

Цифровизация бурения скважин

Well Drilling Digitalization

И.Ф. Рустамов, исполнительный директор по проектно-функциональному обеспечению активов ООО «Газпромнефть НТЦ»
 К.В. Кулаков, директор по развитию функции «Бурение и внутрискважинные работы» ООО «Газпромнефть НТЦ»
 С.А. Ильичев, заместитель генерального директора по строительству скважин ООО «Газпромнефть-Оренбург»
 В.В. Кульчицкий, президент АО «Научно-исследовательский и проектный центр газонефтяных технологий»

I.F. Rustamov, Executive Director for the Design & Functional Support of Gazpromneft STC, LLC Assets
 K.V. Kulakov, Director for Development of the "Drilling and Downhole Operations" Function of Gazpromneft STC, LLC
 S.A. Illichev, Deputy General Director, Well Construction, Gaspromneft-Orenburg, LLC
 V.V. Kulchitskiy, President of the R&D Center for Gas&Oil Tech JSC

С 2018 года ПАО «Газпром нефть» системно испытывает и внедряет цифровые технологии геосупервайзинга бурения скважин, открывающие новые возможности не только техники и технологии строительства скважин, но и в системе организации и управления буровым производством на месторождениях [1]. В настоящее время, по результатам первого в нефтяной отрасли тендера на услуги геосупервайзинга с управлением буровыми работами, на трех объектах ведется управляющий супервайзинг в едином пространстве инжиниринга подрядчиков – бурового экипажа.

Новая стратегия-2030 ПАО «Газпром нефть», направленная на повышение качества и скорости

Since the beginning of 2018, "Gazprom Neft" PJSC has been testing and implementing digital technologies and Geo-Supervision services during well drilling, which opens new potential for well construction techniques and the organizing and managing of drilling operations within the region [1]. Currently and following the results of the first, in the petroleum industries, tender for well drilling Geo-Supervision services, such managerial Geo-Supervision has been now implemented at three drilling sites, within the integrated engineering sphere of contractors and drilling crews.

The new strategy outlined by "Gazprom Neft", PJSC, for the period to 2030, is aimed at enhancing the quality and speed of decision-making through the introduction of digital

принимаемых решений через внедрение цифровых технологий, коррелируется с главной задачей – повышением эффективности прироста добычи нефти. Обеспечение роста объемов добычи нефти без радикального изменения техники и технологии бурения скважин требует, как минимум, удвоить парк буровых установок, что существенно снижает рентабельность разработки месторождений (рис.1).

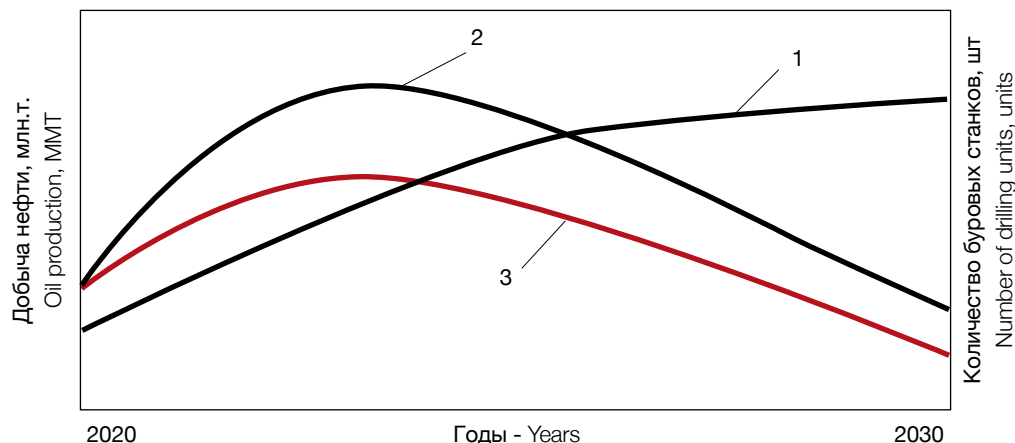


Рис.1: Рост объемов добычи нефти в зависимости от парка буровых установок: 1 - добыча нефти; 2 - парк буровых установок старой модели; 3 - парк автоматизированных буровых установок
Fig 1: Oil production increment compared with the drilling unit fleet: 1 – oil production; 2 – the fleet of old type drilling units; 3 – the fleet of automated drilling units

К тому же, тенденция увеличения длины горизонтального ствола приближает длину горизонтальных скважин в среднем к 4500 м. Требуется замена БУ на более грузоподъемные, что можно совместить с переоснащением парка на автоматизированные буровые установки (АБУ). В 2021 году бурение горизонтальных скважин превысит 50% от всего объема эксплуатационного бурения и продолжит расти [2].

