

Технология гидropескоструйной перфорации эксплуатационной колонны ISOJET при использовании ГНКТ и с последующим проведением ГРП

ISOJET Technology of Sand Jet Perforation of the Production String With the Use of Coiled Tubing Followed by Hydraulic Fracturing

Станислав ЗАГРАНИЧНЫЙ, Евгений КАЗАКОВ, Александр КАЗАКОВ, ООО «Трайкан Велл Сервис»
Stanislav ZAGRANICHNY, Yevgeniy KAZAKOV, Alexander KAZAKOV, Trican Well Service Ltd

Технологии гидropескоструйного воздействия используются в различных отраслях промышленности уже сравнительно продолжительное время.

В нефтегазовой промышленности, несмотря на публикацию теоретических статей по теме как в советской, а затем российской научной среде, в особенности зарубежной специализированной прессе, реальное применение гидropескоструйной технологии началось только в недавнее время. Связано это прежде всего с достижениями в металлургии, позволившими разработку достаточно стойких материалов для применения во время проведения работ в нефтегазовых скважинах. Более того, в последние годы, с развитием прикладного программного обеспечения, появились продукты, позволяющие построение моделей, оптимизацию применения и предсказание результата проведения такого вида работ.

Разработанная и внедренная ООО «Трайкан Велл Сервис» технология ISOJET основана на непрерывной работе флота ГНКТ, выполняющего помимо основной работы по освоению и нормализации забоя скважины еще и гидropескоструйную перфорацию, и флота ГРП, выполняющего гидравлический разрыв пласта без ограничений по массе проппанта и других осложняющих факторов.

ПРЕИМУЩЕСТВА ГИДРОПЕСКОСТРУЙНОЙ ПЕРФОРАЦИИ

В настоящее время для компенсации снижения базовой добычи нефти требуется ввод скважин из бурения в кратчайшие сроки, качественно и с наименьшими затратами на всех этапах, включая прострелочно-взрывные работы (ПВР). Гидropескоструйная перфорация нефтегазовых скважин обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами ПВР, что объясняет рост популярности таких работ в последнее

Sand jet impact technology has been used in different sectors of industry for relatively long period of time. In oil and gas sector, despite theoretical publications made by Soviet and then Russian scientists especially in the foreign trade press, real life application of this technology has started just recently. First of all this is attributed to the recent achievements in metallurgy that allowed producing quite strong materials to be used during sand jet operations in oil and gas wells. Moreover, over the recent years new software products have been developed allowing building models, optimizing performance and predicting the results of such works.

ISOJET technology developed and introduced by Trican Well Service Ltd is based on continuous operation of the coiled tubing fleet that, besides its main work on well completion and bottomhole cleaning, also performs sand jet perforation, and hydraulic fracturing fleet that performs reservoir hydraulic fracturing without limitations in terms of proppant weight and other complicating factors.

ADVANTAGES OF SAND JET PERFORATION

At the present time in order to compensate the reduction of base oil production it is necessary to commission wells after drilling in the shortest possible time, in the most qualitative manner and with least possible cost at all stages, including perforating operations. Sand jet perforation has a number of advantages in comparison with conventional perforation methods that is why it is becoming more and more popular. They are mainly related to the necessity of subsequent reservoir hydraulic fracturing operation to increase well productivity and also related to higher time and success requirements for such works.

время. Связаны они прежде всего с необходимостью последующего проведения работ по гидроразрыву пласта для увеличения производительности скважин и увеличением требований к срокам и успешности этих работ.

Абразивные смеси применяются для резки и перфорации НКТ с высокой точностью и эффективностью, в том числе и при вторичном вскрытии продуктивных пластов. Основная задача вторичного вскрытия – создание гидродинамической связи между скважиной и пластом без повреждения коллекторских свойств призабойной зоны и без значительных деформаций обсадной колонны и цементного камня. Решение этой задачи обеспечивается выбором метода перфорации, среды, типоразмера перфоратора и плотности перфорации. При гидropескоструйной перфорации образование канала осуществляется за счет гидромониторного эффекта высокоскоростной струи, содержащей абразивный песок. При данном способе вскрытия практически исключается отрицательное воздействие взрывных нагрузок на пласт и на эксплуатационную колонну, а получаемые отверстия значительно больше, чем при использовании кумулятивных зарядов при аналогичных условиях (в первую очередь – типоразмер перфоратора). При последующем проведении работ по ГРП это означает отсутствие преждевременной остановки закачки, а следовательно, повышение успешности работ.

