



НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ, ТЕХНОЛОГИЙ БУРЕНИЯ И ЗАКАНЧИВАНИЯ СКВАЖИН

П.В. ОВЧИННИКОВ, А.С. СЫРЧИНА*

ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»
23, ул. Миклухо-Маклая, г. Москва 117997, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В последние годы с целью с повышения эффективности, сокращения сроков и стоимости строительства скважин, достижения максимальных эксплуатационных характеристик нефтяных и газовых скважин сложилась системная практика реализации наиболее перспективных технологий и решений в области бурения и заканчивания скважин.

Цель. Обзор и анализ реализации и развития перспективных технологий бурения и заканчивания скважин в Российской Федерации, выявление актуальных направлений оптимизации конструкций скважин, повышения эффективности технологических процессов строительства разведочных и эксплуатационных скважин.

Материалы и методы. Анализ опыта, обобщение и систематизация результатов реализации современных решений и технологий бурения и заканчивания скважин нефтегазодобывающими предприятиями Российской Федерации.

Результаты. Рассмотрены и рекомендованы актуальные задачи и направления совершенствования технологий строительства скважин и применения современного оборудования с целью повышения эффективности и сокращения сроков строительства нефтяных и газовых скважин, а также обеспечения технологического суверенитета.

Заключение. Рассмотренные направления и технологии, их составные задачи, вопросы методического, инженерного и программного обеспечения для их реализации могут быть актуальными темами прикладных исследовательских и проектных работ, выпускных квалификационных работ студентов и диссертационных работ.

Ключевые слова: конструкция скважины, скважина малого диаметра (СМД), обсадная колонна, заканчивание скважины, многозабойная и многоствольная скважина, устройство контроля притока (УКП), время бурения и крепления

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Овчинников П.В., Сырчина А.С. Направления совершенствования конструкций, технологий бурения и заканчивания скважин. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2023;65(5):22—32. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-5-22-32>

Статья поступила в редакцию 02.06.23

Принята к публикации 24.10.2023

Опубликована 31.10.2023

* Автор, ответственный за переписку

OPTIMIZATION METHODS FOR WELL DESIGNS, DRILLING AND WELL COMPLETION TECHNOLOGIES

PAVEL V. OVCHINNIKOV, ANASTASIA S. SYRCHINA*

*Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting
23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia*

ABSTRACT

Background. The task of increasing the efficiency of well construction, reducing the labor- and financial costs involved, and achieving the maximum operational characteristics of oil and gas wells requires the application of the most recent technologies and technological solutions for well drilling and well completion.

Aim. Review and analysis of the implementation and development of promising technologies for well drilling and well completion in the Russian Federation to identify those capable of optimizing well designs, improving the efficiency of technological processes for drilling and completion of exploration and production wells.

Materials and methods. An analysis of accumulated experience, generalization of the results of implementation of modern solutions and technologies for drilling and completion of wells by oil- and gas-producing enterprises of the Russian Federation.

Results. The relevant tasks and directions for improving drilling and well completion technologies and using state-of-the-art equipment are outlined. These solutions can contribute to increasing the efficiency of well construction, reducing the drilling duration of oil and gas wells, and ensuring technological sovereignty.

Conclusion. The considered directions and technologies, as well as their composite tasks and methodological, engineering, and software implementation aspects, can become a subject for research, project, and engineering works, as well as for final qualifying works of students and dissertations.

Keywords: well design, small diameter well (SDW), casing, well completion, multihole well and multilateral (multibranch) well, inflow control device (ICD), drilling and flat (casing and cementing) time

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Financial disclosure: no financial support was provided for this study.

For citation: Ovchinnikov P.V., Syrchina A.S. Optimization methods for well designs, drilling and well completion technologies. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2023;65(5):22—32. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-5-22-32>

Manuscript received 02 June 2023

Accepted 24 October 2023

Published 31 October 2023

* Corresponding author

Опыт реализации технологий бурения и заканчивания скважин

С целью обеспечения высокой результативности и эффективности технологических процессов строительства эксплуатационных и разведочных скважин необходимо решение сложных инженерных задач, применение современных технологий и оборудования, постоянный поиск и оптимизация технологических и организационных решений при выявлении новых геолого-технических

условий и в соответствии с актуальной производственной программой предприятия (отрасли).

В последние годы с целью с повышения эффективности, сокращения сроков и стоимости строительства скважин, достижения максимальных эксплуатационных характеристик нефтяных и газовых скважин сложилась системная практика реализации наиболее перспективных технологий и решений в области бурения и заканчивания скважин [7, 8].

На рисунке представлена эволюция развития, реализации и приобретения опыта применения эффективных технологий бурения и заканчивания скважин в нефтегазодобывающих организациях Российской Федерации. Существенный объем работ в эксплуатационном бурении составляют скважины с горизонтальным окончанием (до 30—40% в год). Технологии горизонтального бурения, в том числе многоствольных (многозабойных) скважин с горизонтальным окончанием, в Российской Федерации серийно освоены [3] и получили серьезное развитие с учетом решения задач оптимизации конструкций скважин [2]. При бурении скважин активно применяются верхние силовые приводы (ВСП) и роторно-управляемые системы (РУС), РУС совместно с силовой секцией винтового-забойного двигателя (ВЗД), современные типы долот PDC и модели ВЗД, реализующие наиболее эффективные режимы и показатели бурения. Реализованы технология бурения на обсадных трубах и технология бурения с контролем давления MPD (managed pressure drilling), колтюбинговые технологии бурения и освоения скважин на гибкой насосно-компрессорной трубе (ГНКТ). Разрабатываются и вводятся новые типы высоко-герметичных и высоко-моментных резьбовых соединений обсадных труб, материалы для обсадных и насосно-компрессорных труб высокой прочности и применения в условиях аномально высоких температур, корректируются методики прочностных расчетов и выбора резьбовых соединений [14].

