

УДК 622.276

## КОНСТРУКЦИИ СКВАЖИН ПО ТЕХНОЛОГИИ «FISHBONE»

Коршунов Е.С.

*ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия (625000, Тюмень, ул. Володарского, 38), e-mail: eg.s.korschunov@yandex.ru*

В рамках данной статьи приведено описание конструкций скважин со сложным заканчиванием типа многозабойных, многоствольных и технологии заканчивания fishbone («рыбья кость»). Природные условия, труднодоступность в расположении большинства новых месторождений, высокая стоимость их добычи располагают к поиску новых технологий бурения скважин и совершенствования применяемых технологий бурения. Технология типа fishbone позволяет повысить продуктивность скважины за счет большей зоны дренирования, приходящейся на скважину. Конструкция позволяет направить каждое из ответвлений в отдельные участки недр, не задевая соседние пласты с газом или водой, что значительно влияет на период жизни скважины. К основному преимуществу технологии типа «Рыбья кость» следует отнести: увеличение стартового дебита скважин, увеличение охвата нефтенасыщенных участков пласта, снижение темпов падения дебита скважины, снижение стоимости добычи нефти, повышение конкурентоспособности продукции. Приведены первые результаты, данные по использованию технологии типа fishbone в России на Ванкорском и Восточно-Мессояхском месторождениях.

Ключевые слова: нефть, скважина, fishbone, МЗС, МСС, добыча, нефтяное месторождение, гидравлический разрыв, нефтяная скважина, экология, проводка скважины.

## INCREASING WELL DESIGNS USING FISHBONE TECHNOLOGY

Korshunov E.S.

*Federal Budget Educational Institution of Higher Education "Industrial University of Tyumen", Tyumen, Russia (625000 Russia, Tyumen, street Volodarskogo, 38), e-mail: eg.s.korschunov@yandex.ru*

This article describes the design of wells with complex completions such as multi-hole, multi-stem and completion technology fishbone. Natural conditions, the inaccessibility in the location of most of the new fields, the high cost of their production have the potential to search for new well drilling technologies and improve the applied drilling technologies. A fishbone-type technology can increase well productivity through a larger drainage area per well. The design allows you to direct each of the branches into separate sections of the subsoil without touching the adjacent layers with gas or water, which significantly affects the life of the well. The main advantage of the technology such as "Fishbone" should include: an increase in the start flow rate of wells, an increase in the coverage of oil-saturated sections of the reservoir, a decrease in the rate of decline in the flow rate of a well, a decrease in the cost of oil production, and an increase in the competitiveness of products. The first results are presented, data on the use of technology like fishbone in Russia at the Vankor and East Messoyakha fields.

Keywords: oil, well, fishbone, MZS, MSS, production, oil field, hydraulic fracturing, oil well, ecology, well wiring.

Россия располагает крупной сырьевой базой жидких углеводородов. По данным Государственного баланса запасов полезных ископаемых РФ технологически извлекаемые запасы нефти России на 01.01.2019г. составляли 29,8 млрд т. Выработанность запасов нефти составляет 56,2%, при этом около 60% текущих запасов относится к категории трудноизвлекаемых [2].

Повышение нефтеотдачи продуктивных пластов и снижение себестоимости ее добычи является приоритетной задачей. В настоящее время имеется мало нефтяных месторождений с простыми геологическими характеристиками, поэтому необходимо применение современных технологий. В первую очередь это строительство высокотехнологичных скважин и применение новых способов вытеснения остатков нефти, извлечь которые не удалось традиционными методами.

### **Типовые разветвления горизонтальных скважин**

Горизонтально разветвленные скважины делятся на многоствольные и многозабойные скважины. Многоствольная скважина (МСС) – скважина, состоящая из одного ствола, из которого пробурен один или несколько боковых стволов (ответвлений) на различные продуктивные горизонты (пласты), при этом точка пересечения боковых стволов с основным стволом находится выше вскрываемых горизонтов.

