

Coiled/tubing times

ВРЕМЯ КОЛТЮБИНГА
ВРЕМЯ ГРП

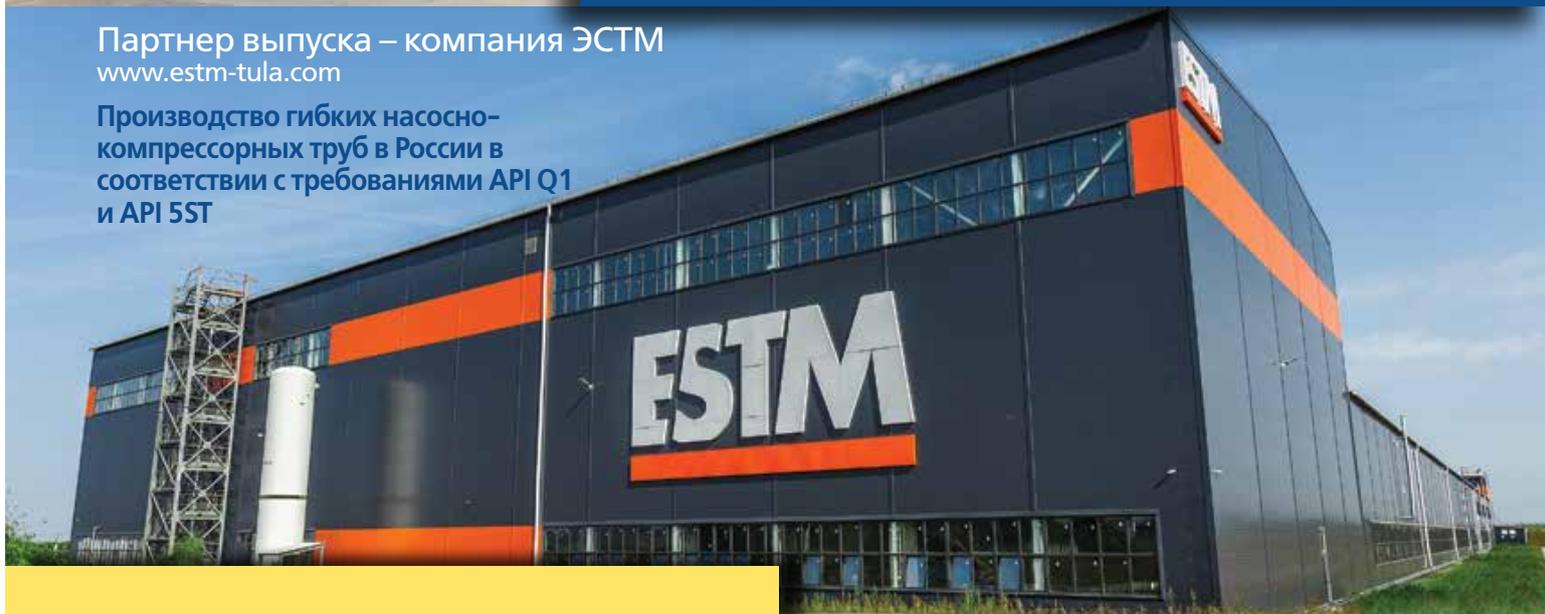
издается с 2002 года / has been published since 2002

3 (073), Сентябрь/September 2020

Партнер выпуска – компания ЭСТМ

www.estm-tula.com

Производство гибких насосно-компрессорных труб в России в соответствии с требованиями API Q1 и API 5ST



ЭСТМ ОСВАИВАЕТ НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ
ESTM GAINS NEW GROUNDS

МНОГОКАНАЛЬНЫЙ КОЛТЮБИНГ

ИДЕТ МИНИ-РЕВОЛЮЦИЯ!
MINI-REVOLUTION IS UNDERWAY!

САМОЗАГУЩАЮЩАЯ ПОТОКООТКЛОНЯЮЩАЯ КОМПОЗИЦИЯ ДЛЯ НАПРАВЛЕННЫХ КИСЛОТНЫХ ОБРАБОТОК КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ
SELF-THICKENING FLOW-DIVERTER COMPOSITION FOR DIRECTED ACID TREATMENTS IN CARBONATE RESERVOIRS

ТЕЗИСЫ КОНФЕРЕНЦИИ ПО КОЛТЮБИНГОВЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ И ВНУТРИСКВАЖИННЫМ РАБОТАМ SPE/ICoTA 2020
SPE/ICoTA COILED TUBING & WELL INTERVENTION CONFERENCE 2020 ABSTRACTS

www.cttimes.org



73



МНОГОКАНАЛЬНЫЙ КОЛТЮБИНГ. Варианты изготовления и способы применения

Р.М. ГАБДУЛЛИН, председатель совета директоров ООО «МКТех», резидента «Сколково», проект многоканального колтюбинга;
Р.В. АГИШЕВ, старший проектный менеджер (руководитель направления добычи углеводородов), фонд «Сколково»

«Тенденции превыше аналогий»

Стив Джобс

Практика использования колтюбинга (КТ) в нефтегазовой индустрии, где основной целью является максимальное извлечение углеводородного сырья и снижение себестоимости его добычи, показывает, что для проведения многих технологических операций в нефтяных и газовых скважинах, бурения скважин, проведения многостадийного гидроразрыва пластов (МГРП), а также для лифта пластовой жидкости и газа различными способами механизированной добычи целесообразно иметь многоканальный колтюбинг (МКТ), включающий два и более гидроканалов, а также дополнительные сервисные каналы (силовые электрокабели, капиллярные трубки, информационные оптоволоконные и электропроводные линии и т. д), причем различных конфигураций и диаметров, из различных материалов, для использования в скважине как единой многоканальной длинномерной гибкой системы.

Известно, что однотрубный КТ подвергается при спуско-подъемных операциях большим механическим радиальным сжимающим усилиям от инжектора и осевым растягивающим усилиям от веса КТ. При использовании гладких траков на инжекторе (рис. 1) на больших глубинах спуска КТ возможны проскальзывания с задирами и необходимы большие сжимающие усилия траков инжектора, а при использовании рифленых траков на инжекторе (рис. 2) на теле КТ образуются микротрещины и деформации, особенно на сварных швах. Также существует невозможность использования для КТ упорных элеваторов, как только конусных, с теми же радиальными сжимающими и осевыми растягивающими воздействиями на тело трубы.

При прохождении КТ гусака и особенно при намотке на барабан (рис. 3) сварные швы и тело колтюбинга подвергаются значительным знакопеременным сжимающим на внутренней стороне изгиба и растягивающим нагрузкам на внешней стороне изгиба, что приводит к усталостным явлениям и снижает долговечность



Рисунок 1

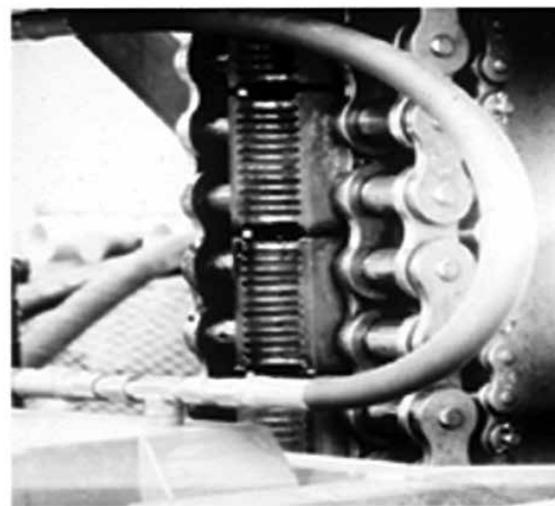


Рисунок 2

самого КТ. Причем наиболее выражены усталостные явления, образующиеся дефекты и разрушения на сжатой внутренней стороне изгиба. Чем больше радиус КТ и чем меньше радиусы намотки и гусака, тем больше изгибающие усилия и тем меньше должно быть давление в КТ. Это позволяет утверждать, что при использовании одного КТ и МКТ с двумя гидроканалами, но с одинаковыми проходными

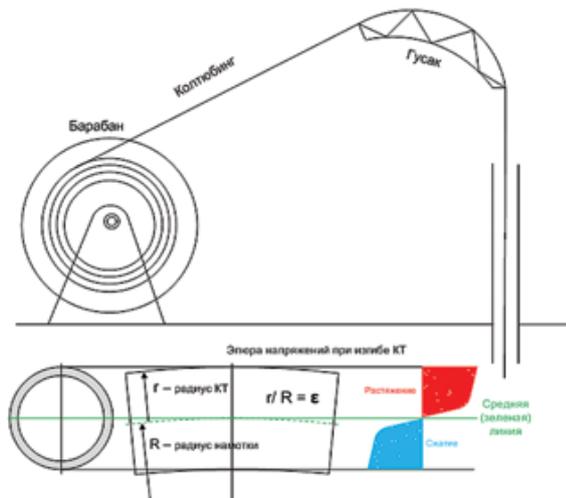


Рисунок 3

сечениями последний будет подвергаться меньшим изгибающим усилиям, и тем больше может быть давление в МКТ. Кроме того, изгибающие усилия при спуско-подъемных операциях вызывают деформационные увеличение диаметра и удлинение КТ.

