

# Оптимизация буровых работ на Салымском месторождении – интеграция лучших российских методик с передовыми западными технологиями

Куус Куул, Руководитель Отдела проектирования скважин, Салым Petroleum Development (СПД)



## Optimizing Drilling Performance in Salym - The best of Russia meets the best of the West

Koos Koole, Well Engineering Manager Salym Petroleum Development

Перед тем как в апреле 2004 г. начались буровые работы, были проанализированы российские буровые методики, оборудование и материалы. Проведение анализа заняло около года и включало регулярные выезды на объекты в Сибирь. На основе результатов проведенного анализа была разработана стратегия строительства скважин, которая предусматривала широкое использование российских буровых материалов, современного бурового оборудования российского производства, включая буровые установки Уралмаш БУ3900 и БУ4500, и сервисных услуг российских компаний, а также сочетание их с западным оборудованием и услугами, которые позволят добиться максимальной эффективности при строительстве скважин. В качестве примера можно привести применение верхних приводов, оборудования очистки бурового раствора, высокоеффективных забойных двигателей и систем телеметрии в процессе бурения западного производства.

Буровые установки работают по контрактам с поденной оплатой. Отдел проектирования скважин СПД способствует оптимизации буровых работ и мероприятий по технике безопасности и охране окружающей среды за счет внедрения фирменного процесса компании Шелл "Drilling the Limit" (Оптимизация конструкции и режимов бурения, снижение затрат на строительство скважины).

Двухлетний опыт бурения на Салымском месторождении продемонстрировал значительные преимущества, обеспечиваемые за счет тщательного выбора стратегии строительства скважин, что позволило добиться максимальной эффективности при одновременном снижении стоимости буровых работ и природоохранных мероприятий.

В конце 2002 г. оба акционера совместного предприятия СПД выразили твердое намерение разрабатывать Западно-Салымское, Верхне-Салымское и Вадельское месторождения. В сентябре 2003 г. было принято окончательное решение об инвестициях.

Before drilling operations started in April 2004, the Russian well construction practices, materials and drilling equipment were studied. The study lasted for about one year and involved frequent site visits to Siberia. Based on the findings, a well construction strategy was developed that is based largely on Russian well construction materials, top end Russian drilling equipment, such as the Uralmash BU 3900 and 4500 drilling rigs, Russian Oil field services, and combines them with those Western services and equipment that offer a clear advantage on overall drilling performance. Examples are utilization of Western top drives, solids control equipment and performance downhole motors and MWD systems.

The rigs are operating on day rate contracts, with the SPD well engineering department driving the operational and HSE performance through the strict application of the Shell Trademarked "Drilling the Limit" performance process.

After 2 years of drilling it has become clear that this carefully selected well construction strategy brought SPD best in class drilling and HSE performance.

At the end of 2002 it became clear that both shareholders of the SPD Joint Venture had a firm desire to develop the West Salym, Upper Salym and Vadelyp oil fields. The Final Investment Decision (FID) was made in September 2003. The task that lay ahead for the Well Engineering department was to drill and complete more than 500 wells over a 6 year period. In the Joint Venture agreement it was stipulated that Shell quality and HSE standards apply for SPD. License commitments forced a rapid mobilization during the 2003/2004 winter period and drilling began in West Salym and Upper Salym in April and June 2004 respectively.

In order to achieve the targets set by both shareholders, the low cost culture applied in many Russian drilling operations had to be combined with increased well quality, improved drilling performance and improved

Перед Отделом проектирования скважин встала задача в течение 6 лет пробурить и запустить в эксплуатацию свыше 500 скважин. В соглашении о создании совместного предприятия (СП) было заявлено о том, что при осуществлении своей деятельности СПД будет использовать стандарты Шелл по качеству работ, технике безопасности и охране окружающей среды. В соответствии со взятыми на себя по лицензионному соглашению обязательствами СПД пришлось в зимний период 2003-2004 гг. быстро провести подготовку к началу работ и уже в апреле начать бурение на Западно-Салымском, а в июне - на Верхне-Салымском месторождениях.

Для достижения поставленных акционерами целей, пришлось находить баланс между стремлением российских буровых компаний к снижению затрат на выполнение буровых работ и необходимостью повышения качества скважин, увеличением эффективности бурения, улучшению мероприятий по технике безопасности и охране окружающей среды. Для этого была разработана новая стратегия проектирования скважин, которая предусматривала обеспечение ожидаемых акционерами СПД параметров строящихся скважин.

## Традиционные методики выполнения буровых работ в Сибири

Первым шагом в разработке стратегии бурения на Салыме стал анализ традиционно использовавшихся в Западной Сибири методик выполнения буровых работ, технологий бурения, правил и мероприятий техники безопасности для буровых операций. Были проанализированы буровые работы на некотором количестве буровых установок, все из которых кроме одной были стандартными станками типа Уралмаш БУ3000.

Разница между бурением в Западной Сибири и работой наземной буровой установки на Западе является весьма значительной и характеризуется различиями в организации процесса бурения, используемых буровых технологиях и оборудовании. Несомненно, при работе в Западной Сибири буровые технологии и оборудование оптимизировались в течение многих лет по мере накопления опыта и строительства десятков тысяч скважин преимущественно в болотистых местностях и в суровых климатических условиях с диапазоном температур от 35°C до 50°C. Однако, было отмечено, что при бурении многих скважин здесь не использовались последние западные технологические разработки в области бурения.

