

**15**  
стр. Новые технологии  
при проведении испытания  
и гидродинамических  
исследований скважин

**64**  
стр. Перспективное  
скважинное оборудование  
для добычи сланцевой  
нефти баженовской свиты

**102**  
стр. Формирование цифрового  
актива на унифицированную  
подводную фонтанную  
арматуру

## Импеданс Пуассона для определения литологического состава горных пород

стр. 23



# ФОРМИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО АКТИВА НА УНИФИЦИРОВАННУЮ ПОДВОДНУЮ ФОНТАННУЮ АРМАТУРУ

© Коллектив авторов,  
2021

**Д.А. Майоров, В.С. Дряхлов**  
АО «Морнефтегазпроект»

**Электронный адрес:** d.mayorov@mngproject.ru, v.dryahlov@mngproject.ru

Целью исследования является создание модели с интегрированным подходом, позволяющей проводить синтез элементов фонтанной арматуры (ФА), основываясь на данных инженерных изысканий и физико-химических свойств флюида, за счет описания атрибутов каждого элемента.

**Ключевые слова:** фонтанная арматура, подводный добычный комплекс, цифровой актив

DIGITAL ASSET ELABORATION OF UNIFIED SUBSEA X-TREE

**D.A. Mayorov, V.S. Dryakhlov**  
Morneftegazproject, JSC, RF, Moscow

The purpose of research is to propose a model contained integrated approach. It allows realizing synthesis of Christmas tree well (X-Tree) elements through attribute description based on engineering survey and reservoir data.

**Keywords:** christmas tree well, subsea production system, digital asset

<https://doi.org/10.51890/2587-7399-2021-6-1-102-106>

## ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

В данной работе была разработана цифровая модель фонтанной арматуры согласно ISO 15926, в которой каждый элемент системы имеет свои атрибуты (такие как вес, габаритные характеристики, техническое описание, срок начала и конца задействования в проекте) и взаимосвязи с группой идентичных компонентов (для составления единой базы данных

в блок закупок), что позволит обеспечить интеграцию данных в BIM структуре (Building Information Modeling, «Информационное моделирование»). Разработанная модель представлена на **рис. 1**.

Также в данной работе для обеспечения унификации предложена интегрированная система между технологической схемой и 3D-моделью. Такая система необходима для того, чтобы элементы фонтанной арматуры имели связь с каталогом системы, которые будут зависеть от данных инженерных изысканий месторождения, не изменяя при этом свое технологическое назначение.

С опорой на ISO 13628 для обоснования унифицированной модели предложена гидравлическая схема, которая включает в себя группу функциональных компонентов для контроля потока газожидкостной смеси (ГЖС). Гидравлическая схема представлена на **рис. 2**. Функционал предлагаемой модели включает:

- герметизацию устья скважины за счет цанговых муфт;
- регулирование давления в эксплуатационной линии для безопасной транспортировки углеводородов;
- контроль давления линии затрубного пространства для мониторинга состояния теплоизоляции скважины за счет повышения температуры дизельного топлива или для