Для выполнения геофизических работ (ГИС) используются системы каротажа в процессе бурения LWD (logging while drilling), тракторные системы ГИС для скважин с большой протяженностью горизонтального ствола. При заканчивании скважин широко применяются современные модели противопесчаных проволочных фильтров, сетчатых (многослойных с сеткой сложного плетения и дисперсным/фильтрующим слоем) фильтров, фильтров с гравийной набивкой различных конструкций; эффективные заколонные набухающие пакеры; оптоволоконные системы передачи данных; трассерные системы мониторинга притока; пассивные, адаптивные и активные устройства контроля притока (УКП) различных систем управления. Освоены системы заканчивания боковых стволов высокого уровня сложности TAML-5 в соответствии с принятой Международной классификацией уровня технологий многоствольных скважин TAML (Technology Advancement for Multi-Laterals), интеллектуальные системы заканчивания и управления работой скважин. Можно уверенно отметить,

что в настоящее время при строительстве скважин на месторождениях суши и шельфа в Российской Федерации опробованы и освоены все наиболее эффективные технологии и технологические решения из существующего мирового арсенала технологий.

Выполняются постоянный поиск и внедрение современных буровых и тампонажных растворов. Отдельно следует отметить актуальность разработки эффективных буровых и тампонажных растворов для скважин с особыми геолого-техническими условиями строительства и эксплуатации скважин — например для горизонтальных скважин на баженовские отложения месторождений Западной Сибири. При бурении горизонтальных скважин на баженовские отложения необходимо обеспечить устойчивость ствола, эффективный вынос шлама (возможно, обвального), предотвращение поглощений и максимальное сохранение фильтрационно-емкостных свойств продуктивного пласта с возможностью применения базового раствора для вскрытия нескольких интервалов бурения при минимальной сложности обработки [9]. При креплении скважины необходимо обеспечить реализацию многостадийного гидроразрыва пласта (МГРП) в горизонтальном стволе, а также обеспечить выбор оптимальной конструкции забоя, обеспечивающей надежность в условиях высоких нагрузок при интенсификации притока (МГРП) и высоких температур при планируемых режимах эксплуатации (например, в условиях термогазового воздействия на пласт) [10].

Реализация современных технологий при строительстве скважин в Российской Федерации позволила достигнуть ряда мировых рекордов.

В настоящее время многие из зарубежных решений импортозамещены, ряд моделей отечественного оборудования и технологий по своим показателям предпочтительнее зарубежных аналогов. По ряду направлений отечественные решения и технологии для промышленного применения отсутствуют.

Отдельно следует отметить значительную роль применяемых технологий заканчивания в достижении целевого назначения строительства скважины:

- для разведочных скважин — получение полноценной и достоверной необходимой геологической информации о пласте (разрезе) и выявление продуктивных залежей;
- для эксплуатационных скважин — обеспечение притока углеводородов из пласта и доставку их на поверхность, обеспечение высоких дебитов

Направления совершенствования конструкций, технологий бурения и заканчивания скважин

