

УДК 622.242

Р. А. Ганджумян, М. С. Фролова

Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

Вибрационная надежность подвижного вращателя буровой установки УРБ-2А2

В статье на основе классификации факторов, влияющих на вибрационную надежность вращателя, раскрываются последствия от воздействия вибраций на вращатель. Показана целесообразность ввода виброизолятора. В качестве характеристики виброзащиты предложен коэффициент виброизоляции.

Ключевые слова: долото, бурильная колонна, вибрация, надежность, виброизоляция.

Опыт эксплуатации буровых установок УРБ-2А2 показывает, что система «долото – бурильная колонна – вращатель» подвергается вибрационным воздействиям, вызывающим нежелательные эффекты. Классификация факторов, влияющих на вибрационную надежность вращателя, приведена в таблице 1.

Табл. 1 – Классификация факторов, влияющих на вибрационную надежность вращателя.

Геологические	Технические	Технологические	Организационные
Твердость, трещиноватость и перемежаемость горных пород.	Зубчатая поверхность шарошечного долота; конструкция бурильной колонны (площадь поперечного сечения, жесткость).	Вид очистного агента(воздух, вода, суспензия); осевая нагрузка на долото и частота его вращения.	Навыки буровой бригады; качество обслуживания и ремонт.

Воздействие вибраций на подвижный вращатель приводит к:

- Увеличению динамических нагрузок в элементах конструкции;
- Снижению несущей способности деталей;
- Изменению условий трения и износа контактных поверхностей деталей;
- Появлению неустойчивых процессов, усталостных трещин, постепенному ослаблению неподвижных соединений;
- Нагреву конструкции.

Когда вибрация достигает уровня, при котором происходят поломки поверхностного оборудования, единственно правильным решением является снижение частоты вращения долота и осевой нагрузки на забой, что позволяет выйти из критической зоны, однако, ведет к снижению скоростей и увеличению стоимости 1м бурения. Поэтому, возникает проблема, как восстановить оптимальное сочетание осевой нагрузки и частоты вращения, но избежать недопустимо сильной вибрации.

Устранение перечисленных воздействий или снижение их до безопасного уровня состоит во введении промежуточного элемента, который в той или иной мере изолирует систему от внешнего воздействия. Роль промежуточного элемента может выполнять виброизолятор с упругим элементом из пружины или резины.

Следует отметить, что при бурении нефтяных и газовых скважин устройства для защиты бурильной колонны от вибраций нашли широкое применение [2]. К сожалению, этому вопросу при бурении геологоразведочных, инженерно-геологических и структурно-поисковых скважин уделяется недостаточно внимания.

Рассмотрим идеализированную схему установки виброизолятора (см. рисунок 1). Здесь C – коэффициент жесткости упругого элемента; m_1 – масса долота; m_2 – масса подвижного вращателя.

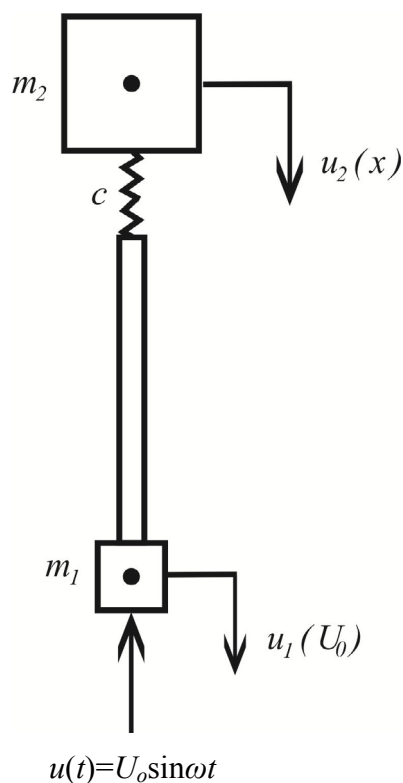


Рис. 1. Схема установки упругого элемента.

Предположим, что трехшарошечное долото с массой m_1 , соединенное с укороченной бурильной трубой (случай разбуривания на стенде блока породы), перекачиваясь по волнообразному забою скважины [3], совершает продольные перемещения, изменяющиеся по гармоническому закону.

$$u(t) = U_0 \sin \omega t, \quad (1)$$

где U_0 – максимальная амплитуда; ω – угловая частота вращения; t – время.

Скорость продольных перемещений (виброскорость)

$$v = du/dt = V_0 \cos \omega t, \quad (2)$$

где

$$V_0 = \omega U_0 \quad (3)$$

В качестве критерия степени вредного воздействия вибраций на вращатель примем [4,6] величину производной от виброскорости d^2v/dt^2

$$a = d^2u/dt^2 = A_0 \sin \omega t, \quad (4)$$

где

$$A_0 = \omega^2 U_0, \quad (5)$$

т. е. с повышением частоты вращения долота ускорение продольных перемещений, действующее на подвижный вращатель, увеличивается в квадрате.