Ниже приведены особенности буровых работ в Западной Сибири, которые были отнесены к положительным моментам:

- Эшелонная конфигурация буровых установок для кустового бурения, облегчающая сдвижку буровой на следующую скважину
- Компактное расположение модулей буровой установки, способствующее ее эффективному утеплению
- Энергоснабжение установки обеспечивается через навесные линии электропередач
- Хорошая механизация работ на роторной площадке
- Высококвалифицированный, опытный и трудолюбивый персонал
- Тщательно разработанная Ростехнадзором система обеспечения безопасности работ и охраны окружающей среды

Ниже перечислены отрицательные моменты:

- Однокоростные маломощные двухцилиндровые буровые насосы и однокоростная буровая лебедка
  - Отсутствие возможности эффективного вращение бурильной колонны
  - Долгий и плохо организованный переход с одного куста на другой
  - Буровые бригады не закреплены за конкретными буровыми установками
  - Буровые установки не всегда принадлежат буровым подрядчикам
  - Зачастую недостаточно эффективное техобслуживание и низкое качество ремонта бурового оборудования
  - Малоэффективное оборудование очистки бурового раствора
- Конструкции бурившихся в Западной Сибири скважин считались оптимизированными, однако удаление забоя скважины от вертикальной линии и контроль направления были осложнены

HSE performance. A new well engineering strategy was therefore developed that supported the delivery of the wells in accordance with shareholder expectations.

## Traditional drilling operation in Siberia

The first step in the development of the drilling strategy for Salym was to inventorise the drilling techniques, drilling technologies, safety systems and organizations used in typical West Siberian operations.

A number of drilling operations were scouted and all but one of them operated the traditional Uralmash BU3000 rigs.

The differences between West Siberian and typical land drilling operations in the West are fundamental and abundant in terms of organization, technology and equipment.

It was recognized that the technology and equipment used in Siberia has been optimized through years of experience in drilling tens of thousands of wells in the prevailing marshland conditions and West Siberian climate with temperatures varying from plus 35 to minus 50 deg C. However, it was noted that many operations had not benefited from the latest improvements available in the global drilling industry.

The following items were seen as positive features applied in West Siberian drilling operations:

- The general pad drilling rig lay out (single train, easy to move from well to well)
- The compact rig lay out making effective winterization possible
- Electricity supply through overhead power lines
- Largely automated rigfloor
- Highly skilled and motivated workforce
- Well documented and highly developed Rostechnadzor HSE management system

The following were the main negative features observed:

- Single speed low power duplex pumps and single speed drawworks
- Inability to effectively rotate the drill string
- Cumbersome pad to pad movement
- Crews not allocated to a specific rig
- Rigs not owned by drilling contractor
- Often deficient maintenance and substandard state of repair of the rigs
- Poor solids control equipment

The well design in Western Siberia were considered optimized, but vertical step out and directional control was very limited due to the inability to effectively rotate the drill string, use of roller cone bits on turbines and the use of single shots to directionally control the well. This drilling method involves frequent round trips. Advanced Measuring While Drilling (MWD) systems in combination with high power downhole motors were used in Western Siberia but all too often drilling performance was disappointing due to the inability of the undersized rig pumps to deliver the required hydraulic power to the downhole motor and the high solids content in the drilling fluid.

Drilling rates through the soft West Siberian formations on the well with small outstep were very high, and together with the low base cost of the rig and drilling services resulted in wells delivered at a very competitive price. Many wells had high downhole position uncertainty, a high dogleg well shape, and cement quality issues. This resulted in higher OPEX costs and reduced oil recovery rates from the reservoir.

BU 3000 rigs are of old design and many of those seen suffered from lack of maintenance. The crews were very skilled and more than aware of the occupational risks. As a result the safety performance on these rigs was generally much better than expected. The Rostechnadzor rules for the oil and gas industry were seen to be extensive and prescriptive, but addressed the critical elements of an HSE (Health, Safety and Environment) Management System. However, at times the effectiveness of the system could be improved by focusing on the dissemination of learning from incidents instead of a preoccupation with blame.

Turnkey drilling is the norm in Western Siberia and the drilling operation is fully organized by the drilling contractor that executes the drilling program developed by a third party Design Institute. Involvement of the operator is

из-за невозможности эффективного вращение бурильной колонны, применения шарошечных долот с роликовыми опорами при бурении турбобурами, а также использования одноточечной (дискретной) инклинометрии. При использовании одноточечной инклинометрии увеличивается количество спуско-подъемных операций. В Западной Сибири применялись и новейшие телеметрические системы для измерения в процессе бурения (MWD) в сочетании с высокоэффективными забойными двигателями. Однако при этом эффективность их применения зачастую оказывалась ниже ожиданий из-за неспособности маломощных буровых насосов обеспечить необходимый уровень подачи промывочной жидкости для нормальной работы забойных двигателей, а также из-за высокого содержания в растворе твердой фазы. Скорости бурения в мягких породах в Западной Сибири в скважинах с небольшим отходом забоя от вертикали были очень высокими, что в сочетании с низкой базовой стоимостью буровой установки и буровых работ обеспечивало довольно низкую стоимость строительства скважин. На многих скважинах возникали проблемы с неточным определением траектории ствола, образованием участков с большим искривлением, а также некачественным цементированием. Это приводило к увеличению эксплуатационных затрат и снижению коэффициентов нефтеотдачи при разработке месторождений.

Использовались установки БУ 3000 старых конструкций, и их техобслуживание и ремонт зачастую производились некачественно и в недостаточных объемах. Квалификация персонала буровых бригад была на высоком уровне. Кроме того, буровики были хорошо знакомы с требованиями правил техники безопасности. В результате, уровень соблюдения требований техники безопасности на этих буровых обычно превосходил ожидания. Разработанные Ростехнадзором Правила безопасности для нефтяной и газовой промышленности носили расширенный и директивный характер, однако касались важных моментов системы обеспечения безопасности персонала и охраны окружающей среды. И все же, в некоторых случаях эффективность применения этой системы можно было бы повысить в первую очередь за счет распространения выводов, сделанных в результате анализа несчастных случаев и аварий, а не за счет поиска и наказания виновных.

Работающие в Западной Сибири подрядчики обычно выполняют строительство скважин "под ключ" и самостоятельно организуют все буровые работы, выполняя программу бурения, разработанную сторонней организацией – проектным институтом. Участие заказчика в строительстве скважины зачастую минимально. В результате такого подхода, ограничивающего вмешательство заказчика в работу бурового подрядчика, затрудняется использование подрядчиком доступных передовых технологий и мирового опыта и заказчик не получает возможности способствовать повышению эффективности бурения.