Касательно необходимого времени на перфорацию и оценки эффективности гидropескоструйной перфорации по сравнению с ПВР на трубах необходимо рассмотреть весь цикл проведения работ. Безусловно, непосредственно на гидropескоструйную перфорацию затрачивается больше времени, чем на ПВР с взрывными или кумулятивными перфорационными системами. Однако применение ГНКТ позволяет сократить время на спуско-подъемные операции, а также на спуск в скважину без предварительного глушения по сравнению со станком КРС. Также отсутствует необходимость в привлечении геофизической партии для ПВР, так как все работы выполняются бригадой ГНКТ. Кроме того, отсутствие взрывоопасных материалов существенно снижает риски, возникающие при нахождении их на площадке и в скважине и, соответственно, повышает безопасность работ.

В целом можно указать на тот факт, что срок освоения, включающий подготовку скважины к ГРП, проведение ГРП, промывку скважины, спуск-монтаж ЭЦН при проведении ГРП по обычной технологии для скважин с тремя пластами составляет 30–32 дня, тогда как по технологии ISOJET он составляет 8–12 дней.

ТРЕБОВАНИЯ К ЖИДКОСТЯМ И МАТЕРИАЛАМ

Требования к закачке абразивных смесей с высокими расходами через НКТ малого диаметра, в контексте данной статьи – ГНКТ, описаны еще в конце 1960-х, а именно в аспекте тех задач, которые возникают при

Абразивные соединения используются для высокоэффективной и высокопрецизионной резки и перфорации, включая повторное открытие продуктивных резервуаров. Основная задача при повторном открытии резервуара – создание гидродинамической связи между скважиной и резервуаром без повреждения пористости и проницаемости свойств донной области и без considerable деформации обсадной колонны и цементного камня. Эта задача решается выбором метода перфорации, среды, типоразмера перфоратора и плотности перфорации. При перфорации струей воды эффект образования отверстия достигается за счет эффекта струи воды, содержащей абразивный песок. Этот метод перфорации позволяет исключить негативное воздействие взрывных нагрузок на резервуар и продуктивную колонну и полученные отверстия имеют больший диаметр, чем при применении shaped charge при аналогичных условиях (в первую очередь – типоразмер перфоратора). При последующем гидравлическом разрыве это означает предотвращение преждевременной остановки закачки и, следовательно, повышение успешности операции.

В целях оценки времени, необходимого для перфорации, и эффективности струйной перфорации по сравнению с другими методами необходимо рассмотреть весь цикл операции. Конечно, эффективность струйной перфорации требует больше времени, чем перфорация с использованием взрывных или кумулятивных (shaped) перфорационных систем. Однако, свернутая труба позволяет сократить время на спуск и подъем, и, в отличие от работы на обсадной трубе, свернутая труба может быть опущена в скважину без предварительного глушения. Также нет необходимости в привлечении геофизической бригады для перфорации, так как все работы выполняются бригадой свернутой трубы. Кроме того, отсутствие взрывчатых веществ на площадке и в скважине снижает связанные с этим риски и, следовательно, повышает безопасность операции.

Обычно, можно упомянуть тот факт, что время завершения операции, включая подготовку скважины к гидравлическому разрыву, эффективность гидравлического разрыва, очистку скважины и установку ЭЦН, для скважин с тремя зонами пласта составляет 30–32 дня, в то время как при использовании традиционной гидравлической технологии это составляет 8–12 дней, если используется технология ISOJET.

