

DOI 10.25689/NP.2018.3.117-126

УДК 622.24.053

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ЭЛЕМЕНТА ДИНАМИЧЕСКОЙ КОМПОНОВКИ НИЗА БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЫ

¹Хузина Л.Б., ¹Шайхутдинова А.Ф., ²Габзалилова А.Х.

¹Альметьевский государственный нефтяной институт

²Филиал ФГБОУ ВО УГНТУ в г. Октябрьском

ANALYTICAL STUDIES OF BHA ELEMENT OPERATION

¹Khuzina L.B., ¹Shaikhutdinova A.F., ²Gabzalilova A.Kh.

¹Almetyevsk State Petroleum Institute

²Ufa State Petroleum Technical University, Oktyabrsky Branch

E-mail: alia.ingener@mail.ru

Аннотация. Как показывают многочисленные исследования и опыт бурения, значительного улучшения показателей бурения можно добиться путем наложения динамических нагрузок на породоразрушающий инструмент при сохранении его непрерывного контакта с забоем.

Авторами разработана схема динамической компоновки низа бурильной колонны, позволяющая сочетать статическую нагрузку на долото с динамическим импульсом. В качестве динамически активного участка в компоновке применяется наддолотный осциллятор-турбулизатор, разработанный на кафедре «Бурение нефтяных и газовых скважин» Альметьевского государственного нефтяного института.

В статье рассматриваются результаты теоретических исследований осциллятора-турбулизатора с применением программы Mathcad. Получено уравнение динамики клапана осциллятора-турбулизатора, позволяющее оценить влияние плотности, вязкости, расхода промывочной жидкости, а также инерционных свойств клапана на амплитуду и частоту колебаний.

Ключевые слова: динамическая компоновка низа бурильной колонны, осциллятор - турбулизатор, теоретические исследования, расход, плотность, вязкость, частота, амплитуда.

Abstract. Numerous research works and drilling experience reveal that drilling performance can be significantly improved by applying dynamic loads to a rock-cutting tool while maintaining its constant contact with the borehole bottom.

The authors have developed a dynamic bottom-hole assembly (BHA) configuration combining static bit load and dynamic impulse. An above-bit oscillator-turbulator is used as a dynamically active element of the BHA designed by Almet'yevsk State Petroleum Institute.

This paper discusses the results of theoretical studies of the oscillator-turbulator using Mathcad software. Dynamic equation of an oscillator-turbulator valve has been obtained to evaluate the effect of density, viscosity, circulation rate, and valve inertial characteristics on vibration amplitude and frequency.

Key words: dynamic BHA, oscillator-turbulator, theoretical studies, circulation rate, density, viscosity, frequency, amplitude

При строительстве наклонно-направленных и горизонтальных участков нефтяных и газовых скважин одним из путей интенсификации процесса бурения является применение динамических компоновок низа бурильных колонн [1-5]. Однако практическая реализация преимуществ, связанных с внедрением в практику бурения динамических КНБК, оказалась сопряжена со значительными трудностями, которые, в первую очередь, касаются сложности конструкций существующих устройств.

На кафедре «Бурение нефтяных и газовых скважин» Альметьевского государственного нефтяного института была разработана и запатентована компоновка низа бурильной колонны с усиленной динамической нагрузкой [6]. В КНБК, создающем динамическую нагрузку на долото,

используется скважинный осциллятор-турбулизатор [7]. Осциллятор работает следующим образом. Промывочная жидкость закачивается с поверхности насосными агрегатами и проходит по колонне бурильных труб к скважинному осциллятору. Через проходной канал струя жидкости попадает на клапанный узел. Под ее действием клапан начинает совершать колебательные движения, наклоняясь то одной, то другой стороной к внутренней стенке корпуса, в результате чего в определенные моменты времени проходной канал оказывается перекрытым. Это приводит к осцилляции низкочастотных колебаний промывочной жидкости.

Рассмотрим более подробно работу осциллятора-турбулизатора.

