

УДК 62-1/-9

В. П. ЧЕРВИНСКИЙ, Р. Ю. МЕЛЬНИК, Б. Х. МУХАМЕДОВ**ПРИМЕНЕНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОЛТЮБИНГОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ СКВАЖИН**

У статті наведені відомості про конструкції колтюбінгових установок різних виробників, які застосовуються під час капітального ремонту свердловин. Показана типова схема наземної колтюбінгової установки і найбільш складні і відповідальні вузли і механізми, що входять до її складу. Наведено основні особливості застосування, а також переваги застосовуваних технологій з використанням безмуфтових довгомірних труб. Основних видів ремонтних робіт, що виконуються за допомогою колтюбінгових установок налічується більше десяти. Показана розроблена авторами технологія видалення щільних піщано-глинистих пробок з аномально низьким пластивим тиском (АНПТ). Обговорено особливості підвищення економічної ефективності при використанні колтюбінгових установок.

Ключові слова: колтюбінгові установки, безмуфтові довгомірні труби, свердловини, капітальний ремонт, гідромашини, насосно-компресорні труби.

В статье приведены сведения о конструкции колтюбинговых установок разных производителей, которые применяются при капитальном ремонте скважин. Показана типовая схема наземной колтюбинговой установки и наиболее сложные и ответственные узлы и механизмы, входящие в её состав. Приведены основные особенности применения, а также преимущества применяемых технологий с использованием безмуфтовых длинномерных труб. Основных видов ремонтных работ, выполняемых с помощью колтюбинговых установок, насчитывается более десяти. Показана разработанная авторами технология удаления плотных песчано-глинистых пробок с аномально низким давлением (АНПД). Оговорены особенности повышения экономической эффективности при использовании колтюбинговых установок.

Ключевые слова: колтюбинговые установки, безмуфтовые длинномерные трубы, скважины, капитальный ремонт, гидромашини, насосно-компрессорные трубы.

This article provides information about the design of coiled tubing units from different manufacturers that are used in the workover. The typical circuit ground coiled tubing unit and the most complex and critical components and mechanisms that are included in its composition are represented. The main features of the application, as well as the benefits of the technologies used with flush-joint pipe, are shown. The major types of repair work carried out by coiled tubing units are more than ten. The technology developed by the authors of the removal of dense sand and clay tubes with abnormally low formation pressure (ALFP) is shown. Specified features to increase economic efficiency in the use of coiled tubing units.

Keywords: coiled tubing installation, flush-joint pipe, wells, overhaul, hydraulic machines, tubing.

Введение. Колтюбинговые установки отличаются от остальной техники для капремонта нефтегазовых скважин возможностью проводить целый ряд технических работ без глушения скважин.

В Украине более десяти лет используются колтюбинговые установки для капитального ремонта скважин. В настоящее время действуют семь таких установок и восемь штук недавно закупленных за рубежом.

Установки отличаются комплектацией, технологическими возможностями и ценой. Так установки канадских фирм, смонтированных на базе автомобилей «Kenworth», стоят более одного миллиона долларов, а установки белорусского производства фирмы «ФИД» – 600–700 тысяч долларов.

Типовая схема установки для капитального ремонта скважин с применением гибких насосно-компрессорных труб (НКТ) показана на рис. 1.

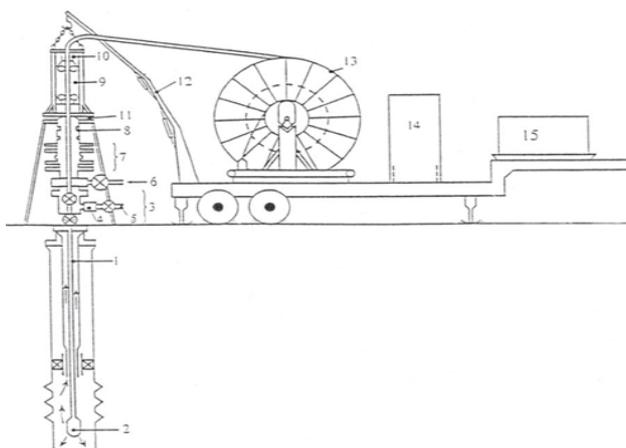


Рис. 1 – Типовая схема наземной установки для капитального ремонта скважин с применением гибких НКТ:
 1 – гибкие НКТ; 2 – циркуляционный переводник; 3 – колонная головка; 4 – дроссель на эксплуатационном отводе;
 5 – отводная линия; 6 – циркуляционный тройник; 7 – ПВО с 4-мя плашечными превенторами; 8 – сальниковая коробка;
 9 – инжекторная головка; 10 – выпрямляющее устройство; 11 – индикатор веса; 12 – кран инжектора;
 13 – барабан с гибкими трубами; 14 – кабина управления; 15 – энергетический блок

1.1 Основные особенности применения:

- установка позволяет производить спуск в скважину под давлением сплошной колонны гибких НКТ и осуществлять циркуляцию через эту колонну;
- жесткость и прочность гибких НКТ позволяют использовать их для спуска и подъема из скважины забойных инструментов;
- установка представляет собой блочно-модульный агрегат для капитального ремонта скважин, обеспечивающий возможность быстрого проведения полного комплекса ремонтных работ на скважине.

