ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ УДК 622.276.7

Опыт компании «Татнефть» по совершенствованию инфраструктуры для поддержания пластового давления

А.А. Нургалиев, Р.Н. Ахмадиев
ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина, Альметьевск, Российская Федерация

На протяжении восьми десятилетий ПАО «Татнефть» последовательно развивало систему поддержания пластового давления (ППД), превратив ее в отлаженный технологический организм. Сегодня инфраструктура ППД - это гармонично выстроенный комплекс, охватывающий весь цикл закачки рабочего агента: от водозабора и подготовки воды до закачки ее в пласт.

Стремясь к максимальной результативности, компания делает ставку на три ключевые составляющие - энергоэффективность, надежность и управляемость. В рамках увеличения энергоэффективности производится масштабное обновление насосного парка: на смену прежним решениям приходят агрегаты объемного действия с высоким КПД в 80–86 %, заметно снижающие энергозатраты. Не менее значимым шагом стала трансформация трубопроводной сети: применение стеклопластиковых и гибких композитных труб позволило надежно противостоять коррозии и агрессивным средам. При этом инженеры не ограничиваются заменой материалов, они также настраивают саму геометрию системы: перегруппировывают трубопроводную сеть, прокладывают перемычки, перенаправляют потоки. Такая комплексная оптимизация трасс помогает укротить гидравлические потери и ощутимо сократить энергопотребление.

В составе глубинного оборудования нагнетательных скважин все шире используются стеклопластиковые насосно-компрессорные трубы (НКТ) - их доля в оснащении скважин последовательно растет. Накопленный опыт позволил выработать типовые компоновки глубинно-насосного оборудования для разных условий - с учетом глубины, траектории ствола и агрессивности среды. Стандартизация решений ускорила подготовку к спуску, а локализация производства на собственных мощностях компании обеспечила быстрое тиражирование технологий и рост надежности фонда нагнетательных скважин.

Важнейшей вехой на пути совершенствования стала цифровая трансформация. В ее основе – последующее внедрение цифровых двойников, которые объединят телеметрию, гидравлические расчеты и данные геоинформационных систем. В связке с автоматизацией это создаст единый замкнутый контур «мониторинг - анализ - управление»: система в реальном времени позволит фиксировать и адаптировать изменения трубопроводов и оборудования, позволяя гибко и точно корректировать режимы закачки.

Ключевые слова:система поддержания пластового давления; насос объемного действия; композитные трубы; адресная закачка; корректировка трасс; цифровой двойник.

Для цитирования: А.А. Нургалиев, Р.Н. Ахмадиев (2026). Опыт компании «Татнефть» по совершенствованию инфраструктуры для поддержания пластового давления Трудноизвлекаемые запасы,1(3), с. 23-26.

Experience of Tatneft in Improving the Reservoir Pressure Maintenance Infrastructure

A.A. Nurgaliev, R.N. Akhmadiev
PJSC Tatneft, Almetyevsk, Russian Federation

Over the course of eight decades, PJSC Tatneft has consistently developed its reservoir pressure maintenance (RPM) system, transforming it into a well-tuned technological organism. Today, the RPM infrastructure is a harmoniously structured complex covering the entire cycle of working agent injection: from water intake and treatment to its injection into the reservoir.

Striving for maximum efficiency, the company relies on three key components - energy efficiency, reliability, and controllability. As part of increasing energy efficiency, a large-scale renewal of the pump fleet is underway: former solutions are being replaced by positive displacement units with a high efficiency of 80–86 %, which significantly reduce energy costs. An equally significant step has been the transformation of the pipeline network: the use of fiberglass and flexible composite pipes has made it possible to reliably resist corrosion and aggressive environments. At the same time, engineers do not limit themselves to replacing materials; they also adjust the very geometry of the system: regrouping the pipeline network, laying jumpers, and redirecting flows. Such comprehensive optimization of routes helps to tame hydraulic losses and noticeably reduce energy consumption.

As part of the downhole equipment of injection wells, fiberglass tubing (tubing) is increasingly being used - its share in well equipment is steadily growing. The accumulated experience has made it possible to develop standard downhole equipment configurations for various conditions - taking into account depth, wellbore trajectory, and environment aggressiveness. The standardization of solutions has accelerated preparation for tripping operations, while the localization of production at the company's own facilities has ensured rapid replication of technologies and increased the reliability of the injection well stock.