Предельное (крайнее) положение клапана осциллятора зависит от его формы и размеров. Клапан должен обладать устойчивостью, т.е. способностью возвращаться в исходное вертикальное положение после прекращения действия отклоняющих сил. Отклоняющими силами будут силы давления промывочной жидкости (гидродинамическая сила $F_{\text{гидр}}$).

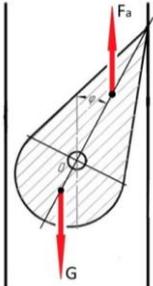
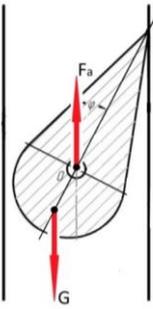
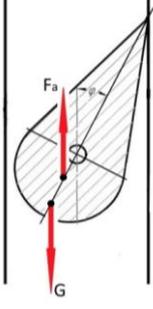
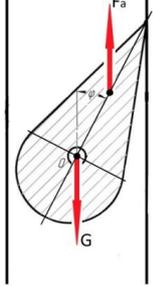
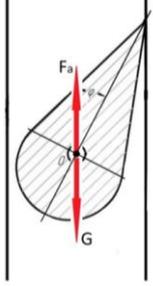
Стабилизирующими силами (возвращающими клапан в исходное вертикальное положение) будут сила тяжести G и выталкивающая сила F_a (сила Архимеда). Центр масс и центр давления выталкивающей силы (силы Архимеда) в общем случае не совпадают (пример: поплавков с грузилом для рыбацкой удочки; воздушный шар с подвешенной корзиной для груза).

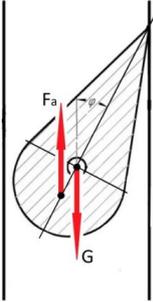
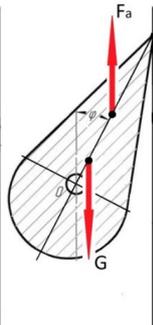
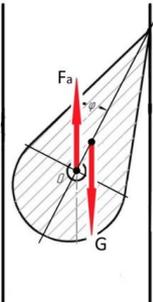
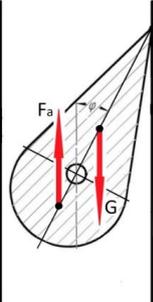
Так как по абсолютной величине $G > F_a$, необходимо, чтобы сила тяжести «работала» на открытие клапана (т.е. возвращала клапан в исходное вертикальное положение). Это возможно, если вектор силы тяжести G будет расположен левее относительно вертикальной оси (оси Y), проходящей через ось вращения (точку O) (см. табл.1).

Все возможные варианты действия стабилизирующих сил приведены в табл.1.

Таблица 1

Варианты действия стабилизирующих сил

№ п/п	Схема действия стабилизирующих сил	Примечание
1.		Конструкция работоспособна
2.		Конструкция работоспособна
3.		Конструкция работоспособна
4.		Конструкция работоспособна
5.		Конструкция неработоспособна

№ п/п	Схема действия стабилизирующих сил	Примечание
6.		Конструкция неработоспособна
7.		Конструкция неработоспособна
8.		Конструкция неработоспособна
9.		Конструкция неработоспособна

Таким образом, выталкивающая сила F_a может, как способствовать, так и препятствовать возвращению клапана в вертикальное/исходное положение.

Соответствующим профилированием клапана можно исключить/уменьшить действие выталкивающей силы F_a .

Уравнение динамики для произвольного положения клапана

Уравнение динамики для произвольного положения клапана для данного случая рассмотрим на примере схемы 1 табл. 1.

