

АВТОНОМНЫЙ АКТИВ: КОНЦЕПЦИЯ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

М.И. Кузьмин^{1,*}, И.В. Грехов¹, Р.В. Герасимов¹, А.Ш. Ишкильдин¹, А.Ю. Зацепин²,
Р.Н. Костров², А.А. Мухарямов², Р.С. Иванов², Н.И. Русских²

¹Научно-Технический Центр «Газпром нефти» (ООО «Газпромнефть НТЦ»), РФ, Санкт-Петербург

²ООО «Газпромнефть-ЦР», РФ, Санкт-Петербург

© Коллектив авторов,
2023



Электронный адрес: Kuzmin.MI@gazpromneft-ntc.ru

В статье представлены направления и инструменты для создания концепции автономного актива, а также приведены примеры реализуемых проектов, которые соответствуют основному фокусу исследований на текущем этапе: развитие инфраструктуры индустрии 4.0 и комплексному инжинирингу и типизации решений.

Материалы и методы. В рамках работы был проведен анализ бизнес-потребностей представителей различных типов активов, выявлена заинтересованность в развитии и создании концепции автономного актива, но необходим дифференцированный подход к каждому конкретному активу. Для снятия неопределенностей, повышения автономности объектов при создании концепции автономного актива реализуются цифровые НИОКР-проекты.

Результаты. Была сформирована матрица целевого уровня автономности с учетом типа зрелости актива и доступности инфраструктуры, выделены три направления развития и проанализированы инструменты для создания концепции автономного актива. В качестве примера приведены промежуточные результаты проектов, связанных с развитием индустрии 4.0 и комплексным инжинирингом.

Заключение. Представленные результаты позволяют сделать вывод о наличии инструментов в компании и необходимости комплексного и дифференцированного подхода для создания концепции автономного актива.

Ключевые слова: автономный актив, цифровизация, НИОКР-проекты, индустрия 4.0, комплексный инжиниринг, безлюдный актив, автономизация

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Кузьмин М.И., Грехов И.В., Герасимов Р.В., Ишкильдин А.Ш., Зацепин А.Ю., Костров Р.Н., Мухарямов А.А., Иванов Р.С., Русских Н.И. Автономный актив: концепция и пути решения. ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти. 2023;8(1):129–137. <https://doi.org/10.51890/2587-7399-2023-8-1-129-137>

Статья поступила в редакцию 24.11.2022

Принята к публикации 16.01.2023

Опубликована 31.03.2023

AUTONOMOUS ASSET: CONCEPT AND SOLUTIONS

Maxim I. Kuzmin^{1,*}, Ivan V. Grekhov¹, Rostislav V. Gerasimov¹, Alik Sh. Ishkildin¹,
Artem Yu. Zatsepin², Roman N. Kostrov², Ainur A. Mukharyamov², Roman S. Ivanov²,
Nikita I. Russkikh²

¹Gazpromneft STC LLC, RF, Saint Petersburg

²Gazpromneft DR LLC, RF, Saint Petersburg

E-mail: Kuzmin.MI@gazpromneft-ntc.ru

The article presents directions and tools for creating the concept of an autonomous asset, and gives examples of ongoing projects that correspond to the main focus of research at the current stage: the development of industry 4.0 infrastructure and complex engineering and solution typing.

Materials and methods. The analysis of the business needs of representatives of various types of assets was carried out. The interest in the development and creation of the concept of an autonomous asset has been revealed, but a differentiated approach to each specific asset is needed. Digital R&D projects are being implemented to remove uncertainties and increase the autonomy of objects within the framework of creating the concept of an autonomous asset.

Results. A matrix of the target level of autonomy was formed, taking into account the type of maturity of the asset and the availability of infrastructure, three development directions were identified for creating the concept of an autonomous asset, and tools for creating the concept of an autonomous asset were analyzed. As an example, the interim results of projects related to the development of industry 4.0 and complex engineering are given.

Conclusion. The presented results allow us to conclude that there are tools in the company and the need for an integrated and differentiated approach to create the concept of an autonomous asset.

Keywords: autonomous asset, digitalization, R&D projects, industry 4.0, complex engineering, deserted asset, autonomy

Conflict of interest: the authors declare that there is no conflict of interest.