A key milestone on the path of improvement has been digital transformation. Its basis is the subsequent introduction of digital twins, which will combine telemetry, hydraulic calculations, and geographic information system data. In conjunction with automation, this will create a unified closed loop of "monitoring — analysis — control": the system will allow real-time recording and adaptation of changes in pipelines and equipment, enabling flexible and precise adjustment of injection regimes.

Keywords: reservoir pressure maintenance system; positive displacement pump; composite pipes; targeted injection; route adjustment; digital twin.

Recommended citation: Nurgaliev A.A., Akhmadiev R.N. (2026). Experience of Tatneft in Improving the Reservoir Pressure Maintenance Infrastructure. Hard-to-recover reserves, 1(3), pp. 23-26.

Введение

ПАО «Татнефть» обладает 80-летним опытом эксплуатации нефтяных месторождений. Одним из ключевых этапов в развитии технологий разработки и управления месторождениями является начало использования методов поддержания пластового дав-

ления (далее – ППД). В 1960-е годы компанией впервые внедрена реализация законтурного заводнения на Ромашкинском и Бавлинском месторождениях. Данная практика стала отправной точкой для формирования отраслевых подходов к проектированию и эксплуатации системы поддержания пластового давления.

За годы эксплуатации инфраструктура системы поддержания пластового давления сформировала комплекс технологических объектов и оборудования, обеспечивающих полный цикл – от подготовки рабочего агента до закачки его в пласт. В состав системы входят: установки подготовки воды; водозаборные сооружения (ВЗС, ВСП, МСП); кустовые насосные станции; трубопроводная система – водоводы, блок гребенки; нагнетательные скважины – конечная точка, включающая в себя надземное и глубинное насосное оборудование.

На текущий момент ряд месторождений ПАО «Татнефть» находится на четвертой стадии разработки, рост темпов выработки остаточных извлекаемых запасов диктует необходимость обеспечения соответствующей компенсации отборов и поддержания оптимального пластового давления. Основными технологиями заводнения на данном этапе являются вторичные (циклическая закачка, ВНС, МСП/ВСП, ОРЗ) и третичные (МУН, ГРП) методы воздействия на пласт. С учетом изношенности инфраструктуры, необходимости повышения адресности закачки требуется применение комплексных инструментов по повышению эффективности системы, с применением энергоэффективного и более надежного оборудования как надземной части объектов, так и конструкции спускаемого оборудования в нагнетательные скважины.

Достижение высоких уровней энергоэффективности осуществляется путем как прямого замещения значительной доли насосного оборудования на агрегаты с высоким коэффициентом полезного действия (КПД), в первую очередь насосы объемного типа, так и адресного воздействия – монтажа приустьевых малообъемных насосных агрегатов на кустовых площадках. Эксплуатационные возможности насосов объемного действия обеспечивают им высокий КПД (80-86 %) и позволяют снизить удельное энергопотребление на 30% в соотношении с электроцентробежными насосами с такой же производительностью. Совместная реализация этих мероприятий обеспечит потенциально достижимое снижение удельных энергетических затрат до целевого показателя 3,5 кВт·ч/м³.