Повышение уровня сложности скважин, особенно по проектам трудноизвлекаемых запасов нефти, в т.ч. из твердого органического вещества – керогена баженовской свиты, требует создания научно-обоснованных технологических решений оптимизации процессов бурения на основе адаптивной системы на единой цифровой платформе и мультидисциплинарного и кросс-функционального взаимодействия сотрудников подрядных организаций, участвующих в реализации буровых проектов [3, 4].

Для эффективного разбуривания месторождений и приращения добычи нефти без увеличения парка БУ, помимо переоснащения на АБУ, необходимы современные цифровые технологии, программное обеспечение, специалисты цифровых профессий и принципиально новая организация управления буровыми работами, основанная на интеграции геосупервайзинга с буровым экипажем в едином пространстве штаб-вагона.

Термины и определения, касающиеся буровой цифровизации, которым нет и трех лет, все увереннее

technologies, correlating with major task such increased oil production.

With current practices, achieving oil production growth without any radical change in drilling technique and technology, as a minimum, requires the doubling of the drilling unit fleet, which would considerably reduce the economic efficiency of field development (Fig.1).

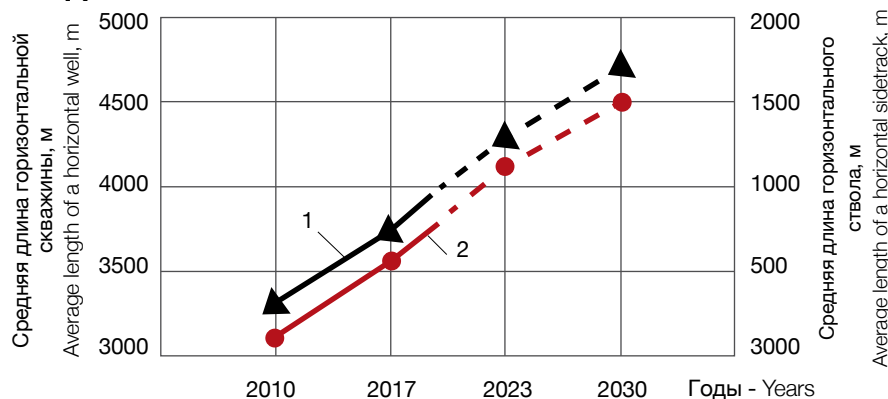


Рис.2: Рост средней длины горизонтального ствола (1) и скважины (2)
Fig 2: The increasing average length of horizontal borehole (1) and horizontal well (2)

Current trends show horizontal wells are increase in length to 4500 m. The replacement of the older drilling units with those more powerful rigs is required, and this can be combined with the reequipping of the existing fleet with automated drilling units (ADU).The drilling of horizontal wells is forecast to excess 50% of all the development drilling operations in 2021, and it will continue to grow. [2].

The higher level of well complexity, especially in the projects dealing with hard to recover oil reserves, including oil recovery from kerogen, a solid organic compound of the Bazhenov Suite, requires the development of science-coupled technological solutions for optimization of drilling

входят в научный и производственный лексикон [5]: **Цифровизация бурения** - эффективный путь повышения производительности труда на основе цифровой станции геолого-технологических исследований (ГТИ), управляемой геосупервайзером с буровым экипажем.

Геосупервайзер – специалист цифровой профессии на основе интеграции специальностей: геофизика геолого-технологических исследований скважин и буровой супервайзер.

Геосупервайзинг – буровой супервайзинг, интегрированный с цифровой станцией геолого-технологических исследований для объективного мониторинга состояния ствола скважины, оборудования и технологических процессов в реальном времени, и оперативного принятия решения непосредственно на объекте.

Буровой экипаж – коллектив представителей подрядных предприятий по направлениям инжиниринговой деятельности, объединяемый буровым супервайзером в упорядоченную иерархическую структуру с целью управления подготовительными работами к бурению, углублением скважины, геонавигацией, проработкой и промывкой ствола скважины, геофизическими и геолого-технологическими исследованиями, подготовкой ствола скважины к спуску обсадных труб, цементированием колонны и выполнением других операций в едином пространстве штаб-вагона.

Целью геосупервайзинга является повышение эффективности бурения нефтегазовых скважин за счет интегрирования сервисных подрядчиков переходом к цифровой системе управления производственными процессами на буровом объекте на инновационной платформе единого пространства взаимодействия подрядчиков, как бурового экипажа.