Во время посещения производственных мощностей завода Уралмаш, выпускающих буровые установки, было получено значительное количество информации о последних моделях для кустового бурения, включая БУ4500 и БУ3900. В последних моделях установок были устранены многие из вышеперечисленных недостатков, характерных для БУ3000.

## ■ **Проектирование скважин**

На основе предварительных результатов анализа было принято решение принять стратегию буровых работ, включающую следующие пункты:

- Использовать достижения и опыт буровой отрасли в Западной Сибири, т.е. привлечь российских буровых подрядчиков и поддерживать стоимость буровых работ на относительно низком уровне. Использовать при строительстве скважин оборудование и материалы российского производства, новейшие модели буровых установок для кустового бурения производства завода Уралмаш, а также по возможности привлекать больше российских сервисных компаний.
- Сочетать конкретные западные технологии для обеспечения качественной проводки скважин с большим смещением забоя от

often minimal. As a result of this hands off approach, learning outside the direct control of the drilling contractor is slow and cumbersome and drilling efficiency is not driven by the operator.

A visit to the Uralmash rig building plant gave an insight in the latest Uralmash pad drilling rigs available, such as the BU4500 and BU3900 models. Many of the negative features of the BU 3000 rig listed above have been rectified on these latest model rigs.

## ■ **Well Engineering strategy**

Based on the observations of the scouting exercise it was decided to set up a drilling operation with the following strategy:

- Build on the achievements and strengths of the West Siberian drilling industry, i.e. go Russian and maintain the low cost structure. Use Russian well construction materials, the latest Uralmash pad drilling rigs, and as many Russian drilling service companies as possible.
- Combine specific Western technologies to ensure delivery of quality Siberian "long" reach and high angle wells.
- Apply the Rostechnadzor HSE system focused on preventing incidents, to improve maintenance standards and raise living conditions to international level.
- SPD had little drilling experience in Western Siberia, so their drilling organization tasked themselves to learn, as quickly as possible in order to optimize the well design and drilling practices.
- Total dedication to performance and the application of Drilling the Limit performance process.
- Acquire rigs and drilling services through preferentially Russian contractors.
- To deliver an appropriate level of control and flexibility to the operation by running rigs and services on a day rate structure with incentives and tight supervision by SPD.
- By insisting on higher quality standards, increased daily costs were accepted that needed to be offset against increased performance i.e. faster wells.
- Open and supportive management style conducive to attracting top class people, both Russian and expatriate.

## ■ **Contracting strategy**

SPD decided that all well engineering services be acquired through service contracts, and had no plans for in-house drilling or well maintenance capability. Unlike the norm in Siberia, all contracts were set up on day rate and included, where possible, strong incentive elements.

The scouting exercise provided SPD with an inventory of potential well engineering contractors. Contracts were then set up through a combination of competitive tendering and negotiating. Contracts were short term, typically one year duration with an option for extension. During the early drilling phase SPD tested the contractors and the technologies being used. Thereafter, longer term contracts of three to four years were put in place. These contracts allow full optimization of the well engineering operations through long term relations with the contractors. SPD believe that long term relationships were necessary in order to reduce well development times and costs.

## ■ **SPD Well Engineering organization**

SPD set up a well engineering organization with a small number of Shell senior engineers and a number of Russian engineers and supervisors. All Russian engineers and supervisors will be trained to Shell standards. In the field each rig has a Drilling Supervisor (DSV) capable of directing the rig as necessary. One Shell senior DSV has the responsibility for overseeing two or three rigs, to provide coaching and mentoring the Russian DSV's, and to organize the activities away from the drilling pad such as warehouses, transport, rig movement and to act as the Concurrent Operations Manager for the drilling pads. These positions are being systematically handed over to Russian staff who are making progress in the organization through competence development and promotion.

In the field office, two operational drilling rig teams were established, each with one Senior Well Engineer and one Well Engineer responsible

- вертикали и с большими углами отклонения ствола.
- Применить разработанную Ростехнадзором систему безопасности труда и охраны окружающей среды для предотвращения несчастных случаев и аварий, улучшить качество техобслуживания и ремонта оборудования, а также улучшить условия проживания, подняв их уровень до международных стандартов.
- В связи с недостаточным объемом информации у персонала отдела бурения СПД об особенностях бурения в Западной Сибири, перед ним встала задача быстрого получения такой информации и ее анализа для возможности оптимизации конструкции скважин и режимов бурения.
- Обеспечить эффективность буровых работ и внедрение фирменного процесса компании Шелл "Drilling the Limit" (Оптимизация конструкции и режимов бурения, снижение затрат на строительство скважин).
- Отдавать предпочтение российским компаниям при выборе буровых установок и сервисных подрядчиков.
- Обеспечить должный уровень и гибкость управления буровыми работами за счет применения повременной оплаты работы буровых и сервисных подрядчиков, с использованием соответствующих стимулов и постоянного жесткого контроля со стороны СПД.
- Для обеспечения более качественных стандартов работ допускать увеличение повременных ставок при условии их обоснованности повышением эффективности, т.е. ускорением строительства скважин.
- Применять стиль руководства, обеспечивающий обоснованное принятие решений, направленный на оказание необходимой поддержки. Привлекать в качестве руководящего персонала высококлассных специалистов как российских, так и западных.

### ■ Стратегия работы с подрядчиками

СПД приняло решение о привлечении подрядных организаций для разработки проектов на строительство и эксплуатацию скважин, и не планирует осуществлять эти работы собственными силами. В отличие от обычно применявшийся в Сибири практики все контракты заключаются на условиях повременной оплаты, и по возможности включают необходимые стимулы и поощрение эффективного и качественного выполнения работ.

