

УДК 622.24 053.6

**Н.А. Дудля**<sup>1</sup>, канд. техн. наук;  
**Г.Н. Викторов**<sup>2</sup>; **Г.Н. Кириченко**<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Национальный горный университет, г. Днепропетровск, Украина

<sup>2</sup> Днепропетровское отделение УкрГГРИ, Украина

### **ЭКСПЛУАТАЦИЯ БУРИЛЬНЫХ КОЛОНН ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНОГО СОРТАМЕНТА**

*In the article questions are considered the works of boring column related to the increase of efficiency in the geological survey boring drilling. Reasons of refusals of borings columns are analyses and the methods of completing by the selection of pair of screw-threads are offered, assembling with the necessary moment of screwing together. Methods and facilities are offered for the decline of wear of details of column.*

Надежность бурильных колонн во многом зависит от способа их комплектации. Как свидетельствуют результаты практики эксплуатации бурильных колонн, собранных на буровых вручную без специфических требований к ней, в условиях Донбасса количество поломок составляет до тридцати на 1000 м бурения скважин. При эксплуатации в таких же условиях бурильных колонн, укомплектованные на трубных базах центрального и восточного Донбасса, количество поломок уменьшается в 3-5 раз [1; 4, 7, 12].

В настоящее время отсутствие на большинстве геологоразведочных предприятий трубных баз и комплектование бурильных колонн буровыми бригадами требуют от последних знания правил проверки резьбовых соединений бурильных труб, муфт, замков, подбора резьбовых пар и сборки с необходимым крутящим моментом.

**Подготовка труб к проверке.** Трубы, подлежащие проверке, раскладываются на стеллажи на высоту от земли не менее 200 мм в один ряд с расстоянием между трубами 100 мм для удобства перекачивания при осмотре и измерении. Резьбы труб, муфт и замков очищаются и промывают с помощью волосяной или капроновой щетки (замки перед промыванием развинчиваются).

Таблица 1. Основные размеры бурильных труб, мм

Наружный диаметр	Бурильные трубы			Муфты			Замки			
	Толщина стенки	Длина трубы		Наружный диаметр	Диаметр выточки	Длина	Наружный диаметр	Диаметр проходного отверстия	Длина	
		номинальный	отпускной						ниппеля	муфты
42±0,45	5 <sup>+0,6</sup> <sub>-0,5</sub>	1500	+100	57 <sup>+0,9</sup> <sub>-0,6</sub>	44 <sup>+0,5</sup>	130 <sup>+0,3</sup>	57±0,5	22±0,5	175 <sup>+10</sup> <sub>-5</sub>	240 <sup>+10</sup> <sub>-5</sub>
	3000	-50								
	4500									
50±0,45	5,5 <sup>+0,66</sup> <sub>-0,5</sub>	1500	+100	65 <sup>+1,0</sup> <sub>-0,7</sub>	52 <sup>+0,5</sup>	140±3	65±0,5	28±0,5	200 <sup>+10</sup> <sub>-5</sub>	265 <sup>+10</sup> <sub>-5</sub>
	3000	-50								
	4500									
63,5±0,65	6,0 <sup>+0,72</sup> <sub>-0,60</sub>	1500	+100	83 <sup>+1,2</sup> <sub>-0,8</sub>	65 <sup>+0,5</sup>	150 <sup>+0,5</sup>	83±0,5	40±0,5	250 <sup>+10</sup> <sub>-5</sub>	315 <sup>+10</sup> <sub>-5</sub>
	3000	-50								
	4500									

Проводится визуальный осмотр поверхности тела и резьб труб, муфт и замков на наличие вмятин, трещин, раковин, забоин и выкрошенных витков на резьбах. Небольшие задиры, вмятины на наружной резьбе труб и nipples замка необходимо исправить с помощью трехгранного напильника. Упорные уступы nipples, упорные торцы муфты замка, а также торцы муфт должны быть гладкими без заусениц, рванин и вмятин.