1.2 Преимущества применения гибких НКТ.

Расширение масштаба применения гибких НКТ при капитальном ремонте скважин было вызвано следующими преимуществами:

- возможность проведения работ по капитальному ремонту без глушения скважины, с минимальным ухудшением первоначальных эксплуатационных характеристик продуктивного горизонта и минимальным периодом простоев;
- возможность быстрой транспортировки и монтажа установки;
- уменьшение численности бригады: три человека для работы с гибкими НКТ + специалисты по обслуживанию насосов;
- повышение безопасности работ и ускорение спуско-подъемных операций (СПО) в связи с отсутствием соединений в колонне;
- возможность приведения в действие забойных инструментов благодаря жесткости и прочности гибких НКТ (забойные двигатели, гидромониторные устройства, надувные пакера), проведения циркуляционной очистки скважины, извлечения или проталкивания в скважину забойных инструментов в интервалах сужения и искривления ствола скважины;
- контакт эксплуатационной колонны НКТ только с отработанной кислотой, что уменьшает их коррозию;
- наличие нескольких типоразмеров НКТ дает возможность их применения при различных практических условиях.

В результате экономические предпосылки для применения гибких НКТ являются более предпочтительными по сравнению с другими способами капитального ремонта скважин.

1.3 Ограничения в применении работ гибких НКТ. Однако при применении гибких НКТ существуют некоторые ограничения:

- в связи с существующим максимальным проходным диаметром в эксплуатационной колонне НКТ и проблемами усталостного износа диаметр гибких НКТ обычно ограничивается диапазоном 31,7–38 мм. Это приводит к ограничению производительности закачки в скважину до 160–400 л/мин с применением смазывающих добавок;
- при правильной оснастке инжекторной головки безмуфтовыми длинномерными трубами (БДТ) минимальных диаметров максимальное рабочее давление на забое скважины может составлять 25 МПа. Для более высоких значений этого давления

требуется применение труб большего диаметра, более толстостенных и направляющего желоба с увеличенным радиусом;

- для ограничения усталостного износа рекомендуется, чтобы максимальное рабочее давление закачки в скважину не превышало 35 МПа;

- вследствие усталостного износа, критическая нагрузка смятия должна быть ограничена в пределах 21–28 МПа;

- исходя из прочностных характеристик материала труб, рекомендуемая максимальная глубина спуска БДТ в скважину составляет около 6000 м;

- при наличии H_2S или CO_2 необходимо принимать меры к ограничению до минимума контакта труб с этой агрессивной средой;

- особое внимание необходимо уделять применению ингибиторов коррозии при кислотной обработке при температурах свыше 95 °С.

1.4 Основные виды ремонтных работ, выполняемых при помощи гибких НКТ:

- замена рабочей жидкости при заканчивании или капитальном ремонте скважины (с целью перфорации при депрессии на пласт или при освоении скважины);

- работы по освоению скважины (начало добычи после заканчивания или капитального ремонта скважины);

- очистка скважины (удаление механических отложений со стенок НКТ, удаление осадков, расширение ствола, удаление парафина);

- интенсификация скважины (кислотная обработка, применение специальных растворителей);

- удаление песчаных пробок (предотвращение их образования);

- цементирование (ремонтно-восстановительное цементирование под давлением для изоляции газоносных или водоносных горизонтов, установка цементных мостов при ликвидационных работах на скважине);

- использование гибких НКТ при окончании скважины (колонна НКТ с увеличенной производительностью, газлифтовая колонна, эксплуатационная колонна НКТ);

- глушение скважины;

- примеры специального применения:

- использование гибких НКТ при каротажных и перфорационных работах;

- использование гибких НКТ при испытании скважины при помощи испытателя пластов на бурильных трубах с опорой на забой (закачка буферной жидкости освоение и интенсификация скважины и пр.);

- использование гибких НКТ вместо кабеля (жесткая забойная компоновка, каротажные работы, перфорационные работы при помощи перфораторов, спускаемых в скважину на гибких НКТ);

- ловильные работы;

- бурение.