Основные задачи геосупервайзинга:

1. Повышение качества геолого-технологических исследований;
2. Повышение эффективности супервайзинга за счет высвобождения времени бурового супервайзера, затрачиваемого на отчетность;
3. Оптимизация отчетов служб ГТИ и супервайзинга за счет их интеграции;
4. Оптимизация взаимодействия персонала на буровом объекте на едином пространстве штаб-вагона;
5. Снижение аварийности и осложнений при эксплуатации бурового инструмента и формировании ствола скважины за счет программного обеспечения (ПО) мониторинга в

processes, based on a self-adapting system built on integrated digital platforms and multi-disciplinary and cross-functional interaction of all the employees of the contracted organizations, involved in the implementation of drilling projects [3, 4].

Complementary to reequipment of the drilling fleet with ADU's, to efficiently drill fields and increase oil production without any the need for additional drilling unit fleets, companies will need state of-the-art digital technologies, software, IT-specialists and a new approach to the managing of drilling operations, based on the integration of geosupervision and a drilling crew within the integrated space of a Mobile Operational Center.

Terms and definitions related to drilling digitalization, which are not more than three years old, are more and more commonly seen in the scientific and industrial lexicon [5]: **The digitalization of drilling** is an effective way to enhance labor efficiency, based on a digital station for mud logging, operated by a Geo-Supervisor and a drilling crew.

Geo-Supervisor is a specialist IT professional based on the integration of knowledge in the following specialties: geophysics of well mud logging and drilling supervision.

Geo-Supervision is the supervision of drilling, integrated with a digital station for mud logging, to provide an effective real time monitoring of bore-hole conditions, equipment and operating procedures, and real time on-site decision-making.

Drilling crew is a team composed of contractors' employees representing various specialties of engineering activities that are coordinated by a drilling supervisor into a hierarchical structure with the view to manage preparatory work prior related to drilling, well deepening, geosteering, borehole reaming and flushing, well logging and geotechnical studies and the preparation of well boreholes for the running the casing, cementing and implementation of other jobs within the integrated space of a Mobile Operational Center.

The goal of Geo-Supervision is to enhance the efficiency of drilling oil and gas wells by integrating service contractors into the process of transitioning to digital systems - to manage operating processes at a drilling site, based on innovative platform of integrated space and the interaction between contractors and a drilling crew.

The major goals of Geo-Supervision are as follows:

1. Enhancement of the quality of geotechnical studies;
2. Enhancement of the efficiency of Geo-Supervision due to the release of time which a drilling supervisor spends on reporting activity;
3. Optimization of reporting from well logging services and

реальном времени процессов на основе буровой геомеханики и «цифровых двойников» [6].

Пост геосупервайзинга укомплектован цифровой станцией ГТИ, соответствующей Национальному стандарту, и штаб-вагоном, функционально обеспечивающим единое пространство работы бурового экипажа.

Цифровая станция геосупервайзинга, разработанная на базе современных технологий, включает:

- цифровые датчики, способные хранить заводские калибровки и имеющие уникальные идентификаторы;
- цифровые технологии передачи данных, видеонаблюдения, телефонии;
- систему мониторинга технологических процессов и состояния бурового оборудования в реальном времени.

В системе сбора данных использовано только защищённое лицензионное кроссплатформенное программное обеспечение. Цифровая станция геосупервайзинга контролирует качество и достоверность материала (нередатируемая база данных кодов АЦП датчиков, GPS/Глонасс синхронизация времени сбора данных, регистрация событий и состояния сервера сбора и др.). Конфигурируемый модуль работы с WITS и WITSML протоколом работает как на передачу данных, так и на приём для интеграции в систему сбора данных сторонних устройств и служб (станций контроля цементирования, геофизических исследований, геонавигации и др.) с возможностью визуализации данных всех участников процесса, в том числе на мониторе бурильщика.

Цифровая станция геосупервайзинга имеет возможность:

- Удалённого управления и настройки системы сбора информации. База данных оптимизирована для хранения подобного рода информации на дисках, а также для передачи данных при малой пропускной способности Интернет канала.
- Выгрузки и синхронизации данных проекта в облако. Производить резервное копирование данных проекта с настраиваемой периодичностью на любые компьютеры, находящиеся в текущей локальной сети.

Цифровая станция геосупервайзинга:

- обеспечена цифровой переговорной системой всех участников процесса (в том числе бурильщика и удалённых пользователей) с возможностью как абонентских сообщений, так и селекторной связи, а также с функцией записи всех разговоров.
- оснащена системой с активной дегазацией

Geo-Supervision, due to their integration;

4. Optimization of the interaction between employees at a drilling site due to the integrated space of a Mobile Operational Center;
5. Reduction of Non-Productive Time during the operating of drilling equipment and well bore design due to software, which enables real-time monitoring of processes, based on drilling geomechanics and “digital duplexes” [6].