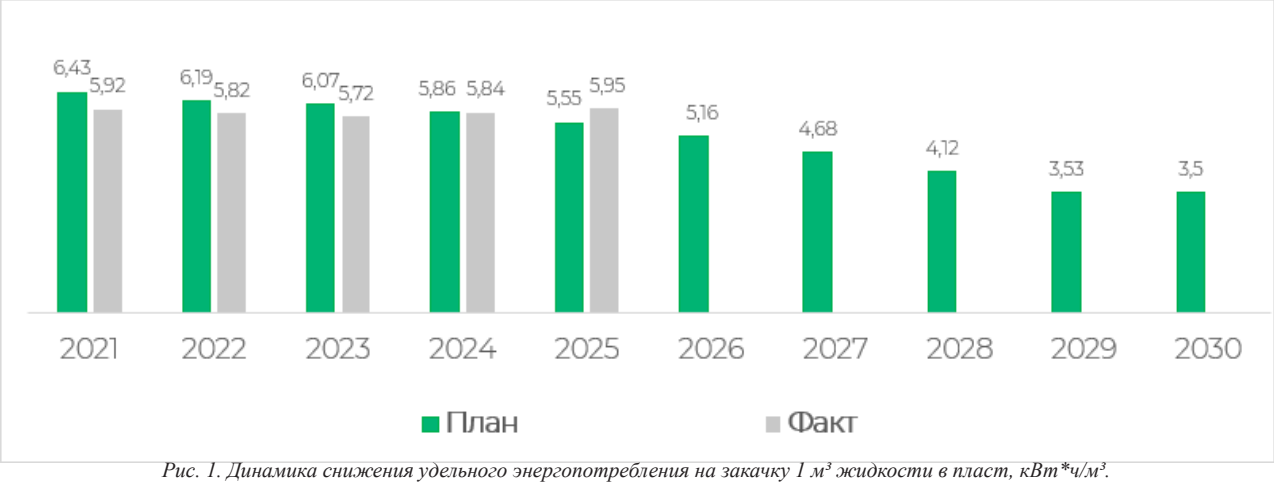


*Рис. 1. Динамика снижения удельного энергопотребления на закачку 1 м³ жидкости в пласт, кВт*ч/м³.*

В рамках стратегии технологического развития Компания уделяет особое внимание модернизации трубопроводной системы как одному из наиболее затратных направлений наземной инфраструктуры. Ключевым решением в этом процессе стало применение стеклопластиковых и гибких композитных труб (СПТ и ГКТ). Их эксплуатационные характеристики – в первую очередь высокая коррозионная стойкость и устойчивость к химически агрессивным средам – обеспечили рост надежности трубопроводов и снижение количества инцидентов (отказов водоводов в ходе эксплуатации), что в совокупности привело к минимизации операционных издержек.

Еще одним направлением развития стала оптимизация протяженности трубопроводной сети системы ППД. Задача оптимизации схем водоводов решается за счет комплекса технических мероприятий:

1. реконфигурация водоводов, соединяющих блок гребенок (БГ) с кустовой насосной станцией (КНС). Предусматривает замену параллельно следующих водоводов на одиночный водовод увеличенного диаметра. Это позволяет снизить металлоемкость и эксплуатационные издержки при сохранении расчетной пропускной способности;
2. корректировка трасс водоводов, связывающих БГ с нагнетательными скважинами. Включает перегруппировку скважин с одного «уса» на другой и строительство перемычки – нового водовода меньшей протяженности.

Такой подход повышает гибкость распределения закачки и сокращает гидравлические потери в системе;

3. -оптимизация за счет переключения отдаленных нагнетательных скважин на другие объекты инфраструктуры (КНС, БГ). Это позволяет исключить из эксплуатации протяженные и низкоэффективные участки водоводов, перераспределив объемы закачки по более рациональным маршрутам и снизив суммарные энергозатраты на транспортировку рабочего агента.

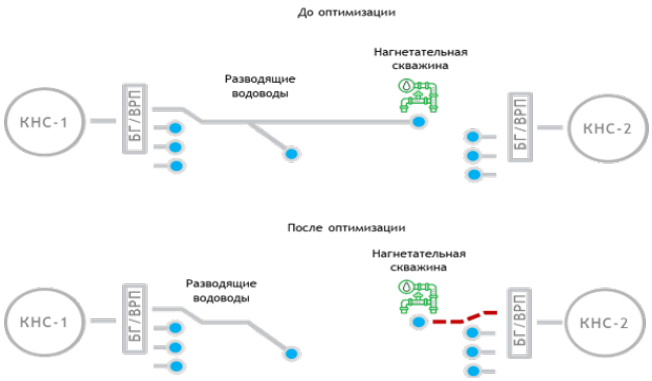


Рис. 2. Принципиальные схемы «до» и «после» оптимизации путем переключения отдаленных скважин на другие объекты (КНС, ВБГ)

В рамках инженерно-оптимизационного подхода к организации системы ППД реализовано 136 проектов технического перевооружения с внедрением 120 насосов объемного действия, выполнено строительство 408 км трубопроводов из стеклопластиковых труб, за счет оптимизации маршрутов доставки рабочего агента до скважин, сокращена протяженность проектируемых трасс на 202 км.

Опыт применения композитных труб позволил пересмотреть подход к спускаемому оборудованию нагнетательных скважин: в качестве ГНО начали использовать стеклопластиковые НКТ. На основании опыта внедрения были сформированы типовые компоновки ГНО для разных категорий скважин (по глубине, профилю и агрессивности среды), что позволило стандартизировать подбор оборудования и сократить сроки подготовки к спуску. Использование оборудования, произведенного на мощностях компании «Татнефть», ускорило тиражирование технологии на фонде нагнетательных скважин и повысило надежность эксплуатации скважин.