В табл. 1 приведены основные характеристики безмуфтовых длинномерных труб.

Таблица 1 – Основные характеристики безмуфтовых длинномерных труб

Наименование параметра	Единица измерения	Минимум	Максимум
Условный диаметр трубы*	мм	25	89
Толщина стенки	мм	2	5,2
Внутреннее давление, при котором напряжение в теле трубы достигает границы текучести	МПа	44,1	168,2
Напряжение растяжения, при котором напряжение в теле трубы достигает границы текучести	кН	160	350
Испытательное давление	МПа	35,3	103,4
Давление сминания	МПа	17,4	147,7
Граница напряжения при скручивании	Н·м	560	9600
Длина труб на барабане	м	1600	6500

* Трубы изготавливаются в США и Российской Федерации

Нами разработана технология удаления плотных пробок в условиях аномально низкого пластового давления (АНПД).

В полости скважины возможно образование так называемых плотных пробок, которые образуются в результате осаждения на забое глинистого раствора, цемента, окалины с поверхности НКТ и обсадных труб, песка и тому подобное. Разрушение подобных пробок с помощью размыва струей технологической жидкости малопродуктивное, а в ряде случаев и невозможно. Дополнительные сложности возникают при удалении подобных пробок в скважинах с аномально низким давлением пластов, при проведении работ в которых происходит кальматация пор продуктивного пласта и резкое снижение дебита при дальнейшей эксплуатации. Решение всех проблем может быть обеспечено с помощью колтюбинговых технологий (рис. 2).

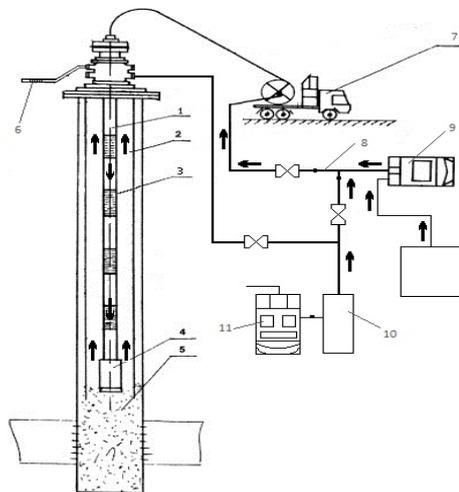


Рис. 2 – Схема обвязки устья скважины при промывке песчано-глинистых пробок:

- 1 – газ; 2 – пена; 3 – газ; 4 – гидроударное устройство;
 5 – песчано-глинистая пробка; 6 – факельная линия;
 7 – колтюбинговая установка; 8 – тройник; 9 – насосный агрегат; 10 – сепаратор; 11 – бустерная установка;
 12 – емкость для ПОЖ

Как технологическая жидкость используется двухфазная смесь газа и воды. Источником газа может быть газ с ближайшей скважины, с азотного агрегата или генератора инертного газа с использованием

выхлопа ДВС. Технологическая жидкость с заданным соотношением компонентов закачивается бустерной установкой, на прием которой поступает газ и жидкость.

Применение двухфазной технологической жидкости позволяет уменьшить гидростатическое давление на продуктивный пласт и исключить проникновение в него частиц удаляемой пробки.

Для разрушения плотной пробки в скважину на колтюбинговой трубе спускается гидроударное устройство или забойный двигатель.

При использовании гидроударного устройства поток технологической жидкости обеспечивает возвратно-поступательное движение коронки, механически воздействующей на материал, составляющий пробку. В сочетании с действием гидромонитора струи технологической жидкости, выходящей из гидроударного устройства, интенсифицируется механическое разрушение и обеспечивается эффективное удаление отдельного материала пробки. Высокая производительность устройства обусловлена и тем, что подача струи технологической жидкости происходит в импульсном режиме.

При использовании забойного двигателя предпочтение отдается одновинтовым, винтовым гидромашинам. Они хорошо работают на жидкостях содержащих свободный газ, имеют малые радиальные габариты. При их использовании разрушение пробки обеспечивается с помощью специального лопастного долота, а вынесение материала пробки – потоком отработанной технологической жидкости, выходящей из гидродвигателя.

Следует отметить, что применение колтюбинговых технологий следует тщательно планировать по времени. Необходимо использование этой технологии осуществлять очень интенсивно, поскольку по сравнению с традиционной технологией для капремонта, окупаемость колтюбинговых установок и экономическая эффективность их работы, при очень большой стоимости оборудования и реагентов напрямую зависят от производительного времени.

