <i>A.V. Bunyakin, M.G. Prikhodko, G.G. Popova, M.A. Yatsenko (Institute of oil, gas and power, FGBOU VO «KubSTU»)</i></p>	45
<p><b><i>Pipe Production of PAO «TMK» for Arrangement of Oil and Gas Fields</i></b>  <i>A.P. Medvedev, A.I. Golovanov, A.Yu. Gozenko (PAO «TMK»)</i></p>	50
<p><b><i>Use of Composite Pipelines in the Oil Companies</i></b>  <i>A.S. Volkov (OOO «Nanotechnological Center of Composites»)</i></p>	58
<p><b><i>The Russian Trunk Oil Pumps – Import Substitution</i></b>  <i>S.G. Valyukhov, S.V. Yaroslavtsev (OAO «Turbonasos»)</i></p>	63
<p><b><i>Cables for the Oil and Gas Industry</i></b>  <i>L.V. Tarasova (OOO «Donkabel»)</i></p>	71
<p><b><i>Purification of Associated Petroleum Gas of H<sub>2</sub>S and Preparation of High-Mercaptan Gas-Condensates for Transportation</i></b>  <i>A.G. Akhmadullina, R.M. Akhmadullin, L.Sh. Hamidullina (IP Akhmadullina A.G.; R&amp;D Center «AhmadullinS - Science &amp; Technology»)</i></p>	74
<p><b><i>Calculation and Optimization of the Thermal Pump in the Combination with the Binary Power Station for Use of the Fulfilled Oil and Gas Wells as the Thermal Collector</i></b>  <i>M.G. Prikhodko, A.V. Bunyakin, P.S. Kunina (Institute of oil, gas and power, FGBOU VO «KubSTU»)</i></p>	81
<p><b><i>Proposed Ways to Solve the Problem of Improving the Quality of Processing of the Permanently Changing Composition of Oil Raw Materials</i></b>  <i>A.A. Asatryan (OOO «RN-Tuapse Refinery»)</i></p>	89



# МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ СБОРА, ПОДГОТОВКИ И ТРАНСПОРТА УГЛЕВОДОРОДОВ:

международная конференция в Сочи



## ЧЕРНОМОРСКИЕ НЕФТЕГАЗОВЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ OIL & GAS BLACK SEA CONFERENCES



В третьей декаде марта 2017 года в Сочи состоялась 6-я Международная научно-практическая конференция «Сбор, подготовка и транспортировка нефти и газа. Проектирование, строительство, эксплуатация». Этот форум ежегодно проходит под эгидой масштабного проекта «Черноморские нефтегазовые конференции». В чем отличие этой встречи от предыдущих и чем сочинская конференция, посвященная проблемам сбора, подготовки и транспортировки углеводородов, отличается от других российских нефтегазовых форумов этой тематики?

### Зона комфортного делового общения

Шестая конференция продолжила традицию работы с востребованной специализированной проблематикой, заложенную организатором данного проекта ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо» еще в 2012 году. Особенность сочинской встречи – в ориентации на оптимальную масштабность. Дело в том, что форумы-гиганты, проходящие, например, в Москве, Санкт-Петербурге, Казани, при всей их представительности и амбициозности имеют свои недостатки. Сжатые сроки проведения таких мероприятий и огромный массив информации не всегда позволяют их участникам быстро сориентироваться, завязать нужные деловые контакты, подробно обсудить возможности сотрудничества, адекватно оценить потенциал





6-я Международная научно-практическая конференция  
«Сбор, подготовка и транспортировка нефти и газа. Проектирование, строительство, эксплуатация – 2017»,  
20–25 марта, г. Сочи

предлагаемых технологий и разработок, извлечь максимальную пользу от встреч. Век скоростей и глобальных проектов приводит к истощению сил, потере активности и внимания. Эксперты в области бизнес-коммуникаций отмечают важность выбора места проведения массовых деловых встреч и умения сочетать интенсивные переговоры с общением в непринужденной обстановке. Цель деловых переговоров – эффективное решение определенных задач, поэтому обстановка встречи должна быть максимально комфортной, располагающей, настраивающей на плодотворный, конструктивный лад. Конференция по сбору, подготовке и транспортировке углеводородов, проходящая в уютном курортном городе Сочи, полностью отвечает требованиям создания оптимальных условий для успешного делового общения, практически идеально соблюдая баланс между тематически насыщенными рабочими сессиями и встречами свободного формата.

Предмет обсуждения конференции удачно совмещает четкую тематическую направленность, близкую и понятную профессионалам различных организаций, с широким диапазоном проблем, рассматриваемых внутри заданной темы модернизации систем сбора, подготовки и транспортировки нефтегазовой продукции. В объ-

ективе форума – не только вопросы проектирования, строительства, обслуживания, ремонта и охраны трубопроводов, но и инновационные технологии мониторинга технического состояния трубопроводных систем; автоматизация инфраструктур, КИПиА, IT-технологии; борьба с коррозией, электрохимзащита, предупреждение и ликвидация АСПО; обеспечение промышленной, пожарной и экологической безопасности, ЛАРН; проблемы в сфере кадровой политики нефтегазовой отрасли и многое другое. Тематика этого мероприятия ежегодно привлекает внимание ведущих нефтегазовых предприятий страны, научно-исследовательских и проектных институтов, профильных вузов, предприятий, производящих продукцию для работ в сфере сбора, подготовки и транспортировки углеводородов.

