

При несовпадении неравенства (3) отклонение скважины будет меньше угла скоса клина и составит:

$$\varphi = \arcsin \frac{\delta}{\Gamma}. \quad (4)$$

Для того чтобы при бурении дополнительного ствола не происходило обрывов колонны бурильных труб, необходимо, чтобы соблюдалось условие:

$$\delta \leq \Delta \theta_{\max}, \quad (5)$$

или

$$\varphi \leq \Delta \theta_{\max}. \quad (6)$$

**Расчет на предотвращение «зарезки» ложка клина.** Данное осложнение возникает вследствие дополнительной силы  $P$ , действующей перпендикулярно продольной оси желоба, возникающей за счет взаимодействия отбурочного снаряда со стенкой отбуриваемого ствола в процессе его углубки (рис. 2) [1].

Для того чтобы сила  $P$  отсутствовала должно соблюдаться следующее условие [4]:

$$l = \frac{D+d-2d_c}{\sin^2 \delta}, \quad (7)$$

где  $d$  – диаметр дополнительного ствола, м;  $d_c$  – диаметр колонковой трубы отбурочного снаряда, м.

**Расчет срезных штифтов.** Срезные штифты, которыми крепятся между собой клин и установочный патрубков (отбурочный снаряд), срезаются при установке клина в скважину под действием осевого усилия  $P_{oc}$ . Диаметр срезных штифтов  $d_{ш}$  можно определить по зависимости [3]:

$$d_{ш} = 2 \sqrt{\frac{P_{oc}}{\pi \sigma_{cp}}}, \quad (8)$$

где  $\sigma_{cp}$  – предел прочности стали штифта на срез, Па.

На основании приведенной информации можно сделать вывод о том, что расчет стационарных клиньев является сложным и обязательным этапом их конструирования. При этом особое значение следует уделить расчету клиньев для условий работы при бурении снарядами со съёмными керноприёмниками, у которых имеется ограничение по интенсивности искривления (0,2 – 0,3 град/м [2]).

#### Литература

1. Кривошеев В.В. Направленное и многозабойное бурение скважин с основами кернометрии. Учебное пособие. – Томск: ТПИ, 1984. – 84 с.
2. Морозов Ю.Т., Васильев Н.И., Подоляк А.В. Направленное бурение геологоразведочных скважин. – СПб.: ЛЕМА, 2015. – 374 с.
3. Нескоромных В.В. Направленное бурение и основы кернометрии //Учебник. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2015. – 336 с.
4. Рязанов В.И. Исследование технических средств направленного бурения геологоразведочных скважин с целью выработки рекомендаций по их применению и усовершенствованию: Дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 1974. – 234 с.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ОБРАЗЦОВ ЭЛАСТОМЕРА ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ИМИТАЦИИ СПУСКОПОДЪЕМНЫХ ОПЕРАЦИЙ Р.Э. Щербаков

Научный руководитель - старший преподаватель А.В. Епихин

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

Винтовые забойные двигатели уже не первое десятилетие доказывают свою эффективность в направлении решения задач бурения и ремонта нефтяных и газовых скважин. Основные параметры винтовых забойных двигателей, такие как ресурс и межремонтный период, определяются конструкцией двигательной секции. Несмотря на достигаемые высокие технико-экономические показатели, недостатком данного типа двигателей является быстрый износ двигательной секции, реальная наработка двигателя составляет до 250 часов относительно расчетной в 400-500 часов [1-3].

Режим работы, свойства и состав бурового раствора определяют различные виды износа рабочих поверхностей ротора и статора. Анализ изношенных деталей рабочих органов демонстрирует сочетание не одного, а нескольких видов износа. Главным образом нарушение работоспособности двигателя связано с износом эластомерной обкладки статора [2, 4-5].

Эластомеру как техническому материалу необходимо иметь низкую газо- и водонепроницаемость, химическую стойкость. Однако большинство эластомеров способны впитывать в себя газы и легкие агрессивные жидкости, что впоследствии приводит к «кессонному эффекту». Типичными изменениями, которым подвергаются эластомеры под воздействием агрессивных рабочих агентов, являются: разбухание; усадка; затвердевание; размягчение [3-5].

Кроме того, забойная температура является фактором, ограничивающим эксплуатацию двигателя. Серийные отечественные двигатели рассчитаны на длительную работу при забойной температуре до 100 °С. При повышении температуры резины ИРП-1226, используемой в большинстве отечественных двигателей, происходят необратимые изменения механических свойств эластомера, которые приводят к повышенному износу эластомерной обкладки статора, снижению рабочих характеристик и скорому выходу из строя рабочей секции винтового забойного двигателя [6-7].

Ввиду обозначенных проблем на базе кафедры «Бурения скважин» томского политехнического университета в течении нескольких лет ведутся экспериментальные исследования по оценке износостойкости образцов резины ИРП-1226. В рамках исследований образцы эластомерной обкладки подвергаются воздействию в различных агрессивных жидкостях градиента температур 25-80°C, создаваемого в сушильном шкафу, что имитирует спуск винтового забойного двигателя в скважину. Условия износа обкладки ротором двигателя создаются в специальном цилиндрическом стакане, конструкция которого позволяет зафиксировать неподвижно образец (см. рис. 2). После установки и фиксации образца, стакан наполняется дисперсионной средой бурового раствора.