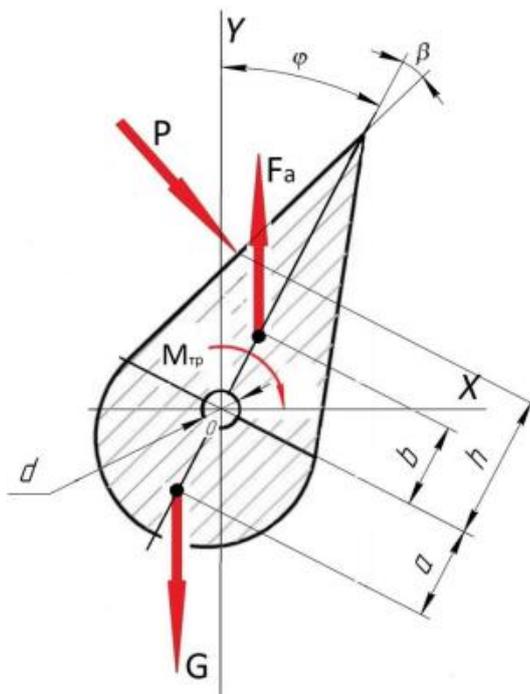


Рис.1. - Положение клапана для вывода уравнения динамики

Уравнение будет иметь вид:

$$(J + J_{\text{пр}}) \cdot \frac{d^2\varphi}{dt^2} = G \cdot a \cdot \sin \varphi - F_a \cdot b \cdot \sin \varphi - P \cdot h \cdot \cos \beta - M_{\text{тр}}, \quad (1)$$

где J – момент инерции клапана относительно точки O ;

$J_{\text{пр}}$ – присоединенный момент инерции;

$M_{\text{тр}}$ – момент трения в опоре вращения (оси).

Момент трения направлен против направления вращательного движения. Присоединенный момент инерции можно рассматривать как кажущееся увеличение момента инерции тела при неустановившемся вращательном движении тела в среде – увеличение, происходящее оттого, что приводится в движение не только тело, но также и частицы среды.

Значение присоединенного момента инерции зависит от формы тела, ориентации тела относительно направления движения и плотности среды.

Силы давления промывочной жидкости, действующие на клапан,

зависят от скорости потока, размеров и формы элементов клапана (лепестка, корпуса, проходных сечений, впускного и выпускного диффузоров), углового расположения лепестка в корпусе (степени открытия), плотности и вязкости жидкости.

В связи со сложностью структуры потока только в отдельных случаях местные сопротивления определяются теоретически, в преобладающем большинстве случаев они могут быть найдены на основе проведенных экспериментов. При этом необходимо учитывать взаимное влияние отдельных элементов конструкции (изменение сопротивления одного из элементов конструкции может изменить или перераспределить сопротивление в системе).

Динамика клапана исследовалась численными методами в программе Mathcad при следующих допущениях:

- 1) Для описания движения достаточно рассмотреть один цикл, от начала открывания клапана до его закрытия.
- 2) Расход жидкости через клапан принимается зависящим линейно от угла поворота клапана (максимальный расход Q_{max} в вертикальном положении, минимальный Q_{min} – в предельном/крайнем положении).

В результате проведенных теоретических исследований были получены следующие графики (Рис. 2 - 4).