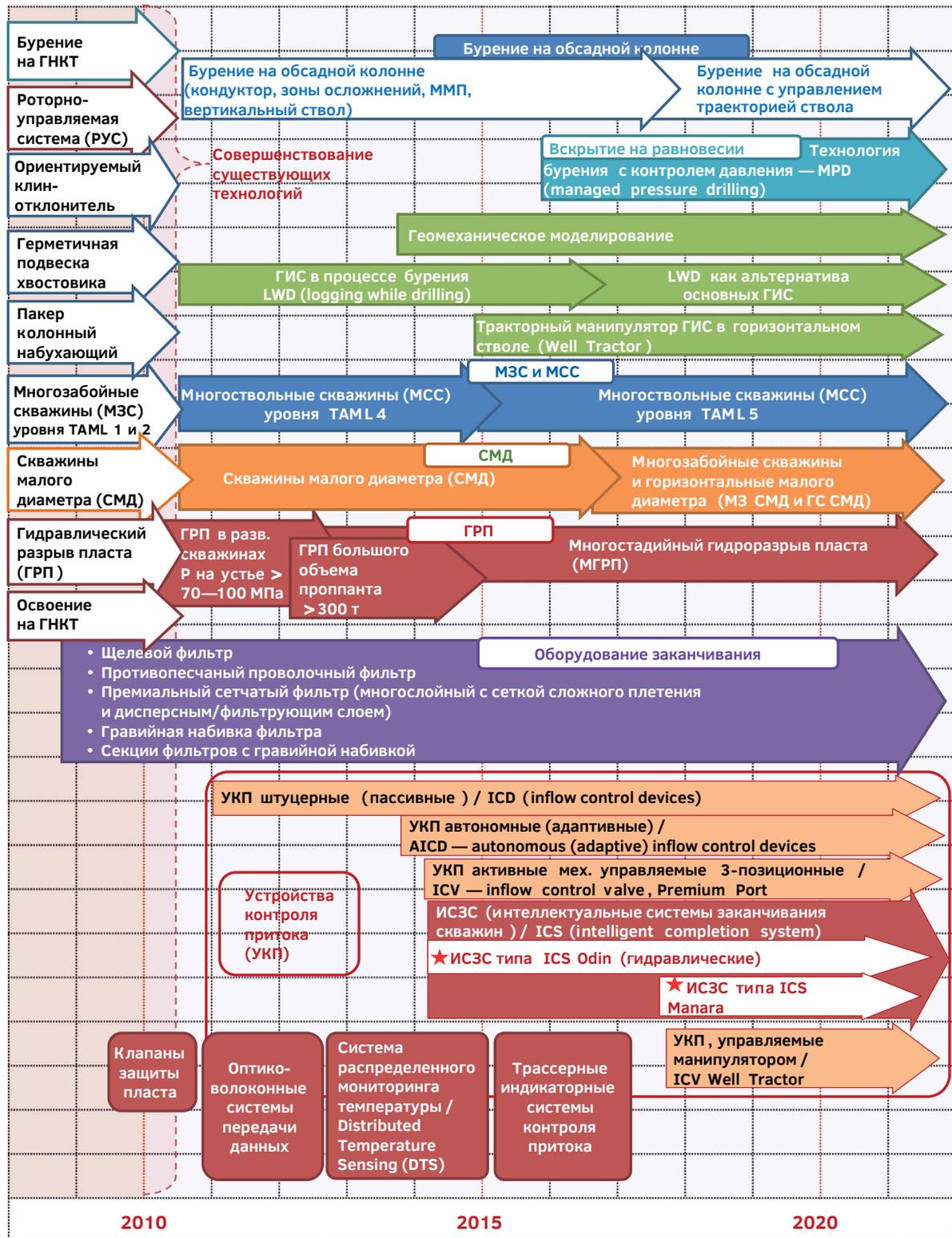


Рис. Реализация технологий бурения и заканчивания скважин в нефтегазодобывающих организациях Российской Федерации

Fig. Application Implementation of drilling and well completion technologies in oil and gas producing organizations of the Russian Federation

скважины при оптимальном режиме разработки залежи (для нагнетательных скважин — обеспечение проектного режима нагнетания).

Именно работы по заканчиванию скважины, направлены на формирование призабойной зоны с оптимальной гидродинамической связью с пластом, определяют достижение цели строительства скважины и возможность ее последующей эффективной эксплуатации.

В настоящее время заканчивание скважин — это комплекс процессов высокого технологического и инженерного уровня, требующих применения современного высокотехнологичного оборудования. Актуальные цели и задачи современных технологий заканчивания скважин обобщены и представлены в таблице. По ряду современных технологий заканчивания, актуальных и необходимых для реализации сложных и ответственных проектов, отечественные решения и технологии для промышленного применения отсутствуют (активные устройства и системы контроля притока, интеллектуальные системы заканчивания скважины, оборудование и технологии заканчивания многозбойных (МЗС) и многоствольных (МСС) скважин высоких уровней сложности с контролем и управлением притока из каждого ствола и другие). Традиционно практиковался выбор на конкурсной основе оборудования и технологий зарубежного производства с оптимальными для геолого-технических условия объекта применения характеристиками и технико-экономическими показателями.

В настоящее время актуальной задачей для отрасли является задача обеспечения технологического суверенитета в области современного оборудования и технологий заканчивания, для решения которой необходимы:

- разработка отечественных моделей современного оборудования заканчивания;
- изучение и освоение современных технологий, постоянное совершенствование собственных технологических компетенций, в том числе совершенствование компетенций в части инженерного сопровождения.

Актуальные направления совершенствования технологий и технологических решений

С учетом достигнутых результатов можно выделить следующие базовые актуальные направления и мероприятия, предусматривающие совершенствование технологий и технологических процессов, инженерного и методологического обеспечения, тиражирование лучших практик:

1. Оптимизация конструкций скважин за счет реализации следующих решений:

- снижение металлоемкости конструкций скважин при применении обсадных труб более высоких групп прочности при снижении толщины стенки с сохранением требований надежности (обеспечения необходимого запаса прочности);
- уменьшение глубин спуска кондукторов и промежуточных колонн в связи с уточнением геологических условий (выявление отсутствия промежуточных напорных или продуктивных горизонтов, уточнение градиентов давлений по разрезу, уточнение характера насыщения или величины пластового давления в целевом горизонте, применение эффективных буровых растворов, обеспечивающих устойчивость ствола в отложениях, требующих перекрытия удлиненным кондуктором или промежуточной колонной и др.);
- уменьшение диаметров обсадных колонн в связи с уточнением ожидаемых дебитов или, например, уточнением «окна» возможной эквивалентной циркуляционной плотности бурового раствора в интервале при оптимизации профиля скважины;
- исключение отдельных обсадных колонн в конструкции скважин. Например, реализация трехколонной конструкции скважин с горизонтальным окончанием в Западной Сибири, в том числе многозбойных [3]. Средняя продолжительность бурения и крепления горизонтальной скважины на пласты группы АВ составила 17 сут., сокращение затрат времени — 37%, рост коммерческой скорости — 37% [2]. Достигнутое рекордное время бурения и крепления горизонтальной скважины на пласты группы АВ — 10—12 сут. при снижении металлоемкости конструкции скважины до 20%. Практика исключения промежуточной колонны из конструкции горизонтальных скважин при применении эффективных буровых растворов на углеводородной основе и объединении ранее несовместимых по условиям бурения интервалов опробована и широко применяется в Западной Сибири (на Средне-Назымском нефтяном месторождении достигнуто время бурения горизонтальной скважины на отложения баженовской свиты 36 сут., сокращение затрат времени составило — 28%) и Восточной Сибири (на Куюмбинском нефтегазовом месторождении время бурения горизонтальной скважины на отложения рифея составило 38 сут., сокращение затрат времени — 34%);
- исключение колонны-направления из конструкции скважины (в технологически обоснованных случаях). Отказ от колонны-направления традиционно применяется в практике строительства