В результате предварительного изучения и анализа, СПД подготовило перечень потенциальных подрядчиков на составление проектов на бурение скважин. После проведенных тендеров и переговоров был заключены соответствующие контракты. Контракты были краткосрочными, как правило, сроком на один год с возможностью продления. На начальном этапе буровых работ СПД получила возможность на практике ознакомиться с возможностями подрядчиков и применяемыми ими технологиями. После этого, были заключены долгосрочные контракты на сроки от трех до четырех лет. Эти контракты позволят максимально оптимизировать работы по строительству скважин за счет долгосрочной и более тесной совместной работы с подрядчиками. По мнению СПД долгосрочное сотрудничество будет способствовать снижению времени и затрат на строительство скважин.

### ■ Подразделение СПД по контролю за строительством скважин

СПД создало подразделение по контролю за строительством скважин, в который вошло небольшое число ведущих буровых инженеров Шелл, а также российские инженеры и супервайзеры. Все входящие в подразделение российские инженеры и супервайзеры пройдут обучение по программам Шелл. На каждой буровой установке будет находиться супервайзер по бурению (БС) для контроля за процессом строительства скважины. По одному старшему супервайзеру по бурению от Шелл будет выделено для контроля работ на двух или трех буровых установках, поддержки работы российских супервайзеров, а также для организации сопутствующих работ за пределами буровой, включая складские работы, перевозку грузов, переезд буровых установок, а также для работы в качестве временных руководителей работами на

for managing four to five rigs. In addition, a Well Services team was established to manage the hoists. These teams were assisted by a support team to deal with data collection, IT and SAP and operational subsurface issues. By locating the teams in the field, close to the operations, provides the opportunity for better communication and speedier and more effective optimization.

This concept of closely supervised drilling operations, and short communication lines with the well engineering office located in the field supported by an operational subsurface team (geologists and petroleum technologists) has proven to be very successful.

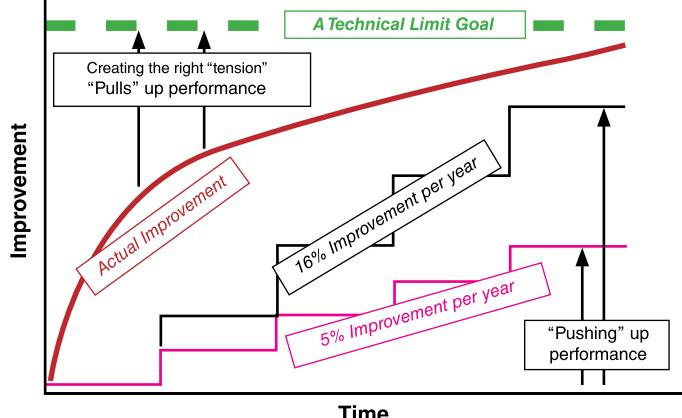
### ■ Drilling the Limit

DTL (Drilling the Limit) is a systematic approach, developed and trademarked by Shell, to deliver a step change in well delivery performance over its entire life cycle.

Critical elements of DTL are:

- Passion for performance, i.e. the willingness to be the best in well delivery
- Be in a constant learning mode, apply operations reviews, lessons learned, systematically recognize and apply best practices, either internally or externally.
- Develop a technical limit (the optimal drilling achievement), which is creating the pull in the organization to improve performance.
- Review designs and practices at regular intervals and implement the lessons learned.
- Involve subsurface, well engineering contractors, well engineers, pad construction and well hook-up departments.

### RTL and Business Improvement



\* Drilling the Limit is a registered trademark of Shell

### ■ Well designs

Inflow efficiency of a number of concept wells designs have been modeled, and not surprisingly S-shape fracked wells (the norm in many Russian fields) as well as high angle (80 to 85 degree) wells were identified as being very efficient designs. All wells are drilled in clusters, initially with a maximum horizontal reach of 1600 meters. SPD is currently extending the reach to 2500 meters. Extending the reach reduces the number of well pads required, which in turn reduces the environmental impact of the field development.

In the main, Russian casing designs were followed, with the conductor length set at 40 meters. Early in the project SPD started to drive the conductor, instead of the usual drill and cement in place. Conductor driving is done off line before the rig is on site thereby saving 0.5 day of rig time for each well. The next section is drilled to between 1250 and 1500 meters and the casing isolates the potable water horizons and soft and reactive clays in the upper section of the hole. In accordance with the Russian normal practice GOST standard 245mm casing with OTTM couplings is used. The production hole section is drilled to full depth between 2600 and 3500 meters and cased off and cemented with an API standard 178 mm

буровых площадках. Должности старших супервайзеров постепенно передаются российским специалистам по мере повышения их квалификации и опыта и продвижению по служебной лестнице.

Непосредственно на месторождении были сформированы две группы поддержки буровых работ, каждая из которых включала инженера по проводке скважин и старшего инженера по проводке скважин, ответственных за работу четырех-пяти буровых.

Кроме того, были созданы группы по КРС для контроля работ бригад КРС. Эти группы работали в тесном сотрудничестве с группами поддержки бурения при организации сбора данных, телекоммуникационной связи и управления процессами, а также при решении вопросов проведения подземных работ. За счет того, что эти группы работают на месторождении на участках непосредственного выполнения работ, обеспечивается возможность более тесного взаимодействия подразделений заказчика и подрядчиков, а также более эффективная оптимизация операций.

Эта концепция тщательного контроля работ на скважинах и непосредственного участия в планировании этих работ персонала полевого офиса по контролю за строительством скважин и КРС (геологи и инженеры по разработке пластов) оказалась весьма успешной.

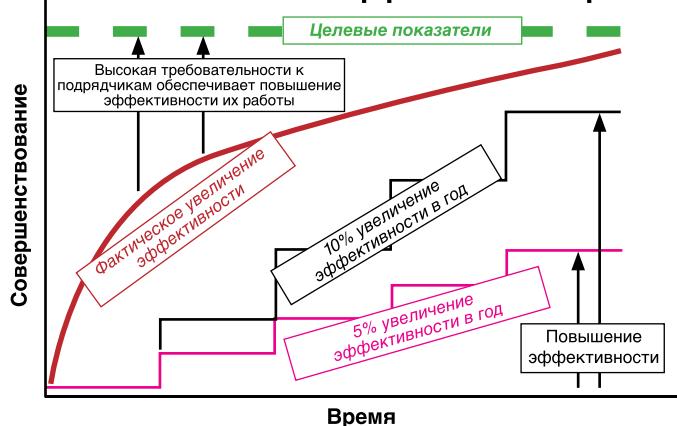
### ■ Оптимизация конструкции и режимов бурения, снижение затрат на строительство скважины ("Drilling the Limit")

DTL (Drilling the Limit) представляет из себя системный подход, разработанный и запатентованный фирмой Шелл, обеспечивающий значительное повышение эффективности работы скважин на протяжении всего периода их эксплуатации.