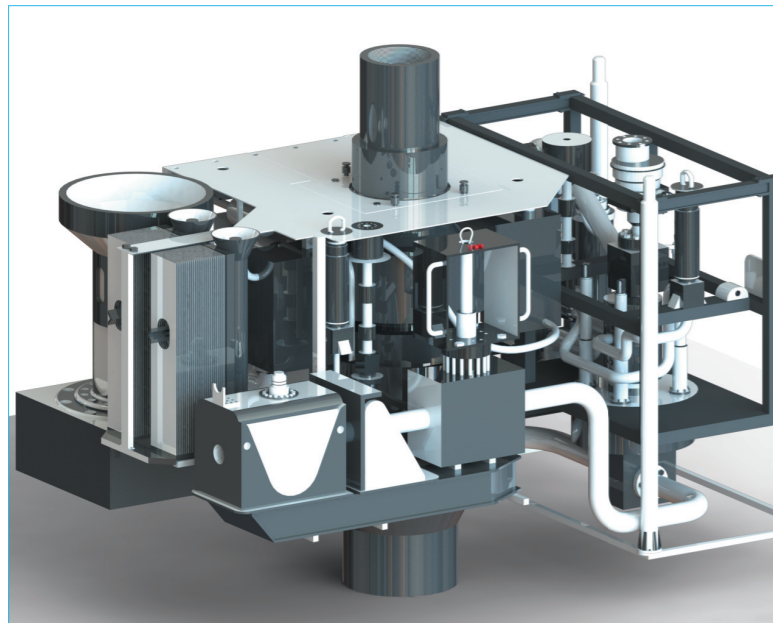


Рис. 1. Цифровая модель ФА

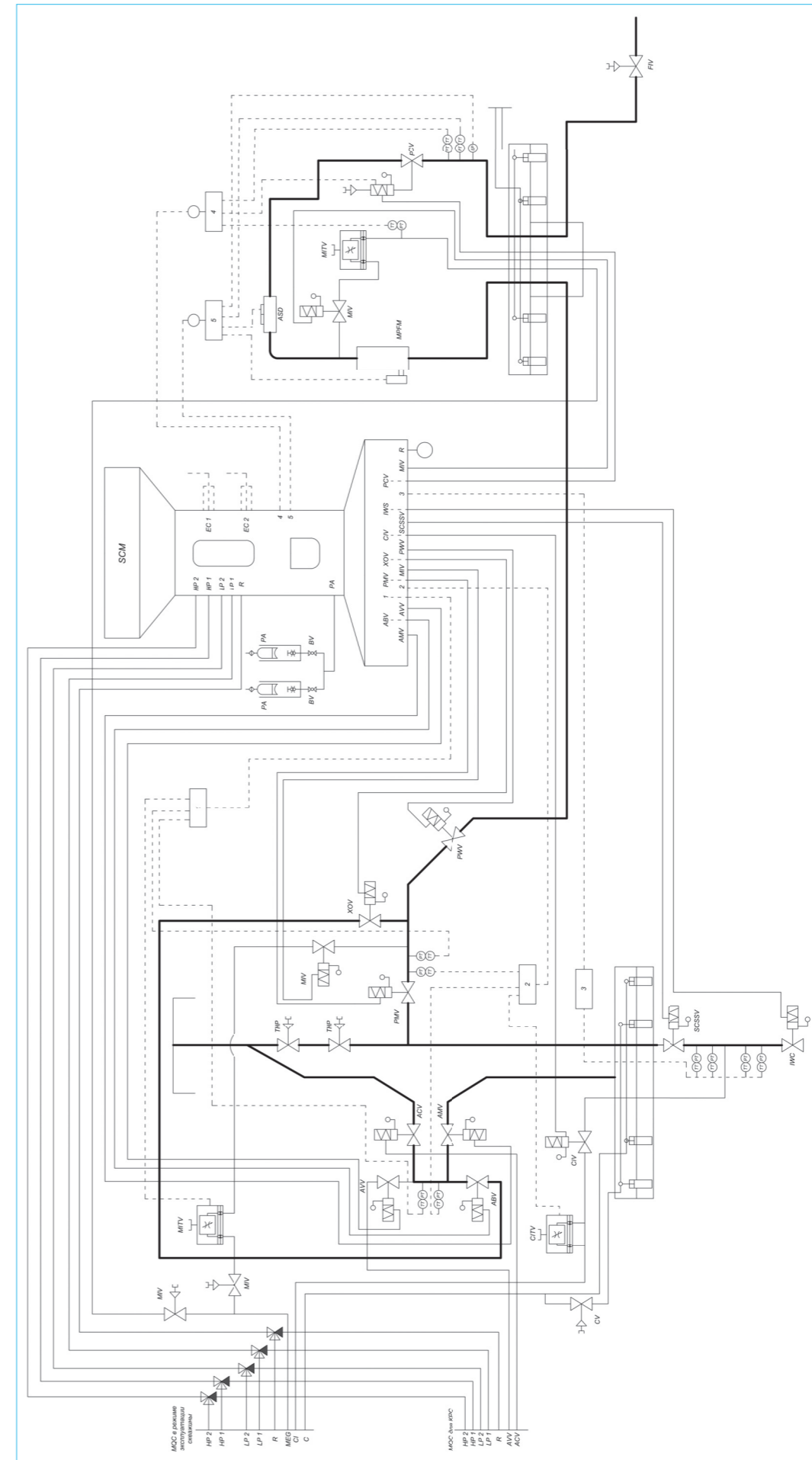


Рис. 2. Предлагаемая гидравлическая схема для интеграции с BIM-системами

**КАЖДЫЙ ЭЛЕМЕНТ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ФОНТАННОЙ АРМАТУРЫ ОБЛАДАЕТ ВСЕМИ НЕОБХОДИМЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ, ЧТО ПОЗВОЛЯЕТ В АВТОМАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ ПОДБИРАТЬ ЭЛЕМЕНТЫ ФА НА ОСНОВЕ КАТАЛОГА БЕЗ НЕОБХОДИМОСТИ ПЕРЕСМОТРА КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ФА.**

- предотвращения образования гидратной пробки в насосно-компрессорной трубе (НКТ);
- нагнетание химических реагентов для предотвращения образования гидратов, парафинов и асфальтенов в выкидной линии;
- многофазный расходомер для учета каждой фракции ГЖС в отдельности;
- датчик эрозии, температуры, давления, а также акустический детектор песка для мониторинга параметров эксплуатации и состояния скважины и внутрискважинного оборудования и обнаружения утечек в случае отклонения от диапазона проектного уровня добычи;
- средства контроля интеллектуальной скважины для интерпретации данных с коллектора;