РЕquireMENTS FOR LIQUIDS AND MATERIALS

Требования к закачке абразивных смесей с высокими расходами через малодиагностируемые НКТ (в контексте данной статьи – свернутая труба) были описаны в конце 1960-х годов, в частности, в отношении задач, связанных с планированием операций в глубоких скважинах (более чем 6,562 фута) и выбором как переносной жидкости, так и абразивных материалов для достижения требуемых свойств. Если мы проанализируем в деталях поток жидкости в различных частях скважины, мы можем сделать вывод, что при

планировании работ на глубоких скважинах (более 2000 м) и выборе как несущих жидкостей, так и самого абразивного материала для достижения требуемых свойств. При детальном анализе потока на различных участках пути закачки может быть сделан вывод о том, что при прохождении смеси через смесительную емкость, насосный агрегат, линии обвязки, ГНКТ и затрубное пространство скважины параметры смеси должны соответственно различаться. Так, смесь должна проходить через шланги низкого давления, где необходима более высокая вязкость жидкости для поддержания песка во взвешенном состоянии, затем – через ГНКТ, где требуется пониженная вязкость и снижение трения при высоких расходах закачки и ограничениях по циркуляционному давлению. При проведении работ в горизонтальных скважинах, где смесь транспортируется в ГНКТ при низком циркуляционном давлении, удерживающие свойства несущей жидкости становятся еще более критичными. Таким образом, несущая жидкость должна обладать псевдопластичными свойствами, обеспечивающими поддержание песка во взвешенном состоянии при прохождении всех участков на пути закачки, а также снижение трения для контроля циркуляционного давления в ГНКТ на уровне, не превышающем предельные значения (обычно не более 290 атм). При подборе химреагентов для получения несущей жидкости необходимо также учитывать параметры температуры среды как на поверхности, так и на забое скважины.

В качестве абразивного песка рассматривалось множество вариантов как проппанта различного типоразмера, так и обычного кварцевого песка. В конечном итоге выбор был остановлен именно на кварцевом песке с типоразмером 35–40 как обладающем лучшими абразивными свойствами в контексте его применения для целей гидropескоструйной перфорации с ГНКТ и имеющимся в наличии перфоратором.

ОСОБЕННОСТИ ЗАБОЙНОЙ КОМПОНОВКИ

Гидropескоструйный перфоратор является одним из основных элементов технологии ISOJET. В настоящее время компанией Trican Well Service Ltd разработан и используется инструмент типоразмером 54 мм. Гидropескоструйный перфоратор представляет собой корпус из стального сплава с тремя форсунками из твердых сплавов с фазировкой 120 град. Форсунки также отстоят по оси друг от друга на расстоянии 15 см. При прокачке через форсунки с расходом 260 л/мин скорость струи достигает 190 м/с при расчетном давлении 250 атм. Допустимый режим закачки во время работы предусматривает расход по жидкости в интервале 230–340 л/мин. Рекомендуемое время на одну резку составляет 12–15 мин для хвостовика 108 мм, в колонне 146 мм – около 20 мин.

В целом компоновка низа ГНКТ представляет собой следующее: переходник ГНКТ, двойные лепестковые обратные клапаны, механический разъединитель, гидравлический центратор, гидropескоструйный

passes through the blending unit, pumping unit, wellhead pipelines, coiled tube and well annular space, slurry parameters shall differ accordingly. So, the fluid needs to pass through low-pressure hoses where higher viscosity is required to keep the sand suspended and then the fluid needs to pass through the coiled tube where lower viscosity and friction reduction under high consumption of injection fluid and circulating pressure restrictions are required. When the works are performed in horizontal wells, where fluid is transported to a coiled tube under low circulating pressure, suspending properties of the carrier fluid become even more critical. Therefore, carrier fluid shall have pseudoplastic properties ensuring that sand is suspended at all stages of injection process and ensure reduction of friction to maintain the circulating pressure in a coiled tube below the threshold limit (usually no more than 4,262 psi). When selecting chemicals to prepare carrier fluid it is also necessary to take into account medium temperature parameters both on the surface and at the bottomhole.

As for the abrasive sand, we considered many options of both proppants of different unit size and the ordinary quartz sand. Finally we selected quartz sand of 35–40 unit size as having the best abrasive properties in the context of its application for sand jet perforation with the use of coiled tubing and available perforator.