Многозабойная скважина (МЗС) – скважина, состоящая из основного, как правило, горизонтального ствола, из которого в пределах продуктивного горизонта (пласта) пробурен один или несколько боковых стволов. По схеме заканчивания горизонтально-разветвленные скважины (ГРС) по классификации TAML (Technology Advancement for Multi-Laterals) делятся на шесть уровней сложности, выработанных на форуме по вопросам технического прогресса в области бурения многоствольных горизонтальных скважин, состоявшимся в Абердине, Шотландия, 26 июля 1999 года, и уточненными в проекте предложениями, составленном в июле 2002 года. В Указанных стандартах сочленения отнесены к уровням 1, 2, 3, 4, 5 и 6 в зависимости от степени их механической сложности, соединительных возможностей и обеспечения гидравлической изоляции. Сложность возрастает с возрастанием уровня (рисунок 1).

Уровень 1: Основной ствол и боковые ответвления не имеют крепления обсадными трубами или в каждом стволе подвешенный хвостовик. Прочность сочленения и его гидравлическая изолированность целиком зависит от свойств породы, в котором находится место сочленения.

Уровень 2: Основной ствол обсажен и зацементирован, боковой ствол имеет открытый забой или оснащен хвостовиком (фильтром). Сочленение гидравлически не изолировано.

Уровень 3: Основной ствол обсажен и зацементирован, боковой ствол обсажен без цементированья (возможно крепление у точки разветвления без цементированья).

Уровень 4: Основной и боковой стволы обсажены и зацементированы (боковой ствол имеет хвостовик (фильтр)).

Уровень 5: Основной и боковой стволы обсажены и зацементированы (технологическое оборудование для добычи крепится с использованием пакеров). Сочленение герметично. (Может быть, а может не быть зацементировано).

Уровень 6: Основной ствол имеет забойное разветвление и крепление оборудования для раздельной добычи. Сочленение герметично. (Использование только цемента для герметизации недостаточно).

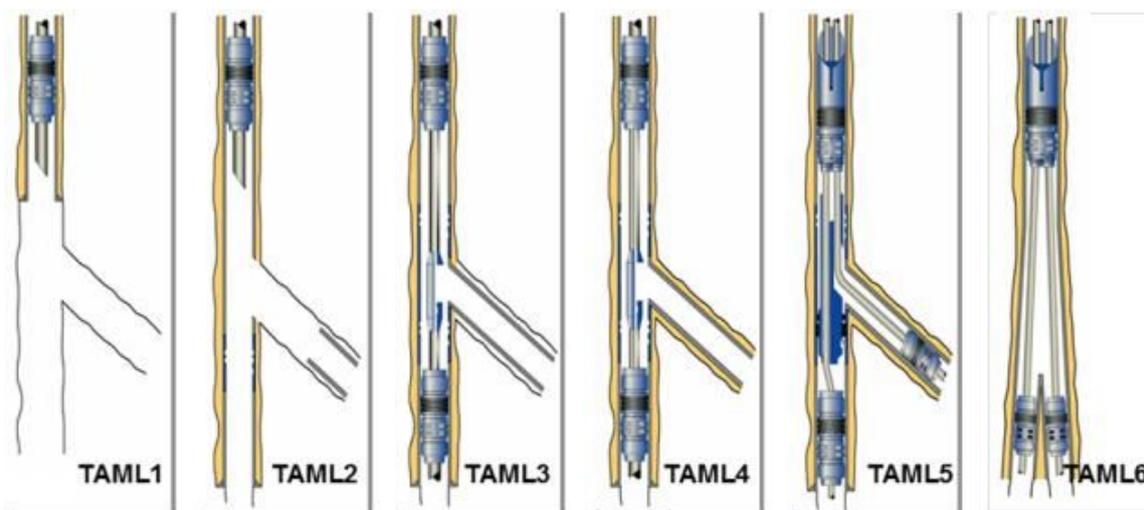


Рисунок 1 – Типы многоствольных скважин по технологии TAML

Для выбора разветвления и сложности заканчивания необходимо ориентироваться на толщину, которую имеет продуктивный пласт. Кроме того, значение имеет и литологическая характеристика. Нужно учитывать пласты, которые до начала разработки должны быть изолированы. Профиль и другие параметры ствола (длина, количество ветвей) многозабойной горизонтальной скважины определяют по следующим критериям: уровень неоднородности нефтеносного пласта; толщина пласта; литология; устойчивость разреза; твердость пород в пласте и ее распределение.