- подводный модуль управления SCM (Subsea Control Module), который является основным центром управления фонтанной арматуры с берегового комплекса или верхнего строения;
- поршневой гидропневматический аккумулятор для соблюдения предела безопасности в гидравлической системе за счет сглаживания пульсаций потока при аварийном закрытии гидроприводов клапанов.

**ПРИНЦИП РАБОТЫ ПРЕДЛАГАЕМОЙ МОДЕЛИ**

Продукция каждой скважины под действием пластового давления направляется по НКТ

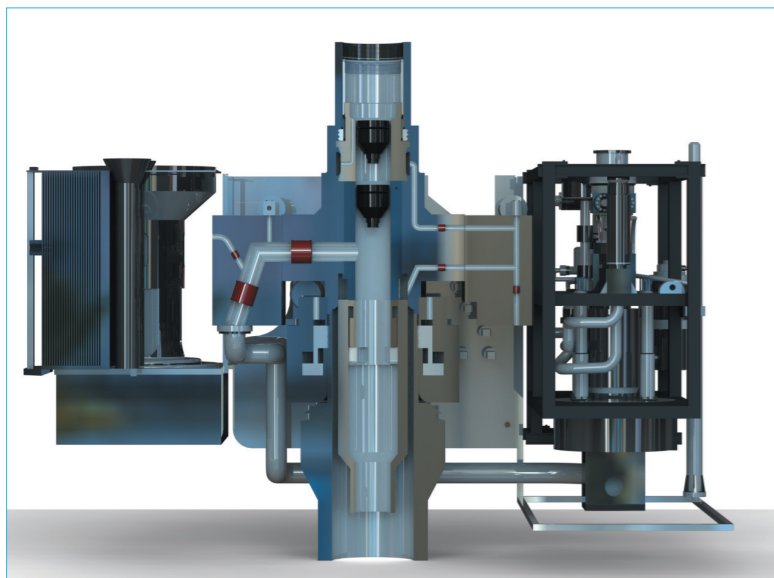


Рис. 3. Разрез ФА

в подводную фонтанную арматуру (ФА), проходит через главную задвижку эксплуатационной линии PMV (Production Master Valve), вторичную задвижку эксплуатационной линии PWV (Production Wing Valve).

Для сброса давления из затрубного пространства в эксплуатационную линию предусмотрена главная задвижка канала затрубного пространства AMV (Annulus Master Valve) и затрубный стравливающий клапан ABV (Annulus Bleed Valve). Контроль давления в затрубном пространстве осуществляется посредством линии для испытания в составе шлангокабеля. Разрез ФА представлен на **рис. 3**.