#### Триединство сочинской встречи

Преимуществом сочинского форума по сбору, подготовке и транспортировке углеводородов является, по мнению его участников, вовлечение в работу представителей взаимосвязанного цикла «образование – наука – производство», своего рода триединства. Например, на форуме выступили с докладами специалисты таких авторитетных профильных вузов, как РГУ (НО)



международный форум



**МНЕНИЯ  
УЧАСТНИКОВ**

нефти и газа имени И.М. Губкина, СамГТУ и КубГТУ. Результаты исследований и новые разработки были представлены сотрудниками значимых отраслевых научно-исследовательских объединений: ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академика Е.И. Забабахина», ООО «СамараНИПИнефть», ОАО «СургутНИПИнефть», НТЦ «AhmadullinS – Наука и технологии» и некоторых других. Живой отклик слушателей вызвали доклады специалистов производственного кластера, выпускающего продукцию для сбора, переработки и транспортировки углеводородов. Среди них – ПАО «Трубная металлургическая компания», ПАО «Челябинский трубопрокатный завод», ООО «Нанотехнологический центр композитов», ОАО «Турбонасос», ООО «Донкабель».

Почему взаимосвязь элементов триединства «образование – наука – производство» так важна сегодня? Повышение темпов развития отрасли в определенной степени зависит от оптимизации процессов сбора, подготовки и транспорта углеводородного сырья на основе пока малоизвестных, но перспективных интеллектуальных операций. В наши дни благодаря достижениям IT-отрасли всерьез заговорили о грядущем промышленном перевороте и новой индустриальной революции. Будущее – за использованием таких умных технологий, как облачные платформы, промышленный «Интернет вещей» и т.д. Тема перехода к новым IT-предложениям была затронута в некоторых докладах приглашенных специалистов, о которых пойдет речь ниже. Внедрение технологий будущего уже сейчас требует от работников нефтегазовой отрасли осознания значимости происходящих перемен, специальной подготовки и переподготовки. Интеграция профессионального образования, науки и производства способствует решению проблемных вопросов кадрового обеспечения политики нефтегазовой отрасли, что и обсуждалось в числе прочего на сочинской научно-практической конференции.

**Идеальный трубопровод**

Знакомство с новыми исследованиями и разработками в области промышленного сбора, подготовки и последующей транспортировки нефти и газа стало лейтмотивом программы конференции. В ходе трех рабочих сессий участники встречи обсуждали преимущества представленных технологий, оборудования, трубной продукции, материалов и химреагентов. Базовым материалом для дискуссий 1-й рабочей сессии стали доклады, посвященные не столько процессам сбора

**С.Г. ВАЛЮХОВ**  
ОАО «Турбонасос»  
Генеральный директор,  
генеральный конструктор

– Мы приезжаем на эту конференцию, чтобы, с одной стороны, представить наше предприятие, а с другой – посмотреть, достиг ли кто-то чего-то интересного в нашей области. Чем больше оппонентов, тем выше качество принимаемого решения. Я хотел бы пожелать организаторам сделать в темах конференции больший упор на транспортировку нефти и газа, потому что страна наша большая и транспортные сети – это, может быть, самое главное. Наши нефтепроводы и газопроводы (как и дороги) должны быть такими же идеальными, как дороги в Штатах.

**А.Н. ВОЛОШИН**  
ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз»  
Начальник отдела по учету и поставкам нефти

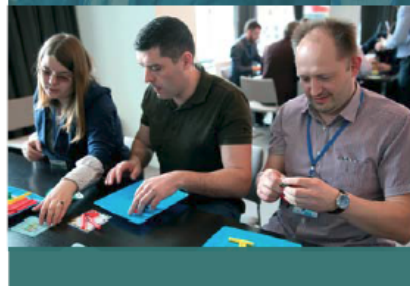
– Я приехал на эту конференцию, чтобы пообщаться с коллегами, обменяться опытом, познакомиться с новыми современными технологиями и оборудованием. К сожалению, в программе не очень много докладов, посвященных непосредственно теме промышленной подготовки нефти, которая для меня наиболее интересна. Хотелось бы в дальнейшем увидеть больше предложений в этой области. В то же время хочу отметить прекрасную организацию конференции, все сделано на высшем уровне, все интересно.

и подготовки скважинных продуктов, сколько проблемам их транспортировки. Протяженность российских нефтегазотранспортных сетей огромна. В этой связи особую значимость приобретает совершенствование трубопроводного транспорта углеводородов, его эксплуатационных характеристик, методов диагностики его состояния. Стремление к созданию идеального трубопровода – центральный тезис выступлений 1-й рабочей сессии сочинской конференции.

Лучшим докладом сессии было признано выступление директора по техническому продажам и сопровождению продукции в РФ ПАО «ТМК» А.П. Медведева на тему «Нефтегазопроводные трубы с повышенной эксплуатационной надежностью ПАО «ТМК». Концептуальный инжиниринг по подбору материалов». ПАО «ТМК» представил результаты лабораторных испытаний коррозионной стойкости трубных сталей, а также промышленных испытаний образцов-свидетелей и полноразмерных образцов трубных сталей в эксплуатационных условиях нефтяных компаний. Докладчик представил аудитории различные виды бесшовных и сварных труб, в том числе коррозионностойкие, хладостойкие, сероводородостойкие, трубы с наружным и внутренним антикоррозионным покрытием, обеспечивающие повышение эксплуатационной надежности трубных систем.

