

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДИКИ АНАЛИЗА НАГРУЗОК, ДЕЙСТВУЮЩИХ
НА ОТКЛОНЯЮЩИЕ ПЕДАЛИ РОТОРНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ
ТИПА PUSH-THE-BIT, ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ
СМАЗОЧНОЙ ДОБАВКИ БУРОВОГО РАСТВОРА**

Д.И. Новосельцев

Научный руководитель старший преподаватель А.В. Епихин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Одним из ключевых недостатков роторных управляемых систем (РУС) является ее высокая стоимость. В связи с этим особенно остро стоит задача исключения отказов и поломок системы, потери в скважине сборочных частей. Известно, что в роторной управляемой системе типа push-the-bit, наибольшая механическая нагрузка приходится на отклоняющий модуль (bias unit). Рабочим органом модуля являются отклоняющие педали, выдвигаемые за счет энергии бурового раствора. Ранее автором уже рассматривались нагрузки, действующие на отклоняющие педали, с точки зрения теоретической механики [1].

Вкратце, суть предложенной автором методики такова. Роторная управляемая система представлена в виде абсолютно упругого стержня, действие бурового раствора и вращения учтено в виде изменения силы трения. На рис. 1 представлена схема модели на интервале наклонного ствола.

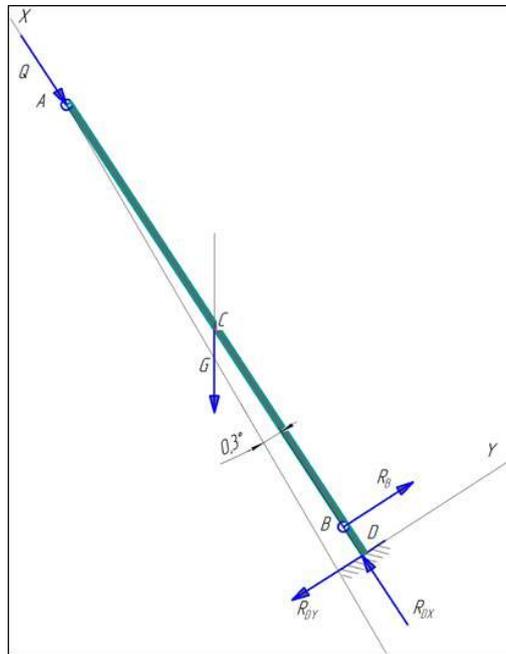


Рис. 1. Схема распределения сил, действующих на РУС

Осевая нагрузка, действующая на РУС, представлена в виде силы Q , направленной вдоль стержня. Вес самой системы обозначен как сила G , приложенная в середине стержня (точка C) вертикально вниз. Забой скважины обозначен точкой D , возникающая в ней реактивная сила, не известная ни по модулю, ни по направлению, представлена в виде двух составляющих R_{DX} и R_{DY} . Начало осей координат в точке D , оси X и Y направлены по неизвестным составляющим R_{DX} и R_{DY} силы реакции. Отклоняющая педаль представлена в виде опоры B , возникающая реакция R_B равна искомой нагрузке на педаль. При этом считается, что педаль выдвинута на максимальное расстояние $\frac{3}{4}$ дюйма, обеспечивая отклонение $0,3^\circ$.

Для нахождения реакций составим уравнения проекций на оси X и Y и уравнение моментов в точке D .

$$\Sigma F_X = Q + G \cdot \cos(\theta + 0,3)^\circ - R_{DX} = 0 \quad (1)$$

$$\Sigma F_Y = -G \cdot \sin(\theta + 0,3)^\circ + R_B - R_{DY} = 0 \quad (2)$$

$$\Sigma F_{MD} = -G \cdot \frac{AD}{2} \cdot \sin(\theta + 0,3)^\circ + R_B \cdot BD = 0 \quad (3)$$

Из уравнения (3) определена реакция R_B , из уравнений (1) и (2) реакции R_{DX} и R_{DY} . Для проверки расчета использовано уравнение моментов в точке A .

$$\Sigma F_{MA} = G \cdot \frac{AD}{2} \cdot \sin(\theta + 0,3)^\circ - R_B \cdot AB + R_{AY} \cdot AD = 0 \quad (4)$$

На основании полученных данных составлен график изменения нагрузки на отклоняющую педаль в зависимости от величины зенитного угла.

Для горизонтального и восстающего участков модель меняется, так как нагрузка перераспределяется между опорами. Формулы нахождения реакции опоры аналогичны первому случаю.

Отдельно рассчитано влияние осевой нагрузки на отклоняющий модуль. Известно, что для сдвига объекта, прижатого к поверхности, необходимо приложить усилие большее или равное силе трения. Таким образом, окончательная нагрузка на лопатки РУС определяется как сумма нагрузки, рассчитанной выше и силы трения. На основании полученных данных, составлен график изменения нагрузки на отклоняющую педаль в зависимости от величины осевой нагрузки. График представлен на рис. 2.