Все основные задвижки оснащены гидравлическими приводами с линейным переключением. После установки фонтанная арматура обеспечивает возможность прямого доступа в ствол скважины для проведения внутрискважинных работ за счет снятия верхней и нижней канатной пробки, устанавливаемых на тросе, для отсоединения скважины от вертикального отводящего канала.

После этого поток перенаправляется в штуцерный модуль, где располагаются наиболее изнашиваемые элементы ФА, которые в течение срока службы могут потребовать замены. Поэтому штуцерный модуль является съемным, крепление его к фонтанной арматуре происходит через цанговую муфту. Основные компоненты:

- многофазный расходомер, предназначенный для измерения в автоматическом режиме объемного расхода и объема продукции скважин (в том числе по отдельным фазам: газ, жидкость, вода, нефть, конденсат);
  - клапан нагнетания химических реагентов, который дозирует моноэтиленгликоль в эксплуатационную линию для поддержания диаграммы фазового состояния углеводородов на запланированном проектном уровне;
  - акустический детектор песка, который применяется для выявления увеличения выноса песка из пласта и выдает оператору предупреждение для принятия мер по снижению дебита скважины;
  - штуцер с гидравлическим приводом, необходимый для регулирования расхода ГЖС.
- Подводный модуль управления выполняет команды с берега для осуществления следующих основных функций:
- контроль гидроприводов клапанов ФА;
  - контроль состояния электрических датчиков;
  - интерпретация данных датчиков и клапанов на береговую систему управления или технологическую платформу.

На гидравлической схеме, которая представлена на **рис. 2**, можно увидеть, что входными гидравлическими линиями для SCM являются 2 линии высокого давления, 2 линии низкого

давления и 1 линия возврата гидравлической жидкости. Как видно из схемы, к SCM также подключается гидропневматический аккумулятор, который управляется через шаровые краны. Механизм блокировки шарового крана располагается на панели управления и регулируется исключительно только при помощи телеуправляемого подводного аппарата.

После этого происходит распределение гидравлической мощности на приводы клапанов путем подачи электрического сигнала на соленоиды.

Электрические мощности подключаются напрямую к SCM после разделения шлангокабеля в подводный распределительный блок шлангокабеля SDU (Subsea Distribution Unit). Входные электрические линии отображены на схеме как EC1 и EC2.

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ**

На **рис. 4** представлена панель управления предлагаемой модели.

Функционирование ФА осуществляется с помощью быстросъемного соединителя MQC (Multiple Quick Connection). Ряд соединителей MQC в режиме эксплуатации скважины необходимы для нагнетания химических реагентов и оснащения гидравлическими мощностями главных добычных клапанов.

Второй MQC необходим для капитального ремонта скважины, в котором так же, как и в MQC, для эксплуатации подаются гидравлические мощности высокого и низкого давления. Также для капитального ремонта скважины существует доступ в затрубное пространство ФА через клапан сброса давления из затрубного пространства AVV (Annulus Vent Valve) для стравливания избыточного давления.

Для более наглядного примера связи клапанов через панель управления и гидравлический контур на **рис. 5** продемонстрированы приводы клапанов без панели управления.

**ИТОГИ**

Предложенная модель фонтанной арматуры является цифровым объектом с унифицированной гидравлической схемой в прямой зависимости с трехмерной визуализацией фонтанной арматуры и ее элементов. Данный объект подлежит возможной интеграции между структурами, такими как CAD (Computer-aided design, «Средства автоматизированного проектирования для создания трехмерных моделей и чертежей»), CAE (Computer-aided engineering, «Средства автоматизированного проектирования для проведения инженерных расчетов»),