Внимание слушателей привлекли также другие доклады, посвященные совершенствованию трубопроводного транспорта. Например, руководитель направления промышленных трубопроводов ООО «Нанотехнологический центр композитов» А.С. Волков в своем докладе «Перспективы применения композитных труб при транспортировке нефти» рассказал об использовании стойких к агрессивным средам композитных материалов для транспортировки высоковязких нефтяных эмульсий, отметив, что изделия из них отличаются легкостью, простотой и скоростью монтажа. Применение композитных материалов можно считать еще одним шагом на пути к созданию идеального трубопровода. Интерес аудитории вызвало такое свойство данной продукции, как отсутствие «зарастания» смолами и парафинами внутреннего сечения. Докладчик отметил, что в композитных трубах отложение парафинов, асфальтенов и солей на внутренней поверхности в несколько раз ниже по сравнению со стальными, что крайне важно при эксплуатации промышленных трасс. Также в докладе освещались аспекты диагностирования композитных труб.

Стоит особо упомянуть о выступлении ведущего специалиста отдела магистрального оборудования группы компаний ПАО «ЧТПЗ» Д.С. Шиганова, презентовавшего изделия одного из крупнейших отечественных производителей



**МНЕНИЯ  
УЧАСТНИКОВ**



#### **А.А. АСАТЯН**

ООО «РН-Туапсинский НПЗ»

Ведущий инженер технического отдела

– Я впервые участвую в данной конференции. Основная цель – наладить деловые контакты с теми фирмами, представители которых здесь выступают, узнать, что нового они могут предложить, и найти практическое применение этим разработкам на нашем производстве. Меня очень порадовали хорошая организация и достаточно высокий уровень представительства: здесь присутствуют как производственники, так и ученые, занимающиеся отраслевой наукой, профессора. Практически все участники – это специалисты очень высокой квалификации, которые не только задают докладчикам грамотные вопросы, но и нередко предлагают им конкретные решения поставленных проблем.

#### **П.Б. ВОРОБЬЕВ**

ООО «ЭКРА-ТЭК»

Первый заместитель генерального директора,  
коммерческий директор

– Мы часто посещаем различные мероприятия, связанные с нефтегазовой тематикой, и на этой конференции мы уже второй раз, поскольку здесь все хорошо организовано и нам очень нравится ее формат. Он, может быть, не такой масштабный, как у крупных нефтегазовых выставок, но именно поэтому позволяет наиболее продуктивно обменяться опытом с коллегами и поработать над поиском деловых контактов, найти бизнес-партнеров, которые будут вместе с нами реализовывать поставленные компанией цели в области комплексной автоматизации объектов топливно-энергетического комплекса.



▶▶▶ международный форум



**МНЕНИЯ  
УЧАСТНИКОВ**



**В.К. ТЯН**

Самарский государственный  
технический университет (СамГТУ)  
Декан НПФ, заведующий кафедрой  
«Трубопроводный транспорт» СамГТУ

– Организация конференции хорошая, с удовольствием хочу отметить, что здесь я увидел представителей производства, науки и высшей школы, то есть всех компонентов нефтегазового дела в целом. Также меня приятно поразили исследования и разработки, которые были представлены докладчиками.

**С.В. ЯРОСЛАВЦЕВ**

ОАО «Турбонасос»  
Ученый секретарь

– Мы уже в четвертый раз приезжаем на эту очень содержательную с нашей точки зрения конференцию, потому что мы разрабатываем и изготавливаем оборудование как для нефтегазодобывающих компаний, так и для предприятий, занимающихся транспортировкой нефти и газа. Нам интересно представлять свою продукцию, знакомиться с особенностями процесса. К тому же у нас в университете есть кафедра нефтегазового оборудования, на которой мы преподаем, поэтому для нас эта конференция всегда имеет высокий познавательный смысл. Желаем организаторам продолжать в том же духе, от победы к победе.

трубной продукции. Докладчик представил вниманию аудитории возможности соединительных деталей трубопроводов повышенной эксплуатационной надежности, участков теплоизоляции труб и соединительных деталей трубопроводов. Интерес слушателей привлек широкий ассортимент трубопроводной арматуры MSA европейского качества – шаровые краны, шибберные и клиновые задвижки, вентили, клапаны, затворы. Новым направлением деятельности ПАО «ЧТПЗ» является выпуск продукции для ремонта трубопроводов под давлением с применением инновационных технологических решений. В настоящее время идет подготовка к опытно-полигонным испытаниям этой продукции.

В ходе 1-й рабочей сессии также обсуждались новые разработки в области автоматизации объектов нефтегазовой отрасли. С докладом «Современные решения в сфере автоматизации технологических процессов и оперативного диспетчерского управления» выступил генеральный директор ООО «ЭКРА – ТЭК» П.В. Коробейников. Инжиниринговая компания представила программно-технический комплекс «РАДИУС», предназначенный для создания систем оперативного диспетчерского управления и мониторинга технологических процессов сбора, добычи и транспорта нефти и газа. Комплекс работает на общедоступных платформах (Windows, Linux, MacOS). Среди его функций – межуровневый информационный обмен в реальном времени, хранение и обработка данных, отображение состояния и навигации по объектам. Для использования на потенциально опасных производственных объектах компания предложила информационно-вычислительный комплекс «ЭКРАН» с функциями мониторинга технологических процессов и процессов обеспечения функционирования оборудования. Рассматривались также возможности интеграции автоматизированных промышленных систем ПК «СИНАПС».