BOTTOMHOLE ASSEMBLY PECULIARITIES

Sand jet perforator is one of the main elements of the ISOJET technology. Trican Well Service Ltd developed and is currently using a 2.126-inch tool. Sand jet perforator is a body made of steel alloy with three jet nozzles of hard alloy with 120 degree phasing. Jet nozzles are axially spaced 5.9 inches apart. When the slurry is pumped through the nozzles at the rate of 260 l/min the speed of the jet stream reaches 190 m/sec under the rated pressure of 3,674 psi. Permissible injection mode provides for slurry consumption in the range of 230–340 l/min. Recommended time for one cutting is 12–15 minutes for 4.252-inch liner, in 5.748-inch string – around 20 minutes.

Generally, bottomhole assembly includes the following: coiled tubing adapter, double petal check valve, mechanical disconnecter, hydraulic centralizer, sand jet perforator, circulation nozzle. Maximum bottomhole assembly size is 2.146 inches.

WORKS ON VERTICAL WELLS

For the moment we have conducted more than 80 hydraulic fracturing operations using ISOJET technology at more than 30 wells of “A” oilfield in Western Siberia. On average, on each well 3 hydraulic fracs were done. The sequence of a typical operation is specified below.

перфоратор, циркуляционную насадку. Максимальный размер компоновки 54,5 мм.

ПРОВЕДЕНИЕ РАБОТ НА ВЕРТИКАЛЬНЫХ СКВАЖИНАХ

На сегодняшний день проведено более 80 операций ГРП по технологии ISOJET на более чем 30 скважинах месторождения «А» Западной Сибири. В среднем на каждой скважине проведено по 3 ГРП. Порядок выполнения типичной операции представлен следующим алгоритмом.

Перед проведением ISOJET на скважине из-под бурения бригадой КРС производится спуск и посадка пакера (с проходным отверстием не менее 61 мм) над верхним пластом. При проведении работ в 146 колонне потребуются пакер с проходным сечением 62 мм. После спуска пакера и колонны ГРП бригада КРС демонтируется со скважины и освобождает территорию для размещения на кусте флотов ГНКТ и ГРП.

Оба комплекса подбиваются к скважине, и производится монтаж оборудования на устье. Для последовательного проведения перфорации и ГРП требуется на колонную головку установить арматуру ГРП и оборудование ГНКТ. Для того чтобы во время ГРП не извлекать перфоратор на гибкой трубе полностью из скважины, предусматривается монтаж лубрикатора длиной около 2 м между блоком ПВО и инжектором. После чего следует спуск в скважину гибкой трубы (оборудованной гидropескоструйным перфоратором), отбивка и привязка к забою, размещение перфоратора в интервале перфорации. Перфорация проводится с помощью гидropескоструйного перфоратора, закрепленного на гибкой трубе диаметром 44 мм.

Далее производят точечную резку колонны в интервале пласта. Время образования одного канала составляет около 20 мин, расход рабочей жидкости – 9–10 м³, песка – 800–900 кг. Загрузка гелеобразующего реагента проводится в концентрации 7 л на 1 м³ жидкости. В состав раствора входит также стабилизатор глин. В интервале проводится 8–9 резок. За перфорацией, после извлечения перфоратора из скважины, следует проведение гидроразрыва на этом пласте. Если в скважине более одного пласта, то при проведении ГРП производят отсыпку методом недопродавки до необходимой глубины и повторяют вышперечисленные операции на следующий пласт. По окончании проведения всех ГРП на скважине флотом ГНКТ производится промывка и освоение.

ПРОВЕДЕНИЕ РАБОТ НА ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИНАХ

Технология ISOJET была опробована также на горизонтальных скважинах. Горизонтальная скважина X была пробурена в баженовской залежи с максимальным углом отхода от вертикали 82 град. В скважину была спущена и обсажена эксплуатационная колонна диаметром 146 мм. В качестве метода вторичного вскрытия и освоения было решено провести

Before doing ISOJET on a well coming out of drilling, a workover crew runs and sets a packer (with the minimum passageway of 2.402 inches) above the top reservoir. When working in a 5.748-inch tube string you will need a packer with 2.441-inch passageway. After packer setting and running a hydraulic fracturing string the workover crew leaves the location and clears the area for the coiled tubing and hydraulic fracturing fleets to deploy.