Geo-Supervision mobile station is equipped with a digital well logging station, matching the national standard and a Mobile Operational Center which provides an integrated space drilling crews to work from.

The Geo-Supervision Digital Station elaborated on the basis of modern technologies, includes:

- digital sensors, capable of storing factory calibration and having unique identifying codes;
- digital technologies for data communications, video monitoring, telephony;
- a system for real-time monitoring of operating procedures and the monitoring the condition of drilling equipment.

The system of data gathering includes only protected and licensed cross-platform software. The Geo-Supervision Digital Station monitors the quality and consistency of data (AD converter database codes which are not editable, GPS/ Glonass data gathering time synchronization, registration of events, and the status of data gathering server, etc.). The configured module of handling the WITS and WITSML protocols works both for data transfer and for data reception, to integrate outside communication devices and services into the data gathering system (cementing monitoring station, well logging, geosteering, etc) with the possibility of viewing data from all the participants within the process, including the data on a driller’s display.

The Geo-steering digital station has the following capacities:

- Remote monitoring and control of the data gathering system. The database is optimized for storing information on hard drives, as well as for data transfer through low bandwidth Internet-connection channels.
- Uploading Project data into a cloud system and synchronizing them there. The regular back-up of project data for any computers, connected to a local area network.

The Geo-Supervision Digital Station is:

- equipped with digital talk-over system for the participants involved in the process (including the driller and off-site users) with the possibility of both direct phone communications and intercom telephony, including the function of recording conversations.
- Equipped with the system of active degasation of mud in the explosion-proof version.

- раствора во взрывозащищённом исполнении.
- исключает потери данных при перебоях с линией связи до буровой либо с проблемами сервера регистратора длительностью не менее 1 часа (буферизация данных в регистраторах на буровой).

Для повышения эффективности управления сервисными подрядными предприятиями 02 апреля 2019 г. начались опытно-промышленные испытания геосупервайзинга интегрированием штаб-вагона, цифровой станции ГТИ и супервайзинга. Тайлаковское нефтяное месторождение, со сложным для бурения геологическим разрезом, расположено в пятистах километрах от основной базы ПАО «Славнефть-Мегионнефтегаз» и функционирует практически автономно, что требует особой ответственности буровиков. Их квалификация должна быть высокой для поддержания безаварийного бурения глубоких скважин высокого уровня сложности с протяженным до километра горизонтальным стволом в юрских пластах.

Запуск Цифрового геосупервайзинга на базе штаб-вагона с буровым экипажем произвели из офиса ООО

- Capable to exclude any data loss during cut-offs at the drilling site communication line, or during any problems with the server of datalogger, for at least 1 hour (data buffering in data loggers at drilling sites).

To increase the efficiency of managing contracted service companies, pilot testing of Geo-Supervision was launched on the 2nd of April, 2019, integrating a Mobile Operational Center, well logging digital station and supervision.

The Tailakovskoye oil field, has a complex geology for drilling, is located five hundred kilometers from the operations base of "Slavneft-Megionneftegas" PJSC, and functions practically in an off-line basis, which requires separate liability from drilling people.

Their qualification must be high enough to maintain failure-free drilling of deep wells with a high level of complexity, with a horizontal sidetrack extending up to one kilometer through Jurassic formations.

The launch of the digital supervision on the basis of a Mobile Operational Center and a drilling crew was carried out from the office of "Gaspromneft STC", LLC by



Рис. 1: Запуск Цифрового геосупервайзинга на базе штаб-вагона с буровым экипажем. И.Ф. Рустамов (справа), исполнительный директор по проектно-функциональному обеспечению активов ООО «Газпромнефть НТЦ» и В.В. Кульчицкий (слева), президент АО «Научно-исследовательский и проектный центр газонефтяных технологий»

Pic 1: Launch of digital supervision on the basis of a headquarter vehicle with a drilling crew. I.F. Rustamov (on the right), Executive director for design-and-functional support of the Gaspromneft STC, LLC assets and V.V. Kulchitskiy (on the left), President of the Research and Design Center for Gas and Oil Technologies”

«Газпромнефть НТЦ» И.Ф. Рустамов, исполнительный директор по проектно-функциональному обеспечению активов ООО «Газпромнефть НТЦ» и В.В. Кульчицкий, президент АО «Научно-исследовательский и проектный центр газонефтяных технологий», научный руководитель разработки цифровых технологий управления строительством скважин (рис. 1).