Возможность обсудить услышанное и задать докладчикам дополнительные вопросы была предоставлена участникам в беседе, посвященной современным проблемам транспорта углеводородов. Курировали это общение декан нефтетехнологического факультета, заведующий кафедрой трубопроводного транспорта Самарского государственного технического университета В.К. Тянь и генеральный директор ООО «НПФ «Нитпо» В.М. Строганов.



### Решение злободневных проблем

В ходе 2-й рабочей сессии поднимались острые вопросы, связанные с эксплуатацией систем сбора, подготовки и транспортировки нефти и газа. Проблема качества транспортируемой нефти был посвящен доклад ведущего инженера ООО «РН-Туапсинский НПЗ» А.А. Асатрян «Обзор основных проблем вовлечения в переработку постоянно меняющегося состава нефтяного сырья». Озвученные трудности, возникающие из-за смешения в нефтепроводах всех сортов нефти, связаны с переработкой смеси нефтей непостоянного качества и необходимостью оперативного регулирования технологического режима. Докладчик предложила пути решения задач, связанных с повышением качества переработки нефтяного сырья постоянно меняющегося состава.

Ключевые задачи предприятий нефтегазового комплекса на ближайшие годы определены, в частности, необходимостью утилизации и переработки попутного нефтяного газа (ПНГ). Отсутствие инфраструктуры для его сбора, подготовки, транспортировки и переработки долгое время было основной причиной нерациональной утилизации ПНГ. Как максимально эффективно и безопасно утилизировать ПНГ? Этой актуальной проблеме был посвящен доклад директора НТЦ «AhmadullinS – Наука и технологии» А.Г. Ахмадуллиной «Очистка углеводородных газов от сероводорода химическим способом без применения высоких температур и давления с образованием безвредной элементной серы в качестве побочного продукта». Предлагаемый способ очистки ПНГ от сероводорода основан на использовании аминовых абсорбентов. Рассматривались также и более эффективные методы очистки ПНГ от сероводорода – абсорбционные, сопровождающиеся окислением поглощенного сероводорода в безвредную элементную серу.

Одной из основных причин уменьшения живого сечения труб и, как следствие, снижения эффективности транспортировки сырья является образование асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО). Часто такие отложения выводят из строя дорогостоящее оборудование, приводят к необходимости трудоемкого капитального ремонта и другим проблемам. Одним из способов диагностики образования отложений поделилась с участниками конференции представитель ООО «СамараНИПИнефть» А.А. Комиссарова. В ее докладе «Моделирование динамики парафиноотложений в системе нефтесбора» применен научный подход к прогнозированию развития образования АСПО во внутрипромысловых трубопроводах.



**МНЕНИЯ  
УЧАСТНИКОВ**



#### А.А. КОМИССАРОВА

ООО «СамараНИПИнефть»  
Инженер отдела № 46 концептуального проектирования и ТЭО инвестиций

– Наша организация часто принимает участие в нефтегазовых конференциях, где занимает активную позицию. В этом году мы приехали сюда послушать других, узнать, что нового нам сегодня может предложить рынок и, естественно, представить свои разработки. Показать, что мы тоже не стоим на месте, что мы активно развиваемся.

Формат конференции очень удачный, интересный. Нам понравилось, что в программе есть и пленарные заседания, и круглые столы, и практические тренинги, где мы можем чему-то научиться, это тоже большой плюс для конференции.

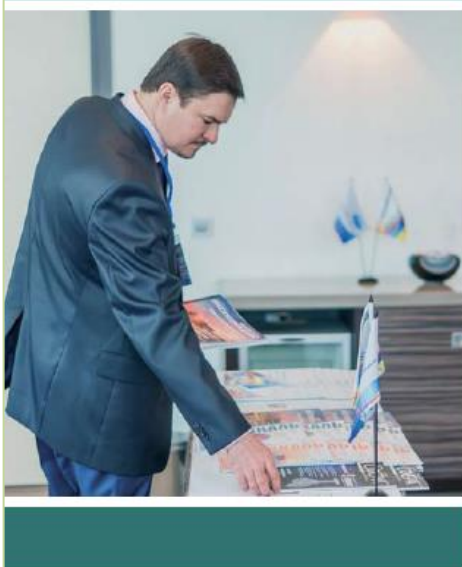
#### Д.С. ШИГАНОВ

ПАО «Челябинский трубопрокатный завод»  
Ведущий специалист отдела магистрального оборудования

– Представители нашей компании постоянно участвуют в различных мероприятиях проекта «Черноморские нефтегазовые конференции», но я на этом форуме и в этом городе впервые, так что для меня тут все новое. Основные цели нашего приезда – рассказать о нашем предприятии, применяемых технологиях производства и выпускаемой продукции, узнать о новинках и возможностях компаний – производителей трубных изделий, таких как ТМК и другие, ну и, конечно, пообщаться с потребителями нашей продукции, узнать их желания и потребности. Хочу поблагодарить сотрудников ООО «НПФ «Нитпо» за отличную организацию конференции, мне все очень понравилось.