Многоствольные горизонтальные скважины повышают отдачу пласта благодаря большей площади контакта стенок скважин с пластом. На некоторых месторождениях технология бурения многоствольных горизонтальных скважин обладает очевидными преимуществами перед такими способами заканчивания, как традиционное вскрытие пласта вертикальными и горизонтальными скважинами или проведение ГРП. На рисунке 2 показаны основные схемы расположения многоствольных и многозабойных скважин в пласте.

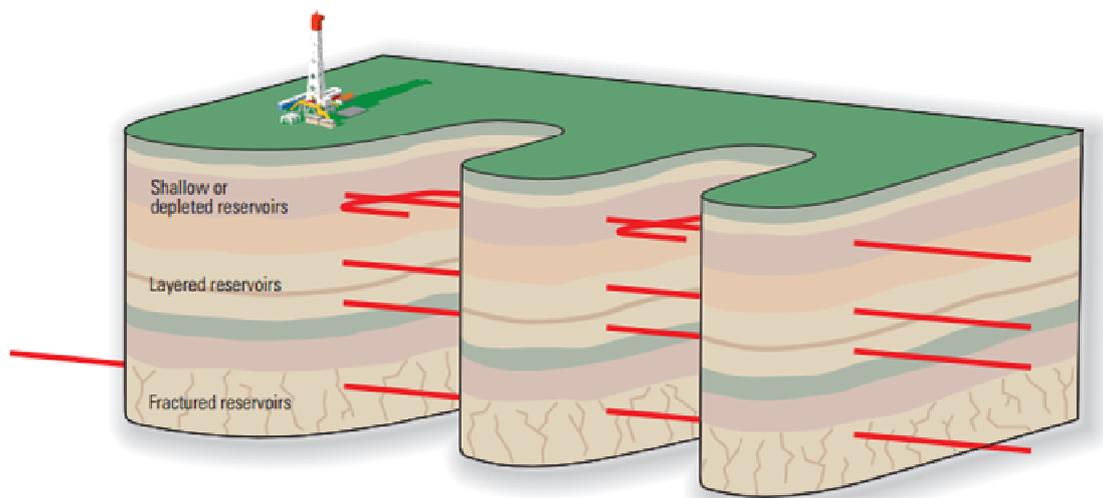


Рисунок 2 – Расположение разветвлённых скважин в пласте.

Рассматриваемая технология бурения технология «Fishbone» – это относительно новая технология интенсификации, которая прошла испытание в полевых условиях с коллекторами разного типа, включая карбонатные, песчанниковые и фундаментные пласты. Fishbone («рыбья кость») – многоствольная (многозабойная) скважина с особой траекторией, при которой от одного горизонтального ствола отходят многочисленные ответвления. Данная технология является альтернативой использования технологии гидравлического разрыва пласта (ГРП). Направление горизонтальных стволов по технике fishbone позволяет увеличить охват нефтенасыщенных участков по сравнению с традиционной горизонтальной скважиной [1].

Ответвления отходят от каждого переводника Fishbones, а через всю длину коллектора можно пропустить большое количество переводников. Основной функцией настоящей технологии является точная и контролируемая интенсификация производительности скважины, за счет объединения ствола скважины и коллектора как минимум двумя сотнями ответвлений. Каждое новое ответвление имеет длину, которая определяется длиной игл, которая варьируется в пределах от 10 до 10,8 метра. Ответвления легко преодолевают вертикальный поток и увеличивают коэффициент вскрытия коллектора, что в свою очередь увеличивает коэффициент производительности и добычи.