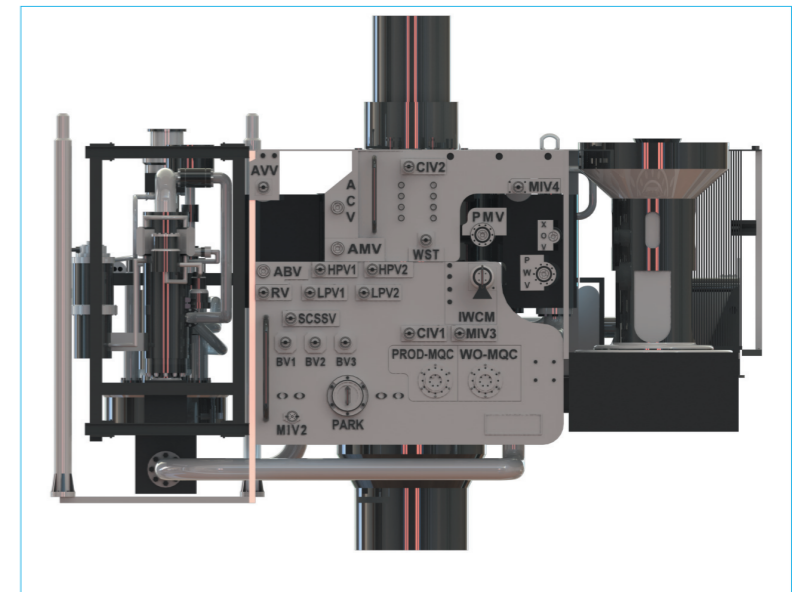


Рис. 4. Вид ФА на панель управления

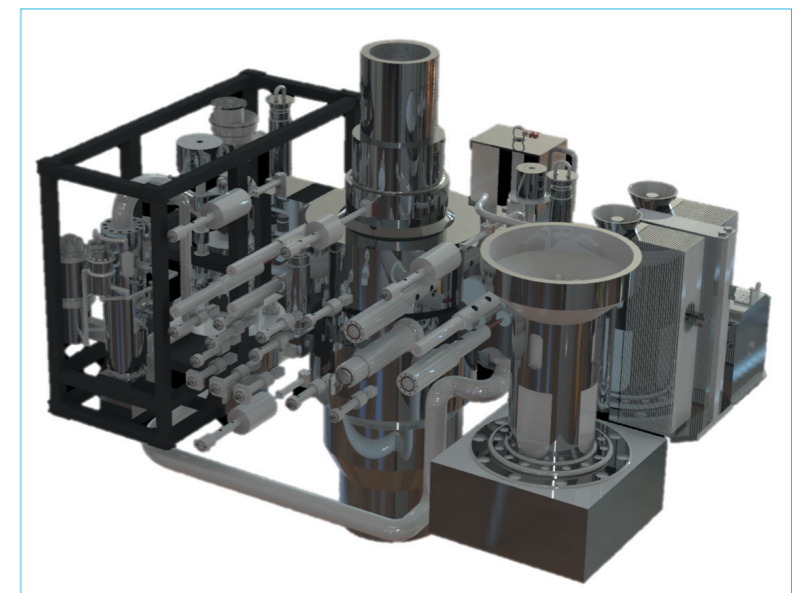


Рис. 5. ФА со снятой панелью управления

CAM (Computer-aided manufacturing, «Средства автоматизированного проектирования для подготовки технологического процесса»), ERP (Enterprise Resource Planning, «Средства автоматизированного проектирования для планирования ресурсов предприятия») и т.д. Модель ориентируется на данные инженерных изысканий района, а также пластовые условия и свойства флюида и позволит в автоматическом режиме подбирать элементы ФА на основе каталога без необходимости пересмотра конструктивных особенностей ФА, так как они имеют прямую зависимость через атрибуты, которые привязываются к возможной вариации исходных данных исходя из уникальности рассматриваемого месторождения.

## ВЫВОДЫ

- Предложен цифровой актив модели с описанием атрибутов элементов подводной фонтанной арматуры.

- Модель может быть использована поставщиками оборудования для уменьшения сроков проектирования подводной фонтанной арматуры.

## Список литературы / References

- ISO 13628-1 Petroleum and natural gas industries – Design and operation of subsea production systems – Part 1: General requirements and recommendations.
- ISO 13628-4 Petroleum and natural gas industries – Design and operation of subsea production systems – Part 4: Subsea wellhead and tree equipment.
- ISO 15926-1 Industrial automation systems and integration – Integration of life-cycle data for process plants including oil and gas production facilities – Part 1: 1. Overview and fundamental principles.

