

УДК 622.24.051

А. М. Бочковский, канд. техн. наук

Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, Киев, Украина

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ КАЛИБРАТОРОВ С ПРЕРЫВИСТЫМИ ЛОПАСТЯМИ

Dependence for definition of loading on inserts of the calibrator is received. Calibrators of a new design with the increased number of faltering blades and hydraulic ring apertures between them are developed. Resistance of new calibrators in 3 - 5 times exceeds resistance of the serial tool.

При бурении нефтяных и газовых скважин применяют лопастные или шарошечные калибраторы различных типоразмеров. Калибраторы расширяют (калибруют) ствол скважины до номинальных размеров, центрируют положение бурового долота в стволе скважины, улучшают работу долота, стабилизируют направление бурения. Однако применяемые конструкции калибраторов не в полной мере обеспечивают выполнение всех этих функций.

Доминирующими до последнего времени в Украине являлись калибраторы лопастные спиральные (КЛС) сварной или цельной конструкции [1], содержащие корпус и три спиральные лопасти (рис. 1).

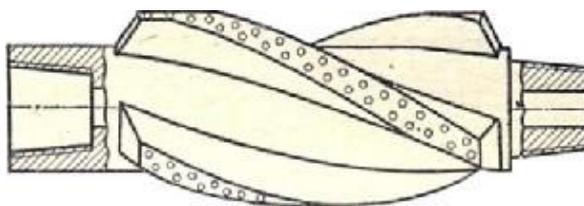


Рис. 1. Калибратор лопастной спиральный.

Ограниченное применение находили калибраторы гирляндного типа с прямыми лопастями (рис. 2).

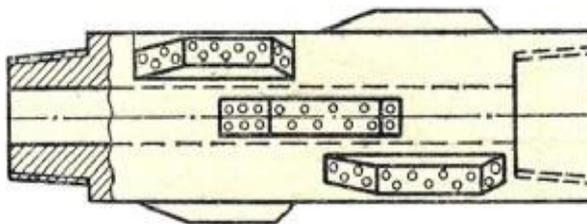


Рис. 2. Калибратор гирляндного типа.

За рубежом известно применение калибраторов с прямыми, наклонными и спиральными лопастями, как неразъемной конструкции, так и со съёмными муфтами [2]. В зависимости от условий применения рабочие поверхности лопастей наплавляют релитом, стеллитом или оснащают твердосплавными и алмазно-твердосплавными вставками.

По техническим условиям [1] гарантийный срок работы таких калибраторов при износе по диаметру до 4 мм составляет 80 – 200 ч, а по данным работы [3] при износе трехлопастных спиральных калибраторов по диаметру на 3 мм средняя стойкость одного калибратора составляла всего 17 – 25 ч, что недостаточно для современных условий бурения.

Новые алмазные и шарошечные долота достигают стойкости 300 – 500 ч и требуют соответствующего ресурса работы калибраторов.

Недостатком конструкции серийных трехлопастных калибраторов являются высокие напряжения на породоразрушающих вставках, вследствие чего последние интенсивно изнашиваются и разрушаются. Слабым звеном конструкции являются также резьбовые замковые соединения, особенно муфтовые, которые подвергаются дополнительным нагрузкам при закреплении калибраторов в компоновке бурильной колонны.

Известны различные конструктивные решения (рис. 3), направленные на уменьшение износа и повышение ресурса работы лопастных калибраторов. К ним относятся: улучшение промывки лопастей за счет различных дополнительных пазов и отверстий [4, 5]; повышение износостойкости за счет переменной ширины лопастей [6]; обеспечение равномерной жесткости корпуса [7]; восстановление диаметрального размера калибратора путем применения подвижных элементов [8] и др.

Однако все эти предложения не нашли широкого применения на практике. Ресурс калибратора определяется, в основном, абразивным износом рабочей поверхности, который пропорционален нагрузке и обратно пропорционален твердости изнашиваемого материала [9]. Кроме того, на износостойкость рабочей поверхности оказывает влияние качество и скорость потока бурового раствора в зоне работы калибратора. Все эти факторы – и нагрузки на вставки, и скорость вращения, и скорость потока бурового раствора и материал вставок необходимо учитывать при совершенствовании конструкций и разработке новых износостойких калибраторов.