Сегодня иностранные компании пытаются создавать различные компоновки МКТ из стандартных КТ. Одним из вариантов является концентрический МКТ (рис. 4) по типу «свободная труба в трубе» (BAKER HUGHES (США) и СЗАО «Новинка» (Беларусь). Этот МКТ позволяет эффективно осуществлять технологические операции по очистке забоя скважины от пластовой воды и мехчастиц, особенно на газовых месторождениях с низким пластовым давлением; перфорацию эксплуатационной колонны зарядами, сверлением и пескоструем; работу в скважине с надувным пакером; контроль, управление и манипуляции с погружным оборудованием; вызов и интенсификация притока флюида и т. д. За счет закольцованности рабочей жидкости отсутствует негативное влияние столба рабочей жидкости на пласт. Но, к сожалению, этот МКТ не смог полностью решить некоторые вопросы: 1) все каналы находятся внутри основного наружного КТ большого диаметра, на который приходится нагрузка всего веса МКТ во время его нахождения на инжекторе, что вызывает необходимость увеличивать толщину стенки основного КТ и повышать марку стали, что, в свою очередь, увеличивает массу колонны, ее жесткость и стоимость; 2) остается сложным вопрос о подвеске свободных внутренних каналов колонны на устье и забое, их герметизация; 3) внутренний КТ «съедает» существенную часть полезного пространства основного КТ; 4) на больших глубинах спуска МКТ свободно расположенный внутренний КТ может быть раздавлен на гусак

или барабане своим же весом; 5) в начале подъема МКТ из скважины внутренний КТ наматывается на барабан с большим растягивающим напряжением от ее веса в скважине.

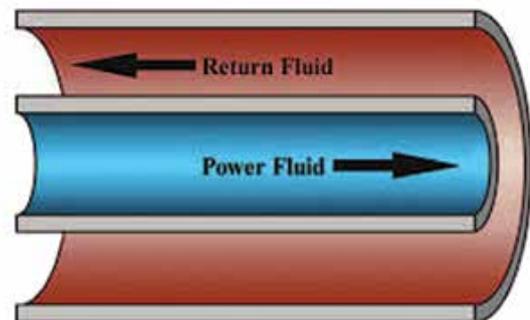


Рисунок 4

Другим вариантом МКТ является параллельное расположение нескольких стандартных КТ по типу «трубы в ряд» (CJS Technologies, Канада). В этом МКТ стандартные КТ соединяются друг с другом при помощи металлических перемычек (рис. 5) или заплываются вместе в единую ленту при помощи пластического материала (рис. 6).



Рисунок 5



Рисунок 6

Этот МКТ позволяет успешно осуществлять технологические операции по очистке забоя скважины от пластовой воды и мехчастиц и предлагает добычные варианты, например, мехдобыча с ЭЦН и с погружными гидро- и электроприводными объемными насосами. Этот вариант МКТ, к сожалению, также не решает полностью некоторые технические вопросы: 1) все каналы соединены и зафиксированы стальной перемычкой, что, в свою очередь, создает проблему прохождения перемычкой герметизатора, инжектора, ПВО и т. д.; 2) все каналы сплавлены и зафиксированы пластиком или стальной перемычкой, что не позволяет компоновать МКТ различными вариантами

дополнительных гидравлических и сервисных каналов.

Китайская компания SHINDA CREATIVE OIL&GAS EQUIPMENT CO., LTD изготавливает многоканальный ГНКТ-Кабель (рис. А), содержащий несколько гидроканалов и электрокабелей, и композитный ГНКТ-кабель (рис. Б), содержащий заплавленные вместе ГНКТ, силовой электрокабель, информационный электроканал и капиллярный трубопровод.



Рисунок А

Рисунок Б

Это очень интересные варианты компоновок МКТ для решения широкого спектра задач как в технологических, так и в добычных вариантах, но в них остаются нерешенными некоторые вопросы: 1) периферийные гидро- и электроканалы подвергаются значительным знакопеременным сжимающим на внутренней стороне изгиба и растягивающим нагрузкам на внешней стороне изгиба, особенно при прохождении КТ гусака и при намотке на барабан, что приводит к усталостным явлениям и снижает долговечность самого КТ; 2) сложность изготовления и большая цена; 3) невозможность ремонта/замены неисправного канала; 4) фиксированная компоновка многоканального ГНКТ-кабеля.

Российская компания «МКТех», резидент фонда «Сколково», занимается разработкой и созданием многоканального колтюбинга (МКТ) как для технологических операций, так и для добычи нефти и газа. Ее команда анализирует и мониторит рынок КТ и МКТ уже более 25 лет и имеет свои разработки и решения. Как результат, получены более 15 патентов на изобретения, связанные с тематикой ГНКТ. Сущность идеи состоит в том, что в единую колонну МКТ объединяются два и более закрытых трубных канала, фиксированные вместе соединительными, стыковочными или разделительными перегородками, с возможностью внешнего или внутреннего размещения дополнительных сервисных (гидравлических, электрических и оптоволоконных) каналов. Инновационность проекта заключается в создании универсального МКТ, который легко адаптируется к стандартному оборудованию колтюбинговых установок с минимальными изменениями в их конструкции. В предлагаемом МКТ применяется принципиально новая схема

переноса усилия веса колонны с тела трубы на дополнительные несущие элементы, состоящая в том, что тело трубы несет в основном только нагрузки давления жидкости внутри трубы, а вес самой трубы и жидкости внутри нее несет перфорированная перегородка или фигурные бурты на периферии (гнутая волна-баттерфляй и фрезерованная волна-гребенка). Это главное отличие от одинарного КТ, где тело трубы несет одновременно как гидравлическую нагрузку давления жидкости в трубе, так и механическую нагрузку веса колтюбинга на инжекторе. В МКТ практически отсутствуют механическое давление на тело трубы и проскальзывание колтюбинга в инжекторе, а также деформация колтюбинга с образованием микротрещин. Кроме того, сварные швы, бурты и перегородки в намотанном на барабан МКТ всегда находятся на «средней (нулевой, зеленой) линии» (рис. 3), где усилия сжатия и растяжения минимальны. Все это позволяет использовать в МКТ более дешевые марки стали, уменьшать толщину стенки, делать разные радиусы КТ в зонах сжатия и растяжения, а также делать захват и удержание МКТ инжектором и элеваторами более простым и надежным. Для работы в рамках государственной программы импортозамещения появляется возможность производить МКТ из штрипса российского производства (например, ПАО «Северсталь») без потерь его технологических характеристик, но с расширением его функциональных возможностей.

ООО «МКТех» предлагает предварительную классификацию вариантов изготовления МКТ, геометрии поперечного сечения, компоновки каналов, конфигурации грузонесущей части и т. д., которые имеют свои особенности и различия, приведенные ниже:

1. По сварке:
 - а) односторонняя;
 - б) многосторонняя;
 - в) одношовная;
 - г) многошовная.
2. По количеству штрипсов:
 - а) одноштрипсовая;
 - б) многштрипсовая.
3. По выделению грузонесущей части многоканального колтюбинга:
 - а) перфорированная соединительная перегородка, соединяющая два гидроканала;
 - б) периферийный бурт или бурты по типу «гребенки» в виде чередующихся выступов и впадин;
 - в) периферийный бурт или бурты по типу «баттерфляй» в виде чередующихся выгнутых гребней и ложбин;
 - г) периферийный бурт или бурты по типу «линейки».
4. По расположению сервисных каналов:
 - а) каналы расположены снаружи;

- б) каналы расположены внутри;
- в) каналы расположены комбинированно.
- 5. По способу присоединения сервисных каналов:
 - а) на замках;
 - б) на клямках;
 - в) за счет трения;
 - г) свободно.
- 6. По функциональности перемычек между гидроканалами:
 - а) соединительная;
 - б) стыковочная;
 - в) разделительная.
- 7. По виду компоновок:
 - а) фиксированный, неизменяемый;
 - б) сборно-разборный;
 - в) базовый фиксированный с присоединяемыми сервисными каналами.
- 8. По наружной геометрии поперечного сечения МКТ:
 - а) круглая;
 - б) эллипсная;
 - в) две прямые, соединяющие два полукруга;
 - г) обтекаемая со сложной геометрией;
 - д) необтекаемая со сложной геометрией.
- 9. По вариантам используемых гидроканалов для МКТ:
 - а) стандартный одинарный КТ;
 - б) базовый гидроканал;
 - в) базовая пара из базовых жестко соединенных между собой гидроканалов;
 - г) базовая пара, изготовленная непосредственно из штрипса (штрипсов);
 - д) базовая пара Фета-типа;
 - е) комбинированная.
- 10. По месту расположения соединительно-разъединительных устройств:
 - а) ниже инжектора;
 - б) выше инжектора.

Все существующие на сегодня МКТ состояются из стандартных одинарных КТ, которые условно назовем Нулевым типом (рис. 7). Изготавливается продольным профилированием из одного штрипса с последующим фиксированием торцов штрипса между собой дуговой сваркой или лазером.