# ТРЕБОВАНИЯ К ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫМ МАТЕРИАЛАМ

ПО ВОПРОСАМ ПРИЕМА СТАТЕЙ

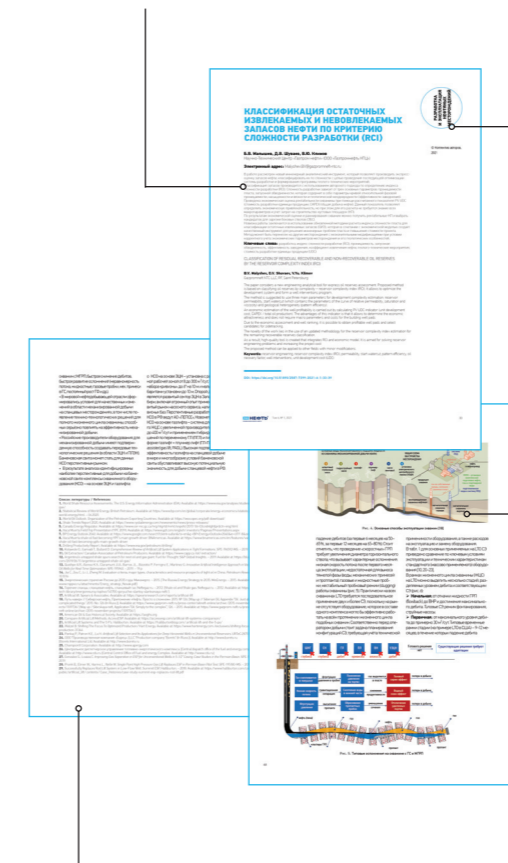
**Эльвира Римовна КЕРИМОВА**, ученый секретарь Научно-Технического Центра «Газпром нефти» (ООО «ГАЗПРОМНЕФТЬ НТЦ»)

Kerimova.ER@gazpromneft-ntc.ru, тел.: +7 (812) 313 6924 доб. 3657

**АВТОРСКИЙ КОЛЛЕКТИВ** должен быть не более шести человек. В сведениях об авторах необходимо указать фамилию, имя, отчество полностью, место работы, занимаемую должность, ученую степень, звание (если есть), рабочий почтовый адрес, рабочий телефон, адрес электронной почты.

### СТАТЬЯ ДОЛЖНА СОДЕРЖАТЬ:

- подробное введение с обоснованием целей, задач и актуальности работы;
  - основную часть с описанием самого исследования;
  - полноценные выводы или выделенное заключение.
- ОБЪЕМ СТАТЬИ** не более 20 страниц, включая рисунки и таблицы (статья выполняется в Word, 14-м шрифтом с полупрозрачным межстрочным интервалом, без элементов верстки, все символы, параметры и др. – выполнены в Word)



**ТАБЛИЦЫ** выполняются в Word, Excel, не рисунком.

**РИСУНКИ** в CorelDRAW (версии 13 и более ранние), PowerPoint. Разрешение рисунков и фотографий в формате jpg, tif должно быть не менее 300 dpi. Рисунки должны быть четкими. Каждый рисунок должен быть снабжен подписью. Все позиции на рисунке должны быть расшифрованы и описаны. Рисунки и таблицы не должны дублировать друг друга. Число рисунков не более 5 (а, б, в считаются как отдельные рисунки).

**ДАННЫЕ.** Все данные необходимо приводить в соответствии с ГОСТ 8.417-2002 «Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин». В случаях, когда применение ГОСТ 8.417-2002 по каким-то причинам невозможно, допускается использование системы единиц измерения СГС.

**ФОРМУЛЫ.** Все входящие в формулу параметры должны быть расшифрованы. Расшифровку достаточно привести 1 раз, когда параметр встречается впервые. Более предпочтительным является использование Списка условных обозначений в конце статьи, тогда расшифровка в самом тексте не нужна. Сложные математические формулы желательно выполнять в формульном редакторе. Простые формулы и параметры в тексте необходимо выполнять в Word.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.** В конце работы, в обязательном порядке, необходимо привести ссылки на все использованные литературные источники. Список литературы должен быть оформлен в соответствии с текущими требованиями к оформлению библиографических записей и ссылок. К статье необходимо приложить аннотацию, тезисы и ключевые слова на русском и английском языках.