DTL включает следующие основные элементы:

- Стремление к максимальной эффективности, т.е. стремление к получению скважины с максимально возможными показателями работы
- Постоянное совершенствование знаний и навыков, анализ выполненных работ и корректировка программ и методик с учетом результатов анализа, поиск и применение на практике усовершенствованных методик и технологий.
- Разработка целевых показателей (оптимальных показателей бурения), достижение которых должно стать задачей подразделений организации.
- Регулярное проведение анализа программ и методик выполнения работ и использования результатов анализа для их совершенствования.
- Обеспечение тесного взаимодействия групп по КРС, подрядчиков по проводке скважин, инженеров-проектировщиков, отделов по строительству кустовых оснований и запуску в эксплуатацию скважин.

## RTL и повышение эффективности работ



### ■ Проектирование скважин

Было проведено моделирование уровня притока для ряда концептуальных конструкций скважин. Как и ожидалось, наиболее

production casing with buttress threads. Production casing is cemented across the reservoir for all well shapes, including high angle wells. The cost of 178 mm casing is similar to the more common 168 mm OTTM casing used in Western Siberia, but allows for better sidetrack or selective isolation options if so required, in the future life of the well. Special slim line couplings are run to accommodate the minimum distance between coupling and borehole wall stipulated by Rostechnadzor. The wellhead incorporates a tubing hanger and tubing hanger spool to allow for completion operations to be executed under full well control, as stipulated by Roztechnadzor and Shell, to allow free flowing wells to the surface.

All well construction materials, casing, wellhead and completions are manufactured in Russia. Third party inspection is applied at the manufacturing plant. Experience to date is very positive. Prices for the materials are commercial, delivery is quick and after sales support is good.

SPD selected very much a step by step approach toward pushing the well design envelope. Initially all wells were S-shaped with a maximum of 1600 meters outstep, however, as experience was gained, the outstep of the wells was increased to 2500 meters. In addition, many wells are now being drilled at 80 to 85 degrees through the reservoir.

### ■ Well quality issues

Within West Salym the oil bearing AS11 sands are overlayed with the very prolific water bearing AS10 sands. The distance between the oil bearing sand and water bearing sand is, in some cases, as little as 4 meters. To ensure isolation between the reservoirs and prevent water ingress into the well from the AS10 the cementing work across the reservoir must be of top quality. High density class G cement slurries without free water are used which together with proper casing centralization, optimum mud displacement and cement placement techniques, and state of the art re-circulating cement units, provide high quality cementations over the reservoir sections, even at a high angle. In addition, SPD has been looking into using elastomer elements bonded to the casing that swell upon contact with formation water to seal off the water flow path. The accuracy of the downhole well position within 25 meters and the avoidance of severe doglegs in the well are other important well quality issues. Accurate downhole well positioning enhances efficiency of the waterflood patterns and the ability to drill a tangent section with low doglegs for positioning the ESP, giving a smooth well bore that prolongs the ESP run life.

### ■ Well Completions

The producers are completed with ESP's run on either 2 7/8" or 3 1/2" tubing. Injectors are completed with 3 1/2" injector strings with a bottom hole packer. All wells have a cemented casing over the reservoir and are perforated with 60 to 90 bar underbalance using Russian deep penetrating charges for the smaller wells, and deeper penetrating Western charges for the high producing wells. This also applies to the high angle wells. This completion method provides the ability to selectively perforate and isolate water zones.

### ■ Selected rigs

During the scouting trips SPD engineers were impressed with the latest design Uralmash BU 4500 and BU3900 pad drilling rigs. These rigs are equipped with thyristor controlled variable speed main motors, triplex pumps capable of delivering 200 bar continuous pressure at the required flow rates, properly winterized and equipped with adequate tank space. SPD specified the top drives and solids control equipment such as shakers and centrifuges. Together they make the BU 4500 and 3900 rigs a powerful rig package, optimized for pad drilling, fast moving between wells, adequately winterized and tailor made for the wells to be drilled in Salym. The cumbersome rig moves between pads is still however a significant disadvantage and in the future, more attention should be given to a modular design.

SPD have recently ordered, through one of its' drilling contractor's, the new Uralmash 200 DER-M mobile rig. This rig is suitable to drill a well

# Это должно работать. И оно будет работать.



## Турбины Solar для нефтегазовой отрасли.

Доверие. Это то, что составляет основу нашего бизнеса. Когда Вы инвестируете в Solar Turbines, Вы доверяете нам и мы поставляем Вам гораздо большее, чем просто надежное оборудование. Вы рассчитываете на то, что мы полностью выполним взятые на себя обязательства. Вы полагаетесь на нашу репутацию надежного партнера. Вы ожидаете от нас постоянной сервисной поддержки. И мы Вас не подведем.

Мы установили газовые турбины в 93 странах. Тридцать восемь наших сервисных центров с обслуживающим персоналом, прошедшим обучение на заводе, имеющие склады запасных частей, работающие 24 часа в сутки, обслуживаю заказчиков. Мы предлагаем готовые решения для электрогенерирования и компримирования газа, включая услуги строительства «под ключ», финансирование, эксплуатацию и обслуживание. Поэтому наши заказчики получают необходимую рентабельность и оптимальные характеристики. Это тот путь, которому Вы можете доверять.