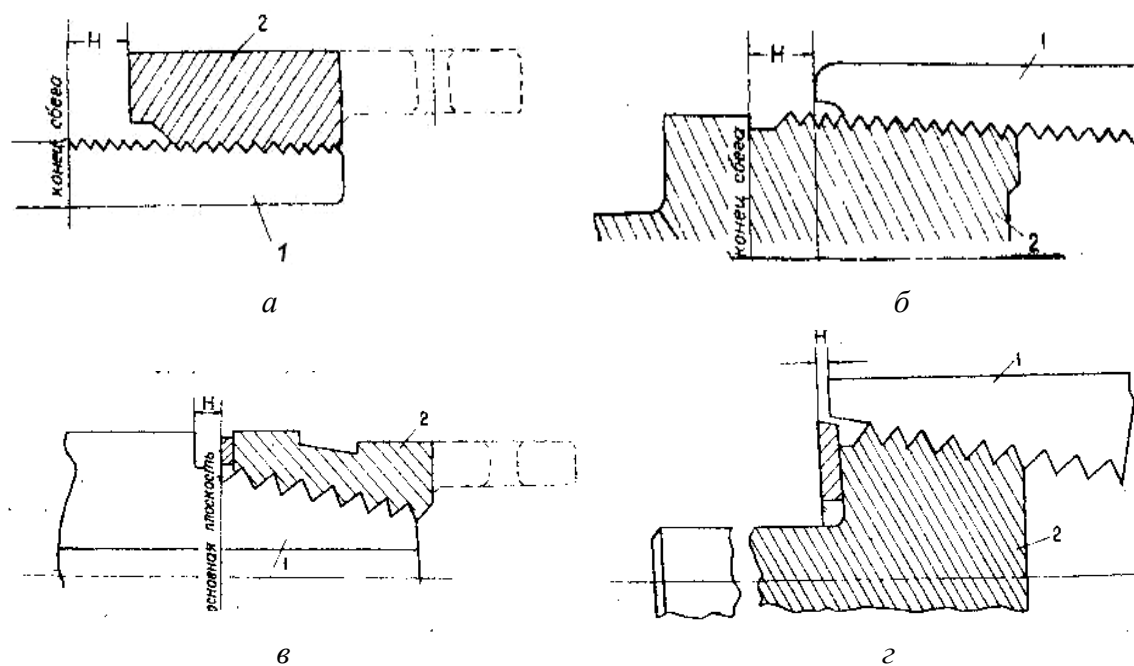
У осмотренных и признанных годными труб, муфт и замков измеряют длину резьбы, наружный диаметр высаженной части, длину труб, размер лысок замка.

Контролю подвергают основные размеры, натяг и конусность резьб по калибрам. Кроме того, у бурильных труб и УБТ проверяют кривизну на длине трубы, а у замковых соединений – натяг в паре.

Основные размеры и допустимые отклонения элементов бурильной колонны, согласно ГОСТ 7909-56 и ГОСТ 7918-75 приведены в табл. 1.

**Проверка кривизны труб** проводится рыболовной леской толщиной не менее 0,5 мм путем прижатия к невысаженным частям трубы и натягиванием сбоку трубы с замерами линейкой наибольшей величины прогиба трубы. Бурильная труба с кривизной более 1 мм на 1 погонный метр, а УБТ – более 2 мм по всей длине трубы отбраковывается. Допускается правка труб на гидравлических винтовых прессах при соответствии трубных резьб требованиям ГОСТ.

**Проверка резьб калибрами.** Отобранные трубы, муфты и замки проверяют по натягу и конусности. Сущность проверки заключается в том, что резьба изделия сопоставляется с резьбой калибров, выполненных с большей точностью по сравнению с изделием. Критерием правильности выполнения конической резьбы является соблюдение величины натяга в установленных пределах. Правильно выполненные резьбы по натягу совместно с правильно выполненной конусностью создают в соединении герметичность и необходимую прочность при знакопеременных нагрузках. Натяга резьбы проверяют калибрами-пробками и калибрами-кольцами. Натяг трубной резьбы бурильных труб и замковой резьбы муфт и замков, а также замковой резьбы муфты замка проверяют резьбовым калибром-пробкой, который навинчивают до отказа вручную. Затем калибр-кольцо или калибр-пробку докрепляют воротком, длиной не более трех диаметров калибра. Расстояние от торца калибра до торца муфты, замка или последней риски на трубе, измеренное штангенциркулем, характеризует величину натяга (см. рисунок).