For citation: Kuzmin M.I., Grekhov I.V., Gerasimov R.V., Ishkildin A.Sh., Zatsepin A.Yu., Kostrov R.N., Mukharyamov A.A., Ivanov R.S., Russkikh N.I. Autonomous asset: concept and solutions. PRONEFT. Professionally about oil. 2023;8(1):129–137. <https://doi.org/10.51890/2587-7399-2023-8-1-129-137>

Manuscript received 24.11.2022

Accepted 16.01.2023

Published 31.03.2023

ВВЕДЕНИЕ

В «Газпром нефти» ведутся работы по созданию концепции автономных активов, которые должны быть реализованы к 2030 году [1]. Процесс развития автономности состоит из цепочки последовательных этапов от общей автоматизации процессов до полной автономизации — независимости от внешних ресурсов и участия персонала в управлении технологическими процессами. На данный момент компания находится на этапе развития цифровизации (рис. 1). Основа цифровизации — создание и внедрение ИТ-продуктов, которые позволяют получать данные о технологических процессах, анализировать их и прогнозировать оптимальные режимы работы для формирования управляющего воздействия на исполнительные механизмы с помощью сотрудника (оператора).

ЭЛЕМЕНТЫ РАЗВИТИЯ АВТОНОМНОСТИ НА ЭТАПЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Датчики нового поколения. При реализации автономных активов необходимо

внимательно относиться к мониторингу состояний технологических процессов. То, что человек увидит, услышит или почувствует на основе опыта работы на активе — автоматизированная система не будет учитывать в своей работе, если не обеспечить дополнительный канал мониторинга и контроля состояний. Мониторинг — один из основных аспектов автономного актива, которому надо уделять особое внимание. Точность анализа напрямую зависит от объема данных по технологическим режимам. Для обеспечения полноты сбора необходимо расширять и развивать датчики нового поколения, работающие в единых протоколах и форматах сбора и передачи данных, например, поточных анализаторов и датчиков, позволяющих осуществлять мониторинг процессов, обычно выполняемый человеком.

Цифровые продукты. Данные, получаемые с датчиков, анализируются с помощью цифровых продуктов и формируют единое представление о динамике изменения режимов работы оборудования и технологических процессов [2]. На текущий момент цифровые продукты являются инструментом в руках человека и помогают управлять процессами, но без человека они не могут принять решения и управлять активом. Для формирования концепции автономного актива требуется создание цифровых инструментов, позволяющих перейти от систем поддержки принятия решений к системам принятия решений, в которых человек только контролирует процесс управления, но не участвует в нем напрямую.

Организационные проекты. Активы в области нефтедобычи и газодобычи являются комплексными объектами, технологически-организационный облик которых формируется не только цифровыми продуктами, датчиками или автоматизированным оборудованием, допускающим удаленное адаптивное управление, но и требованиями существующих документов регламентирующих процессы эксплуатации активов.

При разработке автономных активов следует комплексно рассматривать модель актива со всех сторон (рис. 2): со стороны цифровых продуктов управления, датчиков и оборудования нового поколения, а также действия



Рис. 1. Планируемые этапы и сроки реализации развития автономного актива компании «Газпром нефть» (А.Ю. Зацепин)

Fig. 1. Planned stages and timing of the implementation of development autonomous asset of Gazprom Neft (Artem Yu. Zatsepin)

нормативно-методической документации (НМД) и нормативно-правовых актов (НПА). Понятие «автономности» применительно к активам (месторождениям) может трактоваться по-разному, на текущем этапе сформулировано следующее определение. Автономный актив — это актив, характеризующийся минимальной зависимостью от внешних ресурсов, максимальной эффективностью, надежностью и безопасностью при оптимальном использовании человеческих ресурсов, удаленном мониторинге и адаптивном управлении. Но автономизация активов — это поэтапный процесс, характеризующийся степенью автономности её отдельных элементов (рис. 3). На сегодня

большинство операций на месторождении выполняется в ручном режиме, и только небольшая часть имеет возможность удаленного управления [3], но это лишь начальные этапы на пути к полной автономности. При этом степень автономности локальных производственных процессов (мониторинг, ремонт, обслуживание, эксплуатация) на одном активе может различаться в зависимости от количества и сложности операций. Стоит отметить, что при выборе оптимальной степени автономности актива необходимо учитывать уровень его зрелости. Так, проекты Greenfield и Brownfield будут иметь различную целевую степень автономности, в том числе и по отдельным процессам (рис. 4).