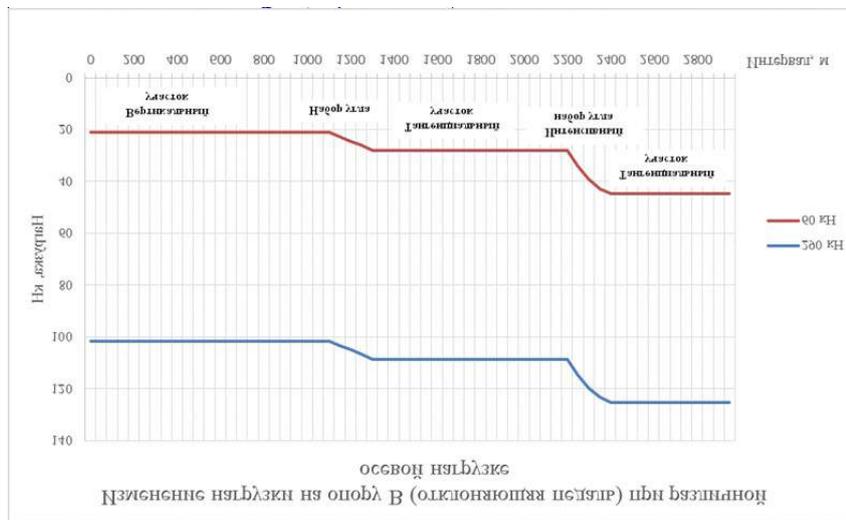


Рис. 2. Зависимость нагрузки на лопатки РУС от величины осевой нагрузки

Анализ графика демонстрирует определяющую роль осевой нагрузки в формировании усилия, действующего на отклоняющие лопатки, однако, следует отметить значительный рост нагрузок на участках интенсивного искривления. Это объясняется возрастанием силы реакции опоры с увеличением зенитного угла.

В дальнейшем, был проведен расчет независимым методом (с помощью ПО «Проектирование бурения» 12.8, ООО «Бурсофтпроект») изгибающих напряжений для профиля скважины с горизонтальным участком. Глубина скважины – 3443м по стволу, длина горизонтального участка – 250м, максимальный зенитный угол – 85 град. Расчет проведен для горизонтального участка с изменением осевой нагрузки от 6 до 20т, с шагом 1т.

На рис. 3 представлен график напряжения изгиба для нижней части компоновки низа буровой колонны (КНБК) при осевой нагрузке – 8т.

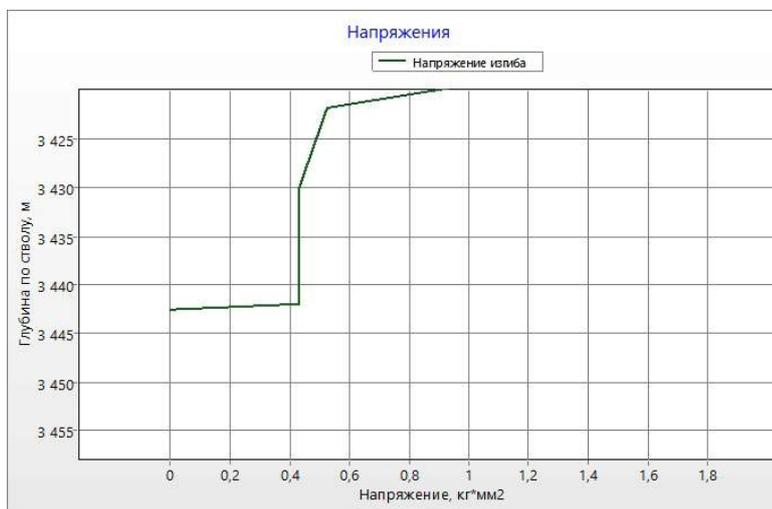


Рис. 3. График напряжения изгиба для нижней части КНБК при осевой нагрузке 8 тонн

В целом, полученные значения совпадают с рассчитанными по методике, предложенной автором. Таким образом, методику можно считать косвенно подтвержденной независимым методом.