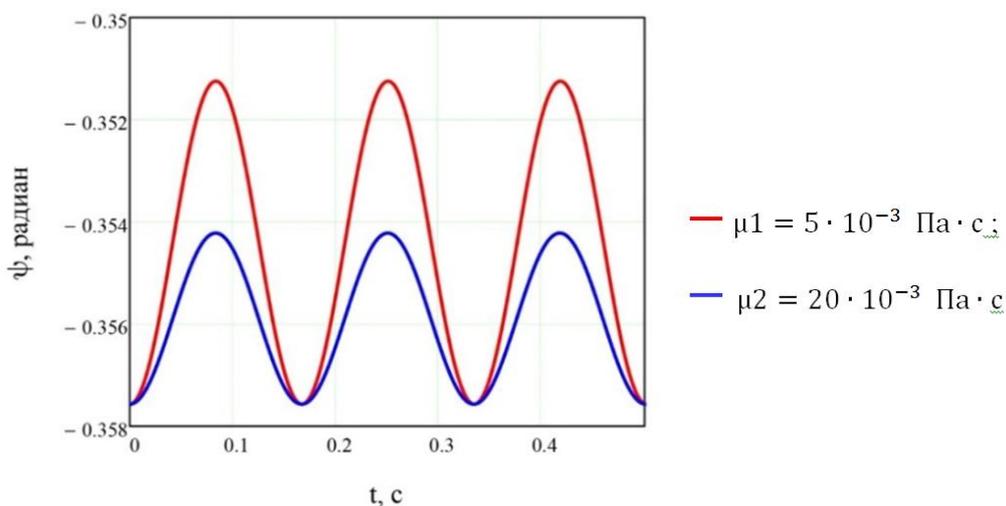


Рис.2. Влияние вязкости жидкости на амплитудно-частотные показатели

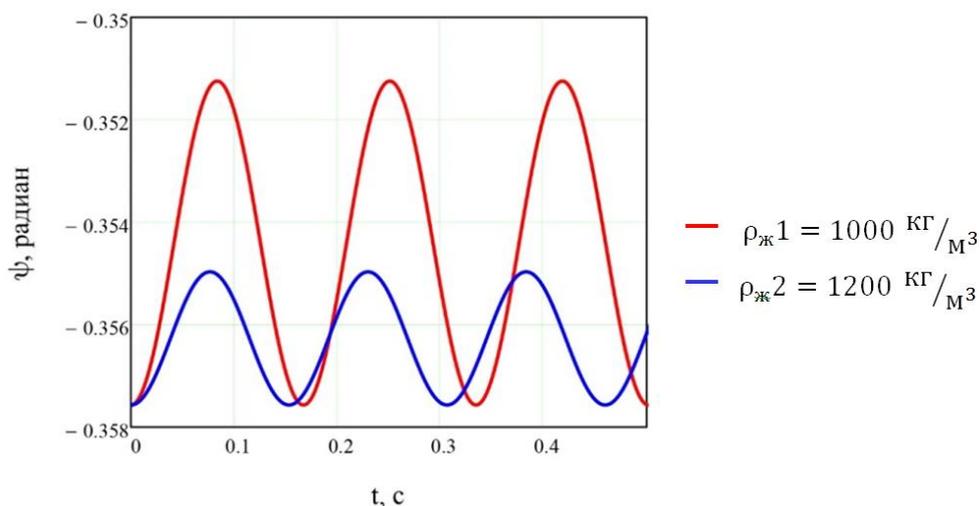


Рис. 3. Влияние плотности жидкости на амплитудно-частотные показатели

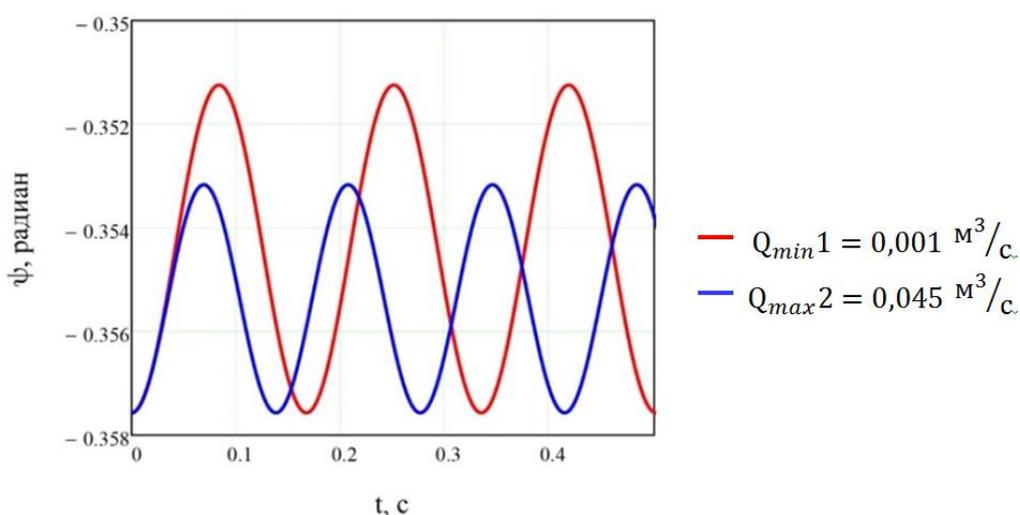


Рис. 4. Влияние расхода жидкости на амплитудно-частотные показатели

Выводы

1. Существенное влияние на частоту колебаний оказывает момент инерции клапана (т.е. его конструктивное исполнение).
2. Изменение вязкости существенно сказывается на амплитуде колебаний лепестка (с увеличением вязкости амплитуда уменьшается) и практически не сказывается на частоте колебаний (см. рис. 2).
3. С увеличением плотности жидкости амплитуда колебаний уменьшается, при этом частота колебаний увеличивается (см. рис. 3).
4. С увеличением расхода жидкости амплитуда колебаний уменьшается, при этом частота колебаний увеличивается (см. рис. 4)