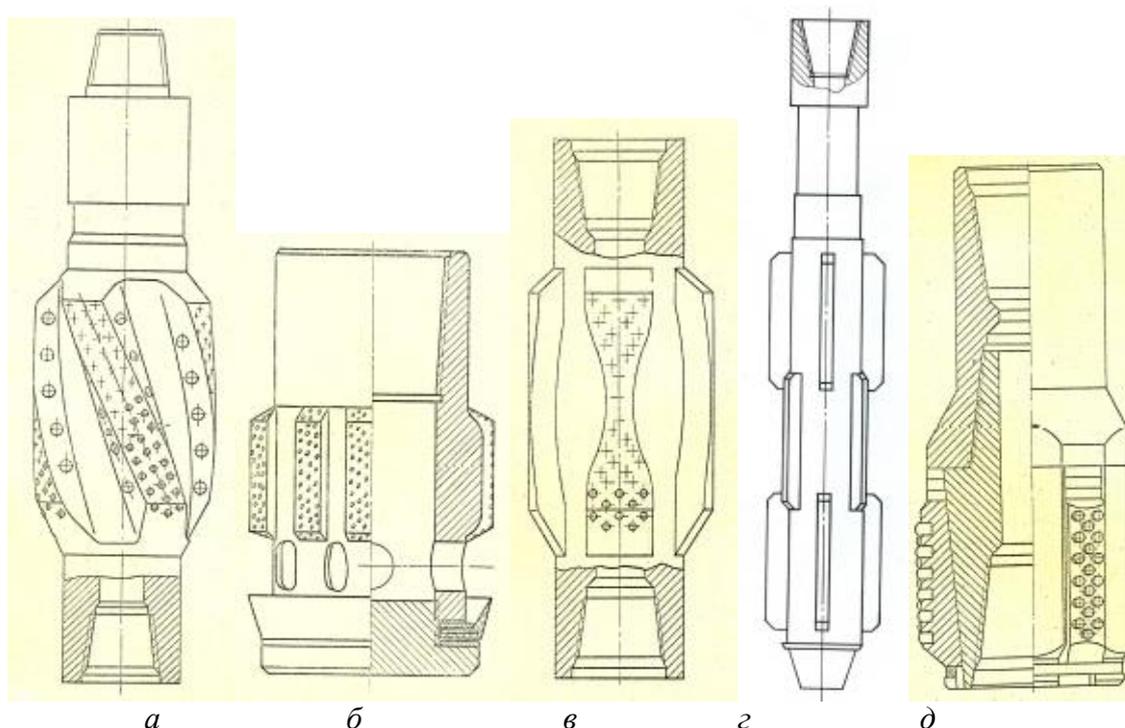


Рис. 3. Конструкции калибраторов, предложенных в работах:
а – [4], б – [5], в – [6], г – [7], д – [8].

Нагрузка (N) на одной вставке, закрепленной в лопасти калибратора, может быть определена с учетом глубины внедрения (h) в виде степенной зависимости

$$N = zh^n, \quad (1)$$

где z и n – опытные коэффициенты.

Значение опытных коэффициентов (табл.) получено при математической обработке экспериментальных кривых, описывающих внедрение вставок в породу [10].

**Значения коэффициентов z и n в формуле $N=zh^n$
(числитель – z , кГс/ммⁿ, знаменатель – n)**

Группа пород по твердости	Мягкие	Средние	Твердые	Крепкие
Твердосплавная сферическая вставка	$\frac{634}{1,05}$	$\frac{1687}{1,22}$	$\frac{2424}{1,19}$	$\frac{3267}{1,12}$
Алмазно-твердосплавная вставка	$\frac{955}{1,63}$	$\frac{5857}{1,70}$	$\frac{7174}{1,71}$	$\frac{6428}{1,49}$

Твердосплавные и алмазно-твердосплавные вставки, которыми оснащают калибраторы, имеют близкие значения по нагрузкам, особенно для твердых и крепких пород в области малых глубин внедрения (рис. 4).

Выразим глубину внедрения вставки через параметры конструкции калибратора и режима бурения

$$h = \frac{\varpi \alpha \cos \varphi}{2 \varpi \psi} \quad (2)$$

где ϖ – скорость бурения;

α – радиальный угол между исследуемой вставкой и предыдущей по ходу вращения;
 φ – угол наклона торца вставки к оси абсцисс;
 ψ – скорость вращения.

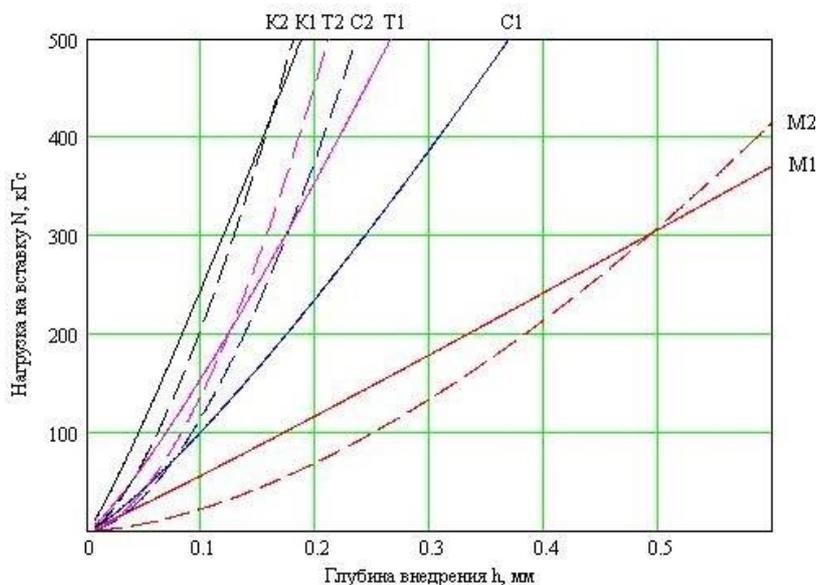


Рис. 4. Зависимость нагрузки от глубины внедрения твердосплавной сферической вставки (1) и алмазно-твердосплавной вставки (2) в мягкие (М), средние (С), твердые (Т) и крепкие (К) породы.

