

Оборудование для повышения эффективности гидроразрыва и гидроперфорации в продуктивных пластах

Equipment for Raising the Efficiency of Fracturing and Erosion Perforation in the Productive Formations

В.М. Кононов, д. т. н., профессор, Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ); Н.М. Панин

V. Kononov, N. Panin

При разработке нефтегазовых месторождений широко используются гидродинамические методы воздействия на продуктивные пласты (горные породы), например, гидроразрыв пластов (ГРП), выполняемый с целью управления продуктивностью (приемистостью) пласта, или гидроструйная перфорация при вторичном вскрытии пластов.

Для выполнения ГРП в заданном интервале продуктивного пласта формируют трещины. Задаваемый интервал ГРП в скважине отделяют пакерами, а разрушение породы осуществляется давлением жидкости, закачиваемой с дневной поверхности по колонне НКТ (или по эксплуатационной колонне). Давление P_y на устье скважины при ГРП приблизительно определяется по формуле:

$$P_y = P_p - (\rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot H) + P_{\text{ТР}} \quad (1)$$

где $\rho_{\text{ж}}$ – плотность закачиваемой жидкости разрыва, кг/м^3 ; H – глубина обрабатываемой зоны, м; $P_{\text{ТР}}$ – потери давления (напора) на трение при движении закачиваемой жидкости, Па;

P_p – давление разрыва горной

породы, Па, определяемое для горизонтальных трещин по формуле:

$$P_p = P_{\text{ГВ}} + \sigma_p, \quad (2)$$

где σ_p – временное сопротивление горной породы на разрыв, Па (для нефтяных продуктивных пластов обычно в расчетах принимают $\sigma_p \approx 3$ МПа); $P_{\text{ГВ}}$ – вертикальное горное давление, равное:

$$P_{\text{ГВ}} = \rho_{\text{гн}} \cdot g \cdot H, \quad (3)$$

где $\rho_{\text{гн}}$ – средняя плотность горных пород над продуктивным пластом, кг/м^3 .

Методы направленного ГРП, которые начинают применяться в различных технологиях воздействия на горные породы, основываются на ориентировании трещин разрыва в задаваемом направлении [1].

Одним из методов вторичного вскрытия пластов является гидropескоструйная перфорация, при которой в системе «обсадная колонна – цементный камень – горная порода» создаются каналы различной ориентации, связывающие продуктивный пласт с полостью скважины [2].



Формирование указанных каналов обеспечивается энергией струи жидкости с песком, выходящей из насадок аппарата, спускаемого на колонне НКТ в скважину. Энергетические параметры этой струи также зависят от величины давления P_y , создаваемого на устье скважины.

Практика выполнения гидроперфорационных работ и ГРП показывает, что во многих случаях требуемая величина давления P_y превышает допускаемые прочностные параметры как обсадных колонн (колонн НКТ), так и параметры их резьбовых соединений. Колонны гибких труб (колтубинг), успешно применяемые на различных операциях при подземном ремонте скважин [3], имеют, как известно, также значительные ограничения по допускаемым величинам внутреннего давления.

Недостатком существующего оборудования для выполнения ГРП и гидроструйной перфорации является то, что пространство между насадком и обсадной колонной заполнено, как правило, жидкостью, и истекающая из насадка струя жидкости является «затопленной». Параметры «затопленной» струи (скорость, давление, форма), т.е. влияющие на ее разрушающую способность, снижаются.

Целью и техническим результатом по патенту РФ № 2462589 С1 (кл. E21B 43/26) является повышение эффективности работ при добыче нефти. Указанный технический результат достигается двумя вариантами.

По первому варианту достигается тем, что в устройстве, содержащем корпус с радиальными каналами, в которых закреплены втулки с коническим соплом (насадком), втулки выполнены на внутренней поверхности с кольцевой расточкой, а сопла (насадки) – на наружной поверхности с кольцевой проточкой, образу-

ющими совместно кольцевую полость, в которой с возможностью взаимодействия с втулкой и соплом (насадком) размещена пружина сжатия, обеспечивающая радиальное перемещение сопла (насадка).