Предлагаемый МКТ с любой конфигурацией состоит из основных базовых элементов в виде четырех типов закрытых гидравлических каналов, которые представлены ниже:

Первый тип (рис. 8). Изготавливается продольным профилированием из одного штрипса с выгибанием наружу торцов и последующей их сваркой между собой по соприкасающимся боковым поверхностям с образованием закрытого гидроканала с кромковым буртом.

Второй тип (рис. 9). Изготавливается продольным профилированием из одного штрипса с образованием на первом этапе

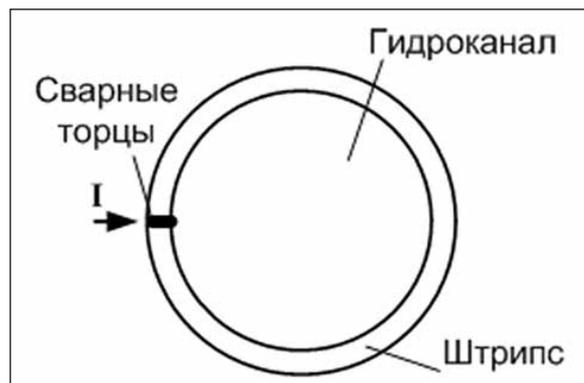


Рисунок 7

складки в виде профилированного бурта и его провариванием изнутри и с дальнейшим профилированием, выгибанием наружу торцов, их последующей сваркой между собой по соприкасающимся боковым поверхностям и образованием кромкового бурта. Профилированный и кромковый бурты закрытого гидроканала располагаются диаметрально друг от друга.

Третий тип (рис. 10). Изготавливается

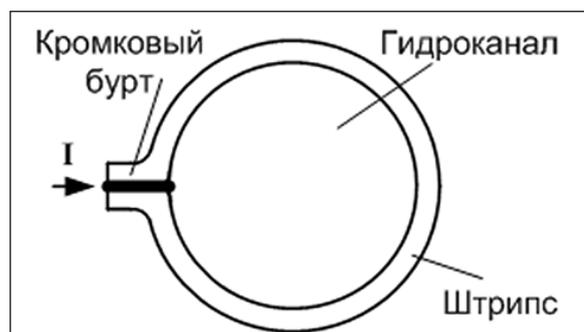


Рисунок 8

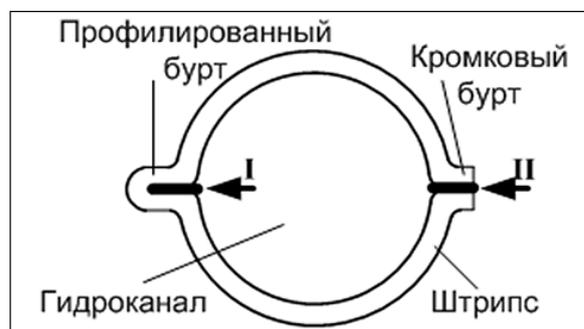


Рисунок 9

одинаковым продольным профилированием двух отдельных штрипсов с образованием в поперечном сечении полукругов с выгнутыми наружу торцами и последующей сваркой двух зеркально совмещенных профилированных штрипсов между собой по соприкасающимся

электродвигателем с регулированием частоты вращения. Нахождение ДГШ в масляной ванне рабочего гидроканала уменьшает трение и износ контактирующих поверхностей, но пуск и торможение вращения за счет длины ДГШ, ее веса и большой контактной поверхности должны быть очень плавными. Все подшипники качения и скольжения в ПЦН будут смазываться через масляный гидроканал.

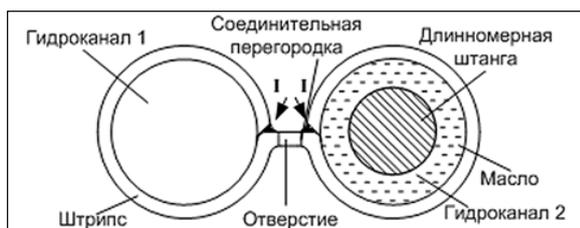


Рисунок 13

Другим вариантом фиксированной базовой пары является создание двух гидроканалов, соединенных перегородкой, путем разделного, одинакового профилирования двух штрипсов в виде двух соединенных полукругов с выгнутыми торцами и зеркального их приваривания друг с другом по сопрягаемым контактным поверхностям с образованием на первом этапе соединительной перегородки и кромковых буртов, расположенных диаметрально друг от друга, на втором этапе (рис. 14).

Базовые пары могут состоять из двух базовых каналов, причем с любыми сочетаниями всех трех типов, путем сварки двух кромковых буртов по торцам между собой, где сваренные



Рисунок 14

бурты являются соединительной перегородкой. Рассмотрим несколько вариантов изготовления базовых пар с использованием различных базовых гидроканалов.

Базовая пара составляется из двух идентичных базовых гидроканалов Первого типа (рис. 15), путем сварки по торцам кромковых буртов, соединенных зеркально между собой двух базовых гидроканалов, с образованием базовой пары с соединительной перегородкой. Соединительная перегородка предназначена для жесткого соединения двух зеркально

соединенных базовых гидроканалов и переноса усилия веса колонны с тела трубы на соединительную перегородку и далее на пальцы силовых элементов инжектора.

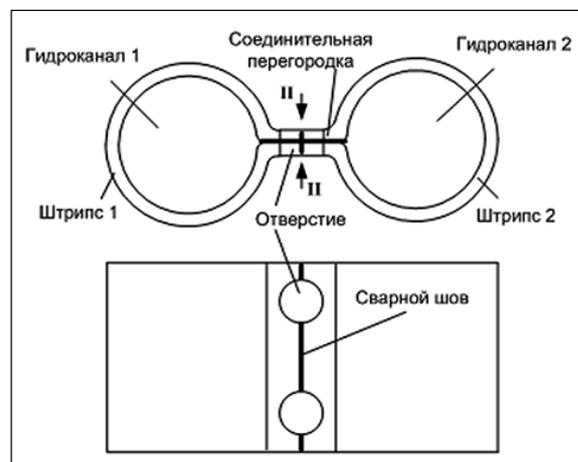


Рисунок 15

Отверстия соединительной перегородки между закрытыми каналами также используются для образования замкового соединения с ответными выступами (рис. 16), например, в виде цапг или эластичных «грибков», находящиеся на эластичной сервисной ленте, с сервисными каналами, такими как электрические проводники или кабели, оптоволоконные линии, капиллярные трубки и т. д.

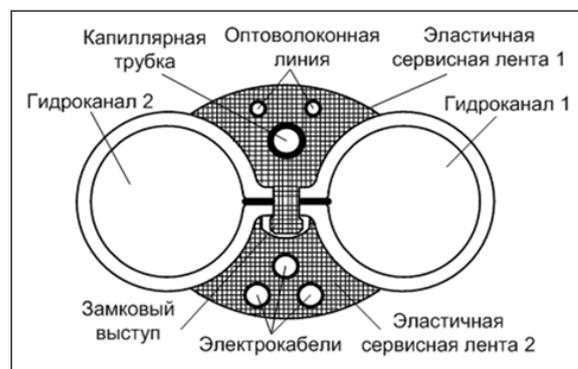


Рисунок 16

Базовая пара составляется из двух идентичных базовых гидроканалов Второго типа (рис. 17) путем сварки по торцам кромковых буртов, соединенных зеркально между собой двух базовых гидроканалов, с образованием базовой пары с соединительной перегородкой. Центры каналов закрытого сечения, бурты, сварочные швы и перегородка располагаются на линии, параллельной оси барабана намотки. Профилированные бурты выходят за пределы внешних габаритов колонны и имеют геометрию в виде чередующихся фигурно прессованных

гребней и ложбин (поперечная волна-баттерфляй), назначением которых является перенос на них нагрузки веса многоканального колтюбинга. При придании профилированным буртам волнообразной геометрии с поперечной волной и аналогичной ответной на инжекторе вес МКТ будет в основном передаваться с тела трубы на фигурные бурты с уменьшением нагрузки на трубную часть колонны от растягивающих и сжимающих усилий.

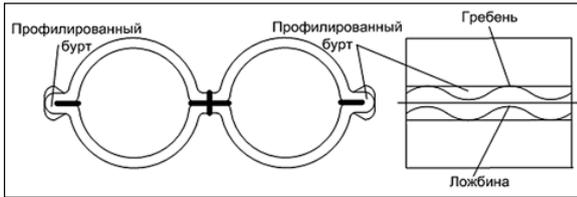


Рисунок 17

Базовая пара составляется из двух идентичных базовых гидроканалов Третьего типа (рис. 18) путем сварки по торцам кромковых буртов, соединенных зеркально между собой двух базовых гидроканалов, с образованием базовой пары с соединительной перегородкой. Бурты выходят за пределы внешних габаритов колонны и имеют геометрию в виде чередующихся фрезерованных (вырубленных) выступов и впадин (продольная волна-гребенка). Наличие буртов (рис. 17 и 18) позволяет осуществлять ориентированную укладку и намотку многоканального колтюбинга на барабан с размещением сварных швов, перегородок и буртов на средней линии поперечного сечения колонны, параллельной оси барабана, и применять элеваторы с фигурными проточками.