Интегрированный сервис предполагает переход представителей сервисных подрядчиков (бурового экипажа) из своих удаленных от буровой вагон-домов в Штаб-вагон с открытой планировкой. Переход продиктован целесообразностью взаимодействия и работы бурового экипажа в едином пространстве при выполнении подготовительных работ к бурению, углублению, проработке и промывке ствола скважины, геонавигации, геофизических и геолого-технологических исследованиях, подготовке ствола, спуске и цементировании колонны обсадных труб. Штаб-вагон находится в ряду с буровой установкой, существенно экономит площади, обеспечивает рост эффективности работы специалистов [7]:

В первой секции младший геосупервайзер совместно с инженером по буровым растворам исследует шлам, собирает, анализирует и хранит геологические данные.

Во второй секции геосупервайзер управляет цифровой станцией ГТИ, анализирует информацию и совместно с супервайзером принимает оперативные решения.

В третьей секции рядом с супервайзером расположено рабочее место бурового мастера, за ним геонавигаторы со станцией управления траекторией ствола скважины. Предусмотрены рабочие места для стажеров-молодых специалистов и испытателей новых технологий.

Все задействованные на буровом объекте подрядчики делегировали специалистов в штаб-вагон для выполнения сервисных услуг, группового обсуждения и детального анализа принимаемых оперативных решений. Совместная работа в штаб-вагоне стимулирует активное взаимодействие сервисных подрядчиков и оперативный обмен достоверной информацией. Цифровые датчики обеспечивают высокоточный контроль геолого-технологических параметров строительства скважины с минимальными погрешностями измерений, а программные средства своевременно сигнализируют об отклонениях и оптимизируют процесс подготовки отчетных материалов. Работа на едином пространстве вовлекает сотрудников в обмен мнениями при

I.F. Rustamov, Executive Director for design-and-functional support of the “Gaspromneft STC”, LLC assets, and V.V. Kulchitskiy, President of the “Research and Design Center for Gas and Oil Technologies”, the research supervisor for development of digital technologies applied in well construction management (Fig. 1).

The integrated service means transition of the employees representing service contractors (a drilling crew) from their distant drilling site vehicles to a Mobile Operational Center with an open layout. Such transition is imposed with the expediency of interaction between the members of a drilling crew within an integrated space, when preparatory work is carried out for drilling, well deepening, reaming and flushing operations, geosteering, geophysical studies and well logging, for preparation of a well borehole for running the casing and for cementing operations. The Mobile Operational Center is placed next to a drilling unit; it significantly saves space, providing some increase in operating efficiency of specialists [7].

In the first phase, an assistant Geo-Supervisor works jointly with a drilling fluid engineer who examines boring sludge, and gathers, analyses and stores geologic data.

In the second phase, a Geo-Supervisor operates the digital well logging station, analyses information, and, jointly with a supervisor, makes operating decisions.

In the third phase, a drilling foreman's workstation is located next to the supervisor, and next to them, the geosteering engineers have space with their well trajectory control station. Workspaces for young specialists as probationary employees and new technology test engineers are also provided here.

All of the contractors, involved in the work on the drilling site, will delegate their specialists to work within the Mobile Operational Center to perform their services, jointly discuss any operating decisions being made, and analyze them. The joint work within the Mobile Operational Center inspires active interaction between the service contractors, and it also stimulates the exchange of reliable information. Digital sensors provide high-precision control of all the well operation parameters used in the process of well construction with a minimal measurement errors, while software tools, in due time, signal about any deviations, and optimize the process of preparing and reporting materials. The work within an integrated space allows deeper communications between during “brain storming” session, letting them quickly resolve business problems and make operating decisions. A supervisor in such Mobile Operational Center creates an atmosphere of fellowship, choosing a format of communication to meet production objectives, while the electronic telecommunication facilities serve as tools for coordination of key decisions with headquarters of a customer. (Fig. 1, a).



Рис. 2: Штаб-вагон. а) «мозговой шторм» при выборе верного решения; б) рабочая обстановка на едином пространстве
 Pic 2: In the headquarters vehicle a) "Brain storm" went on to choose the correct decision; b) Working environment within the integrated space

«мозговом шторме», позволяет быстро решать деловые вопросы и оперативно принимать решения. Супервайзер в штаб-вагоне создает обстановку «чувства локтя», выбирая формат общения для решения производственных задач, а электронные средства связи служат для согласования необходимых решений с центрами управления заказчика (рис. 2, а).