Подставим (2) в (1) и получим значение нагрузки на вставку в буровом инструменте, зависящее от свойств горных пород, режима бурения, конструкции вставки и калибратора

$$N = z \left(\frac{\pi \alpha \cos \varphi}{2 \pi \psi} \right)^n \quad (3)$$

Из формулы (3) следует, что при прочих равных условиях и режимах бурения наиболее сильным конструктивным параметром, определяющим уровень нагрузок на вставки калибратора, остается радиальный угол α . Для снижения нагрузок на вставках путем уменьшения угла α необходимо увеличивать количество лопастей и равномерно распределять их по рабочей поверхности инструмента. Таким образом, одним из основных направлений повышения стойкости и долговечности калибраторов является разработка многолопастных конструкций.

В серийных калибраторах (рис. 1) длинные спиральные лопасти не способствуют эффективной очистке и охлаждению породоразрушающих элементов, увеличение их количества приведет к ухудшению промывки и налипанию бурового шлама в межлопастных проемах. Для улучшения очистки и охлаждения лопастей калибратора длинные спиральные лопасти разделены гидравлическими кольцевыми проемами на отдельные участки, т. е. лопасти выполнены прерывистыми. Кольцевой проем, имея базовую поверхность, используется одновременно как участок для обслуживания и ремонта калибратора.

Первые конструкции новых калибраторов диаметром 215,9 и 295,3 мм были испытаны на предприятиях НГДУ «Полтаванефтегаз» [11] и показали высокую износостойкость и надежность в работе.

При износе по диаметру на 2 – 4 мм стойкость калибратора составляла 1600 – 1722 ч. В дальнейшем совершенствовались конструкции и технология изготовления, в результате стойкость калибраторов достигла более 2000 ч, что значительно превышает стойкость алмазных или шарошечных долот.

За период внедрения разработки на буровые предприятия Украины и Белоруссии поставлено свыше 500 шт. калибраторов 4 – 6 лопастного типа диаметром от 120,6 до 393,7 мм. Конструкции основных типоразмеров калибраторов показаны на рис. 5.



Рис. 5. Общий вид калибраторов с прерывистыми лопастями:
а – ИСМ К 165,1 СТ; б – ИСМ К 215,9 СТ; в – ИСМ 295,3 СТ.

Выводы

Аналитически установлена зависимость для определения нагрузки на вставках калибратора.

Основным направлением повышения стойкости и долговечности калибраторов является разработка многолопастных конструкций.

Созданы калибраторы новой конструкции с увеличенным количеством прерывистых лопастей и гидравлическими кольцевыми проемами. Стойкость новых калибраторов в 3 – 5 раз превышает стойкость серийного инструмента.

Литература

1. Иогансен К. В. Спутник буровика. Справочник. – М.: Недра, 1986, - 294 с.
2. Масленников И.К. Буровой инструмент. Справочник. – М.: Недра, 1989, – 430 с.
3. Бляхер А. В., Семенов А. И., Финкельштейн Е. М. Результаты испытаний опытных калибраторов ИСМ 215,9 СТК // Экспресс – информация «Бурение». – 1985. – № 7. – С . 4 – 7.
4. А. с. 594289 СССР, МКИ² Е 21 В 9/22. Лопастной калибратор/ И. И. Барабашкин, А. Г. Новиков, Сианка-Ибарра Луис. – Оpubл. 02.02.78. Бюл. № 7.
5. А. с. 480823 СССР, МКИ Е 21в 9/22. Инструмент для калибрования ствола буровых скважин/ Г. С. Геворков, А. Н. Зархин. – Оpubл. 15.08.75. Бюл. № 30.
6. А. с. 592957 СССР, МКИ² Е 21В 9/22. Лопастной калибратор/ И. И. Барабашкин, Л. П. Константинов, В. М. Беляев и др. – Оpubл. 28.02.78. Бюл. № 6.
7. А. с. 899835 СССР, МКИ³ Е 21 В 17/10. Наддолотный калибратор-стабилизатор/ Р. Н. Марченко, Л. Б. Измайлов, А. И. Булатов и др. – Оpubл. 28.01.82. Бюл. № 3.

8. А. с. 836333 СССР, МКИ³ Е 21 В 10/42. Лопастной калибратор/ В. П. Янькин, К. В. Потанин, И. И. Барабашкин и др. – Оpubл. 07.06.81. Бюл. № 21.
9. Крагельский И.В. Трение и износ. – М.: ГНТИМЛ, 1962. – 384 с.
10. Бочковский А. М. Разрушение горных пород вставками бурового инструмента // Породо-разрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2006, – С 107 – 113.
11. Бочковский А. М., Мыслюк М. И., Петруняк Я. М., Качурин А. П. Опыт применения новых буровых инструментов ИСМ на предприятиях НГДУ «Полтаванефтегаз»//Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения/ Тезисы докладов V Международной конференции/ ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины. – К., 2002. – С. 99 – 101.

Поступила 14.06.07