Таблица. Актуальные цели и задачи современных технологий заканчивания скважин
Table. Actual purposes and tasks of modern well completion technologies

Цель / назначение	Выполняемые функция и задачи	Применяемые технологии и оборудование заканчивания
Контроль (ограничение / предотвращение) выноса песка	Предотвращение снижения дебита: <ul style="list-style-type: none"> • предотвращение разрушения призабойной зоны; • предотвращение образования песчаных пробок; • предотвращение износа обсадных колонн и скважинного оборудования 	<ul style="list-style-type: none"> • Установка щелевого хвостовика; • применение противопесчаных проволочных фильтров; • применение премиальных сетчатых фильтров (многослойных с сеткой сложного плетения и дисперсным фильтрующим слоем); • гравийная набивка; • установка секций фильтров с гравийной набивкой
Контроль и управление притоком	Управление эксплуатацией интервала / эффективная эксплуатация скважины, повышение дебита по нефти и коэффициента извлечения нефти: <ul style="list-style-type: none"> • ограничение работы интервалов с высоким содержанием воды; • ограничение добычи газа с минимизацией потерь дебита нефти; • обеспечение оптимальной эксплуатации интервалов с неоднородными коллекторскими свойствами; • предотвращение неполного вовлечения отдельных пропластков продуктивной зоны (предотвращение неполного освоения); • оптимизация притока при наличии многофазного флюида; • ограничение высоких потерь на трение 	<ul style="list-style-type: none"> • Регулирование режима эксплуатации на устье скважины; • муфты сдвижные одноразового и многократного действия, премиум-порты; • устройства контроля притока и клапаны контроля притока (УКП): пассивные, адаптивные, активные многопозиционные управляемые с поверхности; • устройства и клапаны контроля притока (УКП) в сочетании с муфтами многократного действия, премиум-портами, фильтровыми секциями
Мониторинг работы интервалов продуктивной зоны в процессе эксплуатации	Получение информации о профиле притока для анализа разработки и геолого-гидродинамическое моделирование (ГДМ) без остановки скважины: <ul style="list-style-type: none"> • исключение остановки скважины для проведения промысловых геофизических исследований (ПГИ); • оперативное получение информации о профиле притока и оперативное принятие решений о проведении геолого-технических мероприятий (ГТМ); • исключение затрат на проведение и риска аварийности при промысловых геофизических исследованиях (ПГИ) 	<ul style="list-style-type: none"> • Датчики давления и температуры в интервале эксплуатации; • система распределенного мониторинга температуры (Distributed Temperature Sensing / DTS); • оптоволоконные системы; • трассерные индикаторные системы контроля притока
Автоматизированный непрерывный контроль и управление притоком	Автоматизированное непрерывное управление эксплуатацией интервала / эффективная эксплуатация скважины, повышение дебита по нефти и коэффициента извлечения нефти: <ul style="list-style-type: none"> • непрерывный автоматизированный контроль и управление притоком по интервалам; • бесступенчатое регулирование; • увеличение количества интервалов и режимов управления, автоматизация управления; • мгновенная реакция и оптимизационные решения; • сокращение времени на реализацию геолого-технических мероприятий (ГТМ) 	<ul style="list-style-type: none"> • Интеллектуальные системы заканчивания скважины (ИСЗС) / Intelligent Completion System (ICS)
Реализация и развитие технологий заканчивания многозабойных (МЗС) и многоствольных (МСС) скважин	Интенсификация добычи, увеличение площади охвата залежи или вскрытых целей эксплуатации на одну скважину: <ul style="list-style-type: none"> • увеличение накопленной добычи на скважину; • повышение темпов добычи при ограниченном количестве устьев скважин (морская платформа); • сокращение затрат на обустройство, оптимизация количества и площади кустовых площадок; • бурение дополнительных стволов в действующих скважинах; • сокращение затрат на бурение и эксплуатацию скважин 	<ul style="list-style-type: none"> • Оборудование и технологии заканчивания многозабойных (МЗС) и многоствольных (МСС) скважин с контролем и управлением притока из каждого ствола; • технологии зарезки боковых стволов с сохранением материнского ствола; • управляемое запорное устройство над интервалом эксплуатации под эксплуатационном пакете — клапан защиты пласта