Помимо уже реализованных мероприятий, ключевым элементом стратегии ПАО «Татнефть» выступает цифровая трансформация системы ППД.

Ее важнейшим направлением является внедрение цифровых двойников – динамических виртуальных моделей, которые отражают фактическое состояние и текущие режимы работы трубопроводной сети, насосного оборудования и фонда нагнетательных скважин. В перспективе цифровой двойник позволит объединить данные телеметрии, результаты гидравлических расчетов и сведения из геоинформационных систем, обеспечивая сквозной контроль параметров и прогнозирование поведения трубопроводной системы.

Совокупное применение автоматизации объектов и цифрового моделирования даст синергетический эффект: данные, поступающие с автоматизированных станций в режиме реального времени, будут использованы для принятия управленческих решений и воздействий на оборудование. Замкнутый контур «мониторинг - анализ - управление» позволит реализовать адаптивное управление системой ППД: режимы закачки непрерывно корректируются с учетом фактического состояния пласта, трубопроводной сети и насосного оборудования, что повышает надежность и эффективность работы всей системы.

Реализация концепции реконструкции системы ППД позволит повысить надежность, энергоэффективность инфраструктуры и управляемость системы заводнения.

Заключение

Проведенный анализ комплекса мероприятий по совершенствованию системы поддержания пластового давления (ППД) в ПАО «Татнефть» демонстрирует системный и многоуровневый подход к решению задач на месторождениях, находящихся на поздней стадии разработки. В условиях роста темпов выработки остаточных извлекаемых запасов и изношенности инфраструктуры компания последовательно реализует стратегию, нацеленную на обеспечение компенсации отборов, поддержание оптимального пластового давления и повышение общей эффективности системы заводнения.

Литература

1. Лещенко А.А., Корниенко С.А., Гатамов А.В. (2024) Практическое применение нейронных сетей при регулировании закачки, Neftegaz.ru, №12.;

2. Проект № 4548 «Концепция развития системы заводнения ПАО «Татнефть» на период до 2030 г.» (2011), с. 28–58.;

3. Хисанов Р.М., Лощева З.М., Фазлыев Р.Р. и др. (2023) Автоматизация и контроль учёта закачки жидкости как элемент интегрированной модели нефтяного месторождения, с.106–119.;

4. Ягафаров А.К., Клещенко И.И., Зозуля Г.П., Зейгман Ю.В., Рогачев М.К. (2010) Разработка нефтяных месторождений, с. 100–203.

Сведения об авторах:

Нургалиев Азат Альбертович – Начальник департамента добычи нефти и газа, ПАО "Татнефть"

Россия, 423450, г. Альметьевск, ул. Ленина, д. 75
e-mail: naa@tatneft.ru

Ахмадиев Равиль Нурович – Начальник управления добычи нефти и газа, ПАО «Татнефть»
Россия, 423450, г. Альметьевск, ул. Ленина, д. 75
e-mail: ahmadievrn@tatneft.ru

References

1. Leshchenko A.A., Kornienko S.A., Gatamov A.V. (2024). Practical Application of Neural Networks for Injection Control. Neftegaz.ru, no. 12.

2. Project No. 4548 "Concept for the Development of the Waterflooding System of PJSC Tatneft for the Period up to 2030" (2011), pp. 28–58.

3. Khisanov R.M., Loshcheva Z.M., Fazlyev R.R., et al. (2023). Automation and Control of Fluid Injection Metering as an Element of an Integrated Oil Field Model, pp. 106–119.

4. Yagafarov A.K., Kleshchenko I.I., Zozulya G.P., Zeigman Yu.V., Rogachev M.K. (2010). Oil Field Development, pp. 100–203.

About the Authors

Azat A. Nurgaliev – Head of the Oil and Gas Production Department, PJSC Tatneft
75 Lenin St., Almetyevsk, 423450, Russian Federation
e-mail: naa@tatneft.ru

Ravil N. Akhmadiev – Head of the Oil and Gas Production Directorate, PJSC Tatneft
75 Lenin St., Almetyevsk, 423450, Russian Federation
e-mail: ahmadievrn@tatneft.ru

Статья поступила в редакцию 24.09.2026
Принята к публикации 06.10.2026
Опубликована 30.10.2026