▶▶▶ международный форум



**МНЕНИЯ  
УЧАСТНИКОВ**



**М.Г. АНУЧИН**  
ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ»  
им. академ. Е.И. Забабахина  
Ведущий научный сотрудник

– Здесь мы представляем свою новую разработку – модель газотранспортной системы, которая применяется для моделирования магистральных газопроводов с целью поддержки принятия диспетчерских решений по управлению транспортом газа. Мы ее продвигаем и заинтересованы в том, чтобы познакомиться с представителями организаций, которым эта разработка может быть полезна. Так, мы уже ознакомились со стендом нижегородской компании ООО «ЭКРА-ТЭК», занимающейся системами управления транспорта нефти и газа, пообщались с ее руководителями и надеемся на дальнейшее плодотворное сотрудничество.

Спасибо организаторам за прекрасно подготовленную программу форума и помощь в решении вопросов, связанных с нашим приездом на эту конференцию.

**Л.В. ТАРАСОВА**  
ООО «Донкабель»  
Главный технолог

– Мы приехали сюда, чтобы познакомить реального потребителя нашей продукции с тем, что мы умеем, чему мы научились и, конечно, узнать, чего ждет от нас сам потребитель, что именно его волнует, чтобы в дальнейшем постараться следовать этим новым идеям.

Очень нравится предложенный организаторами формат конференции, то, что выступления имеют разный уровень: представлены и научные доклады, и сообщения практиков-производителей, что в работу конференции активно вовлечена молодежь, студенты.

**Сокращение импорта. Что взамен?**

Отдельная группа докладов была посвящена вопросам импортозамещения. Сегодня проблема сокращения поставок импортной продукции для отраслей российской промышленности стала особенно актуальной. Отечественные разработки, не уступающие зарубежным аналогам, все чаще используются и в области сбора, подготовки и транспортировки углеводородного сырья. Результатом импортозамещения должно стать повышение качества и конкурентоспособности отечественной продукции путем развития инноваций и перехода к наукоемким высокотехнологичным процессам. В этой связи особую заинтересованность и полемику в зале вызвал доклад генерального директора, генерального конструктора ОАО «Турбонасос» С.Г. Валюхова «Российские магистральные нефтяные насосы – замещение, импорт». Докладчик представил отечественную продукцию, актуальную при решении задач сбора, подготовки и транспортировки нефти: нефтяные электронасосные агрегаты и газовые эжекторы, шламовые электронасосные агрегаты, автоматизированные модульные многофазные насосные станции, насос-гидроциклонные установки. Продукция предприятия завоевала авторитет не только на отечественном, но и на внешнем рынке, успешно конкурирует с продукцией известных западных фирм.

Последними разработками новой конкурентоспособной продукции поделилась с участниками 2-й рабочей сессии конференции главный технолог ООО «Донкабель» Л.В. Тарасова в докладе «Кабели для нефтегазовой промышленности».

Особый интерес аудитории вызвало выступление ведущего научного сотрудника ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академика Е.И. Забабахина» М.Г. Анучина на тему «Моделирование транспорта природного газа в режиме онлайн. Программно-вычислительный комплекс «Волна». Представленная разработка обладает специальным набором методик: это фильтрация и сглаживание фактических данных, верификация конфигурации газопровода, реконструкция фактических данных, идентификация эмпирических параметров модели. Применение этих алгоритмов позволяет добиться согласия между расчетными и измеряемыми параметрами потока газа, что приводит к эффективному решению задач в области диспетчерского управления сложными газотранспортными системами.

Также в рамках 2-й рабочей сессии поднимался вопрос о качестве подготовки кадров и роли нефтегазовых компаний во взаимодействии



с профильными вузами. Инициатором обсуждения стал декан нефтетехнологического факультета, заведующий кафедрой трубопроводного транспорта ФГБОУ ВО «СамГТУ» В.К. Тяг. В условиях перехода производства к новейшим технологиям, как упоминалось выше, особенно актуальным становится вопрос подготовки и переподготовки кадров. Время предъявляет новые требования к выпускникам высшей профильной школы. Все присутствующие пришли к единому мнению о необходимости более активного участия российских вертикально интегрированных нефтяных компаний в составлении учебных программ и формировании материальной базы вузов, предоставления более широких возможностей для приобретения студентами практических навыков в рамках прохождения производственных практик.

#### Концепция бережливого производства

Все большую актуальность приобретают вопросы повышения эффективности организации производства в нефтегазовой отрасли. Именно эти вопросы стали предметом обсуждения на 3-й рабочей сессии. Заседа-

ние было посвящено знакомству участников с концепцией «бережливого производства» (lean production) – подхода к управлению организацией, основанного на повышении качества продукции при одновременном стремлении к устранению всех видов потерь.

Организаторами был проведен семинар-тренинг на тему «Базовые инструменты бережливого производства для постоянного совершенствования процессов». В ходе семинара участники ознакомились с терминологией и историей возникновения концепции, ее ценностями, философией, принципами и подходами, методами 5S, кайдзен и другими проверенными практиками. С целью лучшего усвоения теоретических основ концепции бережливого производства в рамках семинара были проведены три тура тренинга, позволившие участникам на собственном опыте убедиться в эффективности ее применения. Использование участниками в процессе своей повседневной работы знаний, полученных на семинаре-тренинге, несомненно, будет способствовать снижению потерь и повышению эффективности производства на предприятиях, которые они представляют.