эксплуатационных скважин на газоконденсатных месторождениях Крайнего Севера Западной Сибири (Уренгойское, Ямбургское, Заполярное и др.). В настоящее время эта практика находит применение при строительстве скважин на расположенных южнее нефтяных месторождениях Ханты-Мансийского автономного округа, для которых характерна увеличенная до 800—1150 м глубина спуска следующей за направлением колонны-кондуктора. Отказ от направления позволяет сократить время строительства скважины до 1,5 сут., повысить коммерческую скорость бурения в среднем на 1,8% [2]. При отказе от направления, при бурении интервала под кондуктор должны быть приняты технологические мероприятия, обеспечивающие предотвращение осложнений ствола (оптимизация рецептур буровых растворов) и предотвращение размыва устья скважин (укрепленный шахтный приямок, бесперебойный отбор бурового раствора на устье скважины вертикальным шламовым насосом и др.);

- замена сплошной эксплуатационной колонны в конструкциях скважин на колонну-хвостовик в допустимых геолого-технических условиях;

- переход на строительство скважин малого диаметра (СМД) на месторождениях, находящихся в длительной разработке. В практике работ принято относить к скважинам СМД скважины с эксплуатационной колонной диаметром 114,3 мм и менее. Многолетний опыт строительства СМД в ПАО «Татнефть» [13] подтверждает возможность существенно сократить сроки и стоимость бурения. Техническая возможность строительства СМД апробирована и распространяется на месторождениях Пермского края [4], Оренбургской области [6], Западной Сибири [1] и в других регионах. Практика строительства СМД с целью извлечения остаточных запасов на месторождениях, находящихся в длительной эксплуатации, для которых характерны низкие дебиты скважин, показала свою эффективность. Подтверждена существенная экономия затрат на строительство скважин (25—35%);

- детальный анализ геологической и технологической целесообразности бурения пилотных стволов при строительстве горизонтальных скважин с целью оптимизации количества бурения пилотных стволов при выполнении программы бурения (опыт работ крупных нефтяных компаний показывает возможность сократить необходимость бурения пилотных стволов с 70 до 25% от общего количества строящихся горизонтальных скважин);

- обеспечение надежности конструкций глубоких и сверхглубоких параметрических, поис-

ково-оценочных и разведочных скважин, строительство которых производится в разрезах залегания массивной толщи соленосных отложений, склонных к деформации (течению). Характерным осложнением строительства скважин в этих условиях является осложнение, связанное с течением солей, приводящее к смятию обсадных колонн в конструкции скважины, при этом вполне возможен риск потери (ликвидации) скважины в процессе строительства или эксплуатации.

В последние годы объем поисково-разведочного бурения в регионах, для которых характерен риск течения соленосных отложений, снизился, однако задача обеспечения надежности конструкции скважин в этих условиях полностью не решена. Традиционная методика прочностных расчетов обсадных колонн базируется на модели равномерного нагружения колонны внешним гидростатическим или горным давлением и не учитывает локальное и, возможно, асимметричное нагружение колонны в солевом массиве. Необходимо совершенствовать методику расчета нагрузок и подбора обсадных труб [5]. При этом применение метода только повышения прочности и толщин стенок обсадных труб в составе обсадной колонны, как показал опыт строительства скважин, не гарантирует предотвращение смятия обсадной колонны.

Положительный опыт достигнут в организациях ПАО «Газпром» на месторождениях Оренбургской области за счет применения комплекса технологических решений: определение скорости течения солей по данным геофизических исследований скважины (ГИС), расширение ствола с использованием гидравлических расширителей для обеспечения безопасного спуска обсадной колонны (хвостовика), спуск колонны (хвостовика) с установкой высокопрочных обсадных труб в интервале текучих солей, цементирование обсадной колонны с заполнением внутреннего пространства обсадной колонны высокопрочным цементом, увеличение времени ожидания затвердевания цементного раствора до окончания периода течения солей и равномерного заполнения заколонного пространства (с временной приостановкой работ по бурению скважины до 4 недель). В дальнейшем производится выбуривание цемента из внутреннего пространства обсадной колонны (хвостовика) [11].

Работу по оптимизации конструкций скважин необходимо проводить постоянно. Задача оптимизации конструкций скважин актуальна не только для вновь разрабатываемой проектной

документации, но и для своевременной корректировки принятых решений (при уточнении геологических данных, применении новых типов обсадных труб и оборудования).

2. Оптимизация комплекса ГИС будет способствовать как сокращению сроков бурения, так и выбору рациональной конструкции скважины:

- опыт применения комплекса каротажа в процессе бурения LWD в Западной Сибири показал возможность сокращения времени бурения типовых горизонтальных скважин в среднем на 7,5 сут. за счет исключения традиционных ГИС и затрат времени на подготовку ствола для их проведения. В настоящее время разработан ряд отечественных модулей LWD для отдельных методов. Применение комплекса LWD обеспечивает возможность получить материалы ГИС необходимой информативности, при этом сократить время работы в открытом стволе, способствует возможности объединения интервалов бурения транспортного и горизонтального стволов в один совместимый интервал (отказу от спуска отдельной транспортной колонны);

- применение комплексных сборок приборов ГИС, сокращение (исключение) количества промежуточных каротажей, исключение контрольной записи сбрасываемыми гироскопами при использовании забойной телесистемы, перенос комплекса АКЦ в этап освоения скважины, и др.).

