

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНОЙ МОДЕЛИ БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЫ

Долганов Алексей Валериевич

магистрант Оренбургского государственного университета, РФ, г. Оренбург

Рассмотрена структурная модель буровой колонны, как последовательное соединение элементарных звеньев. Проведено исследование этой структуры по динамическим свойствам с использованием пакета математических программ MatLab.

Самые распространённые показатели динамики буровой колонны: закручивание буровой колонны, крутильные и продольные её колебания, возникновение соударений изгибных полуволн о стенки скважины, стопорение и проскальзывание бурового инструмента, изменение угловой скорости породоразрушающего инструмента в результате крутильных автоколебаний буровой колонны на забое скважины, изменения геолого-технологических параметров грунта и т.д [1].

Колонну буровых труб можно рассматривать как многомассовую систему, объединённую упругой связью (рисунок 1).

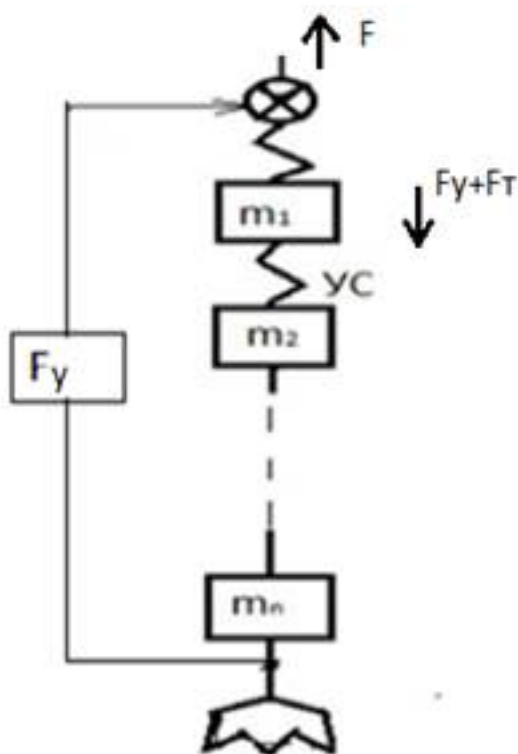


Рисунок 1. Колонна буровых труб, представленная как многомассовая система

На рисунке 1 изображены $m_1, m_2 \dots m_n$ – распределённые массы, F – сила, приложенная к бурильной колонне, UC – упругая связь, F_m – сила тяжести бурильной колонны, F_y – упругая сила, включающая диссипативную силу. Цепочная многомассовая модель содержит n сосредоточенных масс с массами $m_1, m_2 \dots m_n$ между массами имеется упругая связь с взаимными жесткостями $C_{12}, C_{23} \dots C_{n-1,n}$. Вместо неравномерно распределенного по длине колонны силы, здесь фигурирует сила упругого взаимодействия.

Движение масс описываются следующими уравнениями (1)...(5).

$$F - F_m - F_y = m_1 \cdot \frac{dV}{dt},$$

(1)

$$F_y = F_{12} + F_{\partial c},$$

(2)

$$F_{12} = C_{12} \cdot (x_1 - x_2),$$

(3)

$$F_{\partial c} = \beta \cdot V,$$

(4)

$$F_y = F_{m2} + m_2 \frac{dV}{dt},$$

(5)

где $F_{\partial c}$ – диссипативная сила, Н;

$x_1 - x_2$ – перемещение, м;

β – коэффициент вязкого трения, Н·м·с;

V – линейная скорость перемещения бурильной колонны, м/с.

Структура многомассовой модели представлена на рисунке 2. Жесткость упругой передачи характеризуется жесткостью материала. Жесткость при поступательном движении определяется по формуле (6):

$$C_n = \frac{E \cdot S}{l}, \tag{6}$$

где E – модуль упругости растяжения, $\text{Н} \cdot \text{м}^2$;

S – поперечное сечение, м^2 ;

l – длина звена, м.