### Результативное сотрудничество

Сочинский форум при его оптимальном темпе встреч в очередной раз оправдал ожидания гостей, приехавших сюда с целью продвижения собственных разработок и технологий, поиска новых деловых контактов. Международная научно-практическая конференция «Сбор, подготовка и транспортировка нефти и газа. Проектирование, строительство, эксплуатация» предоставляет возможность обмена опытом, располагая к конструктивному, углубленному деловому общению. Приглашенные специалисты в очередной раз отметили умелое сочетание регламентированных рабочих заседаний со свободными формами общения, введенными в практику сочинского форума.

В завершение участники конференции высказали свои пожелания на будущее по тематике обсуждаемых на рабочих заседаниях вопросов. В сфере сбора, подготовки и транспортировки углеводородов остается немало острых, злободневных проблем, требующих скорейшего решения. Это, к примеру, ситуация со смеше-

нием нефти разной степени очистки для последующей транспортировки, трудности отслеживания незаконных врезок в трубопровод и т.д. В этом году на конференции доминировало обсуждение проблем транспортировки углеводородного сырья, из-за чего некоторые слушатели сочли недостаточно освещенными вопросы промышленного сбора и подготовки продукции скважин. Возможно, в ходе дальнейших встреч специалистов на ежегодной международной научно-практической конференции в Сочи, посвященной вопросам сбора, подготовки и транспортировки углеводородов, будут учтены эти пожелания, что будет способствовать решению самых злободневных проблем.

*Материалы 6-й Международной научно-практической конференции «Сбор, подготовка и транспортировка нефти и газа. Проектирование, строительство, эксплуатация – 2017», прошедшей 20–25 марта этого года в Сочи, опубликованы в текущем номере журнала «Нефть. Газ. Новации».*



## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТА ПРИРОДНОГО ГАЗА В РЕЖИМЕ ОНЛАЙН. ПРОГРАММНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС «ВОЛНА»

Макс.Г. Анучин, Мих.Г. Анучин, А.А. Анфалов, А.А. Архипов, В.В. Волосов, А.Н. Кузнецов, Л.Н. Шабанова (ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ имени академ. Е.И. Забабахина»)

### *Modelling of Natural Gas Transport Online. Program-Computer System «Volna»*

*Max.G. Anuchin, Mikh.G. Anuchin, A.A. Anfalov, A.A. Arkhipov, V.V. Volosov, A.N. Kuznetsov, L.N. Shabanova (FSUE «RFNC-VNIITF»)*



**Анучин Мих.Г.**

Программный комплекс «Волна» предназначен для эффективного решения задач в области диспетчерского управления сложными газотранспортными системами. В комплексе реализованы физико-математические модели расчета стационарных и нестационарных режимов работы газотранспортной сети путем решения системы уравнений газовой динамики. Газопровод представляется в виде расчетной схемы, состоящей из расчетных элементов, в которых реализованы алгоритмы, моделирующие работу соответствующих реальных объектов. Комплекс предназначен для выполнения следующих расчетов: онлайн расчет в режиме реального времени с использованием данных измерений фактических значений параметров потока газа, прогностический расчет по заданному сценарию управляющих воздействий, плановый расчет для построения планового стационарного режима транспортировки по заданным граничным условиям. Основным типом расчета в газотранспортном обществе является онлайн расчет. Для его адекватности реальному режиму транспортировки необходимо адаптировать физико-математическую модель к объекту моделирования в рамках используемого на предприятии технологического процесса управления. Для этого в составе комплекса реализован специальный набор методик: фильтрация и сглаживание фактических данных, верификация конфигурации газопровода, реконструкция фактических данных, идентификация эмпирических параметров модели. Применение этих алгоритмов позволяет добиться хорошего согласия между расчетными и измеряемыми параметрами потока газа. Комплекс обладает модульной, распределенной клиент-серверной архитектурой, позволяющей выполнить его интеграцию в информационную среду газотранспортного предприятия.

Единая система газоснабжения (ЕСГ) Российской Федерации, принадлежащая компании ПАО «Газпром» – это уникальный по масштабу комплекс предприятий по добыче, транспорту, хранению и поставке природного газа. Управление ЕСГ осуществляет диспетчерская служба ПАО «Газпром», обеспечивающая бесперебойные поставки газа потребителям при безопасном и эффективном функционировании всех компонентов системы. Центральный диспетчерский пункт ЕСГ решает задачи оптимального распределения потоков газа по системе в целом. Принятые решения передаются газотранспортным обществам, на которые организационно разделена сеть магистральных газопроводов страны. В свою очередь, диспетчерские службы газотранспортных обществ осуществляют оперативное управление технологическим процессом транспорта газа по вверенным им газотранспортным системам (ГТС) с учетом заданий, полученных сверху. Основными задачами оперативного диспетчерского управления на уровне газотранспортного общества являются: контроль, прогнозирование, планирование и оптимизация режимов транспорта газа.

В настоящее время для более эффективного решения перечисленных задач в газотранспортных обществах ПАО «Газпром» разрабатываются и внедряются информационно-аналитические системы поддержки принятия диспетчерских решений, включающие системы сбора данных о параметрах технологического процесса, а также программные комплексы моделирования ГТС.