Список литературы

1. *Червінський В. П.* Перший досвід застосування колтюбінгової техніки в Україні / *В. П. Червінський, В. Г. Филь, А. В. Яковлев* // Нафтова і газова промисловість. – 2004. – № 3. – С. 23–25.
2. *Молчанов А. Г.* Подземный ремонт и бурение скважин с применением гибких труб / *А. Г. Молчанов, С. М. Вайнштейн, В. И. Некрасов* [и др.]. – М.: Академия горных наук, 2000. – 145 с.
3. *Червінський В. П.* Основи ремонту нафтогазового обладнання / *В. П. Червінський*. – Х.: НТУ «ХПІ», 2010. – 291 с.
4. *Ценципер А. И.* Основы эксплуатации и ремонта нефтегазовых скважин / *А. И. Ценципер*. – Х.: НТУ «ХПІ», 2016. – 443 с.
5. *Буховенко С. І.* Нафтопромислове обладнання / *С. І. Буховенко*. – М.: Надра, 1996. – 420 с.
6. *Костриба І. В.* Основи конструювання нафтогазового обладнання / *І. В. Костриба*. – К.: Наукова думка, 2007. – 193 с.

References (transliterated)

1. Chervins'kyi, V. P., V. H. Fyl' and A. V. Yakovlyev. "Pershyi dosvid zastosuvannya koltyubinhovoyi tekhniki v Ukraini." *Naftova i hazova promyslovisť*. No. 3. 2004. 23–25. Print.
2. Molchanov, A. G., et al. *Podzemnyy remont i burenie skvazhin s primeneniem gibkikh trub*. Moscow: Akademiya gornykh nauk, 2000. Print.
3. Chervins'kyi, V. P. *Osnovy remontu naftogazovoho obladnannya*. Kharkiv: NTU "HPI", 2010. Print.
4. Tsentsiper, A. I. *Osnovy ekspluatatsii i remonta neftegazovykh skvazhin*. Kharkov: NTU "KhPI", 2016. Print.
5. Bukhovenko, Ye. I. *Naftopromyslove obladnannya*. Moscow: Nadra, 1996. Print.
6. Kostryba, I. V. *Osnovy konstruyuvannya naftogazovoho obladnannya*. Kyiv: Naukova dumka, 2007. Print.

Поступила (received) 18.11.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Применение и совершенствование колтюбінговых технологий при капитальном ремонте скважин / В. П. Червинский, Р. Ю. Мельник, Б. Х. Мухамедов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати. – Х.: НТУ «ХПІ», 2016. – № 41 (1213). – С. 93–96. – Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2411-3441.

Применение и совершенствование колтюбінговых технологий при капитальном ремонте скважин / В. П. Червинский, Р. Ю. Мельник, Б. Х. Мухамедов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати. – Х.: НТУ «ХПІ», 2016. – № 41 (1213). – С. 93–96. – Библиогр.: 6 назв. – ISSN 2411-3441.

Application and improvement of coiled tubing technology in the overhaul of wells / V. P. Cherwinski, R. Y. Melnyk, B. T. Muhamedov // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Hydraulic machines and hydrounits. – Kharkov: NTU "KhPI", 2016. – No. 41 (1213). – P. 93–96. – Bibliogr.: 6. – ISSN 2411-3441.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Червінський Володимир Петрович – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри видобутку нафти, газу і конденсату; тел.: (050) 634-10-22; e-mail: chervinpench@ukr.net.

Червинский Владимир Петрович – кандидат технических наук, доцент, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры добычи нефти, газа и конденсата; тел.: (050) 634-10-22; e-mail: chervinpench@ukr.net.

Cherwinski Vladimir Petrovich – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute", Associate Professor at the Department of Oil, Gas and Condensate; tel.: (050) 634-10-22; e-mail: chervinpench@ukr.net.

Мельник Роман Юрійович – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», студент; тел.: (050) 650-84-16; e-mail: iramon47@mail.ru.

Мельник Роман Юрьевич – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», студент; тел.: (050) 650-84-16; e-mail: iramon47@mail.ru.

Melnyk Roman Yurevich – National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute", Student; tel.: (050) 650-84-16; e-mail: iramon47@mail.ru.

Мухамедов Бегенч Халатович – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», студент; тел.: (073) 078-84-16; e-mail: Begench92@mail.ru.

Мухамедов Бегенч Халатович – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», студент; тел.: (073) 078-84-16; e-mail: Begench92@mail.ru.

Muhamedov Begench Halatovich – National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute", Student; tel.: (073) 078-84-16; e-mail: Begench92@mail.ru.