Рис. 2. Комплексный подход к повышению автономности актива (А.Ю. Зацепин)
 Fig. 2. An integrated approach to increasing the autonomy of an asset (Artem Yu. Zatsepin)

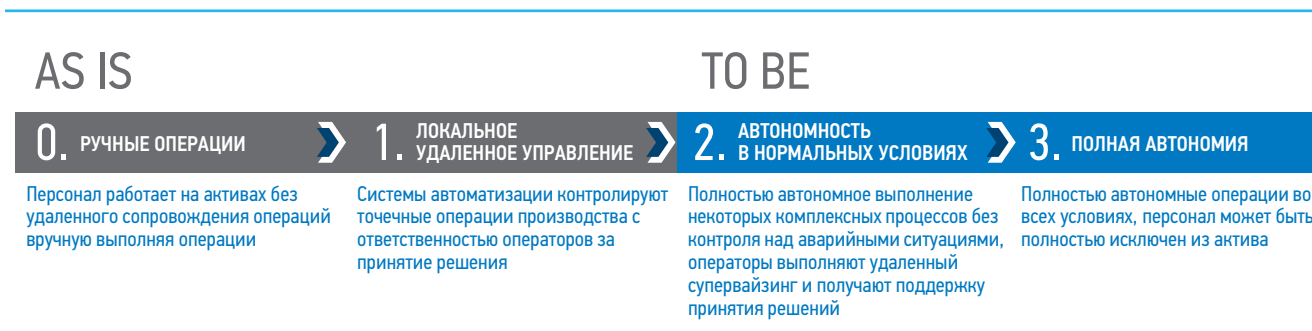


Рис. 3. Степень автономности элемента актива (А.Ю. Зацепин)
 Fig. 3. The degree of autonomy of an asset element (Artem Yu. Zatsepin)

На активах, которые можно отнести к типу Greenfield, еще не реализованы проектные решения в полном объеме и есть возможность внести компоненты, которые формируют комплексную систему, повышающую целевой уровень автономности актива. Для активов типа Brownfield данный подход нецелесообразен в связи с дополнительными затратами на реинжиниринг оборудования и заменой существующей инфраструктуры, для данного типа активов приоритетно пилотирование и внедрение точечных решений, позволяющих увеличить степень автономности отдельных операций или элементов объекта.

Также важную роль в выборе целевого уровня автономности будет играть инфраструктурная доступность актива, ведь именно она определяет желаемую частоту посещения объектов персоналом.

Сегодня не существует устоявшейся концепции автономного актива, но предварительно выделены три направления развития (рис. 5).

1. Развитие инфраструктуры индустрии 4.0.
2. Комплексный инжиниринг и типизация проектных решений.

3. Организационно-управленческие изменения.

Первое направление связано с формированием замкнутого цикла разработки, производства, внедрения и тиражирования инновационного оборудования на активах, раскрытием потенциала цифровых продуктов за счет их локализации и интеграции с оборудованием, а также организацией удаленного мониторинга и локального адаптивного управления. Второе — с комплексным инжинирингом новых активов и обеспечением синергии практик упрощения, модульности и надежности. Третье — с оптимизацией организационной структуры и создания новых кросс-функциональных технических специальностей.

Концепция автономного актива формируется из отдельных элементов в результате поиска и снятия неопределенностей. Очевидно, что для разработки автономного актива требуется внедрение новых решений, которые будут исключать, изменять и добавлять бизнес-процессы. Инструментом создания данных решений являются НИОКР-проекты, ИТ-проекты, цифровые, технические и инжиниринговые проекты.



Рис. 4. Степень автономности элемента актива (А.Ю. Зацепин)
Fig. 4. The degree of autonomy of an asset element (Artem Yu. Zatsepin)



Рис. 5. Три направления развития (А.Ю. Зацепин)
Fig. 5. Three directions of development (Artem Yu. Zatsepin)

ИНСТРУМЕНТЫ СОЗДАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ

НИОКР (научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки) являются инструментом, позволяющим реализовывать инновационные проекты, а уровень готовности (TRL) является вспомогательной моделью для оценки технологий в процесс проведения НИОКР-проектов.