Both fleets are deployed near the well and start installing equipment at the wellhead. For subsequent conduct of perforation and hydraulic fracturing it is necessary to install fracturing head and coiled tubing equipment on the casing head. In order to avoid retrieval of perforator attached to a coiled tube during hydraulic fracturing, a 6.562-foot lubricator is installed between the blowout preventer and injector. This is followed by running coiled tube into the well (equipped with sand jet perforator), tagging and placing perforator in the perforation zone. The perforation is done by a jet perforator connected to a 1.732-inch coiled tube.

Then the point cutting of the string in the reservoir interval is performed. Time required to cut one perforation tunnel is around 20 minutes; consumption of the carrier fluid is 9–10 m³, consumption of sand – 800-900 kilograms. Gel-forming agent is added in the concentration of 7 liters per 1 m³ of carrier fluid. Clay stabilizer is also added to the slurry. Usually 8–9 cuttings are done in the interval. After perforator is retrieved out of the well, hydraulic fracturing is completed in this reservoir. In case there are more than one reservoir in the well, backfilling operation is done by means of underflush to required depth and then the abovementioned operations are repeated for the next reservoir. After all fracs have been finished on the well, coiled tubing fleet performs well clean out and completion operations.

WORKS ON HORIZONTAL WELLS

ISOJET technology was also tested on the horizontal wells. Horizontal well X was drilled to the Bazhenov formation with the maximum deflection angle of 82 degrees. A 5.748-inch production string was run into the well and cased. A three-stage ISOJET hydraulic fracturing was selected as a method of secondary opening. Coiled tubing was used at the stage of preparing well for the hydraulic fracturing, opening the producing formation and preparation of the next zone as well as during after-frac bottomhole cleaning and completion operations. The preparatory stage included wellbore callipering, coiled tube depth positioning and correlation with the opening intervals. Sand jet perforation stage included running coiled tube with the jet perforator to the required depth, perforation,

трехстадийный ГРП по технологии ISOJET. Комплекс ГНКТ был задействован на стадиях подготовки скважины под ГРП, вскрытия продуктивного пласта и подготовки следующей зоны, а также нормализации и освоения после ГРП. Стадия подготовки скважины включала шаблонирование ствола скважины, привязку ГНКТ по глубине забоя и корреляцию интервалов вскрытия. Стадия проведения гидродескоструйной перфорации состояла из спуска ГНКТ с перфоратором до заданной глубины, проведения перфорации, очистки интервала перфорации от излишков песка, проведения теста на приемистость и поднятия ГНКТ на поверхность для проведения ГРП, спуска ГНКТ для определения текущего забоя и нормализации по необходимости, гидродескоструйной перфорации следующего интервала. Стадия нормализации и освоения после ГРП включала финальную нормализацию всего горизонтального ствола скважины до глубины искусственного забоя, освоение скважины закачкой азота, вывод скважины на режим фонтанирования после выхода незакрепленного проппанта и жидкостей ГРП из призабойной зоны.

Стадия подготовки скважины включала шаблонирование скважины и привязку по глубине забоя для вскрытия пласта. Глубина забоя скважины была определена методами ГИС во время проведения работ КРС и установлена в качестве референсной для корреляции интервала спуска ГНКТ. После шаблонирования ствола скважины и спуска ГНКТ до референсной глубины электронный и механический датчики глубины ГНКТ были выставлены на заданное значение. Затем был произведен подъем ГНКТ до глубины первого интервала вскрытия, и на трубе была поставлена первая цветная метка. Исходя из того, что ГНКТ имеет остаточный изгиб и при каждом движении трубы метка на поверхности может не совпадать с определенной глубиной, спуско-подъемные операции во время корреляции и привязки интервала, а затем и во время размещения гидродескоструйного инструмента строго ограничены и проводятся только в направлении от максимальной глубины к устью. Схожим методом была произведена корреляция и привязка всех трех интервалов.