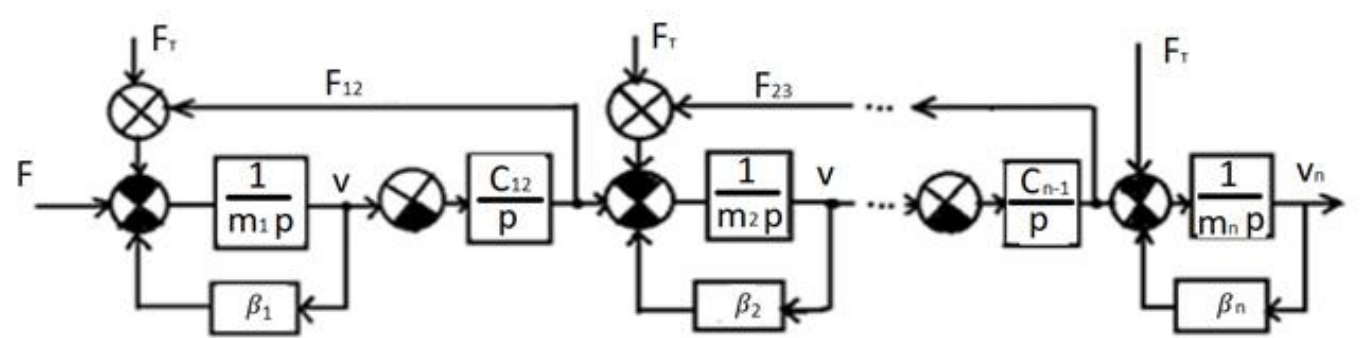


Рисунок 2. Структурная схема бурильной колонны

Произведем исследование структурной модели буровой колонны в среде MatLab Simulink с учетом конкретных значений параметров бурения и электропривода. В таблице 1 приведены параметры электропривода.

Таблица 1.

Параметры электропривода

Мощность $P_{\text{н}}$, кВт	Угловая скорость ω , рад/с	Передаточное число редуктора и полиспаста	Номинальный момент, кНм	Суммарная инерция
900	160,71	128,568	9,071	26

Значения параметров колонны приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Параметры буровой колонны

Наружный диаметр, м	Ширина стенки, м	Масса 1 м трубы, кг/м	Масса свечи в буровом инструменте, кг	Глубина
0,085	0,006	50	10000	200

Модель буровой колонны представим как, 10 равномерно распределённых масс. Длина свечи в данном случае составляет 200 м, масса свечи – 10000 кг.