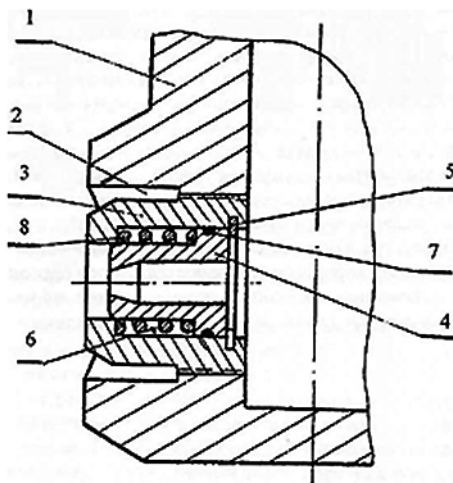
По второму варианту указанный технический результат достигается тем, что устройство, содержащее корпус с радиальными каналами, в которых закреплены втулки с коническими соплами (насадками), снабжено размещенной в полости корпуса втулкой с конической наружной поверхностью, выполненной с радиальными каналами, совмещенными в рабочем положении с полостью сопел, и подпружиненной в осевом направлении. При этом сопла (насадки) выполнены с наклонным торцом, контактирующим с конической поверхностью втулки, а сопла (насадки) установлены с возможностью радиального перемещения и подпружинены в радиальном направлении.

Достижению указанного технического результата способствует также и то, что втулка, размещенная в полости корпуса, выполнена с седлом под сбрасываемый клапан (шарик), при этом седло клапана выполнено с наклонными пазы, соединяющимися в рабочем положении надклапанную полость с подклапанной полостью.

Изобретение поясняется чертежами, на которых изображены общий вид устройства соответственно по первому (рис. 1) и второму (рис. 2) вариантам.

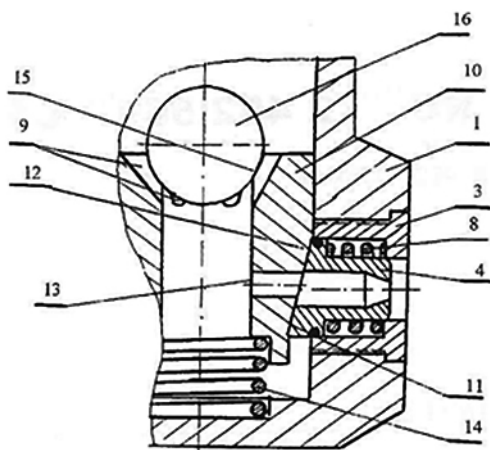
Предложенное устройство по первому варианту содержит корпус 1 с радиальными каналами 2, в каждом из которых закреплена втулка 3 с коническим соплом 4 (насадком). Сопло 4 зафиксировано от перемещения в сторону оси корпуса 1 в полости втулки 3 любым известным способом, например, пружинным разрезным кольцом 5. Втулки 3





1 – корпус; 2 – радиальные каналы; 3 – втулка; 4 – коническое сопло (насадок); 5 – разрезное кольцо; 6 – полость кольцевая; 7 – уплотнительное кольцо

Рисунок 1



1 – корпус; 2 – радиальные каналы; 3 – втулка; 4 – коническое сопло (насадок); 8 – пружина; 9 – наклонные пазы; 10 – втулка; 11 и 12 – сопрягаемые конические поверхности; 13 – радиальные каналы; 14 – пружина; 15 – седло; 16 – шариковый клапан

Рисунок 2

выполнены со ступенчатой внутренней поверхностью, а сопла 4 – с наружной ступенчатой поверхностью, образующие совместно кольцевую полость 6, в которой с возможностью взаимодействия со втулкой 3 и соплом 4 размещена пружина сжатия 8, обеспечивающая радиальное перемещение сопла 4 (насадка). Для герметизации сопла 4 предусмотрено уплотнительное кольцо 7, установленное в канавке на его наружной поверхности и контактирующее с внутренней поверхностью втулки 3.