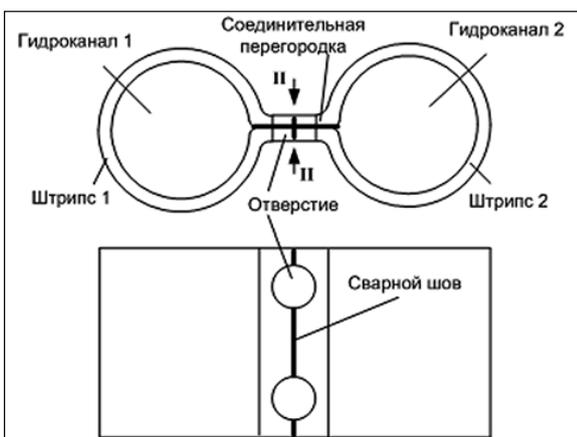


Рисунок 18

При сварке двух базовых гидроканалов между собой по торцам буртов для предотвращения перегрева тела гидроканала по ним может

пропускаться компрессором воздух, который заодно очистит внутреннее пространство обоих каналов.

Отдельный вариант МКТ с наружной

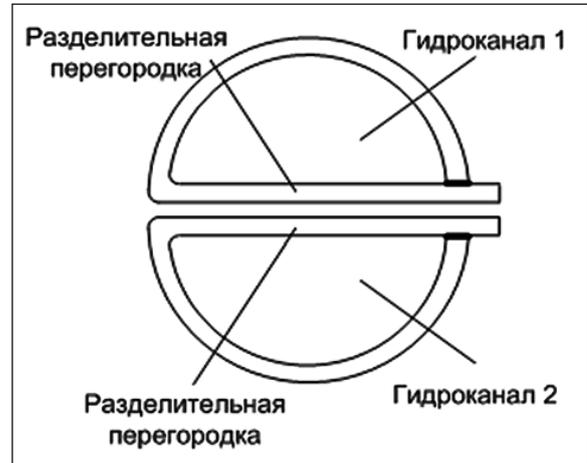


Рисунок 19

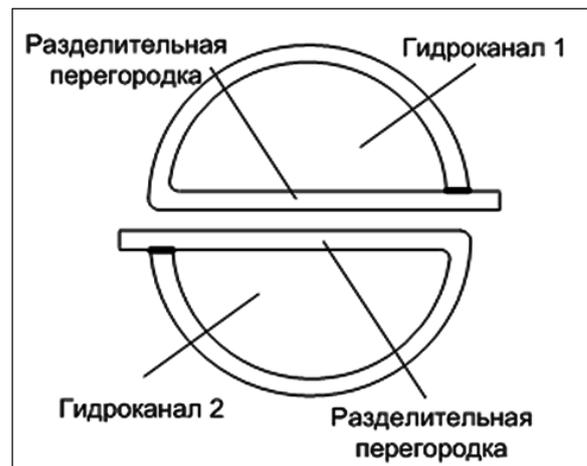


Рисунок 20

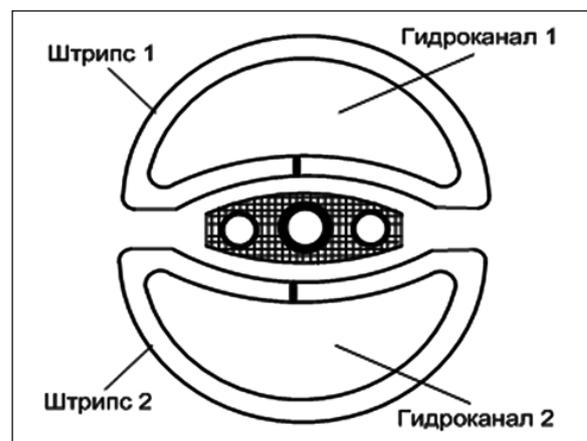


Рисунок 21

геометрией поперечного сечения в виде окружности или эллипса может использоваться в стандартных колтубинговых установках практически без переделок последних. Представляет собой базовую пару с сечением Фета-типа (по названию греческой буквы θ), где два или более гидроканала имеют разделительную перегородку, которая является одновременно и частью стенок смежных гидроканалов. Базовая пара с сечением

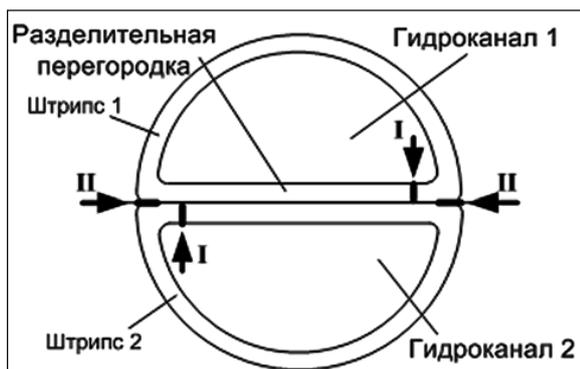


Рисунок 22

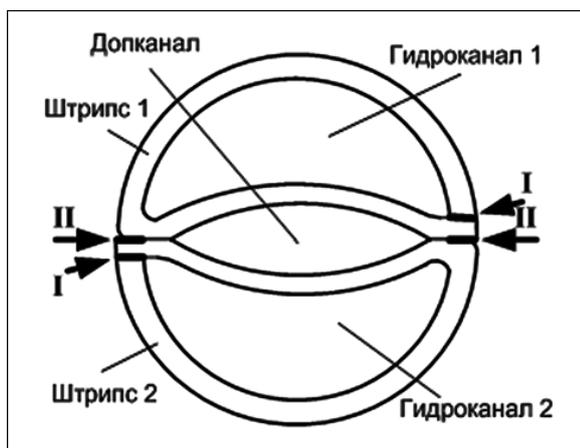


Рисунок 23

Фета-типа может изготавливаться из двух штрипсов путем их одинакового раздельного профилирования и сваркой торцов друг с другом и создания двух независимых закрытых гидроканалов **Четвертого типа**, имеющих в поперечном сечении полукруг (рис. 19 и 20) или месяцеобразную геометрию (рис. 21), которые могут быть с буртом или без него.

Разделительная перегородка может быть с двойной толщиной штрипса, а МКТ будет самоустанавливаться на барабане с расположением перегородки параллельно оси вращения барабана при намотке многоканальной колонны на барабан. Это будет происходить за счет увеличения жесткости

разделительной перегородки при попытке ее поворота с горизонтального положения в вертикальное. Базовая пара с сечением Фета-типа может применяться как самостоятельно, так и в виде составного элемента МКТ. При необходимости производства работ с МКТ с наружной геометрией поперечного сечения в виде окружности или эллипса основной внутренний элемент многоканального колтубинга – разделительная перегородка, которая является одновременно и частью стенок двух (рис. 22) или нескольких гидроканалов (рис. 23). В варианте МКТ с наружной геометрией поперечного сечения в виде эллипса разделительная перегородка играет роль ребра жесткости, предотвращающего коллапс эллипса от избыточного внешнего давления. Эллипсообразную трубу легко наматывать ориентированно на барабан.

МКТ с двумя базовыми гидроканалами **Четвертого типа** и с одним кромковым буртом (рис. 24) может изготавливаться из двух штрипсов путем их одинакового раздельного профилирования по месяцеобразной геометрии (рис. 21) и последующей сваркой торцов к друг другу (рис. 21 и 22) или к телу штрипса (рис. 19, 20, 23). Затем два канала зеркально свариваются друг с другом по сопряженным поверхностям для создания третьего закрытого

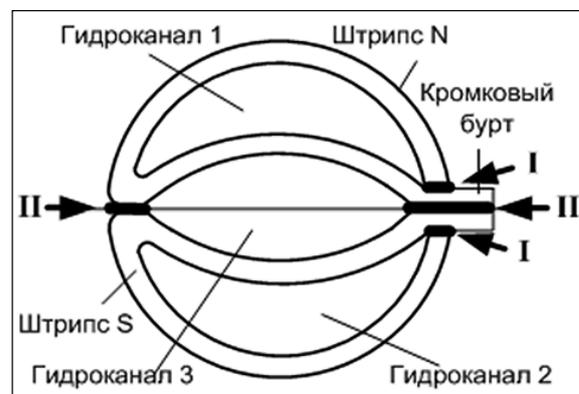


Рисунок 24

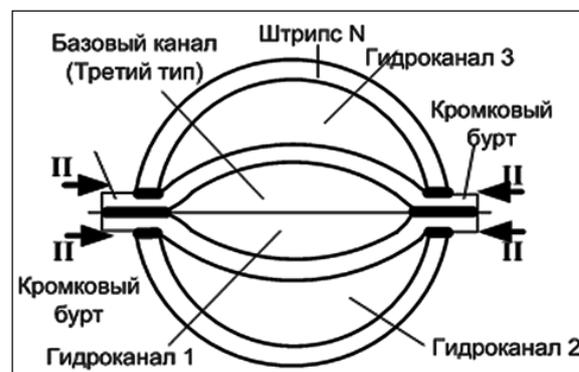


Рисунок 25

гидроканала между ними. Как другой вариант (рис. 25) к базовому каналу **Третьего типа** с эллипсообразным сечением привариваются с разных сторон два штрипса, профилированные в виде полуокружностей с образованием трех гидроканалов и двух кромковых буртов. Как подвариант можно использовать базовый канал **Второго типа** с эллипсообразным сечением (рис. 26).