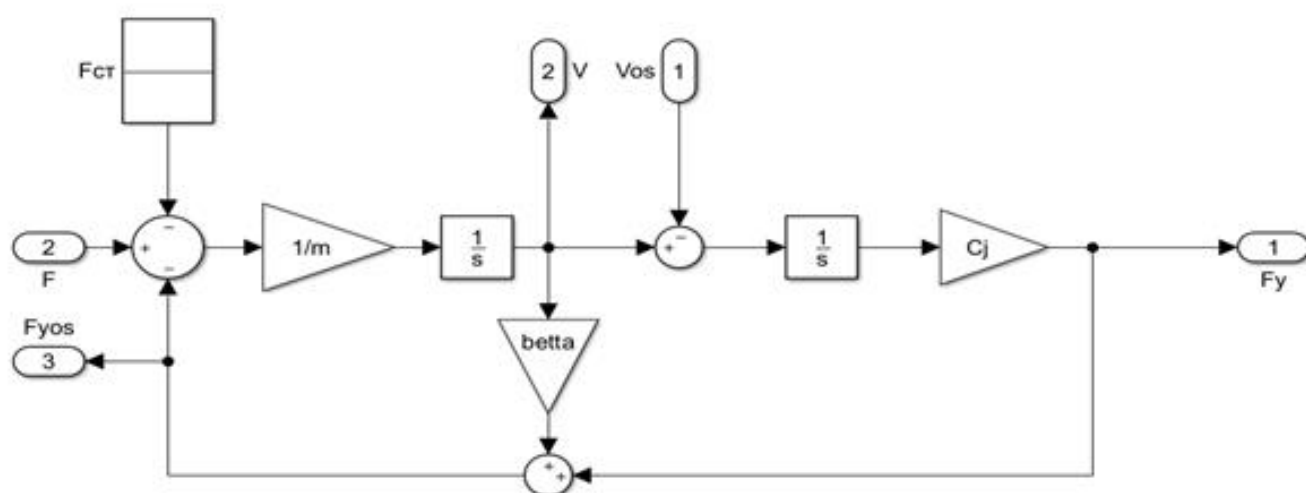


Рисунок 3. Модель первой массы буровой колонны в среде MatLab Simulink

На рисунке 1 изображены:

- 1) F – сила тяги привода буровой лебедки;
- 2) $F_{\text{сопр}}$ – сила сопротивления (сила тяжести);
- 3) V – линейная скорость перемещения первой массы;
- 4) $V_{\text{ос}}$ – отрицательная обратная связь;
- 5) m – масса участка колонны;
- 6) C_j – жесткость участка;
- 7) $Betta$ – коэффициент вязкого трения;
- 8) F_y – сила упругости, которая является заданием для следующей массы.

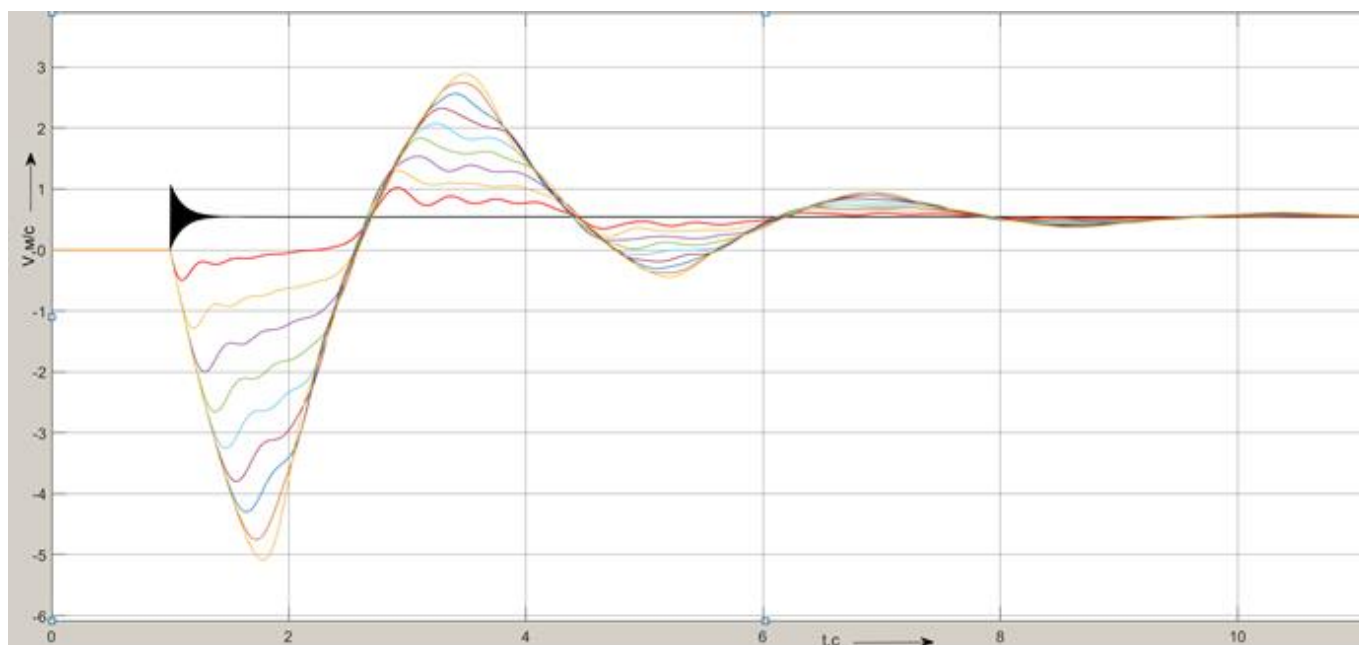


Рисунок 4. Кривые изменения скорости буровой колонны

На рисунке 4 приведены кривые изменения скорости буровой колонны при различных массах. Вид характеристики определяется от глубины скважины. В данной модели учтена отрицательная обратная связь, согласно структурной схеме (рисунок 2).