Рис. 1 Сушильный шкаф

Абразивное воздействие на образец создается с помощью специального инструмента с режущим профилем размером 2x25 мм (см. рис. 3). Выбор инструмента сделан с целью ускорения процесса эксперимента до полного износа образца. В качестве привода экспериментального стенда используется вертикальный сверлильный станок. Частота вращения равна 180 об/мин. Нагрузка на инструмент создается с помощью навески грузов на штурвал станка и составляет 2 кг.

В качестве реперной точки исследований были выбраны испытания разрушения образцов эластомера в водной среде (результаты исследований приведены в таблице 1). В ходе предыдущих экспериментов выявлено, что растворы солей упрочняют материал эластомера, что приводит к повышению износостойкости резины. Следующая серия испытаний проводилась с предварительной выдержкой образцов эластомера в растворе различных солей (хлорид бария, хлорид калия, хлорид натрия, хлорид кальция) в течении 15 суток. Абразивное воздействие на образец создавалось в среде глинистого бурового раствора. Результаты испытаний по оценке износостойкости образцов резины ИРП-1226, предварительно выдержанных в растворе различных солей, приведены в таблице 2.



Рис. 2 Цилиндрический стакан для исследований:  
1 – стакан, 2 – крышка-зажим



Рис. 3 Инструмент для абразивного воздействия на образец

Таблица 1

Результаты эксперимента по оценке времени износа образцов эластомеров в водной среде после имитации спускоподъемной операции

| Дисперсионная среда | Масса, г | Диаметр, мм | Время износа, сек. | Среднее время износа, сек |
|---------------------|----------|-------------|--------------------|---------------------------|
| Нефть               | 25,504   | 41,59       | 205                | 227                       |
|                     | 25,149   | 41,14       | 262                |                           |
|                     | 25,201   | 41,12       | 215                |                           |
| Соляной раствор     | 20,088   | 41,54       | 82                 | 77                        |
|                     | 20,57    | 41,51       | 70                 |                           |
|                     | 20,618   | 41,16       | 78                 |                           |
| Дизельное топливо   | 20,302   | 40,91       | 240                | 245                       |
|                     | 21,594   | 40,97       | 220                |                           |
|                     | 21,398   | 40,62       | 278                |                           |
| Вода                | 22,406   | 41,38       | 110                | 116                       |
|                     | 20,43    | 41,21       | 98                 |                           |
|                     | 24,017   | 41,32       | 140                |                           |

Таблица 2

Результаты эксперимента по оценке времени износа образцов эластомеров, предварительно выдержанных в растворе различных солей, после имитации спускоподъемной операции

| Тип соли       | Дисперсионная среда | Время износа, сек. |
|----------------|---------------------|--------------------|
| Хлорид бария   | Нефть               | 250                |
|                | Соляной раствор     | 296                |
|                | Дизельное топливо   | 250                |
|                | Вода                | 232                |
| Хлорид калия   | Нефть               | 253                |
|                | Соляной раствор     | 305                |
|                | Дизельное топливо   | 254                |
|                | Вода                | 241                |
| Хлорид натрия  | Нефть               | 290                |
|                | Соляной раствор     | 302                |
|                | Дизельное топливо   | 265                |
|                | Вода                | 275                |
| Хлорид кальция | Нефть               | 284                |
|                | Соляной раствор     | 305                |
|                | Дизельное топливо   | 269                |
|                | Вода                | 268                |

Обработка и анализ полученных данных позволили выявить следующие закономерности. Наиболее износостойкими оказались образцы, предварительно выдержанные в растворе хлорида натрия, хлорида кальция. Таким образом, подтверждается актуальность предварительной обработки материала эластомера растворами различных солей с целью повышения износостойкости образцов для увеличения долговечности статора в целом.

#### Литература

1. Балденко Д.Ф., Балденко Ф.Д., Гноевых А.Н. Винтовые гидравлические машины. Том 2. Винтовые забойные двигатели. М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2007. – 470 с
2. Кортаев Ю.А. Исследование и разработка технологии изготовления многозаходных винтовых героторных механизмов гидравлических забойных двигателей: дис. ... доктора технических наук: 05.02.08 / Кортаев Юрий Арсеньевич. – Пермь, 2003. – 386 с.
3. Фуфачев О.И. Исследование и разработка новых конструкций рабочих органов винтовых забойных двигателей для повышения их энергетических и эксплуатационных характеристик: автореф. дис. ... кандидата технических наук: 05.02.13 / Фуфачев Олег Игоревич. – Москва, 2011. – 138 с.
4. Балденко Д.Ф., Кортаев Ю.А. Современное состояние и перспективы развития отечественных винтовых забойных двигателей [Электронный ресурс] // Журнал «Бурение и нефть». Режим доступа: <http://burneft.ru/archive/issues/2012-03/1>.
5. Голдобин Д.А., Кортаев Ю.А. Особенности конструкции и технологии изготовления статоров винтовых забойных двигателей ООО «ВНИИБТ – Буровой инструмент», армированных стальной тонкостенной винтовой оболочкой // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. М.: ОАО «ВНИИОЭНГ». – 2010. – № 11. – С. 2 – 4.
6. Фуфачев О.И., Голдобин Д.А. Новые конструкции статоров винтовых забойных двигателей производства ООО «ВНИИБТ-Буровой инструмент» // Бурение и нефть. – 2010. – №6. – С.50–55.
7. Резиновые смеси по ТУ 2512-046-00152081-2003 [Электронный ресурс]// Режим доступа: <http://meda-group.ru/catalog/15/74>