Применение технологии «Фишбон» имеет ряд своих преимуществ:

- снижение стоимости скважины, бурение до глубины промышленной зоны осуществляется один раз, а затем добавляются боковые стволы. Интенсификация добычи может происходить за счет создания отходящих стволов в разных направлениях без необходимости дорогостоящих буровых работ.

- возможны процедуры пересмотра запасов. Разработка месторождений, запасы которых ранее были отнесены к разряду нерентабельных, становится теперь экономически выгодной. Это способствует увеличению потока инвестиций в экономику страны и позволяет привлекать новых инвесторов.

- высокий коэффициент охвата разрабатываемого месторождения. При таком подходе для разработки требуется значительно меньшее число скважин. При относительно небольшом объеме буровых работ технология «фишбон» позволяет значительно увеличить охват нефтенасыщенных участков пласта.

В российской технологии бурения fishbone, есть и важные отличия от западной:

- не используется раствор соляной кислоты, который, к примеру, в карбонатных коллекторах, ничего хорошего для экологии не несёт;

- конструкции из труб не собирается на поверхности, а формируется во время строительства горизонтального ствола, когда с определенной точки производится бурение отростков на вышележащий нефтеносный пропласток, после чего осуществляется подъем компоновки до точки срезаки. Затем производится срезка в основной ствол и так – до следующей заданной точки. То есть, бурим основной ствол и ответвления от него.

Поэтому, использование технологии fishbone в России – более эффективно, чем на Западе (рисунок 3).