Для определения потенциала автономизации объекта или процесса необходимо инициировать ПНИР (поисковую научно-исследовательскую работу), в которой выделяют элементы объекта/процесса, требующие автономизации, неопределенности по достижению высокой степени автономности и гипотезы, способствующие достижению желаемого уровня автономизации. Затем на этапе НИР (научно-исследовательской работы) требуется рассмотреть существующие технологии, методики и подходы для снятия неопределенности, подтвердить гипотезы о потенциальном достижении целевого уровня автономности элемента объекта/процесса. На этапе ОКР (опытно-конструкторских работ) осуществляется выбор оптимального

подхода и разработка прототипа решения на основе информации, полученной на предыдущем этапе. Для тестирования разработанного решения в реальных или приближенных к реальным условиям проводят ОПИ (опытно-промышленные испытания). С каждым этапом реализации НИОКР-проекта уровень готовности технологии возрастает, а риски снижаются за счет снятия неопределенностей. В случаях, когда отсутствует значительная неопределенность, могут быть использованы:

- цифровые проекты для создания цифровых продуктов по типу ПО;
- ИТ-проекты для создания цифровых продуктов с учетом необходимого оборудования для поддержки;
- технические проекты для разработки и апробации оборудования и технических решений;
- инженеринговые проекты, позволяющие разработать решение от этапа концептуального проектирования до этапа внедрения.

Данные инструменты позволяют развиваться компании в соответствии со стратегией до 2030 года.

ПРИМЕРЫ РЕАЛИЗУЕМЫХ ПРОЕКТОВ

В настоящее время основной фокус взят на направления, связанные с развитием индустрии 4.0 и комплексным инжинирингом. В качестве примера развития индустрии 4.0 можно выделить проект «Разработка архитектуры автономной кустовой площадки». Целью проекта является разработка типовой схемы ИТ-решения для управления технологическими процессами на кустовых площадках месторождения.

Система позволяет реализовать различные уровни автономности в зависимости от участия человека в управлении процессами. На нижнем уровне готовности система может организовать интерфейс удаленного управления режимами работы оборудования на кустовой площадке без присутствия оператора на площадке. По мере разработки алгоритмов и систем адаптивного управления такие системы могут распределено размещаться на вычислительных мощностях локального узла (кустовая площадка) и центрального узла (ЦОД месторождения) таким образом, чтобы режим формировался на центральном узле, а исполнялся и корректировался в зависимости от данных полевой телеметрии на локальном. Система предполагает и допускает два уровня масштабируемости:

- по количеству локальных узлов. Локальные узлы выполняются по типовой схеме и подключаются в коммутатор центрального узла, далее на программном уровне достаточно настроить получение и отправку данных с локальным узлом и управлять процессами;
- по количеству датчиков и контроллеров полевого оборудования. Архитектура локального узла не имеет ограничений по количеству и составу подключаемых датчиков. В зависимости от протокола и интерфейса достаточно применить конвертер и подключить датчик или контроллер управления в коммутатор локального узла, настроить на программном уровне сбор и отправку данных.

Технологические данные каждого локального узла изолируются в подсети узла и не попадают в каналы связи и подсети центрального узла, передавая на центральный узел только обработанные данные. В соответствии с требованиями к критической инфраструктуре относительно физического разделения сетей для возможности формирования корректировок (уставок) режимов работы полевого оборудования на КП, система управления автономной КП располагается в ТСПД (технологическая сеть передачи данных) без двухсторонней интеграции в КСПД (корпоративная сеть передачи данных) и иными сторонними сетями (рис. 6).

В качестве примера комплексного инжиниринга рассмотрим проект «Блочно-модульная станция управления». Станция управления предназначена для управления, защиты, контроля параметров и регулирования частоты вращения установками электроцентробежных насосов (УЭЦН). Для ремонта станции управления требуется заменять станцию целиком, сложность процесса приводит к дополнительным простоям скважин. Блочно-модульная станция управления (далее БМСУ) строится по следующему принципу: единое устройство разделяется на несколько блоков или модулей, электрически и механически соединенных между собой, которые собираются на базе блок-контейнера со всеми необходимыми для работы удобствами. Внедрение данного принципа позволяет осуществлять смену модулей с помощью меньшего числа производственного персонала и привлекаемой техники.