За дополнительной информацией обращайтесь на интернет сайт [www.solarturbines.com](http://www.solarturbines.com) или по телефону +7 (495) 755-8153



**Solar Turbines**  
A Caterpillar Company

эффективными были признаны конструкция с S-образным стволов с проведенным гидроразрывом пласта, которая является типовой для многих разрабатываемых в Западной Сибири месторождений, а также скважины с большим углом наклона ствола (80-85 град.). Все скважины бурятся с кустовых оснований, и вначале максимальное удаление забоя от вертикали составляет 1600 м. В настоящее время СПД увеличивает отход забоя от вертикали до 2500 м. Значительное удаление забоя от вертикали позволяет уменьшить число необходимых кустовых оснований, что в свою очередь обеспечивает снижение негативного воздействия на окружающую среду.

В основном использовались применяемые в России конструкции крепления скважин с направляющей колонной на глубину 40 м. В начале реализации проекта СПД использовало забивание направляющей колонны вместо ее спуска и цементажа после бурения интервала под направление. Забивание направляющей колонны производилось до сдвижки буровой установки на скважину, за счет чего экономилось пол-суток времени на каждой скважине. Глубина спуска следующей колонны составляла от 1250 до 1500 м, что обеспечивало изоляцию горизонтов с грунтовыми водами, использовавшимися в качестве источника питьевой воды, а также верхних интервалов ствола смягкими и химически активными глинями. В соответствии с требованиями российского стандарта ГОСТ применялась обсадная колонна 245 мм с треугольной и трапециoidalной резьбой. Интервал под эксплуатационную колонну бурился до глубины от 2600 до 3500 м. Производился спуск и цементаж эксплуатационной колонны 178 мм с Баттress резьбой по стандарту API. В скважинах с любым профилем ствола, включая большие углы наклона, цементаж эксплуатационной колонны производился в интервале залегания пласта. Стоимость 178-мм колонны не намного превышает стоимость обычно используемой в Западной Сибири 168-мм колонны с трапециoidalной резьбой. Однако она обеспечивает лучшие условия для зарезки боковых стволов, а также для селективной изоляции зон при необходимости в период последующей эксплуатации скважины. Для колонны использовались трубы со специальными замковыми соединениями уменьшенного диаметра для соответствия требованиям Ростехнадзора по минимальному зазору между наружной поверхностью колонны и стенкой ствола скважины. Оборудование устья скважины включало катушку и подвеску для НКТ, обеспечивающие возможность герметизации устья скважины при выполнении операций по ее заканчиванию в соответствии с требованиями Ростехнадзора и правилами компании Шелл.

Все используемые материалы, обсадные трубы, устьевое оборудование и оборудование для заканчивания скважины – отечественного производства. Для контроля качества на заводах-изготовителях оборудования и материалов проводились инспекции и освидетельствования с привлечением сторонних организаций. Качество приобретаемых российских материалов и оборудования оказалось на хорошем уровне. Оборудование и материалы приобретаются по коммерческим ценам. Поставщики обеспечивают быструю доставку и послепродажную техническую поддержку.

СПД проводило постепенное совершенствование конструкции скважин. На начальном этапе строились скважины с S-образным профилем ствола с максимальным отходом забоя от вертикали – 1600 м. Однако после накопления достаточного опыта отход был увеличен до 2500 м. Кроме того, во многих скважинах интервал, проходящий через продуктивный пласт, бурится под углом от 80 до 85 градусов.

## ■ Вопросы качества скважин

На Западно-Салымском месторождении нефтеносный песчаник AS11 залегает под водоносными песчаниками AS10 с большим количеством воды. Расстояние между нефтесодержащим и водосодержащим песчаником в некоторых местах составляет всего 4 м. Для обеспечения изоляции пластов и предотвращения поступления воды в скважину из пласта AS10 необходимо качественный цементаж во всем интервале пластов. Применяются цементные растворы высокой плотности без свободной воды

down to 3000 meters and is capable of moving quickly from pad to pad. The rig is scheduled to spud at the end of 2006 and early 2007 and will drill exploration wells, and will be used to develop small satellite pads.

## ■ Drilling services

A critical component in performance drilling is the bottomhole drilling assembly, including the drill-bit. From the start of the project the Well Engineering team focused on drilling the wells with two bit runs, i.e. one for the top hole and one for the production section. The soft formations in Western Siberia make this easily achievable. High power, Western design downhole mud motors and PDC bits are run. Driven by the rig's triplex pump, running at 200 bar pump pressure, drilling rates of 700 to 900 meters per day is the norm. Extensive trials have shown that Russian PDC bits provide higher drilling rates and better steering capability than western PDC bits.

Control is such that the planned well path is easily followed. Drilling rates at high 80 to 85 degree angles are similar to the rates at lower angles. Both hole sections are drilled with non-toxic water based muds. The top hole with a fresh water bentonite mud including shale encapsulator in order to prevent clay-balling due to the soft reactive clays. The production section is drilled using KCl polymer mud.

Wells up to 50 degrees are being logged with a single logging run in an open hole, combining gamma ray, resistivity and density tools. This method of logging is significantly faster than the usual "varonka" logging method which involves running drill pipe to the top of the reservoir as a conduit, to allow the use of slim hole wireline logging tools to log the reservoir. Total logging time is in the order of 9 hrs but can be as low as 6 hrs. For high angle wells the measurements are taken using Logging While Drilling tools incorporated with the MWD.

## ■ Health, Safety and Environment (HSE)

One of the fundamental elements for HSE Management System in SPD drilling operations are the requirements laid down by Rostechnadzor (RTN). The RTN HSE requirements address many of those stated by the Shell in their Controlling Document EP 2005 - HSE Management System. However, the RTN system is more prescriptive than the Shell system. The systems have been compared and in some cases the RTN requirements are more stringent. In two particular areas: health risk assessment and permit to work it was felt prudent to raise the standards of the RTN system to those required by Shell. Responsibility for safety is in the line, but the line is supported by experienced HSE resources in the Well Engineering and Corporate HSE.

## ■ Results

Over the two years SPD has been drilling in Salym the drilling time for deviated 2900 meter wells came down from 30 days to on average 11 days, at present. The fastest well has been drilled in 8.15 days. The fastest high angle well has been drilled in 12.4 days.