Стадия вторичного вскрытия методом гидродескоструйной перфорации была проведена в следующем порядке. Перфоратор был размещен

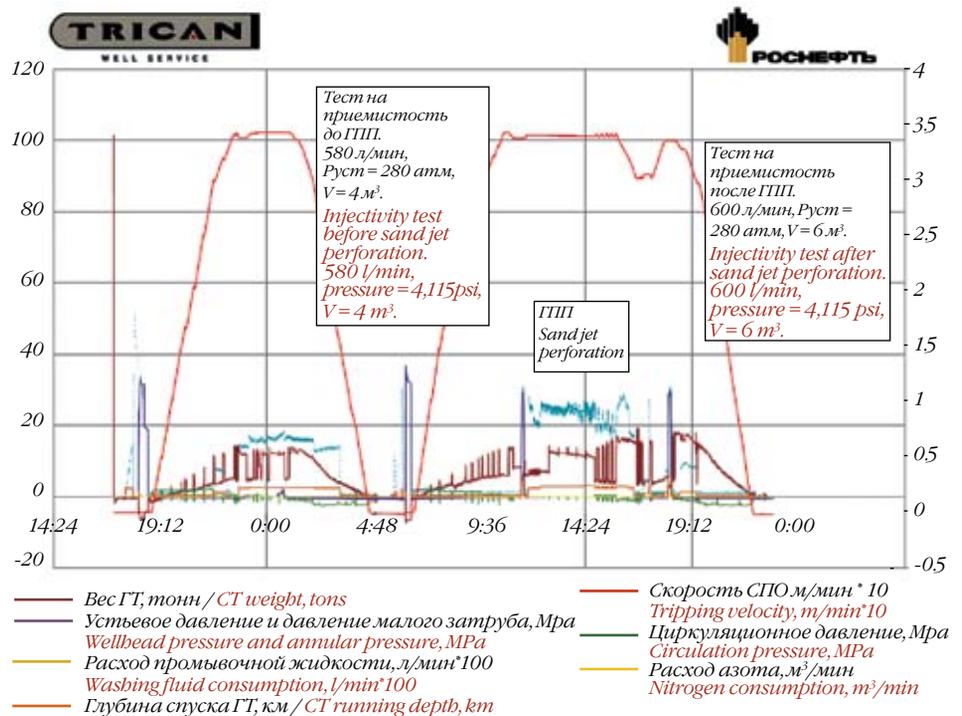


Рисунок 1 – Проведение ГПП с ГНКТ на вертикальной скважине
Figure 1 – Performance of sand jet perforation with the use of coiled tubing on a vertical well

cleaning perforation interval of surplus sand, performance of the injectivity test and retrieval of the coiled tube to perform hydraulic fracturing, running the coiled tube to identify the current bottomhole and clean it out if necessary, performance of sand jet perforation of the next interval. After-frac clean out and completion stage includes cleaning the whole horizontal leg length to the plugback depth, well completion by nitrogen injection, bringing the well to the flowing regime after emersion of unfixed proppant and frac fluids from the bottomhole zone to the surface.

The preparatory stage included calliper and coiled tube depth positioning to open the formation. The bottomhole depth was identified by logging during workover operations and this depth was taken as a reference to correlate the interval where a coiled tube shall be run to. After wellbore calliper and running a coiled tube to the reference depth, designed values were set on the coiled tube's mechanical and electronic depth sensors. Then the coiled tube was pulled up to the first opening interval and a first color mark was made on the tube. Taking into account the fact that a coiled tube has a residual bend and after each tube trip the color mark may not coincide with the necessary depth, there is a strict restriction on tube tripping both during depth positioning and correlation and during jet perforator placement, and such tripping shall be done only from the maximum depth to the wellhead. Depth positioning and correlation for all the three intervals was done in a similar way.

The stage of secondary opening by jet perforation was conducted in the following sequence. Perforator

на заданной глубине 2960 м согласно метке на ГНКТ. Установлена закачка гелированной жидкости с расходом 150 л/мин для замещения объема ГНКТ. Затем расход по жидкости был увеличен до 230 л/мин, и была произведена закачка абразивной смеси с загрузкой песка типоразмером 35–40 в концентрации 120 кг на 1 м³ несущей жидкости в течение 20 мин. Во время закачки циркуляционное давление находилось на уровне 270–290 атм при варьирующемся расходе 230–340 л/мин. После этого произведено приподнятия ГНКТ на 15 см, и была произведена вторая серия перфорационных отверстий, а затем третья серия в таком же порядке. Таким образом, произведено 9 перфорационных отверстий на интервал с фазировкой 120 град в интервале 45 см. После проведения перфорации интервал был нормализован от абразивного песка, и ГНКТ была поднята на поверхность для перехода к стадии ГРП.

