

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ ТРУБ ДЛЯ  
ВРАЩАТЕЛЬНО-УДАРНОГО СПОСОБА БУРЕНИЯ**

**К.В. Мельнов, Л.А. Саруев**

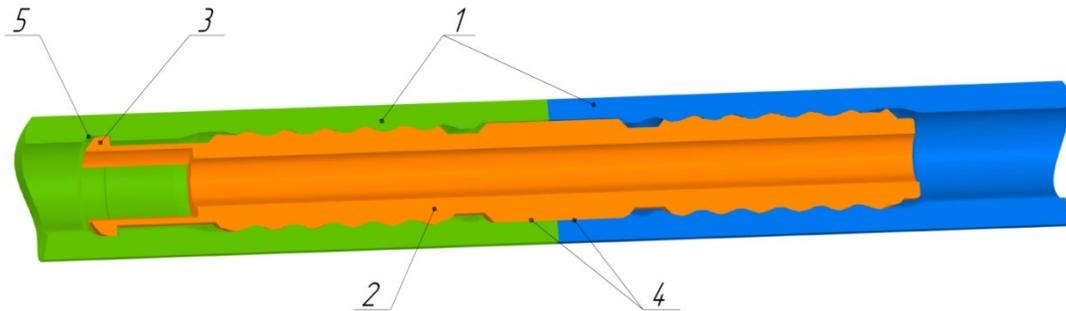
Научный руководитель - профессор Л.А. Саруев

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

С развитием технологий в области буровой промышленности, требования к буровому инструменту постоянно повышаются, также не исключением являются требования к надежности бурильных труб, в частности повышение долговечности и эффективности работы при вращательно-ударном бурении. При бурении пилотных скважин, которые зачастую применяются при горизонтально направленном бурении, важным параметром является надежность резьбового соединения бурильных труб. Надежность бурильных труб оказывает значительное влияние на технические и экономические показатели бурения. В процессе данного бурения бурильная колонна подвержена изгибающему моменту, передачи энергии удара, трению о стенки скважины, все это приводит к снижению долговечности бурового инструмента [2].

При прохождении силовых импульсов по бурильной колонне форма волны деформации изменяется, а энергия частично рассеивается. Проведенные исследования [4, 6] показали, что долговечность работы резьбового соединения бурильных труб можно увеличить путем снижения потерь энергии в нем. Потери энергии возникают вследствие возникновения трения между витками, при прохождении силового импульса. Выполненные авторами [6] теоретические и экспериментальные исследования позволили определить конструкцию резьбового соединения бурильных труб, обеспечивающую эффективное прохождение силового импульса. Стоит отметить, что использование бурильных труб, предназначенных для вращательного бурения невозможно для вращательно-ударного способа бурения из-за возникновения в соединениях отражений волн деформации.

Предложенное резьбовое соединение бурильных труб, где в качестве соединительного элемента выступает ниппель с профилем круглой резьбы, расположенным внутри труб. Конструкция данного соединения приведена на рисунке 1. Соединительный элемент имеет конструктивные особенности, постоянство сечения по все длине, наличие центрирующего буртика для устранения несносности соединения бурильных труб и наличие установочных пластин с одной из сторон ниппеля.



*Рис. 1 – Ниппельное соединение с резьбой круглого профиля*

*1 – бурильные трубы; 2 – ниппель; 3 – установочная пластина; 4 – центрирующий буртик; 5 – проточка для фиксации ниппеля.*

Наличие установочных пластин, является важным техническим решением, основанным на эксплуатационных испытаниях, и позволяет производить фиксацию соединительного элемента, в процессе разборки, в одной бурильной колонне. Без данного технического решения в процессе развинчивания бурильной колонны происходило выкручивание ниппеля из обеих бурильных труб одновременно, что мешало автоматизации процесса. Также, благодаря наличию зазоров в резьбе, предусмотренных ее конструкцией, становится возможным перемещение ниппеля относительно бурильных труб. При прохождении силового импульса через соединение, большая часть деформации заменяется смещением в витках круглой резьбы, тем самым увеличивая срок службы бурильных труб [3].

Для проведения расчета на прочность установочных пластин, рассмотрены основные виды сталей применяемых при изготовлении бурильных труб и соединительных элементов. Для деталей с сечением 40-50 мм применяют хромоникелевые стали 40ХН, 45ХН, 50ХН, они обеспечивают высокий комплекс механических свойств. Отличительной особенностью этих сталей является присутствие никеля, благодаря чему они имеют более высокий температурный запас вязкости и меньшую склонность к хрупкому разрушению. Помимо хромоникелевых сталей, для изготовления бурильных труб используются стали марок 45; 36Г2С; 40Х; 40ХНМ; 20ХГ2Б. При изготовлении соединительных элементов диаметром до 110 мм применяют сталь, прочность которой на одну группу превышает группу прочности трубы. Но бурильные трубы диаметром свыше 110 мм и соединительные элементы к ним изготавливают из сталей одной группы прочности. На практик чаще всего соединительные элементы изготавливают из стали марки 40ХН [1].