Схемы проверки натяга резьбы: а – трубы 1 калибром-кольцом 2; б – муфты 1 калибром-кольцом 2; в – ниппель 1 калибром-кольцом 2; г – муфты замка 1 калибром-кольцом 2

Измеренные значения натяга резьбы записывают и сравнивают с размерами и допусками, приведенными в табл. 2 и 3. Например, для труб диаметром 42 и 50 мм номинальный натяг равен 6,5 мм с допустимым отклонением соответственно +2,9 и -0,9, т. е. он должен находиться в пределах 5,6 – 9,4 мм. Трубы, натяг которых выходит за указанные пределы, отбраковываются.

Таблица 2. Основные размеры и допустимые отклонения резьб труб и

Наружный диаметр трубы, мм	Количество ниток на дюйм	Средний диаметр резьбы в осевой плоскости, мм	Шаг резьбы, мм	Угол наклона	Конусность	Общая длина резьбы, мм	Натяг, Н	Допустимые отклонения натяга, мм	
								кольца с трубой	пробки с муфтой
42	10	40,664	2,540	1°47'24"	1:16+0.1 2 мм	50 <sup>+0.1</sup>	6,5	+2,9 -0,9	±1,9
50	10	48,664	2,540			55 <sup>+0.1</sup>	6,5	+2,9 -0,9	±1,9
63,5	8	61,786	3,175			60 <sup>+0.1</sup>	9,0	+3,4 -1,4	±2,4

Таблица 3. Основные размеры и допустимые отклонения резьб зам-

Типо-размер замка	Количество ниток на дюйм	Шаг резьбы, мм	Длина резьбы ниппеля, мм	Угол наклона	Конусность	Натяг ниппеля, Н	Натяг муфты, Н	Зазор при свинчивании муфт с замком, мм	Диаметр цилиндрической выточки резьбы замка, мм	
									44±0.5	50±0.5
ЗА42	6	4,233±0,04	60±0,08	5°42'38"	1:5 0,12 мм на длине	10 <sup>+0.4</sup>	0-0,3	0,5	44±0.5	50±0.5
ЗА 50			60±0,08						65±0.5	
ЗА 63.5			70±0,08						65±0.5	

**Проверка конусности резьб.** Осуществляют гладкими калибрами-кольцами в бурильных трубах и ниппеле замка и гладкими калибрами-пробками – в муфтах и замках. Гладкий

калибр-кольцо надевают на резьбу, а калибр-пробку вводят в резьбу муфты и покачиванием в разные стороны определяют наличие зазора. Проверку производят в двух направлениях, снимая кольцо или вынимая пробку и проворачивая ее под углом  $90^\circ$ . Зазор между резьбой и гладкой поверхностью кольца (пробки) измеряют щупом, перекашивая калибр, т. е. прижимая его к резьбе с одной стороны и поочередно вводя в зазор пластину наборного щупа. Измеренный максимальный зазор характеризует погрешность по конусности резьбы. Для трубной и замковой резьб конусность не должна превышать 0,12 мм, т. е. толщина щупа должна быть менее 0,12 мм. Трубы, муфты и замки, имеющие резьбы с конусностью, выходящей за указанные пределы, отбраковывают.

#### **Сборка бурильной колонны.**

*Подбор замков по натягам замковой резьбы.* Признанные годными детали замков парно свинчивают, подбирая пары так, чтобы зазор между ними был менее 0,5 мм для замков диаметром 42 и 50 мм, 0,65 мм – для замков диаметром 63,5 мм (см. табл. 2). Величина зазора – это расстояние между упорным торцом муфты и упорным уступом ниппеля замка, свинчиваемого от руки. Замки, у которых невозможно подобрать величину зазора близкой к указанной в табл. 2 или у которых измеренные значения натягов резко отличаются от приведенных в табл. 2, отбраковывают. Подобранные замки свинчивают и на лысках муфты и ниппеля цифровыми клеймами выбивают одинаковый порядковый номер.