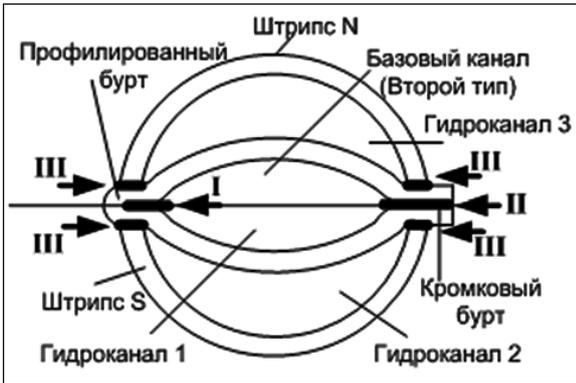


Рисунок 26

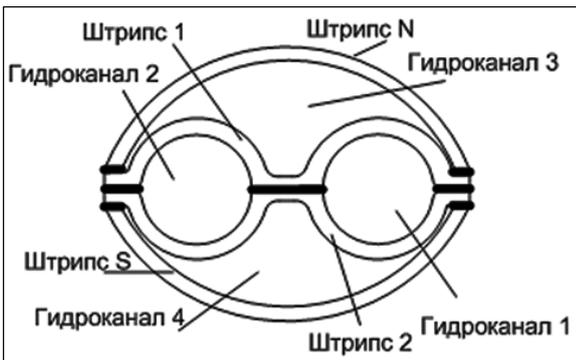


Рисунок 27

Как другой вариант (рис. 27) к периферийным буртам базовой пары привариваются с разных сторон два штрипса, профилированные в виде полуэллипсов с образованием четырех независимых гидроканалов и при необходимости двух кромковых буртов.

МКТ с разделительной перегородкой Фета-типа с наружной геометрией в виде окружности или эллипса для использования стандартных КТ-установок может изготавливаться из одного штрипса путем продольного профилирования и последующей сваркой торцов штрипса к концам разделительной перегородки, имеющей одинарную (рис. 28) или двойную толщину штрипса (рис. 29).

Все варианты базовых гидроканалов, базовых пар и МКТ, в которых профилированные штрипсы находятся только в каком-то из полуокругов растяжения или сжатия (рис. 3),

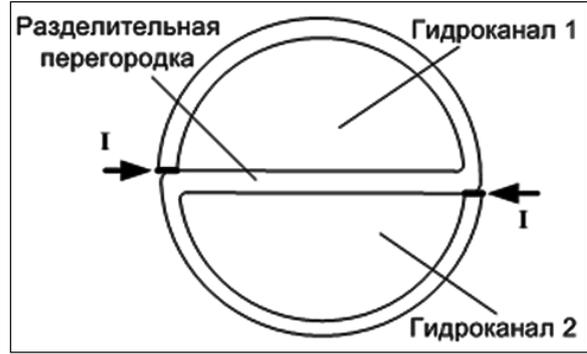


Рисунок 28

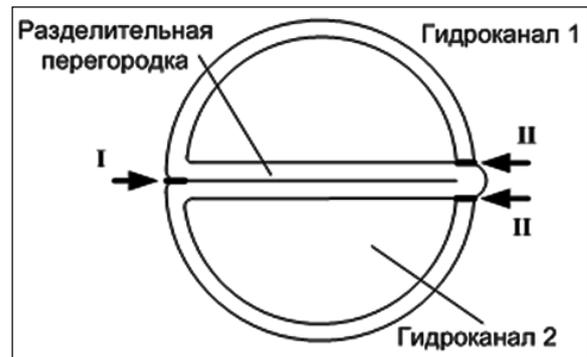
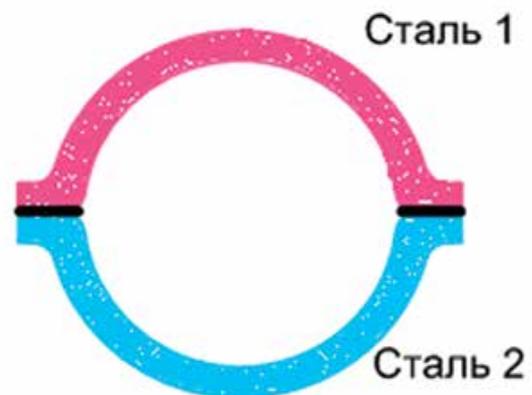


Рисунок 29

могут быть изготовлены из стали с высокими прочностными свойствами на растяжение (верхний полуокруг), а другие могут быть изготовлены, соответственно, из стали с высокими прочностными свойствами на сжатие (нижний полуокруг). Намотка на барабан и проход через гусак биметаллической трубы или МКТ осуществляется нижним полуокругом. ☉



(Окончание в «ВК» № 74)

Coiled tubing

ВРЕМЯ КОЛТЮБИНГА
ВРЕМЯ ГРП *Times*

издается с 2002 года / has been published since 2002

4 (074), Декабрь/December 2020



ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ: ТЕХНОЛОГИИ ГРП
КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫ

IMPORT SUBSTITUTION: HYDRAULIC FRACTURING
TECHNOLOGIES ARE HIGHLY IMPORTANT

РАЗВИТИЕ КЛАСТЕРНОГО ГРП ПО ТЕХНОЛОГИИ PLUG
& PERF

CLUSTER FRACTURING DEVELOPMENT USING PLUG &
PERF TECHNOLOGY

ТЕЗИСЫ КОНФЕРЕНЦИИ ПО КОЛТЮБИНГОВЫМ
ТЕХНОЛОГИЯМ И ВНУТРИКВАЖИНЫМ РАБОТАМ
SPE/ICOTA 2020 (ЧАСТЬ 2)

SPE/ICOTA COILED TUBING & WELL INTERVENTION
CONFERENCE 2020 ABSTRACTS (PART 2)

ГРУППА ФИД ВЫПУСТИЛА НОВУЮ ДВУНАСОСНУЮ
ЦЕМЕНТИРОВОЧНУЮ УСТАНОВКУ

КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ГНКТ. РАСШИРЕНИЕ
ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДЕФЕКТΟΣКОПА ГНКТ ДТ2

ТЕХНОЛОГИИ, КОТОРЫЕ ИЗМЕНЯТ МИР

www.cttimes.org



МНОГОКАНАЛЬНЫЙ КОЛТЮБИНГ. Варианты изготовления и способы применения

Р.М. ГАБДУЛЛИН, председатель совета директоров ООО «МКТех», резидента «Сколково», проект многоканального колтюбинга;
Р.В. АГИШЕВ, старший проектный менеджер (руководитель направления добычи углеводородов), фонд «Сколково»

(Окончание. Начало в № 73 «ВК»)

Любая базовая пара, используемая в качестве МКТ, позволяет без остановки скважины осуществлять технологические операции по очистке забоя скважины от пластовой воды и мехчастиц, особенно на газовых месторождениях с низким пластовым давлением; модернизировать перфорацию эксплуатационной колонны сверлением и пескоструем; в добычных схемах: а) ШГН и винтовой насос – улучшение работы штангового привода или переход на погружной гидропривод с открытой или закрытой циркуляцией рабочей жидкости; б) ЭЦН – при запассировке электрокабеля в один гидроканал, второй использовать как лифтовой; в) газлифт – один гидроканал для подачи рабочего газа, второй использовать как лифтовой; д) мехдобыча высоковязкой нефти с закачкой пара – закрытая схема теплового воздействия на продуктивный пласт паром, где отсутствует смешение конденсата с нефтью и образование эмульсий.

В нефтегазовой отрасли существует большая проблема по одновременной и раздельной эксплуатации (ОРЭ) нескольких продуктивных пластов из одной скважины с обеспечением погружных насосов различными видами энергии: механической (штанги для ШГН, ШВН), электрической (кабель для ЭЦН, ЭВН), гидравлической (гидроканалы для погружных гидронасосов) и их различными комбинациями с соблюдением требований госорганов. МКТ (рис. 30) может использоваться для ОРЭ (ЭЦН-ЭЦН) с двумя лифтами, где два стандартных электрокабеля располагаются в ложбинах между двумя гидроканалами и прикрепляются к базовой паре обычными клямсами.