При достижении проектной глубины, геолог Центра управления бурением нефтяной компании на основе шламogramмы и каротажа телеметрической системы, показывающих высокие фильтрационно-емкостные свойства вскрываемого нефтяного пласта, дал команду рассмотреть возможность удлинения девятисотметрового горизонтального ствола на 200-300 метров. Буровой экипаж в составе супервайзера, бурового мастера, геосупервайзера, инженера по буровым растворам, геонавигатора и инженера технического предела приступили к принятию решения (рис. 2, б):

В результате пятиминутного «мозгового шторма» экипажем установлены следующие граничные

As the target depth of the well was reached, the geologist in the oil company's Drilling dispatch room, going by the well logging sludge data and well logging telemetry, which indicated high permeability and porosity of the penetrated oil bed, gave orders to consider chances of extending the 900 meter horizontal sidetrack by 200 or 300 meters. The drilling crew, composed of a supervisor, drilling foreman, Geo-Supervisor, drilling fluid engineer, geosteering engineer, and production technical limit (PTL) engineer entered upon this decision making (fig. 2, b):

As a result of the five-minute "brain storming" session, the following limiting conditions were determined by the crew, and the following risks were outlined in case such orders were implemented:

Supervisor: the drilling unit is not equipped with any top drive system, which complicates shaping the well shaft and provision of face output, and this increases the risk of sticking problems.

Drilling foreman: it is necessary to order the delivery of supplementary drilling equipment and the casing for liner

условия и определены риски при выполнении указания:

Супервайзер: буровая установка не оснащена системой верхнего привода, что усложняет формирование ствола скважины и доведение нагрузки на забой, повышает риски прихвата инструмента.

Буровой мастер: необходимо заказать дополнительный бурильный инструмент и обсадную колонну под хвостовик, на что требуется время. Инженер по буровым

растворам: для уменьшения плотности нужно подготовить 40 кубометров бурового раствора. **Геосупервайзер:** Увеличится время бурения до полутора суток и необходимо запланировать дополнительную шаблонировку ствола скважины.

Well No	Type	MD, m	Drilling time, days		Operations with considerable lead over schedule	Factors causing lead over schedule
			Target	Actual		
1	HHC-1 (Deviated well-1)	2894	12,01	9,63	1. Drilling in the intervals: 50-700 m, 700-2894 m 2. Flushing (in the intervals) 3. Running the casing 0-700 m, 0-2894 m	Reliable online data entry, well coordinated team work of the drilling crew, direct interaction between geosupervisor and telemetry engineers, etc.
2	ГС-2 (Horizontal well-2)	4192	26,82	26,82	1. Drilling in the intervals: 0-714 m, 714-2830 m, 3262-3312 m, 3312-3595 m, 3595-3878 m, 3878-4162 m. 2. Flushing (in the intervals) 3. Running the casing 0-714 m, 0-3262 m	Control of flushing regimes, performed by geosupervisor, recalculation of the circulation required time etc.
3	ГС-2 (Horizontal well-2)	3763	38,63	36,29	1. Drilling in the intervals: 0-715 m, 2200-3200 m, 3141-3191 m, 3191-3241 m, 3242-3492 m, 3492-3741 m. 2. Flushing (in the intervals) 3. Running the casing	Availability of optional process variable data, continuous control, carried out by a geosupervisor in the headquarter vehicle, with regard to casing makeup torque, etc.
4	HHC-2 (Deviated well -2)	3160	20,40	20,38	1. Drilling in the interval: 0-723m 2. Running the casing 0-723m	

Total reduction of well construction period, days **5,85**

Table 1

string, which would require some time.

Drilling fluid engineer: it is necessary to prepare 40 cubic meters of drilling fluid to reduce the density.

Geo-Supervisor: Drilling time is going to increase by a day and a half, and it is necessary to schedule additional calliper of the well shaft.

№ скв	Тип	Забой, м	Время бурения, сут		Операции со значительным опережением графика	Причины опережения графика
			план	факт		
1	ННС-1	2894	12,01	9,63	1. Бурение в интервалах: 50-700 м, 700-2894 м 2. Промывка (на интервалах) 3. Спуск ОК 0-700 м, 0-2894 м	Достоверные исходные данные online; слаженная работа бурового экипажа; очное взаимодействие геосупервайзера и инженеров по телеметрии и др.
2	ГС-2	4192	26,82	26,82	1. Бурение в интервалах: 0-714 м, 714-2830 м, 3262-3312 м, 3312-3595 м, 3595-3878 м, 3878-4162 м. 2. Промывка (на интервалах) 3. Спуск ОК 0-714 м, 0-3262 м	Контроль геосупервайзером режимов промывки, пересчет необходимого времени циркуляции и др.
3	ГС-2	3763	38,63	36,29	1. Бурение в интервалах: 0-715 м, 2200-3200 м, 3141-3191 м, 3191-3241 м, 3242-3492 м, 3492-3741 м. 2. Промывка (на интервалах) 3. Спуск ОК	Наличие опциональных данных по технологическим параметрам; непрерывный контроль геосупервайзером в штаб-вагоне момента свинчивания труб и др.
4	ННС-2	3160	20,40	20,38	1. Бурение в интервале 0-723 м 3. Спуск ОК 0-723 м	

Суммарное сокращение срока строительства, сут. **5,85**

Таблица 1

Четкая аргументация, основанная на расчетах и производственном опыте членов бурового экипажа, позволила отказаться от удлинения горизонтального ствола и исключить явные риски осложнений или аварий. При добурировании квадрата действительно стал зависать инструмент и проходка уменьшилась.