*Подбор труб, муфт и замков по натягам трубной резьбы.* Трубу, имеющую натяг резьбы с плюсовым допуском, навинчивают на замок или муфту, имеющие натяг трубной резьбы с допустимым минусовым допуском. И наоборот, замок и муфту, имеющие повышенный (плюсовой) натяг трубной резьбы, свинчивают с трубой, имеющей пониженный (минусовой) натяг резьбы. Таким образом, при подборе замков и муфт к трубам по натягам трубной резьбы необходимо стремиться к тому, чтобы сумма значений натягов обеих соединяемых деталей была близкой к сумме номинальных значений натягов. Например, при номинальном натяге резьбы труб  $H = 6,5$  мм и при таком же номинальном натяге резьб муфт и трубной резьбы замка соединяют пары труба – муфта, труба – замок с номинальными натягами резьбы; сумма натягов равна 13 мм. Примерные комбинации подбора деталей приведены в табл. 4.

Таблица 4. Комбинации подбора деталей при сборке колонны, мм

Натяг резьбы трубы	Натяг трубной резьбы муфты,	Арифметическая сумма натягов	Натяг резьбы трубы	Натяг трубной резьбы муфты,	Арифметическая сумма натягов
	замка			замка	
6,5	6,5	13,0	6,0	7,0	13,0
7,0	6,0	13,0	5,6	7,4	13,0
8,0	5,0	13,0	5,0	8,0	13,0
8,4	4,6	13,0	4,6	8,4	13,0

Результаты экспериментальных работ при проверке натягов резьб и сборке колонн показали, что значения натяга труб, замков и муфт преимущественно плюсовые, поэтому при сборке колонн сумма натягов составляет примерно 15 – 16 мм, что свидетельствует о замыкании по малому конусу резьб, т. е. пониженной прочности соединения [12].

Перед навинчиванием на трубы муфт и замков их проверяют на наличие внутри металлической стружки. Для этого через каждую трубу пропускают металлический стержень диаметром 25 мм, длиной 500 мм с первоначальной скоростью при поднятом на 1,5 м от земли верхнем конце трубы.

В подобранных по конусности и натягу парах труба – муфта, труба – замок резьбы смазывают уплотнительной смазкой типа УС-2ИМП [9, 10] и соединяют в полусвечи по две трубы. На одной полусвече накручен ниппель замка, на другой – муфта замка (верх полусвечи) с одним и тем же номером. Такой порядок нумерации замков соответствует введению свечей сверху колонны. При введении свечей в эксплуатацию на колонковую трубу порядок постановки номеров деталей замка обратный.

Резьбовые соединения, подлежащие сборке, должны подвергаться входному дефектоскопическому контролю; трубы, которые не прозвучиваются, а также имеют дефекты глубиной 0,3-0,5 мм и длиной, соответствующей 30-45°, отбраковываются.

Свинчивание резьбовых пар осуществляют с помощью специальных механизмов, снабженных приборами контроля момента свинчивания, либо вручную с помощью ключей и патрубков. Рекомендуемые оптимальные диаметры и моменты свинчивания для безупорных резьб (труба с муфтой и деталями замка) и для упорных (ниппель с муфтой замка) приведены в табл. 5. Недокрепление соединений на поверхности приводит к докреплению их в процессе бурения, что вызывает разрушение отдельных ниток.

**Таблица 5. Моменты свинчивания резьб**

Диаметр резьб, мм	безупорные			упорные		
	42	50	63.5	42	50	63.5
Момент свинчивания, Н м	1500	2000	3500	1500	2500	4500

При сборке свечи нельзя смешивать бурильные трубы различного качества и технического состояния. Все замки и трубы должны быть промаркированы цифровыми клеймами. Детали замка маркируют на лысках для вилок, бурильные трубы – на расстоянии 100 мм от последней риски резьбы. Муфты не маркируют.