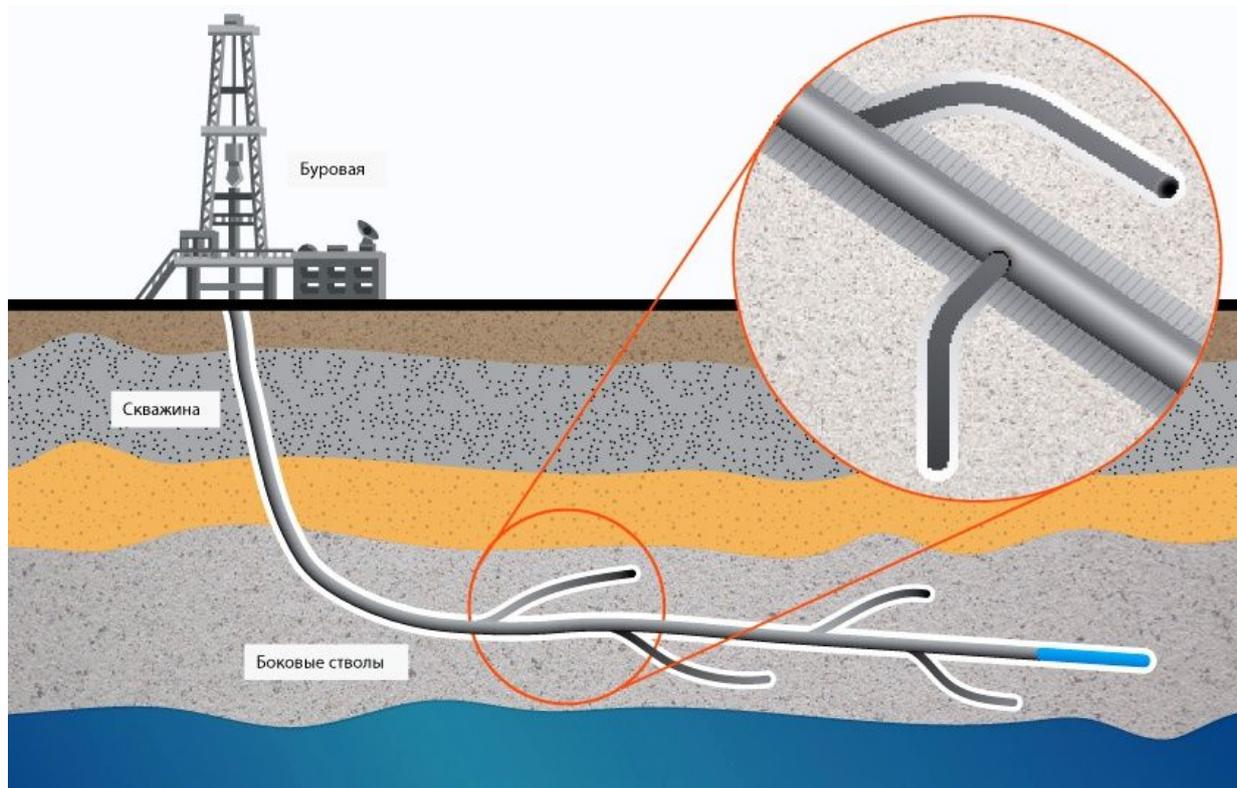


Рисунок 3 – Схематическое изображение конструкции типа fishbone

Важное значение имеет выбор расстояния между срезкой боковых ответвлений. При планировании траектории должны быть учтены и проработаны многие факторы:

- положения контактов;
- радиус кривизны в интервале нарастания угла бурения;
- взаимовлияние каждого дополнительного отхода от основного ствола на другие;
- длины планируемых ответвлений;

Согласно геологическим условиям каждый новый ствол скважины, должен быть достаточно смещён относительно других ветвей для обеспечения безопасной эксплуатации, короткого цикла бурения, экономически эффективного бурения, увеличения добычи нефти и газа. Относительно уместно, что расстояние между двумя срезками боковых стволов составляет от 80 до 150 метров, но во много это зависит от конкретных геологических условий залежи.

Операции бурения с использованием технологии гидравлического разрыва являются сложными и дорогостоящими. Вместе с тем оборудование для бурения скважин по технологии типа «Рыбья кость» технически более компактное и не требует специализированного громоздкого оборудования. Его обслуживание требует меньшее количество специалистов, что также положительно сказывается на стоимости бурения. Также, технология позволяет на 95 % сократить расход жидкости, по сравнению с проведением ГРП, что значительно уменьшает степень и риск загрязнения глубинных вод и облегчает проведение работ по утилизации, повышая тем самым экологическую безопасность.

### **Примеры реализации технологии Российских компаний**

В 2016 году ПАО «Газпром нефть» реализовало технологию fishbone на скважинах Восточно-Мессояхского месторождения, которое отличается сложным геологическим строением пластов. Около 40% запасов находится в циклите В, который состоит из большого числа изолированных ловушек. Проткнуть их всех одним стволом невозможно. Обычно в таких ситуациях используют ГРП, но на Восточно-Мессояхском месторождении велик риск прорыва воды и газа. Для решения данной задачи лучше всего подошла техника «fishbone».

АО «Мессояханефтегаз», разрабатывающая Восточно-Мессояхское месторождение, нарастила добычу жидких УВ с 3,2 млн.т. в 2017 году, до 4,5 млн.т. в 2018 году, выход к 2020 г. на пиковую добычу в 6,5 млн.т. (рисунок 4).

В 2018 году на месторождении была построена 131 высокотехнологичная скважина, каждая четвертая выполнена по технологии fishbone.

Ванкорское месторождение является одним из крупных. В общем объеме добычи нефти РФ доля Ванкора составляет 4%. Всего на месторождении построено более 120

скважин данной технологии. Использование современных технологий на Ванкоре ускорит освоение месторождений кластера и увеличивает нефтеотдачу пласта (рисунок 5).