3. Технологические решения и приемы по оптимизации процессов крепления:

- опережающая забивка колонны направления из электросварных безмуфтовых труб с помощью сваебойного дизель-молота (наиболее эффективна эта практика на суше — на кустовых площадках с большим количеством скважин);

- применение колонных головок типа ОУС (оборудование для обвязки устья скважины). Выпускаются одно-, двух- и трехсекционные модели. Верхние секции — равнопроходные и монтируются одновременно с нижней секцией. Колонны подвешиваются в трубодержателе муфтового типа. В случае применения многосекционной головки после спуска, цементирования и ОЗЦ кондуктора (промежуточной колонны) обеспечивается возможность продолжить работы по бурению скважины под очередную колонну без перемонтажа противовыбросового оборудования (ПВО), таким образом исключаются затраты времени на демонтаж ПВО, посадку обвязываемой колонны в клинья, обрезку колонны, монтаж второй секции колонной головки, монтаж уплотнения колонной головки, повторный монтаж и опрессовку

ПВО. Ожидаемая экономия времени может составить до 24—36 часов на скважину (в зависимости от конструкции). Решение о применении устьевого обвязки данного типа необходимо принимать с учетом региональных геолого-технических условий (отсутствует возможность натяжения обсадной колонны).

4. Следует отметить необходимость разработки и организации производства современного отечественного оборудования заканчивания и управления притоком скважин, расширения размерного ряда освоенных элементов оборудования в связи с расширением размерного ряда диаметров эксплуатационных колонн (эксплуатационных хвостовиков) при реализации проектов оптимизации конструкций скважин и бурения скважин СМД (фильтровые секции, секции фильтров с гравийной набивкой, заколонные гидромеханической активации и набухающие пакеры, устройства контроля притока, разрывные, шаровые и многоразовые муфты ГРП, компоновки и оборудования заканчивания, в том числе с проведением ГРП для скважин диаметров СМД и другие). В настоящее время поставки традиционно применяемого оборудования зарубежных производителей ограничены секционной политикой. Ряд моделей и типоразмеров освоены отечественными нефтесервисными компаниями, по ряду моделей и типоразмеров отечественные решения пока отсутствуют.

5. Необходимо отметить актуальность развития направления геомеханического моделирования, в том числе и для решения задач совершенствования конструкций скважин. Уточнение допустимой эквивалентной циркуляционной плотности и оптимизация профиля для ряда горизонтальных скважин с большим отклонением от вертикали на месторождениях Северного Каспия в результате работ по геомеханическому моделированию позволило пересмотреть диаметры используемых буровых долот и уменьшить диаметры обсадных колонн.

6. Восстановление практики введения и своевременной актуализации единых отраслевых базовых методик и требований к выполнению прочностных расчетов бурильных и обсадных колонн, колонн насосно-компрессорных труб.

С начала 2000-х годов в Российской Федерации прекращена практика установления и периодического обновления единых отраслевых нормативных документов на проектирование и производство основных технологических процессов (инструкции по креплению, испытанию/освоению скважин, испытанию обсадных колонн

на герметичность и др.) и методик по выполнению прочностных расчетов (инструкции по расчету бурильных колонн, обсадных колонн, колонн-насосно-компрессорных труб и др.). Введенные ранее документы не пересматривались, не учитывают применяемые современные технологии строительства скважин и технические характеристики современного оборудования и материалов, применяются проектными и производственными организациями в качестве документов рекомендательного характера. Производственными и проектными организациями с учетом региональных геолого-технических условий объектов производства работ разрабатываются локальные внутриведомственные нормативные документы, детально устанавливающие требования и порядок производства отдельных технологических процессов. Однако базовые общепромышленные методики и требования к выполнению прочностных расчетов колонн, определению минимальных запасов прочности целесообразно устанавливать и актуализировать единым общепромышленным документом.

7. Актуальной является задача повышения уровня автоматизации и цифровизации для проектирования технологических процессов. Необходимо осваивать и эффективно применять в производственных и образовательных процессах специализированное программное обеспечение для проектирования: технологических операций бурения и крепления; расчета отдельных специальных технологических операций (бурение на ГНКТ, бурение на обсадной колонне и др.); выбора схем и компоновок заканчивания, проектирования технологических процессов заканчивания; оптимизации расположения кустовых площадок и траекторий проводки скважин [12]. Наиболее распространенным для выполнения указанных задач является программное обеспечение (различные программные модули) Landmark компании Halliburton. Программное обеспечение отечественных производителей не располагает возможностью решения всего широкого спектра задач в области строительства скважин и работы с результатами проектирования в единой программной среде, направлено, как правило,

на решение отдельных задач, не имеет широкого распространения.

Заключение

Реализация рассмотренных задач и технологий, актуальных как для эксплуатационного, так и для разведочного бурения, позволяет существенно повысить эффективность и сократить сроки строительства скважин, что подтверждается опытом работы ведущих нефтегазовых компаний Российской Федерации. Критерии применимости и области эффективного применения той или иной технологии необходимо определять с учетом региональных условий объекта производства работ.

Работу по обеспечению эффективности строительства скважин необходимо проводить постоянно, оперативно реагируя на разработку новых технологий и оборудования, изменение доступного рынка оборудования и услуг, уточнение геологических данных, обновление нормативно-правовой базы и актуальные задачи производственной программы предприятия.

В настоящее время требуется актуализация базовых общепромышленных нормативных документов и методик по проектированию, выполнению прочностных расчетов и технологических процессов (операций) с учетом возможностей и технических характеристик современных технологий и оборудования.

Устойчивое развитие отрасли требует решения задач импортозамещения высокотехнологичного оборудования и инструмента, обеспечения технологического суверенитета в области современных передовых технологий, развитие собственных компетенций, в том числе в части научного и инженерного сопровождения и программного обеспечения.