При необходимости комплектования бурильной колонны из труб бывших в эксплуатации и имеющих некоторый износ поверхности, в целях более равномерного распределения возникающих напряжений в колонне последняя комплектуется следующим образом: более прочные трубы устанавливают в нижнюю часть колонны, менее прочные – в среднюю и верхнюю части.

В зависимости от степени износа бурильные колонны делят на три группы и эксплуатируют на различных глубинах (табл. 6).

**Таблица 6. Глубина эксплуатации колонны в зависимости от износа**

Группа колонны	Максимальный износ труб по наружному диаметру, мм	Максимальный износ замков и муфт по диаметру, мм	Максимальный износ замковой резьбы (минимальное количество оборотов до полного ввинчивания)	Глубина скважины, м
1	1.0	1.5	4	1000 и более
2	2.0	3.0	3	300-1000
3	2.5	5.0	2	до 300

Несвоевременная отбраковка изношенных труб и соединений вызывает их поломки, а это приводит к авариям и осложнениям при бурении скважин.

В результате наблюдений за работой бурильных колонн в скважине установлено, что до 90 % труб, муфт и замков имеют односторонний износ. При равномерном круговом износе касательные напряжения по всей окружности стенок труб одинаковые, а при одностороннем износе на изношенной трубе, муфте или замке возникают большие касательные напряжения, которые увеличиваются непропорционально уменьшению толщины стенки. Так, при уменьшении толщины стенки трубы с 5,4 до 4,5 мм касательные напряжения на изношенной части трубы увеличиваются в среднем на 14 %, а с 5,4 до 2,4 мм – в 2 – 2.5 раза по сравнению с напряжениями по неизношенной части трубы при одинаковом крутящем моменте. Таким образом, с увеличением степени одностороннего износа трубы резко увеличивается разница между касательными напряжениями, возникающими в стенках труб разной толщины. Изношенная сторона трубы подвергается воздействию больших напряжений и поэтому является своеобразным концентратором напряжений.

Для улучшения условий эксплуатации бурильной колонны, повышения жесткости нижней сжатой части, передачи оптимальной осевой нагрузки на породоразрушающий инструмент, снижения абразивного износа бурильной колонны и аварий, снижения интенсивности искривления, расхода мощности на бурение и повышения производительности необходимо в нижней части колонны применять утяжеленные бурильные трубы [11], позволяющие пробурить скважину с наименьшими затратами на метр бурения.

Наиболее изнашиваемыми элементами бурильных колонн являются наружная поверхность труб и соединений и многократно свинчиваемые разъемные резьбы замка. При выборе способов повышения износостойкости поверхности этих элементов следует руководствоваться требованиями технологичности, сохранения исходных геометрических параметров, повышения прочности, эффективности и их экологической чистоты. Наиболее эффективным способом является поверхностное упрочнение закалкой с нагревом ТВЧ, благодаря чему ресурс труб и замков повышается в несколько раз. Помимо упрочнения с нагревом ТВЧ представляет интерес новый метод низкотемпературного цианирования с нетоксичными солями – карбонитрация [8]. Поверхностная зона карбонитрированной резьбы более стойкая к задирам износу, коррозии. Ресурс резьбы карбонитрированного замка составляет 300 – 350 циклов свинчивания-развинчивания, тогда как упрочненного ТВЧ 650 – 900 циклов, неупрочненного замка – 80 – 120 циклов.

Применение качественных уплотнительных смазок, обладающих высокой адгезией к смоченной промывочной жидкостью поверхности резьбы замков, увеличивает ресурс замковой резьбы не менее чем в 1,5 раза.

Расходы на бурильную колонну составляют одну из наиболее крупных статей в общем балансе стоимости бурения, поэтому эффективно применение антивибрационных смазок, эмульсий, которые снижают силы трения колонны о стенки скважины, уменьшают продольные и крутильные колебания, являются, амортизатором поглощающим энергию удара труб о стенки скважины, снижают расход породоразрушающих инструментов, повышают эффективность работы бурильной колонны [5 – 7].