После завершения ГРП на этапе продавки часть пропанта была оставлена в стволе скважины в целях изоляции интервала для проведения следующей стадии работ. Непосредственно перед проведением гидropескоструйной перфорации следующего интервала произведена закачка дополнительной порции песка для усиления изоляции интервала. Стадия вторичного вскрытия на втором и третьем интервалах была произведена аналогично описанному выше процессу. Ствол скважины был нормализован, и проведено освоение азотом до определенных техническим заданием параметров. Скважина выведена в режим фонтанирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технология ISOJET позволяет проводить непрерывный цикл подготовки скважины: вскрытие пласта – ГРП – освоение комплексами ГРП и ГНКТ и избегать задержки при вводе скважины в эксплуатацию. Достоинствами технологии ISOJET являются:

- отсутствие манипуляций с пакером, т.к. его посадка осуществляется один раз выше самого верхнего пласта;
- процесс перфорации занимает незначительное время;
- все основные работы выполняются одной компанией – ООО «Трайкан Велл Сервис»;
- нет ограничений по массе ГРП и фракциям пропанта.

Проведение работ по технологии ISOJET возможно практически в любых скважинах: большая кривизна скважины, наличие хвостовика (114 или 102 мм) или отсутствие усиленной эксплуатационной колонны (группа прочности E) не являются препятствием для использования технологии ISOJET.

Применение ISOJET показало свою эффективность в скважинах, где необходимо вскрытие нескольких пластов (особенно при наличии множества пропластков), которые нужно подвергнуть ГРП по отдельности, а также где несколько последовательных операций ГРП позволят обойтись меньшей массой пропанта, так как он не тратится на расклинивание глинистых перемычек, а размещается только в интересующих зонах. ☉

was placed at the designed depth of 9,711 feet according to the color mark on a coiled tube. Gelled fluid was injected at the rate of 150 l/min to fill in the volume of a coiled tube. Then the consumption was increased to 230 l/min, and the 35–40 sized sand was added into the fluid in the concentration of 120 kilograms of sand per 1 m³ of carrier fluid. Injection of the abrasive slurry lasted for 20 minutes. During injection the circulating pressure was at the level of 3,968–4,262 psi with fluid consumption varying from 230 to 340 l/min. After that coiled tube was pulled up by 15 centimeters and the second interval was perforated, and then the third one was done in the same manner. Therefore, 9 perforation holes were made per interval with 120 degree phasing within the interval of 45 cm. After perforation the whole interval was cleaned of the abrasive sand and the coiled tube was pulled out to proceed with hydraulic fracturing.

After the conduct of fracturing, at the squeeze stage, part of the proppant was left in the wellbore for the purpose of interval isolation to perform the next stage of works. Just before sand jet perforation of the next interval, additional portion of sand was injected to reinforce isolation of the interval. Opening of the second and the third intervals was performed similar to the process described above. Wellbore was cleaned; nitrogen completion was done to achieve the parameters specified in the terms of reference. The well was brought to the flowing regime.

CONCLUSION

ISOJET technology allows performing a continuous cycle of well preparation: formation opening-hydraulic fracturing-completion with hydraulic fracturing and coiled tubing fleets, and avoiding delay in well commissioning. The main advantages of the ISOJET technology are as follows:

- No additional manipulations with a packer, because packer is set above the top reservoir only once.
- Perforation takes relatively little time.
- All the main operations are performed by one company – Trican Well Service Ltd.
- There are no restrictions in terms of proppant weight and size.

ISOJET technology can be applied in almost all wells: great well curvature, presence of liner (4.488 or 4.016 inches) or absence of reinforced production string (E grade) – these are not restrictions for ISOJET application.

ISOJET proved its efficiency in the wells where several formations need to be opened (especially if there are a lot of interlayers) and fractured separately, as well as in the wells where several subsequent frac operations will allow reducing the amount of proppant used since it will not be wasted for propping shale streaks but located only in the zones of interest. ☉