Рассмотренные направления и технологии, их составные задачи, вопросы методического, инженерного и программного обеспечения их реализации могут быть потенциальными актуальными темами прикладных исследовательских и проектных работ, выпускных квалификационных работ студентов и диссертационных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакиров Д.Л., Бабушкин Э.В., Бурдыга В.А., Патрушев Д.Я., Детин М.В., Фаттахов М.М., Ковалев В.Н. Снижаем затраты — бурим малым диаметром // Нефтепромышленное дело. 2019. № 12 (612). С. 67—70. DOI: 10.30713/0207-2351-2019-12(612)-67-70
2. Бакиров Д.Л., Ковалев В.Н., Бондаренко М.С., Фаттахов М.М., Мазур Г.В., Бабушкин Э.В., Детин М.В., Антонов В.В. Эволюция конструкций горизонтальных скважин в Западной Сибири // Бурение и нефть. 2022. № 10. С. 3—6.

3. Бакиров Д.Л., Овчинников В.П., Фаттахов М.М., Овчинников П.В., Рожкова О.В., Бабушкин Э.В. Сооружение многоствольных (многозабойных) скважин с горизонтальным окончанием. // Нефтепромысловое дело. 2021. № 1(625). С. 64—69. DOI: 10.33285/0207-2351-2021-1(625)-64-69
4. Воеводкин В.Л., Лядова Н.А., Окромелидзе Г.В., Мещеряков К.А., Сунцов С.В., Мальков Ю.В. Опыт и перспективы строительства скважин малого диаметра на месторождениях ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь» // Нефтяное хозяйство. 2018. № 12. С. 98—102. DOI: 10.24887/0028-2448-2018-12-98-102
5. Герасимов Д.С., Овчинников В.П., Кузнецов В.Г., Овчинников П.В., Клещенко И.И., Спасибов В.М. Исследования напряжений крепи скважин при воздействии давления горных пород // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2018. № 5(131). С. 89—96. DOI: 10.31660/0445-0108-2018-5-89-96
6. Коровин И.Ю., Гилаев Г.Г., Коваль М.Е., Бутузов С.А., Богаткин С.В., Фомичев В.Е. Применение скважин малого диаметра для повышения рентабельности добычи остаточных извлекаемых запасов // Бурение и нефть. 2022. № 1. С.24—27.
7. Овчинников В.П., Валитов Р.Р., Хафизов А.Р., Салтыков В.В., Мулюков Р.А., Рожкова О.В., Овчинников П.В. Требования по управлению процессами строительства скважин: учебное пособие. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2021. 160 с. ISBN: 978-5-9961-2610-1
8. Овчинников В.П., Вяхирев В.И., Бастриков С.Н., Киреев А.М., Овчинников П.В., Рожкова О.В., Салтыков В.В. Современные технические средства для строительства скважин с различными геологическими условиями: учебное пособие. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2020. 209 с. ISBN: 978-5-9961-2244-8
9. Овчинников В.П., Овчинников П.В., Аксенова Н.А., Герасимов Д.С., Рожкова О.В., Полищук С.Т. Геолого-технические особенности залегания баженовских отложений месторождений Западной Сибири и оптимизация свойств буровой промывочной жидкости для их вскрытия // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2018. № 3(129). С. 54—63. DOI: 10.31660/0445-0108-2018-3-54-63
10. Овчинников В.П., Рожкова О.В., Бастриков С.Н., Леонтьев Д.С., Овчинников П.В. Технологические решения для строительства скважин на месторождениях высоковязких сланцевых углеводородов // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2021. № 3(147). С. 52—62. DOI: 10.31660/0445-0108-2021-3-52-62
11. Овчинников П.В. Строительство сверхглубоких скважин на месторождениях Оренбургского НГК // Бурение и нефть. 2004. № 3. С. 2—5.
12. Окромелидзе Г.В., Предеин А.А., Кучевасов С.И., Клыков П.И., Фрезе А.Э. Современный подход к проектированию строительства скважин и обустройства месторождений за счет оптимизации размещения кустовых площадок и профилей скважин на примере месторождений Пермского края // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2019. № 6. С. 66—69. DOI: 10.30713/2413-5011-2019-6(330)-66-69
13. Подымов Е.Д., Власова Ю.В., Васильев Э.П., Сулейманов И.З. Анализ эффективности использования скважин малого диаметра при разработке месторождений ОАО «Татнефть» // Сб. науч. трудов ТатНИПИнефть ОАО «Татнефть», Вып. № LXXVIII. М.: Изд-во ОАО «ВНИИОЭНГ», 2010, С. 161—167.
14. Рекин С.А., Нургалеев А.Р., Агишев А.Р., Якунин С.А., Марчук М.В. Современные технические решения для строительства скважин в трубной промышленности // Бурение и нефть. 2021. № 4. С. 27—28.