МКТ с базовой парой Фета-типа и с поперечным наружным сечением в виде окружности (рис. 31) может использоваться для ОРЭ (ЭЦН-ЭЦН) с двумя лифтами. В третьем, дополнительном, канале перед сваркой каналов между собой может размещаться эластичная сервисная лента с силовым электрокабелем, удерживаемая в допканале за счет трения. Пространство допканала между его стенками и сервисной лентой может использоваться для доставки масла

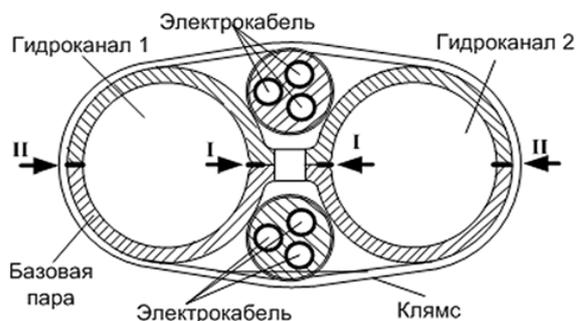


Рисунок 30

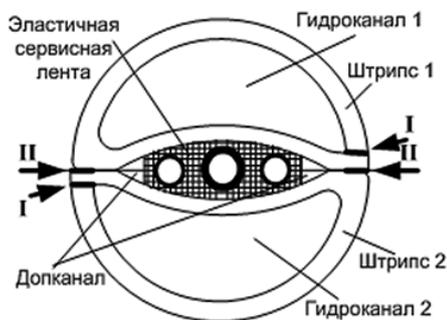


Рисунок 31

или химреагентов на забой скважины. Спуско-подъем насосов и их замена через мобильную шлюзовую камеру может производиться без «задавки» пластов тяжелой жидкостью с сохранением их коллекторских свойств.

МКТ на основе базовой пары любого из трех типов с соединительной перегородкой, с сервисной лентой с силовыми электрокабелями, с базовой парой четвертого типа может использоваться для ОРЭ трех пластов (ЭЦН – Гидроприводной насос – Гидроприводной насос) с тремя лифтами (рис. 32).

МКТ на основе базовой пары любого из трех типов с соединительной перегородкой, с двумя сервисными лентами с силовыми

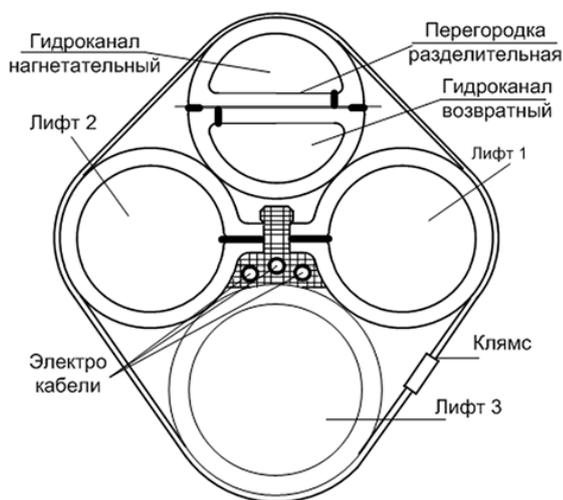


Рисунок 32

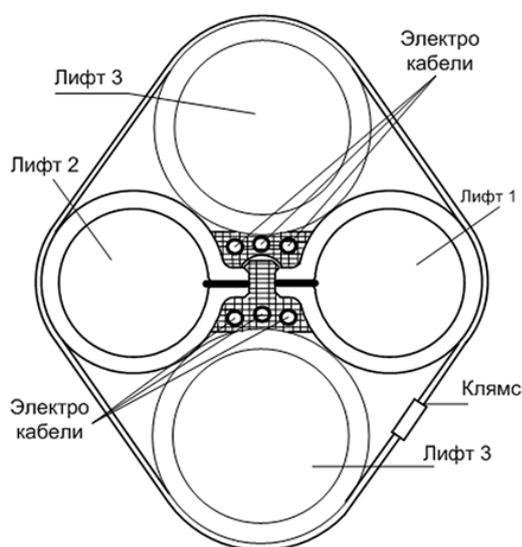


Рисунок 33

электрокабелями и с двумя стандартными одинарными КТ может использоваться для ОРЭ четырех пластов (4ЭЦН) с четырьмя лифтами (рис. 33). Эту же компоновку можно использовать по схеме (2ЭВН-2ЭЦН) или (ЭВН-3ЭЦН) или (3ЭВН-ЭЦН) или (газлифт-2ЭЦН) с тремя лифтами.

Для бурения вторых стволов горизонтальных участков скважин предлагается МКТ на основе базовой пары с перфорированной соединительной перегородкой, с двумя сервисными лентами со стандартными КТ, с силовым электрокабелем (рис. 34). Бурение производится погружным электродвигателем (электробур), силовой кабель которого находится в одном из каналов базовой пары. Второй гидроканал базовой пары служит для подачи бурового раствора на долото. Два КТ в сервисных лентах служат силовым приводом для систем ориентирования положения долота при навигации пространственного бурения,

создания нагрузки на долото и компенсации реактивного момента вращающегося долота. Для бурения на больших глубинах МКТ состоит из двух соединяемых частей: верхнего (рис. 34) с перфорированной перегородкой и волнообразными кромковыми буртами, и нижнего (рис. 35) только с перфорированной перегородкой. Эта компоновка МКТ может применяться и для проведения контролируемого МГРП.

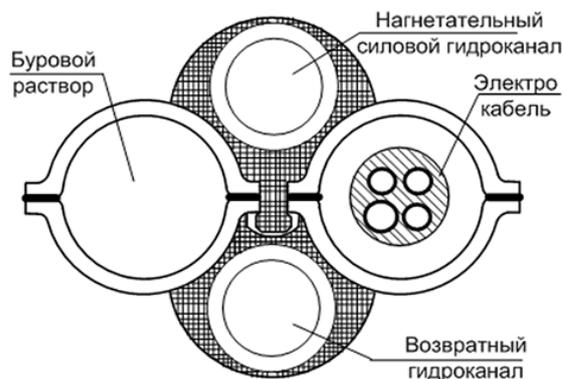


Рисунок 34

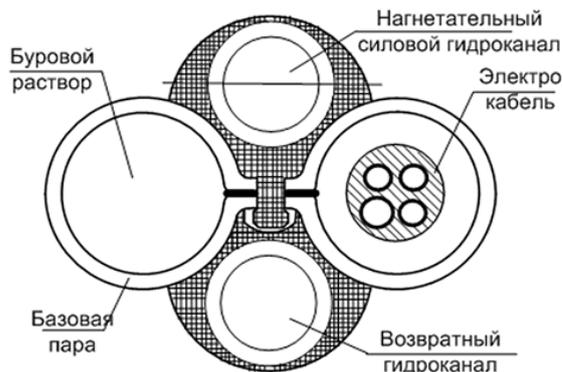


Рисунок 35

Для бурения скважин с АВПД, неглубоких скважин и испытания скважин МКТ составляется на основе базовой пары с перфорированной соединительной перегородкой (рис. 36). Вместо второго гидроканала используется базовая пара четвертого типа (Фета-тип). Эта компоновка МКТ также может применяться и для проведения контролируемого МГРП.

На рисунке 37 приведена еще одна компоновка МКТ для бурения скважин. Эта компоновка может применяться и для ОРЭ (3ЭЦН, ЭЦН и газлифт, ЭЦН и 2 ЭВН и т. д.).

Принцип компонования МКТ (кроме Фета-типа и «труба в трубе») состоит в том, что на колтюбинговой установке находится барабан только с базовой парой с перфорированной соединительной перегородкой, которая проходит через гусак и инжектор. Все дополнительные сервисные каналы при спуске

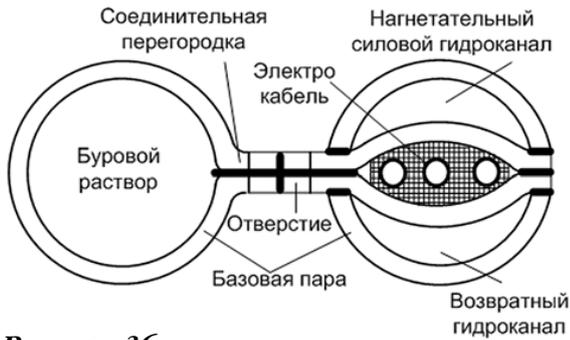


Рисунок 36

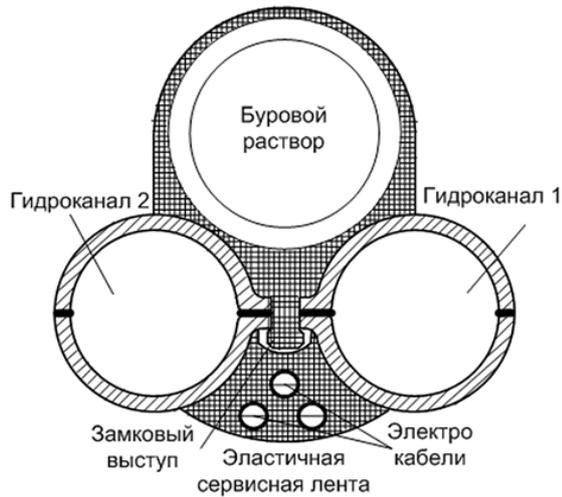


Рисунок 37

в скважину присоединяются к базовой паре после инжектора, но до герметизатора и ПВО (рис. 38). Сервисные каналы отматываются с дополнительных барабанов при спуске МКТ в скважину и наматываются на дополнительные барабаны при подъеме МКТ из скважины при помощи автоматов 1 и 2. Сервисные каналы присоединяются к базовым парам и отсоединяются от них при помощи отдельных соединительно-разделительных устройств (А и В). Присоединение сервисных каналов к базовой паре происходит на замковых элементах (рис. 16, 34, 35, 37) механизировано или вручную (при наличии площадки для обслуживания), через определенные интервалы, с использованием клемм (рис. 30, 32, 33), аналогичных при работе с ЭЦН. При подъеме МКТ из скважины отсоединение сервисных каналов происходит в обратном порядке. Обословленные барабаны для автоматов сервисных каналов могут приводиться через вал (рис. 39) или тележками с вращающимися приводными роликами для реборд барабана (рис. 40). Таким образом на колтюбинговой установке всегда находится базовая пара с перфорированной соединительной перегородкой, а другие сервисные каналы в зависимости от поставленной задачи со своими автоматами подвозятся/отвозятся отдельно. Каждый сервисный канал и базовая

пара после спуска подсоединяются к источнику электроэнергии, гидравлическим насосам, приемным емкостям и т. д. на поверхности в соответствии с планом работ.