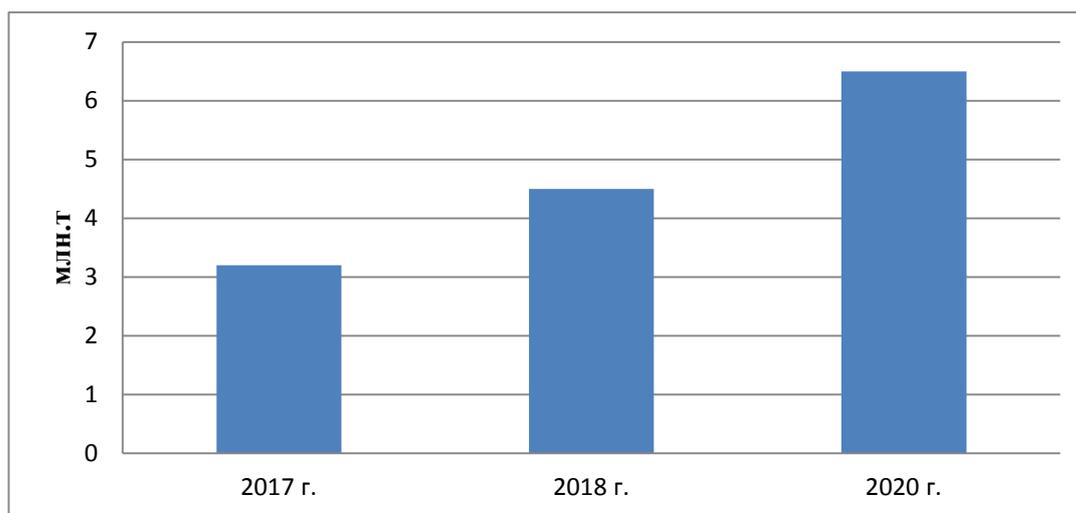


Рисунок 4 – Добыча жидких УВ на Восточно-Мессояхском месторождении

Первые испытания по применению технологии fishbone на Ванкоре провели в 2014 году. В результате дебит опытной нефтяной скважины увеличился на 32% по сравнению с традиционным методом. В 2018 году продолжается опробование и внедрение технологии МЗС на объектах разработки со сложным геологическим строением. В 2019 году «РН-Ванкор» достигло рекордного количества многозабойных скважин. Введено 54 скважины, что на 38% больше, чем в 2018 году.

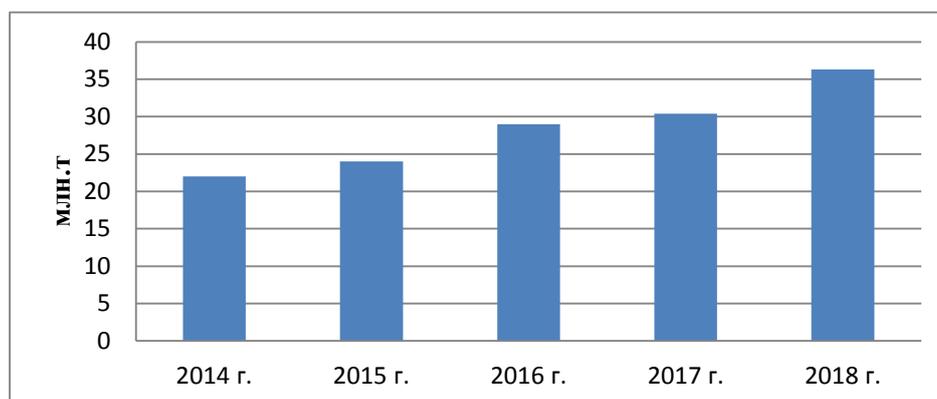


Рисунок 5 – Добыча нефти на Ванкорском месторождении

Технология fishbone позволяет увеличить продуктивность скважины за счет лучшего подсоединения резервуара к стволу скважины. Каждое из ответвлений направляется в отдельные нефтяные участки недр, не задев пласты с водой и газом. При данной технологии требуется меньшее число скважин. В числе преимуществ также и снижение воздействия на окружающую среду.

## Литература

1. Иваницкий А.В. Технология бурения ФИШБОН // Научно-практический электронный журнал «Аллея Науки». №2(18), 2018г., С.2-3.
2. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2018 году». Москва, 2019г.-420с.
3. Минева О.К., Минев В.С. Преимущества технологии строительства многоствольных высокотехнологичных скважин типа «рыбья кость». // Геология, география и глобальная энергия №2(65), 2017г., С.77-83.
4. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 3 мая 2012 г. № 700-р // Собрание законодательства РФ. – 07.05.2012. – № 19.
5. Семешко К.В. Первый опыт применения технологии «Фишбон» на Восточно-Мессояхском месторождении. // Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна (опыт, инновации), 2016г., С. 30-31.