Очень важным является оснащение буровых агрегатов контрольно-измерительной аппаратурой, что способствует существенному улучшению технологии разведочного бурения, оптимальной эксплуатации бурильной колонны. С помощью аппаратуры бурильщик может оперативно устанавливать оптимальные режимы бурения применительно к конкретным геолого-техническим условиям, предупреждать осложнения и аварии, возникающие в процессе бурения, технически правильно и наиболее эффективно использовать бурильную колонну и пороодо-разрушающий инструмент, снизить непроизводительные затраты средств.

Одной из причин выхода из строя бурильных труб является также коррозионно-усталостное разрушение металла, работающего в среде глинистого раствора обработанного углещелочным реагентом, с рН = 10 – 11. При применении в качестве ингибитора коррозии двузамещенного фосфата аммония площадь поражения внутренней поверхности труб в течение 2 лет снижается в 6 – 10 раз [6].

Применение ингибиторов коррозии повышает также коррозионную защиту металла от атмосферного воздействия. После обработки трубы сохраняли коррозионную стойкость в течении 1440 ч пребывания в атмосферных условиях хранения под навесом.

Опытные работы, проведенные производственными организациями и партиями новой техники по эксплуатации укомплектованных описанным способом бурильных колонн подтверждают высокую эффективность их внедрения в производство [ 1 – 4, 7 ].

### Литература

1. А.Г. Веретенников, Э.Е. Климочкин, ВФ. Темников, и др.// Изготовление бурильных колонн и результаты их внедрения./Разведка и охрана недр. – 1975. – № 10. – с.21 – 23.
2. Бурильные трубы геологоразведочного сортамента. Н.А. Дудля, Г.Н. Викторов, Г.Н. Кириченко, И.Р. Островский: Моногр. – Донецк: Издат. дом «Андрей», 2007. – 208 с.
3. К вопросу повышения прочности бурильной колонны. Н.А. Дудля, Г.Н. Викторов, Г.Н. Кириченко, И.Р. Островский //Гірничя електротехніка та автоматика, Донецк: Изд-во Дон НГУ, 2006. – Вып. 75. – с. 127-130.
4. Кириченко Г.Н., Левада М.П. Опыт комплектования бурильных колонн в Павлоградской экспедиции треста Днепрогеология // Информ. листок. – 1969. – № 7 (18) . – с. 1-6.
5. Козловский Е.А. Поиск рациональных режимов бурения с помощью контрольно-измерительной аппаратуры//Обзор. Сер: техника и технология геологоразведочных работ. – М. – 1968. – 40 с.
6. Справочник инженера по бурению геологоразведочных скважин: В 2 т./ Под общей ред. проф. Е.А. Козловского. – М.: Недра, 1984. -512 с.
7. Организация комплектования бурильных колонн в Волго-Донском управлении. Г.Г. Кузьмин, О.В. Ястребов, И.Е. Шевченко, Г.Н. Кириченко //М: – Изд-во ОНТИ ВИ-ЭМС, 1974.
8. Лачинян Л.А. Работа бурильной колонны. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1992. – 214 с.
9. Шевченко И.Е., Матвеев В.И., Кириченко Г.Н. Новая смазка для резьбовых соединений бурильных труб. //Разведка и охрана недр. – 1970. – № 9
10. А.с. СССР № 687111. М. Кл.2 С 10М 7/02, С 10М 7/04, С10М 7/12, С10М 7/30 Уплотнительная смазка для резьбовых соединений. Опубл. 25.09.79. Бюл. № 35.
11. Шевченко И.Е., Кириченко Г.Н., Пипа Ю.А. Результаты приемочных испытаний утяжеленных бурильных труб с приварными замками. сер: техника и технология геологоразведочных работ. –1970. – №104. – 4 с.
12. Шевченко И.Е. Определение допустимого износа поверхности бурильных труб и их соединений. //Разведка и охрана недр. – 1971. – № 10. – с.26– 29

*Поступила 17.06.08*