Удлинение упругого элемента в какой-либо момент времени t

$$\Delta l = x - U_0 \sin \omega t, \quad (6)$$

где x – вертикальное перемещение массы m_2 . Единственной передаваемой вращателю силой будет сила упругости виброизолятора.

$$-c(x - U_0 \sin \omega t), \quad (7)$$

Для вывода дифференциального уравнения воспользуемся вторым законом Ньютона, согласно которому произведение материальной точки на ее ускорение равно силе, действующей в направлении ускорения

$$m_1 d^2x/dt^2 = c U_0 \sin \omega t, \quad (8)$$

решение которого

$$x=U_0 \sin \omega t / \{1-(\omega/p)^2\}, \quad (9)$$

где $p=\sqrt{c/m_2}$ – собственная частота колебаний, определяемая инерционными и массовыми свойствами системы.

При $\omega=p$ наступает резонанс.

Дифференциальные уравнения движения масс m_1 и m_2 при условии, что долото испытывает действие возмущающей силы $P=P_A \sin \omega t$ имеют вид:

$$\begin{aligned} m_1 d^2 u / dt^2 + c(u_1 - u_2) &= P_A \sin \omega t \\ m_2 d^2 u / dt^2 + c(u_2 - u_1) &= 0 \end{aligned} \quad (10)$$

Для определения движения массы m_2 решение системы уравнений (10)

$$u_2 = P_A / (m_1 + m_2) \omega^2 (\omega^2 / p^2 - 1), \quad (11)$$

где собственная частота системы определяется уравнением

$$p = c(m_1 + m_2) / m_1 m_2. \quad (12)$$

Поскольку сила, передаваемая массе, есть сила инерции

$$P_A = m_2 \omega^2 x_2 \quad (13)$$

с учетом выражения (9) получим значение передаваемой силы

$$P_u = P_A / (m_1 + m_2) (\omega^2 / p^2 - 1) \quad (14)$$

Виброизоляция будет достигнута при условии $P/\omega < 1$

В качестве характеристики виброзащиты можно воспользоваться коэффициентом виброизоляции $k(\omega)$ [1], равным модулю отношения амплитуды вибраций долота к амплитуде вращателя при гармонических колебаниях с частотой ω

$$k(\omega) = |u_1 \omega / u_2 \omega| \quad (15)$$

Если жесткость упругого элемента выбрана так, что $\omega > P\sqrt{2}$ [1], то выполняется условие $k(\omega) > 1$. На практике жесткость упругого элемента выбирается так, чтобы обеспечивалось условие $c = (30-60)$ кН/см.

Библиографический список

1. Болотин В.В. Ресурс машин и конструкций / В.В. Болотин. - М.: Машиностроение, 1990.
2. Ганджумян Р.А. Инструмент для защиты бурильных колонн от вибраций при бурении скважин на нефть и газ: учеб. пособие / Р.А. Ганджумян. - М.: РГГРУ, 2009.
3. Гаррет В.Р. Влияние скважинного амортизатора ударов на эксплуатационные характеристики долот и бурильных труб / В.Р. Гаррет // Нефтепромысловое дело. - 1963. - №4. - С. 7-16.
4. Гладких П.А. Борьба с шумом и вибрацией в машиностроении / П.А. Гладких. - М.: Машиностроение, 1966.
5. Григорьев Е.Т. Расчет и конструирование резиновых амортизаторов / Е.Т. Григорьев. - М.: Машгиз, 1960.
6. Пановко Я.Г. Основы прикладной теории колебаний и удара / Я.Г. Пановко. - 3-е изд., перераб. и доп. - Л.: «Машиностроение» (Ленинградское отделение), 1976. - 320 с.
7. Пехньо М.И. Бурение нефтяных и газовых скважин с применением наддолотных амортизаторов / М.И. Пехньо, А.И. Цыхан. - Киев: изд. АН Укр. ССР, 1971.
8. Сергеев С.И. Демпфирование механических колебаний / С.И. Сергеев. - М.: Физматгиз, 1963.

Надійшла до редакції 11.07.2013

Р. А. Ганджумян, М. С. Фролова

Російський державний геологорозвідувальний університет імені Серго Орджонікідзе (МГРІ - РГГРУ), Москва, Росія

Вібраційна надійність рухомого обертача бурової установки УРБ- 2А2

У статті на основі класифікації факторів, що впливають на вібраційну надійність обертача, розкриваються наслідки від впливу вібрацій на обертач. Показано доцільність введення віброізолятора. В якості характеристики віброзахисту запропонований коефіцієнт віброізоляції.

Ключові слова: долото, бурильна колона, вібрація, надійність, віброізоляція.

R. A. Gandzhumyan, M. S. Frolova

Russian State Geological Prospecting University n. a. Sergo Ordzhonikidze (MGRI - RGGRU), Moscow, Russia

Vibrating reliability of the mobile rotator of the chisel installation УРБ-2А2

On the basis of classification of factors that influence the rotator vibrating reliability we reveal the consequences of the influence of vibrations on the rotator. The necessity of bumper is shown. Vibration isolation is suggested as the main vibroprotection characteristic.

Keywords: chisel, cylindrical tower, vibration, reliability, constant.