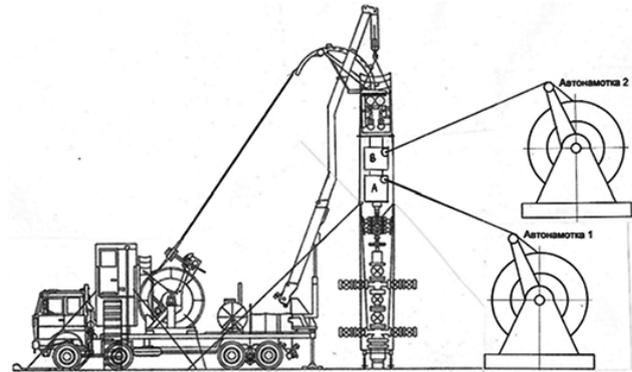


Рисунок 38



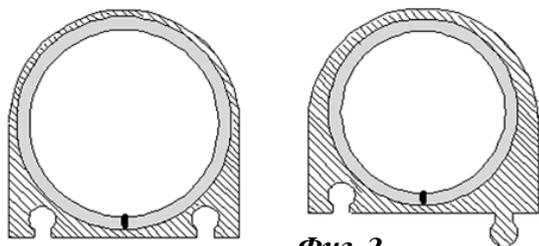
Рисунок 39



Рисунок 40

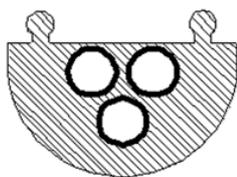
Другим инновационным видом МКТ является его сборно-разборный вариант, состоящий из длиномерных секций, заплавленных в фигурную полимерную оболочку. Гидроканальная секция состоит из стандартного КТ с контактной поверхностью на полимерной оболочке, параллельной оси МКТ, на которой находятся замковые элементы в виде длиномерных замковых пазов (выемок) или в виде ответных длиномерных гребней (выступов), сопрягаемые между собой. На

сопрягаемых поверхностях имеются только замковые длинномерные выступы или только замковые длинномерные пазы (фиг. 1). Как другой вариант, на одной поверхности могут находиться и длинномерные пазы, и длинномерные выступы (фиг. 2). Имеются два вида длинномерных секций, в которых соединение друг с другом происходит по контактным поверхностям и замковым элементам: а) концевая (боковая), с одной плоской контактной поверхностью и цилиндрической поверхностью с противоположной стороны с гидроканалом (рис. 1 и 2) или с электрическими проводами, кабелем, оптоволоконными линиями или капиллярными трубками (фиг. 3); б) промежуточная (соединительная) длинномерная гибкая секция в виде вставки, с двумя параллельными плоскими контактными поверхностями (рис. 4 и 6). Заплавление стандартного КТ производится непосредственно на заводе-изготовителе одинарного КТ с обязательным условием размещения сварочного шва на средней линии контактной поверхности гидроканальной секции. МКТ составляет только из двух концевых или из двух концевых и одной промежуточной длинномерной секции между ними. В обоих случаях наружная поверхность поперечного сечения МКТ будет состоять из двух плоских и двух цилиндрических плоскостей, что удобно для прохождения через инжектор, герметизатор, ПВО, а также для ориентированной намотки на барабан составленного МКТ.



Фиг. 1

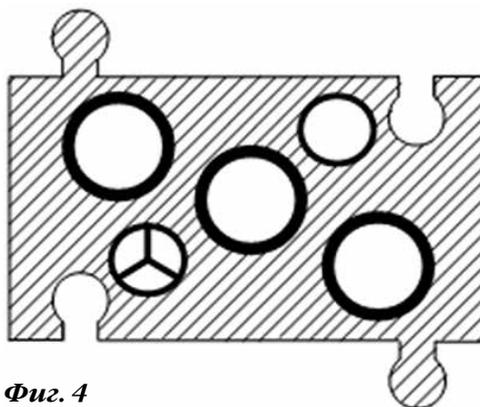
Фиг. 2



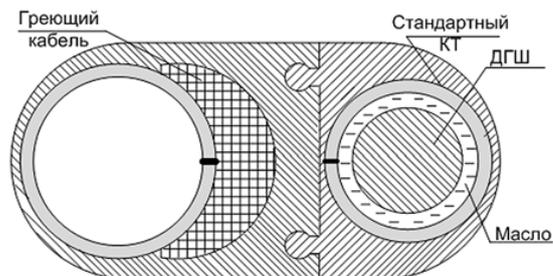
Фиг. 3

В промежуточной секции могут быть размещены электрические провода, кабель, оптоволоконные линии или капиллярные трубки (фиг. 4 и 6). В скважинах, осложненных наличием асфальто-смолисто-парафиновых отложений (АСПО), можно установить на КТ внешний греющий кабель (фиг. 5). Как вариант, для добычи высоковязких нефтей в одном из гидроканалов может быть размещена ДГШ в масляной ванне, аналогичной изображенной на рис. 13.

Для защиты длинномерных пазов и длинномерных выступов от их сминания, попадания на них грязи и льда, предотвращения



Фиг. 4



Фиг. 5

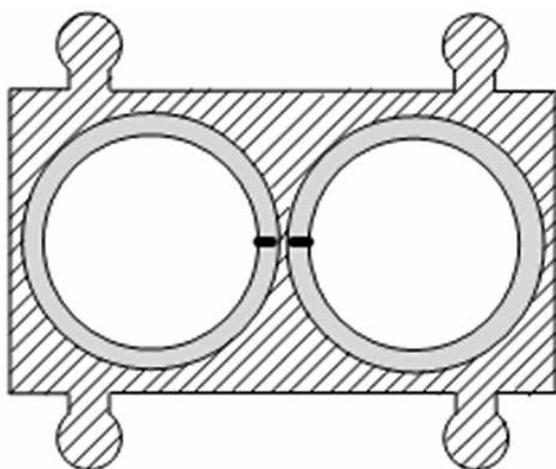


Фиг. 6

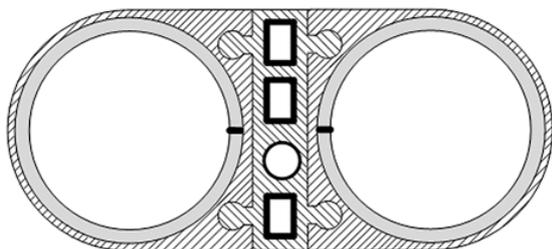
зацепа витков секций замковыми элементами между собой на барабане и т. д., а также для удобства при намотке-размотке секции на или с барабана может применяться нерабочая защитная секция-протектор в виде заглушки, устанавливаемая на рабочую секцию на заводе-изготовителе или в цеху перед намоткой на барабан, которая снимается с рабочей секции перед сочленением с другой секцией при спуске МКТ в скважину и устанавливается на нее снова после расчленения с другой секцией при подъеме МКТ из скважины. Для расположения максимального количества сервисных гидроканалов в МКТ в промежуточной длинномерной секции могут быть размещены два стандартных КТ одновременно (фиг. 7).

На фигуре 8 показано поперечное сечение МКТ для мехдобычи с погружными электроцентробежными насосами и/или винтовым насосом с погружным электроприводом для ОРЭ двух пластов с двумя лифтовыми каналами.

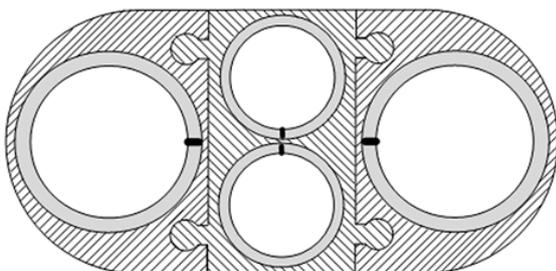
На фигуре 9 показано поперечное сечение МКТ для ОРЭ двух пластов с погружными гидроприводными насосами с двумя лифтовыми каналами.