В проекте был сформирован концепт БМСУ и сформулированы требования. Компоновка БМСУ включает в себя четыре станции управления (СУ), разнесенные на блоки. Данное оборудование позволит управлять 4 скважинами одновременно. Представленная БМСУ

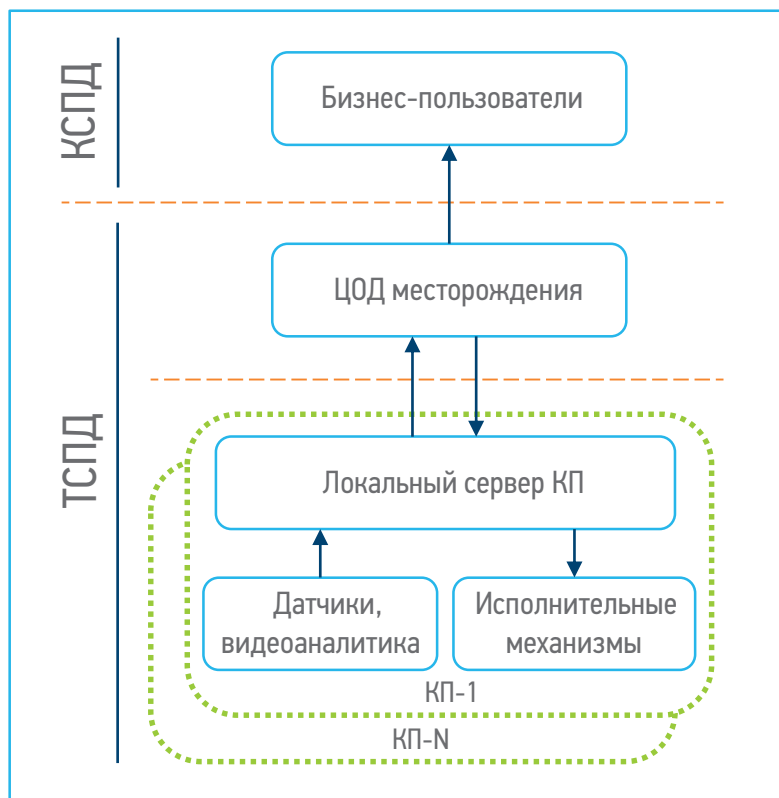


Рис. 6. Архитектура автономной кустовой площадки (А.Ю. Зацепин)
Fig. 6. Architecture of an autonomous well pad (Artem Yu. Zatsepin)

обеспечивает работу двигателей мощностью до 25 кВт. Для использования разрабатываемой блочно-модульной станции управления с двигателями мощностью более 25 кВт предусмотрено наружное использование трансформатора. В этом случае БМСУ может обеспечивать работу ПЭД мощностью до 125 кВт. В срок эксплуатации данное оборудование требует минимального технического обслуживания.

Эффекты от внедрения БМСУ:

- сокращение недоборов нефти за счет снижения времени простоя скважины;
- снижение затрат на транспортировку СУ за счет уменьшения количества персонала и техники, требуемых для ремонта;
- уменьшение времени настройки и обслуживания СУ в зимнее время за счет комфортных условий;
- экономия на технике для обогрева кабельной продукции при обвязке СУ-ТМГН.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате работы была сформирована матрица целевого уровня автономности с учетом типа зрелости актива и доступности инфраструктуры, выделены три направления развития для создания концепции автономного актива: развитие инфраструктуры индустрии 4.0, комплексный инжиниринг и типизация проектных решений,

организационно-управленческие изменения. В результате анализа существующих инструментов для создания инновационных решений было выявлено, что инструменты позволяют формировать отдельные элементы концепции автономного актива. В качестве примера приведены промежуточные результаты проектов: разработка архитектуры автономной кустовой площадки и блочно-модульной станции управления.