REFERENCES

1. Bakirov D.L., Babushkin E.V., Burdyga V.A., et al. Reduce costs — drill with a small diameter // Oilfield Engineering. 2019. No. 12 (612). P. 67—70 (In Russian). DOI: 10.30713/0207-2351-2019-12(612)-67-70
2. Bakirov D.L., Kovalev V.N., Bondarenko M.S., et al. Evolution of horizontal well designs in Western Siberia // Drilling and oil. 2022. No. 10. P. 3—6 (In Russian).
3. Bakirov D.L., Ovchinnikov V.P., Fattahov M.M., et al. Construction of multilateral (multihole/multibrahch) wells horizontal completion // Oilfield Engineering. 2021. No. 1(625). P. 64—69 (In Russian). DOI: 10.33285/0207-2351-2021-1(625)-64-69
4. Voevodkin V.L., Lyadova N.A., Okromelidze G.V., et al. Experience and prospect of slim hole construction on LUKOIL-Perm oilfields // Oil Industry. 2018. No. 12. P. 98—102 (In Russian). DOI: 10.24887/0028-2448-2018-12-98-102
5. Gerasimov D.S., Ovchinnikov V.P., Kuznetsov V.G., et al. Study of stresses on the crepe of wells under rocks pressure // Oil and Gas Studies. 2018. No. 5(131). P. 89—96 (In Russian). DOI: 10.31660/0445-0108-2018-5-89-96
6. Korovin I.Yu., Gilaev G.G., Koval M.E., et al. The use of small diameter wells to increase the profitability of the extraction of residual recoverable reserves // Drilling and oil. 2022. No. 1. P. 24—27 (In Russian).
7. Ovchinnikov V.P., Valitov R.R., Khafizov A.R., et al. Requirements for managing well construction processes: textbook. Tyumen: Industrial University of Tyumen, 2021. 160 p. (In Russian). ISBN: 978-5-9961-2610-1.
8. Ovchinnikov V.P., Viakhirev V.I., Bastrikov S.N., et al. Modern technical means for the construction of wells with different geological conditions: textbook. Tyumen: Industrial University of Tyumen, 2020. 209 p. (In Russian). ISBN: 978-5-9961-2244-8.

9. Ovchinnikov V.P., Ovchinnikov P.V., Aksenova N.A., et al. Geological and technical features of bazhenov formation in the territory of Western Siberia fields and the optimization of completion drilling fluid properties counter flow imbibition problem // Oil and Gas Studies. 2018. No. 3(129). P. 54—63 (In Russian). DOI: 10.31660/0445-0108-2018-3-54-63
10. Ovchinnikov V.P., Rozhkova O.V., Batrikov S.N., et al. Technological solutions for the construction of wells in the fields of high-viscosity shale hydrocarbons // Oil and Gas Studies, 2021. No. 3(147). P. 52—62 (In Russian). DOI: 10.31660/0445-0108-2021-3-52-62
11. Ovchinnikov P.V. Constructions of ultra-deep wells at in the fields of the Orenburg oil and gas complex // Drilling and oil. 2004. No. 3. P. 2—5 (In Russian).
12. Okromelidze G.V., Predein A.A., Kuchevasov S.I., et al. Modern approach to the design of wells construction and deposits development due to optimization of placement of cluster sites and wells profiles on the example of the Perm region deposits // Geology, geophysics and development of oil and gas fields. 2019. No. 6. P. 66—69 (In Russian). DOI: 10.30713/2413-5011-2019-6(330)-66-69
13. Podymov E.D., Vlasova Yu.V., Vasilyev E.P., et al. Analysis of the efficiency of using small diameter wells in the development of Open Joint Stock Company “Tatneft” fields // Proc. of the TatNIPIneft, Vol No. LXXVIII. Moscow: Open Joint Stock Company “VNIIOENG”, 2010. P. 161—167 (In Russian).
14. Rekin S.A., Nurgaleev A.R., Agishev A.R., et al. A modern technical solutions in the pipe industry // Drilling and oil. 2021. No. 4(625). P. 27—28 (In Russian).

ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Овчинников П.В. — разработал концепцию статьи, выполнил анализ, обобщение и систематизацию материалов для статьи, подготовил текст статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Сырчина А.С. — принимала участие в обобщении и систематизации материалов для статьи, подготовила текст статьи и согласна принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Pavel V. Ovchinnikov — developed the article concept, performed the analysis, generalization and systematization of materials for the article, prepared the text of the article and accepted the responsibility for all aspects of the work.

Anastasia S. Syrchina — participated in the generalization and systematization of materials for the article, prepared text of the article and agrees to take responsibility for all aspects of the work.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Овчинников Павел Васильевич — доктор технических наук, профессор кафедры современных технологий бурения скважин ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе». 23, ул. Миклухо-Маклая, г. Москва 117997, Россия e-mail: ovchinnikovpv@mgru.ru тел.: + 7 (925) 060-45-25 SPIN-код: 3845-5504 ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8546-1695>

Сырчина Анастасия Сергеевна* — старший преподаватель кафедры современных технологий бурения скважин ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе». 23, ул. Миклухо-Маклая, г. Москва 117997, Россия e-mail: syrchinaas@mgru.ru тел.: + 7 (977) 601-20-34 SPIN-код: 7739-0713 ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8287-6863>

Pavel V. Ovchinnikov — Dr. of Sci. (Tech.), Professor of the Department of Modern Well Drilling Technologies Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting. 23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia e-mail: ovchinnikovpv@mgru.ru tel.: + 7 (925) 060-45-25 SPIN-code: 3845-5504 ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8546-1695>

Anastasia S. Syrchina* — Senior Lecturer of the Department of Modern Well Drilling Technologies Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting. 23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia e-mail: syrchinaas@mgru.ru tel.: + 7 (977) 601-20-34 SPIN-code: 7739-0713 ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8287-6863>

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author