In addition, a step change was achieved in HSE performance with the number of Lost Time Incidents per million man hours worked i.e. Lost Time Incident Frequency (LTIF) improving from 4.9 to the latest figure of 1.3.

The application of a sound well engineering strategy, executed by a carefully considered and motivated team made this breakthrough possible. It has resulted in cost-effective and high quality drilling operations and a significant improvement in HSE performance.



8<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE AND EXHIBITION  
FOR OIL AND GAS RESOURCES DEVELOPMENT  
OF THE RUSSIAN ARCTIC AND CIS CONTINENTAL SHELF

# RAO / CIS OFFSHORE 2007

ST.PETERSBURG, THE RUSSIAN FEDERATION

SEPTEMBER 11-13

- Geological estimation of oil and gas resources in Russian Arctic and Russian and CIS continental shelf
- Hydrometeorological and geotechnical conditions of Russian Arctic and continental shelf
- Technique and technologies of oil and gas resources development in arctic conditions and on continental shelf
- Marine structures for development and exploitation of oil and gas fields
- Floating and underwater equipment, subsea pipelines
- Rescue systems and equipment, communication and navigation systems
- Industrial and environmental safety
- Legal, regulatory framework and economy of continental shelf development

**REGIONS:**

- Russian Arctic and Barents Sea
- Yamal shelf, Ob and Taz bays
- Sakhalin shelf and Far-East seas
- Baltic Sea, Black Sea and Azov Sea

**ORGANISERS:** Ministry of Natural Resources of the Russian Federation, Federal Subsoil Resources Management Agency, GAZPROM, LUKOIL Oil Company, ROSNEFT Oil Company, Research Institute of Natural Gases and Gas Technologies(VNIIGAZ ), Sevmorneftegas, RESTEC Exhibition Company

**OFFICIAL SUPPORT:**

Council of Federation Committee on Natural Resources and Environmental Protection, Government of St. Petersburg, Maritime Assembly of St. Petersburg, INTSOK – The Norwegian Oil and Gas Partners



**EXCLUSIVE SPONSOR:**

**ExxonMobil**

**GENERAL SPONSORS:**



**STATOIL**

**GENERAL INFORMATION SPONSOR:**

**Gazovaya promyshlennost**

**RESTEC EXHIBITION COMPANY**

**ORGANISING COMMITTEE:**

Tel./fax: +7 (812) 320 9660, <http://www.rao-offshore.ru>

с цементом класса G, что в сочетании с хорошей центровкой колонны, эффективной продавкой раствора в необходимые интервалы в затрубном пространстве, а также использованием усовершенствованных цементировочных агрегатов обеспечивает качественный цементаж необходимых зон в интервале продуктивного пласта, даже при больших углах отклонения ствола. Также, СПД изучало возможность применения устанавливаемых на колонне эластомерных элементов, разбухающих при контакте с пластовой водой, для перекрытия водоносных горизонтов. Другими важными моментами обеспечения высокого качества скважин являются хороший контроль направления ствола, попадание в круг допуска забоя радиусом 25 м, и недопущение резких искривлений ствола скважины. Контроль направления и попадание в круг допуска забоя повышают эффективность работы скважины в водонапорном режиме, и способствуют бурению направленного участка без резких искривлений для возможности успешного спуска и эксплуатации ЭЦН.

### ■ Заканчивание скважин

При заканчивании в эксплуатационные скважины спускаются ЭЦНы на лифтовых трубах 2 7/8". Инжекторы используются с инжекторными колоннами 3 1/2" с забойным пакером. На всех скважинах эксплуатационная колонна цементируется в интервале залегания продуктивного пласта, и перфорация производится при пониженном гидростатическом давлении (60-90 атм.) с использованием российских перфораторов с большой глубиной проникновения на скважинах с невысоким дебитом, или западных перфораторов с большой глубиной проникновения для скважин с большим дебитом. Эта же методика заканчивания используется на скважинах с большими углами отклонения ствола. Данная методика позволяет избирательно осуществлять перфорацию и изолировать водоносные горизонты.

### ■ Выбор буровых установок

Во время ознакомительных поездок инженеры СПД имели возможность убедиться в довольно хорошем качестве новейших российских моделей буровых установок для кустового бурения – Уралмаш БУ 4500 и БУ 3900. Эти установки оборудованы приводным двигателем с тиристорным блоком управления, обеспечивающим плавное изменение скорости, триплексными буровыми насосами с рабочим давлением до 200 атм. при необходимом уровне производительности, надежной системой утепления, а также емкостями для бурового раствора с достаточным общим объемом. СПД предложило установить верхний привод, а также западную систему очистки, включая вибросита и центрифугу. Использование этого оборудования обеспечит необходимую эффективность БУ 4500 и БУ 3900 при кустовом бурении, быструю и несложную сдвигжку станка, хорошее утепление, а также оптимизацию установок для планируемых к строительству на Салыме конструкций скважин. В то же время, длительные и трудоемкие переезды буровой с одного куста на другой все еще продолжают оставаться проблемой. В будущем необходимо изучить возможность использования блочной конструкции. Недавно через одного из своих буровых подрядчиков компания СПД заказала новую мобильную буровую установку Уралмаш 200 DER-M. Эта установка позволяет бурить скважины глубиной до 3000 м и обеспечивает быстрый переезд установки с куста на куст. Установка планировала начать бурение в конце 2006 – начале 2007 г. и будет бурить разведочные скважины, а также скважины с небольшими кустовыми основаниями.