Список литературы

1. Хузина Л.Б., Шайхутдинова А.Ф. Технологическое решение для повышения эффективности работ долот PDC // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. - 2016. - №4. – С.84-87.
2. Хузина Л.Б., Любимова С.В., Шайхутдинова А.Ф. Техника для снижения сил трения при бурении горизонтальных участков // Нефтепромысловое дело. - 2016.- № 9 – С. 38-42.
3. Шайхутдинова А.Ф., Хузина Л.Б. Повышение стойкости долот PDC применением осциллятора // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию высшего нефтегазового образования в Республике Татарстан «Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли». – Альметьевск: АГНИ. – 2016. Т. 1. – С. 306-309.
4. Хузина Л.Б., Шайхутдинова А.Ф., Фахрутдинов Ш.Х. Лабораторные испытания наддолотного осциллятора // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Нефтегазовый комплекс: образование, наука и производство» 14-18 апреля 2014 г. Часть I. - Альметьевск: АГНИ, 2014. –С.187-191.
5. Хузина Л.Б., Шайхутдинова А.Ф. Повышение качества строительства скважин применением эффективной компоновки низа бурильной колонны // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. - 2015. - № 2.- С. 52-56.
6. Пат. РФ №126748, E21B7/08 Компоновка низа бурильной колонны с усиленной динамической нагрузкой на долото [Текст] / Хузина Л.Б., Шайхутдинова А.Ф., Фаткуллин Р.Х., Мухутдинова А.А., Теляшева Э.А.; заявлено 29.10.2012; опубл.10.04.2013, Бюл. №10.
7. Пат. РФ №131792, E21B7/00, E21B28/00, E21B21/10 Осциллятор-турбулизатор [Текст] /Хузина Л.Б., Фахрутдинов Ш.Х., Хузин Б.А., Еромасов А.В.; заявлено 01.04.2013; опубл. 27.08.2013, Бюл. №24.

Сведения об авторах

Хузина Лилия Булатовна, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Бурение нефтяных и газовых скважин», Альметьевский государственный нефтяной институт, член-корреспондент РАЕН, эксперт фонда «Сколково» кластер высокоэффективных технологий, г. Альметьевск, Республика Татарстан, Российская Федерация

E-mail: lhyzina@yandex.ru

Шайхутдинова Алия Фаритовна, старший преподаватель кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин», Альметьевский государственный нефтяной институт, г. Альметьевск, Республика Татарстан, Российская Федерация

E-mail: alia.ingener@mail.ru

Габзалилова Альфира Хамитовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений», филиал ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» в г.Октябрьском, Республика Башкортостан, Российская Федерация

E-mail: alfiragabzalilova@mail.ru

Authors

Khuzina L.B., Dr.Sc., Professor, Head of Oil and Gas Well Drilling Department, Almeteyevsk State Petroleum Institute, Associate Member of RANS, Almeteyevsk, Republic of Tatarstan, Russia

E-mail: lhyzina@yandex.ru

Shaikhutdinova A.F., Senior Lecturer in Oil and Gas Well Drilling, Almeteyevsk State Petroleum Institute, Almeteyevsk, Republic of Tatarstan, Russia

E-mail: alia.ingener@mail.ru

Gabzalilova A.Kh., PhD, Associate Professor of Oil and Gas Well Drilling Department, Oktyabrsky Branch of Ufa State Petroleum Technical University, Republic of Bashkortostan, Russia

E-mail: alfiragabzalilova@mail.ru

Шайхутдинова Алия Фаритовна

423450, Российская Федерация, Республика Татарстан,

г. Альметьевск, ул. Ленина, 2

тел.: 8(8553) 31-00-90

E-mail: alia.ingener@mail.ru