Первая наклонно-направленная скважина пробурена за 9,6 суток с опережением графика на 2,4 суток. Вторая горизонтальная скважина глубиной 4192 м и длиной горизонтального ствола 962 м пробурена с ускорением 1,1 суток (табл. 1). Получены результаты ОПИ геосупервайзинга на кусту № 88 Тайлаковского

Neat arrangement of arguments, based on calculations and field experience of the drilling crew members, made it possible to give up the idea of extending the horizontal sidetrack and exclude the vivid risks of complications and breakdowns. Indeed, when the drilling was carried out, tools had seizure in place and the drilling footage went down.

The first deviated well was drilled for 9.6 days with the lead over work schedule by 2.4 days. The second horizontal well, 4192 m deep, having the length of horizontal sidetrack of 962 m was drilled with acceleration of 1.1 days (see Table 1). The following outcomes of the Geo-Supervision pilot test were obtained at the well pad #88 of the Tailakovskoye field, according to the minutes of the scientific and technical council meeting dated 16.07.2019: well construction period was reduced, the quality of drilling operations increased, complications and breakdowns were avoided, and probability of any technological and managerial risks has considerably decreased.

месторождения, согласно протоколу научно-технического совета от 16.07.2019 г.: сокращение сроков строительства скважин, повышение качества буровых работ, исключение осложнений и аварий, значительное снижение вероятности технологических и управленческих ошибок.

При переходе на цифровой технологический уровень при бурении скважин решающим фактором является апробирование новых технико-технологических решений, программного обеспечения, коммуникаций, логистики и подготовка непосредственных исполнителей буровых работ (буровой бригады и сервисных подрядчиков). Геосупервайзинг на базе штаб-вагона обеспечивает супервайзеру эффективное управление буровым производством за счет перераспределения полномочий специалистов на буровом объекте, единого управления процессами и оперативного принятия решений. Ключевые показатели эффективности управляющего геосупервайзинга:

1. Освобождение супервайзера от канцелярской работы.
2. Исключение манипуляции сервисов с документами и информацией.
3. Все подрядчики находятся в поле зрения: видно кто чем занимается и насколько загружен.
4. Минимизация времени на принятие решений.
5. Получение интегрированных знаний смежных сервисов.
6. Создание среды, благоприятной для обеспечения испытаний новой техники и технологий.
7. Формирование условий цифрового дистанционного интерактивно-производственного обучения кадрового резерва ПАО «Газпромнефть» и буровых сервисов.

Взаимодействие специалистов сервисных предприятий при геосупервайзинге строительства скважин осуществляется на основе регламента, устанавливающего единые требования для специалистов подрядных организаций, участвующих в геосупервайзинге буровых работ в составе бурового экипажа.

Выводы:

1. Промышленное применение геосупервайзинга формирует высококвалифицированные коллективы специалистов, владеющих расширенными лидерскими и управленческими навыками и обладающих междисциплинарными компетенциями в технике и технологии бурения, в т. ч. со знаниями в области цифровизации геофизических исследований, геонавигации и автоматизации.

2. Пост геосупервайзинга максимально благоприятствует испытанию новой техники и

A determining factor, when transitioning to digital technologies, is testing new technical and technological solutions, software, communications, logistics and the training of drilling operation employees (drilling crew and service contractors). The geo-supervision, employing a Mobile Operational Center, makes it possible for a supervisor to efficiently manage the drilling procedures due to reallocation of authorities of the specialists involved in the work on a drilling site, due to integrated management of the processes, and operative decision-making.

Key Performance Indicators of the managerial Geo-supervision:

1. Freeing of a supervisor from deskwork.
2. Ruling out any paperwork or data manipulations on the part of service contractors.
3. All contractors are in sight: it is clear who is busy with what and how much.
4. Minimized time for decision-making.
5. Obtaining integrated knowledge of allied services.
6. Creation of an environment, which is friendly to testing new equipment and technologies.
7. Forming conditions for digital long-distance interactive training on the job for the personnel reserve of "Gasprom Neft", PJSC and drilling services.

Interaction between specialists of service companies, participating in well construction under geosupervision, is carried out on the basis of regulations setting standard requirements for specialists of contracted organizations, involved in geosupervision of drilling operations as part of a drilling crew.