Одним из таких комплексов является многофункциональный программно-вычислительный комплекс «Волна» [1, 2, 3], разработанный ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е.И. Забабахина» совместно с ООО «Газпром трансгаз Ухта».

В данной работе приводится краткое описание комплекса, его назначение и функции; рассматривается технология выполнения онлайн расчетов в режиме реального времени, необходимые для этого методики и алгоритмы; описывается структура комплекса и особенности его программной реализации.

## 1. Назначение комплекса и его функции

Комплекс предназначен для моделирования стационарного и нестационарного транспорта природного газа по многониточным магистралям в масштабе газотранспортного общества; проведения расчетов текущих режимов транспортировки газа в реальном времени; численного прогнозирования процессов по заданному сценарию управляющих воздействий.

Комплекс предназначен для эксплуатации в производственно-диспетчерских службах на уровне линейного производственного управления (ЛПУ), а также на уровне управления газотранспортного общества в целях обеспечения поддержки принятия диспетчерских решений.

Комплекс обеспечивает выполнение следующих основных функций:

- редактирование схемы моделируемого участка газопровода, задание начальных параметров расчетных элементов газопровода;
- подготовка расчета с учетом сценария управляющих воздействий;
- управление расчетом в интерактивном режиме с возможностью пошаговой визуализации и изменения сценария управляющих воздействий;
- подключение к SCADA системе газотранспортного общества и получение в реальном времени данных измерений (фактических данных) о текущем состоянии технологического процесса;
- верификация входных данных, локализация и исправление ошибок;
- расчет параметров потока газа в зависимости от времени и положения вдоль магистрали в элементах газопровода;
- визуализация параметров потока газа на схеме, графиках и таблицах;
- сохранение результатов расчета в архиве с возможностью дальнейшей постобработки;
- поддержка многопользовательского режима работы в рамках архитектуры клиент-сервер.

К дополнительным возможностям комплекса можно отнести:

- расчет движения диагностических и очистных снарядов по газопроводу с учетом рельефа местности и управляющих воздействий диспетчера;
- расчет потерь газа при аварийном разрыве газопровода с учетом управляющих воздействий диспетчера по локализации аварии;
- расчет последствий аварийных ситуаций, связанных с разрывом трубы (размеры опасных зон по различным поражающим факторам);
- расчет показателей энергетической эффективности работы объектов газопровода в части затрат ТЭР на компримирование;
- расчет показателей выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферу при работе газоперекачивающих агрегатов.

Комплекс выполняет следующие основные виды расчетов.

*Онлайн расчет* выполняется в режиме реального времени с использованием текущих фактических данных измерений, поступающих от системы сбора данных (SCADA).

*Прогностический расчет* выполняется по заданному пользователем сценарию управляющих воздействий.

*Плановый расчет* выполняется для построения планового стационарного режима транспортировки по заданным граничным условиям и определения оптимальной схемы загрузки газоперекачивающего оборудования.

В результате каждого расчета определяются давление, температура, плотность, расход и другие параметры потока газа в зависимости от времени и положения вдоль магистрали во всех объектах газопровода.

В данной статье приведены основные методики и алгоритмы, используемые в составе комплекса «Волна» для выполнения онлайн расчетов газотранспортных систем в режиме реального времени, описаны основные принципы программной реализации комплекса.



## 2. Расчетные элементы газопровода

Технологическая схема реального газопровода представляется в физико-математической модели комплекса «Волна» в виде расчетной схемы, состоящей из расчетных элементов. Каждый элемент имеет свои счетные методы, в которых реализованы соответствующая модель и алгоритмы. В процессе расчета происходит последовательное обращение к счетным методам элементов, а также обмен данными между элементами в соответствии с глобальным алгоритмом расчета временного шага системы. Расчетная схема включает объекты газопровода, которые необходимо учитывать в процессе моделирования: труба, узел, соединение, подсистема малых труб, кран-регулятор (КР), газоизмерительная станция (ГИС), межсистемная перемычка (МП), компрессорный цех (КЦ), компрессорная станция (КС), газоперекачивающий агрегат (ГПА), центробежный нагнетатель (ЦБН), газотурбинная установка (ГТУ), электропривод (ЭП), автомат воздушного охлаждения (АВО), пылеуловитель (ПУ) и др.

Из перечисленных расчетных элементов с помощью специального редактора может быть составлена расчетная схема газопровода произвольной сложности.

Элемент «*труба*» предназначен для описания достаточно длинных отрезков труб, например, ниток магистрали, по которым осуществляется транспорт газа. Расчет течения газа по элементу «*труба*» выполняется на основе численного решения полной системы нестационарных уравнений газовой динамики в частных производных с одной пространственной переменной (координатой вдоль трубы). При этом учитывается: трение потока о стенку трубы, теплообмен трубы и грунта, эффект Джоуля-Томсона, термодинамические свойства природного газа, сила тяжести, теплоемкость трубы [1].

Элемент «*узел*» предназначен для описания точки соединения нескольких труб, где происходит слияние или разделение потоков газа. Кроме того, в узле можно задавать граничные условия, моделирующие внешний источник массы газа с подачей газа в систему или отбором газа.

Реализованы два основных типа граничных условий. *Q-условие*, когда в узле задается напрямую источник массы газа  $Q_s$ , а соответствующее ему давление  $P$  в узле рассчитывается. И *P-условие*, когда в узле задается давление, которому соответствует рассчитываемый источник массы газа  $Q_s$ .