Фиг. 7



Фиг. 8

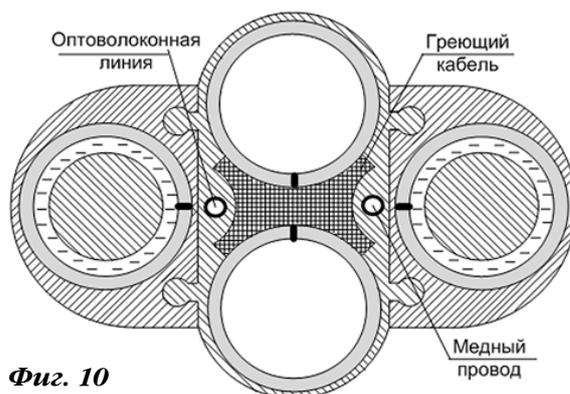


Фиг. 9

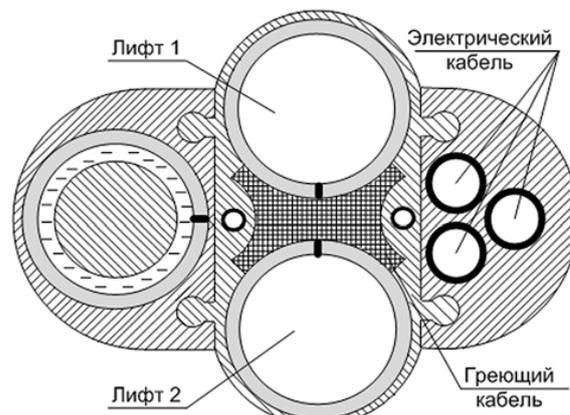
На фигуре 10 показано поперечное сечение МКТ для ОРЭ двух пластов с высоковязкими нефтями двумя ШГН или двумя ВШН, или ВШН + ШГН и двумя станками-качалками через два независимых подогреваемых лифта со свободным внутренним пространством для очистки от АСПО известными методами. Кроме греющего кабеля, в МКТ имеются электрические и оптоволоконные каналы для связи с погружными устройствами.

На фигуре 11 показано поперечное сечение МКТ для ОРЭ двух пластов с высоковязкими нефтями ШГН + ЭЦН или ВШН + ЭЦН, через два независимых подогреваемых лифта со свободным внутренним пространством для очистки от АСПО известными методами.

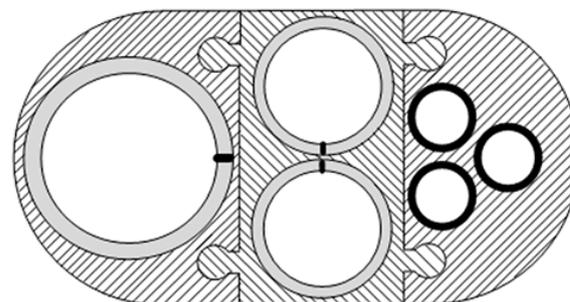
На фигуре 12 показано поперечное сечение МКТ для ориентированного бурения с гидроканалом для бурового раствора, двумя силовыми гидроканалами для привода силовых исполнительных механизмов и силовой кабельной секцией для привода электробур и передачи информации с забоя скважины. Бурение и вскрытие пластов осуществляется на депрессии с сохранением коллекторских свойств пластов.



Фиг. 10

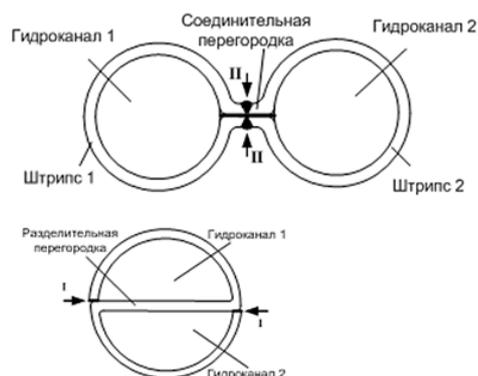


Фиг. 11



Фиг. 12

Принцип компоновки полимерного МКТ состоит в том, что на колтюбинговой установке находится барабан с уже предварительно собранным на БПО и готовым к спуску МКТ, как один вариант. В случае сборки МКТ на скважине перед спуском на колтюбинговой установке находится барабан только с одной его секцией, как второй вариант. Другие секции находятся на дополнительных барабанах с автонамоткой, которые подвозятся отдельно и присоединяются при спуске МКТ в скважину к первой секции при помощи отдельных соединительно-разделительных устройств (А и В), находящихся выше инжектора. При подъеме МКТ из скважины разделение секций происходит в обратном порядке. Предварительно собранный МКТ при подъеме из скважины полностью наматывается на барабан. Таким образом, работа с ним не отличается от работы с одинарным КТ, но используется на неглубоких скважинах из-за



Фиг. 13

лимитированной длины намотки МКТ на барабан. Изменения присутствуют только в геометрии траков инжектора, ПВО, герметизатора.

На фигуре 13 показаны поперечные сечения трех видов МКТ для гидравлической очистки забоя газовой или нефтяной скважины от пластовой воды и мехчастиц без воздействия столба технологической жидкости на пласт и без остановки скважины на ремонтные работы. Эта компоновка имеет на нижнем конце форсунку, эжекторный насос и два варианта применения: а) МКТ спускается вместе с НКТ и оставляется вместе с ним; б) МКТ опускается в скважину через герметизатор и шлюзовую камеру только во время проведения технологической операции.

Сравнительная таблица возможностей одноканального и многоканального колтюбингов

Параметр	КТ	МКТ
Возможность создания закрытой гидравлической цепи	нет	да
Возможность контролируемой намотки на барабан	нет	да
Возможность расположения сварочных швов на «нулевой» линии	нет	да
Возможность разделения в колтюбинге гидравлических и весовых усилий	нет	да
Возможность широкого применения в мехдобыче	нет	да
Возможность использования стали различных марок на участках растяжения и сжатия	нет	да
Возможность использования более дешевой марки стали	нет	да
Возможность изменения радиусов труб на участках растяжения и сжатия	нет	да
Возможность применения упорных элеваторов для захвата, удержания и проведения СПО	нет	да
Возможность надежного и защищенного присоединения допканалов к колонне	нет	да
Возможность осуществления ОРЭ для различных видов мехдобычи	нет	да
Возможность доставки масла к погружным механизмам и насосам	нет	да

КТ имеет хорошие перспективы практически во всех технологических операциях, которые сейчас производятся с использованием одинарного КТ или наборными трубными колоннами из НКТ, но с расширением функциональных и технологических возможностей, меняя иногда схемы проведения МГРП и бурения



горизонтальных и многозабойных скважин. Другая перспективная сфера применения МКТ – добыча нефти и газа, с предложением конкурентоспособных компоновок для всех видов мехдобычи, включая различные схемы ОРЭ и ТРИЗ, причем,

выигрывая при этом в металлоемкости и энергоэффективности, многофункциональности, удобстве работы, по технике безопасности, по воздействию на окружающую среду и даже цене. Отработанные МКТ могут в дальнейшем использоваться в нефте- и газотрубопроводах, например, для растепления при помощи ППУ. Размещаться и удаляться они могут через лубрикаторы. При использовании МКТ с тремя гидроканалами третий канал может служить для удаления жидкости или газа из проблемного участка трубопровода. В случае применения МКТ в газовых скважинах с низким пластовым давлением и большим выносом пластовой воды и мехчастиц на забой отпадает необходимость применения азотных установок и остановок скважин.

Патенты на изобретения по изготовлению МКТ:

1. Патент РФ № 2644366 от 15.12.2016 «Сборно-разборная многоканальная гибкая колонна»
2. Патент РФ № 2676305 от 22.01.2018 «Элемент длинномерной гибкой колонны (Варианты)»
3. Патент РФ № 2673475 от 22.01.2018 «Элемент длинномерной гибкой колонны (Варианты)»
4. Патент РФ № 2689945 от 06.08.2018 «Элемент длинномерной гибкой колонны (Варианты)»
5. Патент РФ № 2689955 от 06.08.2018 «Элемент длинномерной гибкой колонны (Варианты)»

Сопутствующие патенты на изобретения по соединению МКТ

6. Патент РФ № 2550992 от 05.12.2011 «Разъемное соединение длинномерной колонны»
7. Патент Японии № 6210257 от 22.09.2017 «Разъемное соединение длинномерной колонны»

Патенты на изобретения по применению КТ и МКТ:

8. Патент РФ № 2369774 от 30.05.2008 «Гидроприводной диафрагменный насос для подъема жидкости из скважины»
9. Патент РФ № 2303367 от 30.09.2009 «Насосная глубинная установка»
10. Патент РФ № 2440514 от 11.01.2011 «Скважинная насосная установка»
11. Патент РФ № 2506456 от 18.06.2012 «Скважинная насосная установка»
12. Патент РФ № 2519154 от 15.04.2013 «Скважинная насосная установка»
13. Патент РФ № 2519153 от 15.04.2013 «Скважинная насосная установка»
14. Патент РФ № 2549937 от 31.03.2014 «Скважинная насосная установка»
15. Патент РФ № 2550842 от 02.06.2014 «Скважинная штанговая насосная установка (варианты)»
16. Патент РФ № 2559206 от 14.10.2014 «Скважинная насосная установка»

Примечание. Часть фотографий и рисунков взяты из публичных источников