Conclusions:

1. Field application of geosupervision forms highly-qualified teams of specialists having advanced leadership and management skills and competencies in techniques and technology of drilling, including expertise in the field of digitalization of well logging, geosteering and automation.
2. The mobile station of geosupervision as much as possible contributes to testing new equipment and technologies of well drilling, software, well casing program and design, well construction elements and infrastructure, including forms of labor management and production control, i.e. performing the functions of a drilling test site.
3. The geosupervision station is initially used as a digital Test site for long-distance interactive training of students on the job, for probation of young specialists and for additional occupational training.
4. Equipping a Mobile Operational Center with instrumentation for video conference calls would enable holding meetings with the office and drilling crew.

технологий бурения скважин, программного обеспечения, конструкции и архитектуры стволов скважин, объектов и элементов инфраструктуры строительства скважин, в том числе форм организации труда и управления производством, т.е. выполнению функций бурового испытательного полигона.

3. Пост геосупервайзинга изначально используется как цифровой Полигон дистанционного интерактивно-производственного обучения студентов, стажировки молодых специалистов и дополнительного профессионального образования.

4. Оснащение штаб-вагона оборудованием для видео-конференц-связи позволит проводить совещание с офисом и буровым экипажем.

5. Цифровизация бурения скважин подготовит переход буровых подрядчиков и сервисных предприятий на автоматизированные буровые установки и обеспечит рентабельный рост добычи нефти.

Список используемой литературы:

1. Ильичев С.А., Кульчицкий В.В., Спиридонов В.П. и др. Цифровой геосупервайзинг бурения оптимизированного дизайна скважин. Нефтяное хозяйство. № 1-2019. С.10-13.
2. RPI: Динамика рынка бурения в 2017 году внушает оптимизм. ROGTEC. Апрель 24, 2018. С. 16-27.
3. Билинчук А.В., Рустамов И.Ф., Булгаков Е.Ю. и др. Принципы построения интегрированных систем управления операционной деятельностью на примере центра управления бурением группы компаний «Газпром нефть». ROGTEC. Российские нефтегазовые технологии. №54 - сентябрь 2018. С. 36-44.
4. Кульчицкий В.В., Пархоменко А.К., Ильичев С.А. и др. Адаптивная система управления бурением скважин на базе единой цифровой платформы. Патент на изобретение RU №2703576. Приоритет от 18.01.2019.
5. Кульчицкий В.В. Супервайзинг строительства нефтяных и газовых скважин. Производственно-практическое издание. М.: Вече. 2019. 367 с.
6. Кульчицкий В.В., Ильичев С.А., Насери Я.С., Демин М.Д. Исследования зависимости крутящего момента от реактивных сил, действующих на замковые резьбовые соединения бурильных труб. Газовая промышленность. № 1 – 2020.
7. Кульчицкий В.В., Ильичев С.А., Александров В.Л. и др. Буровой экипаж. Учебно-научный фильм. Лаборатория мультимедиа АО «НИПЦ ГНТ». 2019.

5. Digitalization of well drilling would prepare the transition of drilling contractors and service companies to the use of automated drilling units and would provide cost-effective oil production growth.

List of References:

1. S.A. Ilichev, V.V. Kulchitskiy, V.P. Spiridonov and others. "Digital Geosupervision of Optimized Well Design Drilling". Neftyanoye Khozyaistvo, #1-2019, pp.10-13.
2. RPI: Dynamics of the drilling market in 2017 inspires optimism. ROGTEC. April 24, 2018, pp. 16-27.
3. A.V. Bilinchuk, I.F. Rustamov, E.Yu. Bulgakov, and others. "Principles of Building Integrated Systems for the Management of Operating Activities by the Example of a Drilling Control Center of the "Gasprom neft" company grouping". ROGTEC. Russian oil and gas technologies. #54 – September 2018, pp.36-44.
4. V.V. Kulchitskiy, A.K. Parkhomenko, S.A. Ilichev and others. "Adaptive System of Well Drilling on the Basis of Integrated Digital Platform. Patent for Invention RU №2703576. Priority dated 18.01.2019.
5. V.V. Kulchitskiy "Supervision of the Oil and Gas Well Construction". Practical field publication. M. Veche. 2019, 367 p.
6. V.V. Kulchitskiy, S.A. Ilichev, Ya.S. Naseri, M.D. Demin "Research of Correlation between the Torque Moment and the Reacting Power Forcing on the Tool Threaded Joints of Drilling Pipes". Gazovaya Promyshlennost' #1 – 2020.
7. V.V. Kulchitskiy, S.A. Ilichev, V.L. Alexandrov and others. "Drilling Crew" Popular Science film. "Multimedia laboratory of NIPTs GNT, 2019.