В частном случае, если в узле задать *Q-условие* с нулевым заданным источником,  $Q_s = 0$ , то узел является внутренним узлом газотранспортной системы, без задания внешнего источника массы газа.

В узле реализована также возможность моделирования истечения газа в атмосферу, что позволяет описывать аварийные ситуации с разрывом газопровода.

Задание граничных условий в узлах может находиться под управлением других элементов газотранспортной системы, таких как компрессорный цех, кран-регулятор, межсистемная перемычка, газо-измерительная станция и др.

Элемент «*соединение*» предназначен для описания труб, обладающих пренебрежимо малым гидравлическим сопротивлением. Например, соединением является короткий отрезок трубы с краном. При включении соединения (открытии крана) два узла, которые им соединены, объединяются и в дальнейшем работают как единый узел. Соответственно при обратной операции выключения соединения (закрытии крана) происходит возврат к первоначальному состоянию: разделение узла на два независимых.

«*Подсистема малых труб*» состоит из относительно коротких труб с достаточно большим гидравлическим сопротивлением (в отличие от соединений). Для моделирования подсистемы малых труб используется квазистационарное приближение. Считается, что на каждом временном шаге расчета газотранспортной системы в малых трубах успевает установиться стационарное течение. Таким образом, на каждом временном шаге в малой подсистеме рассчитывается стационарный режим течения. В узлах соединения подсистемы малых труб с магистральными трубами выполняется согласованное задание граничных условий.

Введение подсистем малых труб позволяет моделировать мелкие элементы газотранспортной системы, не уменьшая глобальный шаг временной разностной сетки, используемой в расчете основной части газотранспортной системы.

Элемент «*компрессорный цех*» используется для описания компрессорного цеха. Он имеет входной и выходной узел, к которым подключаются магистральные трубы. Предусмотрено два варианта моделирования компрессорного цеха.

В первом варианте прямого моделирования оборудования компрессорного цеха не производится. Параметры газа во входном и выходном узле цеха считаются известными функциями (например, по показаниям датчиков) и задаются в качестве граничных условий магистральных труб. Режимы работы компрессорного цеха определяются типами граничных условий, задаваемых во входном и выходном узле. *PP-режим*: в обоих узлах заданы давления. *QQ-режим*: в обоих узлах заданы источники (расходы). *PQ-режим*: на входе задано давление, на выходе – расход. *QP-режим*: на входе задан расход, на выходе – давление. При расчете выполняется согласование параметров потока газа на входе и выходе.

Во втором варианте выполняется прямое моделирование газоперекачивающего оборудования цеха. При этом учитываются: схема загрузки ГПА, газодинамические характеристики ЦБН и частота вращения роторов. Здесь используются дополнительные расчетные элементы, моделирующие работу ГПА, ЦБН, ГТУ, ЭП, АВО и ПУ. Во втором варианте моделирования компрессорного цеха выполняется итерационное согласование расходов и давлений, определяемых во входном узле и в выходном узле.

Элементы «*кран-регулятор*» и «*газо-измерительная станция*» моделируют работу соответствующих объектов с использованием первого варианта модели компрессорного цеха. Расчет выполняется путем согласования параметров потока газа в узлах на входе и выходе в зависимости от состояния элемента («включен», «выключен», «на проход») и режима работы (*PP*, *PQ*, *QP*, *QQ*).

Элемент «*межсистемная перемычка*» моделирует работу межсистемной перемычки, связывающей газопроводы различных давлений, используемых в газотранспортном обществе. Например, в ООО «Газпром трансгаз Ухта» межсистемные перемычки соединяют входы компрессорных цехов «*системы 75*» (макс. разрешенное давление 75 Ати) с выходами КЦ «*системы 55*» (макс. разрешенное давление 55 Ати).

При проведении онлайн расчета межсистемная перемычка находится в состоянии регулирования входного (режим *PQ*) или выходного (режим *QP*) давления в зависимости от того, какие заданы граничные условия. Давления и температуры на входе или выходе перемычки задаются по фактическим данным.

Такая постановка расчета обеспечивает адекватную оценку потока газа через перемычку, из условия сохранения потока массы газа.

Одновременно на каждом счетном шаге межсистемная перемычка выполняет идентификацию параметров эквивалентной трубы, которая обеспечивала бы ту же величину потока при том же перепаде давления, что и сама перемычка в режиме регулирования.

После перехода от онлайн к прогностическому режиму расчета, расход газа определяется стационарным течением в эквивалентной трубе, которое рассчитывается по давлениям на входе и выходе. При этом выполняется итерационное согласование расхода и давлений, как во втором варианте модели компрессорного цеха.

Узлы и трубы составляют линейные части (ЛЧ) газопровода. Участки линейных частей в процессе моделирования могут быть исключены из расчета, например, при выполнении профилактических работ на магистрали, или могут быть изолированы от магистрали, например, при подготовке участка к пуску.

### **3. Онлайн расчет в режиме реального времени**

Онлайн расчет является основным типом расчета, который используется в газотранспортном обществе и предназначен для контроля текущего состояния газопровода. Результатом расчета является онлайн режим, который может быть использован в качестве начальных данных для выполнения прогностических и плановых расчетов.