В АВТОНОМНОМ АКТИВЕ РЕАЛИЗУЮТСЯ СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ, В КОТОРЫХ ЧЕЛОВЕК ТОЛЬКО КОНТРОЛИРУЕТ ПРОЦЕСС УПРАВЛЕНИЯ, НО НЕ УЧАСТВУЕТ В НЕМ НАПРЯМУЮ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В компании «Газпром нефть» есть необходимые инструменты для создания концепции автономного актива, но процесс автономизации является поэтапным. На данный момент компания находится на этапе цифровизации, запущены различные цифровые проекты, ИТ-проекты, технические и инжиниринговые проекты, которые приближают компанию к концепту автономного актива. Реализация данного концепта приведет к безопасности, надежности, эффективности и оптимальному использованию человеческих ресурсов.

Список литературы

1. Кузьмин М.И., Грехов И.В., Герасимов Р.В. Автономный актив. Отдельные элементы и перспективы развития // Инженерная практика. — 2022. — № 4. — С. 62–65.
2. Муzychuk P.S., Umnov A.N., Aksenov A.G. Цифровая трансформация процесса механизированной добычи нефти в ПАО «Газпром нефть» // Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства: Материалы 11-й Международной научно-технической конференции, Омск, 24–27 февраля 2021 года / Редакция: В.А. Лихолобов [и др.]. — Омск: Омский государственный технический университет, 2021. — С. 170–173.
3. Грехов И.В., Кузьмин М.И., Муzychuk P.S., Герасимов Р.В. Концепция автономной кустовой площадки на месторождениях компании «Газпром нефть» // Нефтяное хозяйство. — 2021. — № 12. — С. 69–73.

References

1. Kuzmin M.I., Grekhov I.V., Gerasimov R.V. Standalone asset. Separate elements and development prospects. *Engineering practice*. 2022. No. 4. P. 62–65.
2. Muzychuk P.S., Umnov A.N., Aksenov A.G. Digital transformation of the process of mechanized oil production in Gazprom Neft PJSC. Equipment and technology of petrochemical and oil and gas production: Proceedings of the 11th International Scientific and Technical Conference, Omsk, February 24–27, 2021. Editorial Board: V.A. Likholobov [i dr.]. — Omsk: Omsk State Technical University, 2021. P. 170–173.
3. Grekhov I.V., Kuzmin M.I., Muzychuk P.S., Gerasimov R.V. The concept of an autonomous well pad at the fields of the company "Gazprom Neft". *Oil industry*. — 2021. No. 12. P. 69–73.

ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

М.И. Кузьмин — сбор данных, анализ материалов, написание статьи.

И.В. Грехов — сбор данных, анализ материалов, написание статьи.

Р.В. Герасимов — сбор данных, анализ материалов, написание статьи.

А.Ш. Ишкильдин — сбор данных, анализ материалов, написание статьи.

Maxim I. Kuzmin — data collection, analysis of materials, writing an article.

Ivan V. Grekhov — data collection, analysis of materials, writing an article.

Rostislav V. Gerasimov — data collection, analysis of materials, writing an article.

Alik Sh. Ishkildin — data collection, analysis of materials, writing an article.

А.Ю. Зацепин — сбор данных, анализ материалов, написание статьи.

Р.Н. Костров — сбор данных, анализ материалов, написание статьи.

А.А. Мухарьямов — сбор данных, анализ материалов, написание статьи.

Р.С. Иванов — сбор данных, анализ материалов, написание статьи.

Н.И. Русских — сбор данных, анализ материалов, написание статьи.

Artem Yu. Zatsepin — data collection, analysis of materials, writing an article.

Roman N. Kostrov — data collection, analysis of materials, writing an article.

Ainyr A. Mukharyamov — data collection, analysis of materials, writing an article.

Roman S. Ivanov — data collection, analysis of materials, writing an article.