### ■ Услуги сервисных буровых подрядчиков и поставщиков

Важной составной частью обеспечения эффективности бурения является оптимизация выбора КНБК, включая буровые долота. С самого начала проекта специально созданная СПД группа сопровождения бурения разрабатывала программу бурения скважин двумя долотами, одно из которых используется для бурения верхнего интервала, а другое – для интервала продуктивного пласта. Это вполне осуществимо в условиях мягких пород в Западной Сибири. Применялись высокомощные гидравлические забойные двигатели западной конструкции в сочетании с

алмазными долотами PDC. В сочетании с обеспечиваемым триплексными буровыми насосами уровнем циркуляции при давлении 200 атм., обычная суточная скорость проходки составляет 700-900 м. В результате интенсивных испытаний был сделан вывод о том, что долота PDC российского производства обеспечивают более высокие механические скорости проходки и лучший контроль направления по сравнению с западными долотами PDC. Хороший контроль направления обеспечивает эффективное строительство скважины запланированного профиля. Механические скорости в скважинах с углами отклонения 80-85 градусов были на уровне скоростей в скважинах с небольшими углами отклонения ствола.

Оба интервала бурились с промывкой нетоксичными буровыми растворами на водяной основе. В верхнем интервале применялся глинистый раствор на пресной воде с реагентом для капсулирования глины с целью предотвращения образования глинистых сальников на долоте в породах с мягкими и химически активными глинами. Интервал продуктивного пласта бурится на полимерном растворе с хлористым калием.

В скважинах с максимальным углом до 50 градусов ГИС проводится одним спуском геофизической компоновки в открытом стволе, включая гамма-картах, кривую сопротивления и плотностной каротаж. Такой метод ГИС в скважине позволяет добиться значительной экономии времени по сравнению со стандартно используемым методом "воронки" – каротажем через спущенные в кровлю продуктивного пласта бурильные трубы для возможности проведения ГИС в пласте со спуском на кабеле геофизических приборов малого диаметра. На проведение ГИС уходит 9 часов, однако это время можно сократить до 6 часов. В скважинах с большими углами отклонения ствола производятся геофизические измерения в процессе бурения (LWD) с использованием телеметрических систем (MWD).

### ■ Безопасность труда и охрана окружающей среды

Одним из главных элементов системы управления безопасностью труда и охраной окружающей среды, применяемой СПД при проведении буровых работ, являются требования нормативных документов Ростехнадзора. Требования Ростехнадзора по безопасности труда и охране окружающей среды в основном совпадают с требованиями регулирующего документа Шелл по ТБ и охране окружающей среды – EP 2005. Однако, система Ростехнадзора являются более регламентированной. Было проведено сравнение этих двух систем, и в некоторых случаях требования Ростехнадзора оказывались более строгими. В двух конкретных областях – оценке риска для здоровья и получение нарядов на выполнение работ было признано целесообразным применить более высокие для этих областей стандарты Шелл. К работе по обеспечению соблюдения требований ТБ и охраны окружающей среды привлекаются опытные кадры в этой области, включаемые в группу сопровождения бурения.

### ■ Результаты

За два года осуществления буровых работ на Салыме СПД удалось снизить общую продолжительность бурения скважин глубиной 2900 м с 30 до 11 суток. Рекордная продолжительность бурения одной скважины составила 8,15 суток. Рекордная продолжительность бурения одной скважины с большим углом отклонения ствола составила 12,4 суток.

Также были улучшены показатели ТБ и охраны окружающей среды за счет снижения непроизводительного времени в результате несчастных случаев. Показатель частоты таких случаев уменьшился с 4,9 до 1,3.

Применение эффективной стратегии планирования и строительства скважин, реализуемой высококвалифицированным и опытным персоналом, обеспечили такой прорыв в бурении на Салыме. Была достигнута значительная экономия средств, качество буровых работ поднято на новый более высокий уровень, а показатели ТБ и охраны окружающей среды стали одними из лучших.

# Уплотнения для нефтегазовой промышленности



Высококачественные пластиковые уплотнения новых конструкций

[www.economos.com](http://www.economos.com)

## Совершенные уплотнения для нефтегазовой отрасли

Мы являемся лидерами в области технологии производства специальных уплотнений ECONOMOS® для отраслевых заказчиков, применяющихся в самых сложных и ответственных условиях работы.

Нефтегазовое подразделение ECONOMOS® производит специальную продукцию для отрасли. Подразделение обеспечивает высококачественные уплотнения для компаний, работающих в нефтегазовой отрасли по всему миру. Уплотнительные элементы ECONOMOS® применяются в задвижках на трубопроводах, в соединительных элементах райзеров, устьевом оборудовании и фонтанной арматуре, а также во внутристрекажинном оборудовании. Наша продукция применяется на самых ответственных узлах оборудования и установок, использующихся в нефтегазодобыче на суше, морских платформах или в подводных устьях.

Мы предлагаем широкий диапазон уплотнительных элементов стандартной и нестандартной конструкции. Они включают стандартные эластомерные элементы из обычного или гидрированного бутадиен-нитрильного каучука, фторэластомера или кальраза, термопластичные эластомеры из



полиуретана и термопласти (PA, POM, фторопласти, PEEK). В зависимости от конкретных условий применения могут поставляться уплотнения

из материалов различных сортов (например, низкотемпературные эластомеры, а также исходный и наполненный фторопласт и PEEK).

Кроме стандартного набора материалов мы постоянно разрабатываем в нашем исследовательском центре в Австрии новые составы со специальными свойствами, например, устойчивостью к взрывной декомпрессии. Наши новые разработки позволят расширить диапазон материалов, применяемых для производства уплотнений.

**Oil & Gas**  
*Division*  
**ECONOMOS®**  
a company of the SKF Group

# ECONOMOS®

a company of the SKF Group

### Sales Eastern Europe & FSU

Economos Austria GmbH  
Iz NÖ Süd, Str. 1, Obj. 50  
AT-2351 Wr. Neudorf  
Phone: +43 2236 62207  
Fax: +43 2236 62207-7  
E-mail: sales.east@economos.com  
Internet: [www.economos.com](http://www.economos.com)

### EKOGASKET

J.Fucika Str. 17/19,  
RU-125 047 Moskwa  
Phone/Fax: 7 (495) 251 5327  
Mobil: 7 962 956 2306  
E-mail: [jiri.gavlas@ekogasket.ru](mailto:jiri.gavlas@ekogasket.ru)  
Internet: [www.ekogasket.ru](http://www.ekogasket.ru)