Фиксация ниппеля в бурильной трубе происходит следующим образом: одна сторона ниппеля с расположенными на нем установочными пластинами вворачивается в резьбовую часть бурильной трубы до момента

сопряжения установочных пластин с их посадочным местом, выполненным в виде круговой проточки. При этом в процессе установки пластина будет изгибаться с максимальным прогибом, равным высоте резьбы [4]. Для проведения расчета, по определению геометрических параметров установочных пластин примем следующие значения и геометрические параметры:

$y_{max}$  - максимальный прогиб пластины (в месте наибольшего вылета) – 2 мм;

$l$  - вылет установочной пластины – 25 мм;

$E$  - модуль упругости для стали –  $2 \cdot 10^5$  МПа;

$b$  - ширина пластины – 15 мм;

$h$  - толщина пластины (от окончания ниппеля до фиксирующего выступа – 2 мм).

Расчета усилия, действующего на установочную пластину, определяется для прямоугольной пластины по формуле:

$$J = \frac{h^3 b}{12} \quad (1)$$

Далее определим усилие  $P$ , действующее на установочную пластину, подставив в выражение ранее приведенную формулу:

$$P = \frac{y_{max} \cdot 3EJ}{l^3} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 2^3 \cdot 15}{40^3 \cdot 12} = 187,5 \text{ Н} \quad (2)$$

Используя полученное значение силы, действующей на буртик установочной пластины, рассчитаем максимальную величину напряжений в пластине по изгибающему моменту в жесткой заделке пластины и осевому моменту сопротивления поперечного сечения пластины:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{изг}}{W_x} = \frac{6P \cdot l}{h^2 \cdot b} = \frac{6 \cdot 187,5 \cdot 40}{4 \cdot 15} = 750 \text{ МПа} \quad (3)$$

Сравним полученные результаты со справочными данными, для стали 40ХН предел текучести составляет 800 МПа [5], из условий прочности получаем:

$$\sigma_{max} < \sigma_{0,2} \quad (4)$$

Таким образом, для изготовления бурового оборудования применяют хромоникелиевые стали, например, 40ХН, для которой и выполнен расчет ниппеля с установочными пластинами, предел текучести которой составляет 800 МПа [5], что соответствует расчетному условию прочности.

### **Выводы**

Применение вращательно-ударного бурения требует совершенствования конструкции бурильных труб, так как бурильные трубы, предназначенные для вращательного бурения, не пригодны для передачи энергии удара. Эта проблема решается применением предложенной конструкции бурильных труб с резьбой круглого профиля, а также применением в качестве соединительного элемента ниппеля. Предложенная конструкция ниппельного соединения труб позволяет произвести фиксацию ниппеля в бурильной колонне, это является необходимым условием для автоматизации процесса наращивания колонны. Основным преимуществом ниппельного соединения является возможность снижения контактных напряжений в сопряженных витках резьбы бурильной трубы. Передача крутящего момента осуществляется через плотный контакт соединяемых бурильных труб. Применение данного соединения позволяет расширить возможности применения вращательно-ударного способа бурения и повысить надежность бурильной колонны.

### **Литература**

1. Иванов К.И., Латышев В.А., Андреев В.Д., Техника бурения при разработке месторождений полезных ископаемых. 3-е изд., перераб. и доп. – М. Недра, 1987 г. – 272 с.
2. Рыбаков А.П. Основы бестраншейных технологий (теория и практика). – М.: Пресс бюро №1, 2005. – 304 с.
3. Саруев Л.А. Исследования распространения упругих волн в колонне буровых штанг при ударно-вращательном бурении скважин в лабораторных условиях / Л.А. Саруев, А.В. Шадрин // Вестник Российской академии естественных наук. Западно-Сибирское отделение. – Кемерово, 2009. – С. 27 – 31.
4. Саруев Л.А. и др. Перспективы развития технологии и техники горизонтально направленного бурения пилотных скважин для бестраншейной прокладки трубопроводов // Известия Томского политехнического университета. – 2019, Т.330– № 4 – с. 89-97.
5. Справочник металлурга. В 5-и т. Т.2/ под ред А.Г. Рахштадта, В.А. Брострема. – М.: Машиностроение, 1976. – 720 с.
6. Шадрин А.В. Теоретические и экспериментальные исследования волновых процессов в колне труб при бурении скважин малого диаметра из подземных горных выработок: Автореф. дисс. канд. техн. наук – Томск, 2009. – 19 с.
7. Rabei M., Chang K.P., M. Gelinis, A/ Neale Analysis and design of pipes installed via direct PIPE technology // Proc. of Conference: NASTT No-Dig Show. – Palm Springs, CA, March 25-29, 2018. – 11 p.