Устройство по второму варианту содержит корпус 1 с радиальными каналами 2, в каждом из которых закреплена втулка 3 с коническим соплом 4 (насадком). Устройство снабжено размещенной в полости корпуса 1 подпружиненной в осевом направлении втулкой 10 с конической наружной поверхностью 11, ответной конической поверхности 12 торца сопла 4 со стороны оси корпуса 1. Втулка 10 выполнена с радиальными каналами 13, совмещенными в рабочем положении с полостью сопел 4. Втулка 10 опирается на пружину 14 и выполнена с седлом 15 под бросовой клапан 16, при этом седло 15 клапана 16 выполнено с наклонными пазами 9, соединяющими в рабочем положении надклапанную полость с подклапанной полостью. Как и в первом варианте, между наружной поверхностью сопла 4 (насадка) и внутренней поверхностью втулки 3 размещена пружина сжатия 8 для радиального перемещения сопла 4 (насадка) в полости втулки 3.

Принцип работы устройства заключается в следующем. После спуска устройства в скважину в заданном интервале начинают прокачивать жидкость разрыва, которая, проходя через конические сопла 4 (насадка), приобретает значительную скорость и оказывает динамическое воздействие на продуктивный пласт (или на обсадную колонну), образуя в нем отверстия (трещины). Эффективность образования трещин зависит от скоростного напора струи, которая в свою очередь зависит от расстояния между торцом сопла 4 (насадка) и внутренней поверхностью обсадной колонны (скважины). Чем меньше это расстояние, тем эффективнее работа устройства. С этой целью в предложенном устройстве сопла 4 (насадка) установлены с возможностью радиального перемещения, обеспечивающего приближение насадок к обсадной



колонне (пласту). При увеличении давления P_y (объема прокачиваемой жидкости разрыва) перепад давления на выходе из сопла 4 (насадка) увеличивается и насадка 4 выдвигается из втулки 3 за диаметр корпуса 1. После прекращения подачи жидкости разрыва сопла 4 (насадка) под действием усилия пружины 8 возвращаются в исходное положение и не препятствуют извлечению устройства из скважины.

В устройстве по второму варианту радиальное перемещение сопел 4 (насадка) осуществляется за счет воздействия на их наклонный торец 12 наклонной поверхности осевой втулки 10. Перемещение последней обеспечивается сбросом шарикового клапана 16, перекрывающего

большую часть проходного сечения осевого канала втулки 10. При этом жидкость разрыва подается через наклонные пазы 9, выполненные на поверхности седла 15, и далее через совмещенные радиальные каналы 13 втулки 10 в сопла 4 (насадка). В этом случае прекращается подача жидкости разрыва, втулка 10 под действием пружины 14 поднимается вверх, и выдвинутые в радиальном направлении сопла 4 (насадки) под действием пружин 8 возвращаются в исходное положение. После этого устройство может быть свободно поднято из скважины на поверхность.

Применение предложенного устройства позволяет значительно повысить эффективность работ при добыче нефти, газа и воды. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Кашников Ю.А., Ашихмин С.Г., Черепанов С.С. и др. Опыт создания ориентированной трещины гидроразрыва пласта на месторождениях ООО «Лукойл-Пермь»// Нефтяное хозяйство. – № 6. – 2014. – С. 40.
2. Мищенко И.Т. Скважинная добыча нефти. Учебное пособие для вузов. – М.: Нефть и газ. РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2007. – 826 с.
3. Молчанов А.Г., Вайншток С.М., Некрасов В.И. и др. Подземный ремонт и бурение скважин с применением гибких труб. – М., АГН, 2000. – 205 с.