Кроме того, проведен расчет нагрузки на отклоняющую педаль с меняющимся значением коэффициента трения, в зависимости от концентрации смазывающей добавки в буровом растворе. Взяты параметры рассчитанной выше КНБК для горизонтального участка. Для примера взят реагент «LUBRIOL» – смазочная добавка для буровых растворов. Рекомендуемая изготовителем концентрация составляет 0,4-1,2%, способность снижать коэффициент трения – до 0,04. Расчет проведен с изменением концентрации добавки в диапазоне рекомендуемых производителем значений, с шагом 0,2%. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Расчет нагрузки на опору при различной концентрации смазывающей добавки

Концентрация, %	Коэффициент трения, Kтр	Сила трения, кН	Зенитный угол θ	Нагрузка на опору, кН
0,4	0,25	20	85	44,02608
0,6	0,19	15,2	85	39,22608
0,8	0,14	11,2	85	35,22608
1	0,08	6,4	85	30,42608
1,2	0,04	3,2	85	27,22608

Автору неизвестны значения предельно допустимых нагрузок для отклоняющих лопаток данного типа РУС. Однако, данная методика применима для рекомендаций по подбору оптимальных значений концентрации смазывающей добавки, исходя из соображений снижения нагрузки на отклоняющий модуль.

Литература

- Новосельцев Д.И. Анализ нагрузок, действующих на отклоняющие педали роторных управляемых систем типа push-the-bit в наклонном стволе скважины // Труды Международной научно-технической конференции «Бурение скважин в осложненных условиях», Донецк. – 2016.
- Паспорт качества на добавку смазывающую «LUBRIOL».
- Техническая характеристика PowerDrive X5 675 [Электронный ресурс]: официальный сайт фирмы Schlumberger: <http://www.slb.com/powerdrive>.
- Шевченко И.А. Бурение скважин с большим отходом от вертикали с использованием роторных управляемых систем при контроле геофизических параметров в режиме реального времени // Естественные и технические науки. – 2014. – №1/2. – С.36-39.
- Уилсон К., Шокарев И., Смолл Дж., Ахунжов Э. Результаты применения новых технологий в бурении при разработке сложного месторождения Восточной Сибири - Верхнечонского нефтегазоконденсатного месторождения // Нефтегазовая вертикаль. – 2011. – № 2. – С.54-55.
- Заикин И.П., Панков М.В., Исмаилов Н.А., Пушкарев С.В. Применение роторной управляемой системы PowerDrive и системы каротажа PeriScore при бурении горизонтальной скважины // Нефтяное хозяйство. – 2009. – №11. – С.2-4.
- Калинин В. Роторные возможности управляемого бурения // Сибирская нефть. – 2012. – №9. – С. 36-41.
- Kelly K. Rotary steerables. Enable extended-reach and precision control in tight zones // Oil&Gas. EURASIA. – 2012. - №6. – P. 44-46.
- Matheus J., Ignova M., Hornblower P. A hybrid approach to closed-loop directional drilling control using rotary steerable systems // SPE Latin America and Caribbean Petroleum Engineering Conference, 21-23 May, Maracaibo, Venezuela. – P. 84-89.

БУРОВОЙ РАСТВОР ДЛЯ БОРЬБЫ С ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМИ ПРИХВАТАМИ

Н.В. Понамарёв, А.М. Цатрян

Научный руководитель доцент Ю.М. Рыбальченко

**Южно-Российский государственный политехнический университет имени М. И. Платова,
г. Новочеркасск, Россия**

Последние годы характеризуются активными исследованиями по разработке и созданию новых систем промывочных жидкостей, которые могут обеспечивать требуемые технологические свойства при бурении скважин в осложненных условиях.

При сооружении наклонно-направленных скважин с горизонтальным участком ствола приходится сталкиваться практически со всеми видами осложнений, наиболее частым из которых являются прихваты. Исторически разделяют прихваты на обусловленные механическим взаимодействием и дифференциальные. Согласно современной терминологии прихваты, обусловленные механическим воздействием, разделяются на две отдельные категории, а именно: прихваты шламом или обвалившейся породой и заклинивание на участках со сложной геометрией ствола. Доля дифференциальных прихватов составляет 80%, а 20% приходится на прихваты, обусловленные механическим взаимодействием и неисправностью оборудования.

Дифференциальный прихват возникает, когда под действием разности давлений в скважине и в проницаемом пласте неподвижная буровая колонна вдавливается в фильтрационную глинистую корку, образовавшуюся на открытой поверхности этого пласта. Трение между буровой колонной и породой пласта возрастает настолько, что сдвинуть колонну с места становится невозможно. Такие прихваты возникают namного чаще в скважинах, пересекающих истощенные продуктивные пласты. И если буровая колонна долго остается неподвижной, почти всегда возникает дифференциальный прихват.

Дифференциальный прихват может произойти только в интервале проницаемого пласта. Прихват внутри обсадной колонны невозможен за исключением тех случаев, когда в ней появились каналы жидкости, например, перфорационные отверстия или негерметичности вследствие износа. Проницаемые пласты могут быть сложены, например, песчаниками и трещиноватыми породами. Возможен прихват в интервале глинистых пород, если они