Nikita I. Russkikh — data collection, analysis of materials, writing an article.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Максим Игоревич Кузьмин* — руководитель программ по цифровым проектам, ООО «Газпромнефть НТЦ»
190000, Россия, г. Санкт-Петербург, Набережная реки Мойки, д. 75–79, литер Д.
e-mail: Kuzmin.MI@gazpromneft-ntc.ru

Иван Викторович Грехов — директор программ технологического развития функции Добыча, ООО «Газпромнефть НТЦ»
190000, Россия, г. Санкт-Петербург, Набережная реки Мойки, д. 75–79, литер Д.
e-mail: GREKHOV.IV@gazpromneft-ntc.ru

Ростислав Владимирович Герасимов — главный специалист Центра компетенций по технологиям добычи, ООО «Газпромнефть НТЦ»
190000, Россия, г. Санкт-Петербург, Набережная реки Мойки, д. 75–79, литер Д.
e-mail: Gerasimov.RVI@gazpromneft-ntc.ru

Алик Шавкатович Ишкильдин — руководитель программ по новым технологиям, ООО «Газпромнефть НТЦ»
190000, Россия, г. Санкт-Петербург, Набережная реки Мойки, д. 75–79, литер Д.
e-mail: Ishkildin.ASh@tmn.gazprom-neft.ru

Артем Юрьевич Зацепин — начальник отдела развития автономных активов, ООО «Газпромнефть — ЦР»
190013, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Киевская, д. 5, к. 4.
e-mail: Zatsepin.AYu@gazprom-neft.ru

Роман Николаевич Костров — главный инженер по разработке автономных активов, ООО «Газпромнефть — ЦР»
190013, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Киевская, д. 5, к. 4.
e-mail: Kostrov.RN@gazprom-neft.ru

Maxim I. Kuzmin* — Program manager for Digital Projects, Gazpromneft NTC LLC
75–79 liter D, Moika River emb., 190000, Saint Petersburg, Russia.
e-mail: Kuzmin.MI@gazpromneft-ntc.ru

Ivan V.Grekhov — Director of Technological Development Programs for the Production Function, Gazpromneft STC LLC
75–79 liter D, Moika River emb., 190000, Saint Petersburg, Russia.
e-mail: Grekhov.IV@gazpromneft-ntc.ru

Rostislav V. Gerasimov — Chief specialist of the Competence Center for Production Technologies, Gazpromneft STC LLC
75–79 liter D, Moika River emb., 190000, Saint Petersburg, Russia.
e-mail: Gerasimov.RVI@gazpromneft-ntc.ru

Alik Sh. Ishkildin — Program manager for New Technologies, Gazpromneft STC LLC
75–79 liter D, Moika River emb., 190000, Saint Petersburg, Russia.
e-mail: Ishkildin.ASh@tmn.gazprom-neft.ru

Artem Yu. Zatsepin — Head of the Autonomous Assets Development Department, Gazpromneft DR LLC
5, building 4, Kiyevskaya str., 190013, Saint Petersburg, Russia.
e-mail: Zatsepin.AYu@gazprom-neft.ru

Roman N. Kostrov — Chief engineer for the Development of Autonomous Assets, Gazpromneft DR LLC
5, building 4, Kiyevskaya str., 190013, Saint Petersburg, Russia.
e-mail: Kostrov.RN@gazprom-neft.ru

Айнур Айварович Мухарямов — ведущий инженер по разработке автономных активов, ООО «Газпромнефть — ЦР», 190013, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Киевская, д. 5, к. 4.
e-mail: Mukharyamov.AA@gazprom-neft.ru

Роман Сергеевич Иванов — инженер по разработке автономных активов (младший), ООО «Газпромнефть — ЦР» 190013, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Киевская, д. 5, к. 4.
e-mail: Ivanov.RS@gazprom-neft.ru

Никита Игоревич Русских — инженер по разработке автономных активов (младший), ООО «Газпромнефть — ЦР» 190013, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Киевская, д. 5, к. 4.
e-mail: Russkikh.NI@gazprom-neft.ru

Ainur A. Mukharyamov — Leading engineer for the Development of Autonomous Assets, Gazpromneft DR LLC, 5, building 4, Kiyevskaya str., 190013, Saint Petersburg, Russia.
e-mail: Mukharyamov.AA@gazprom-neft.ru

Roman S. Ivanov — Autonomous assets development engineer (junior), Gazpromneft DR LLC 5, building 4, Kiyevskaya str., 190013, Saint Petersburg, Russia.
e-mail: Ivanov.RS@gazprom-neft.ru

Nikita I. Russkikh — Autonomous asset development engineer (junior), Gazpromneft DR LLC 5, building 4, Kiyevskaya str., 190013, Saint Petersburg, Russia.
e-mail: Russkikh.NI@gazprom-neft.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author