Из рисунка 4 видно, что в начальный момент подъема буровой колонны наблюдаются колебания системы. В момент времени 8 секунд колебания затухают и дальнейший подъем происходит в установившемся режиме.

На рисунке 5 представлены кривые сил, действующие на многомассовую систему буровой колонны.

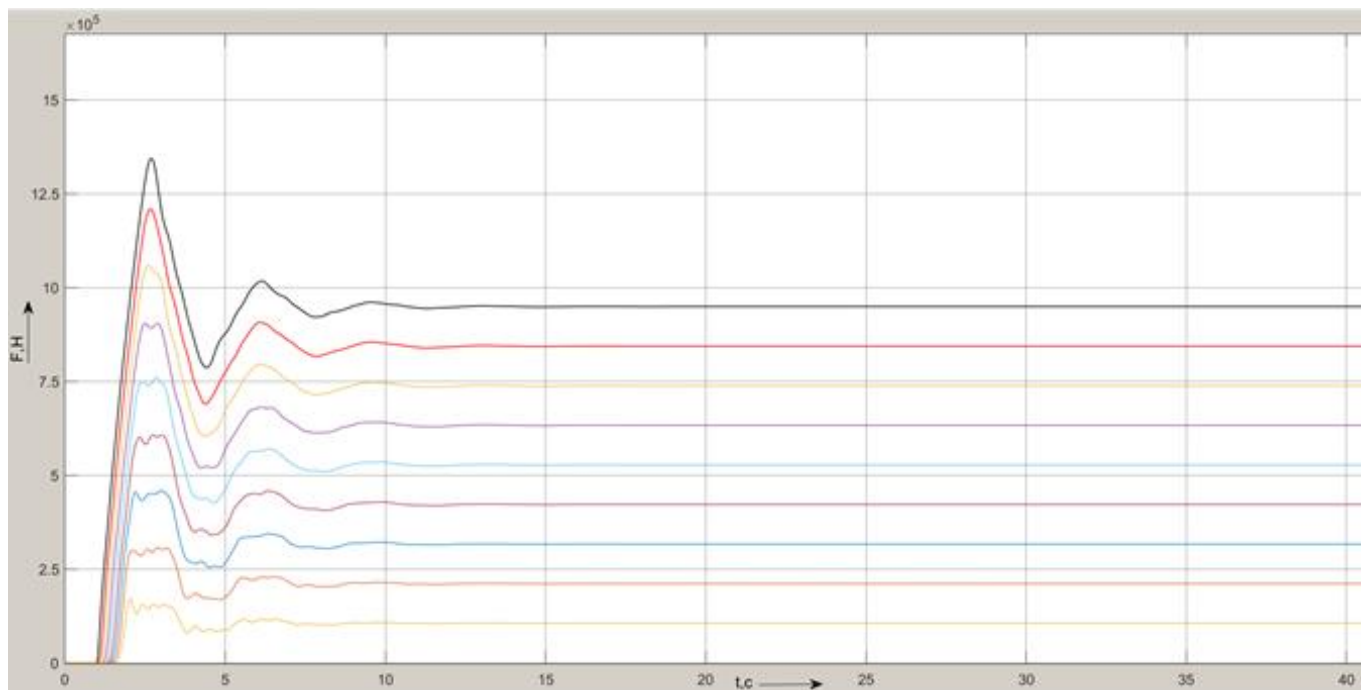


Рисунок 5. Графики сил, действующие на многомассовую систему

Из рисунка 5 видно, что наибольшее усилие, в установившийся момент, действует на первую массу ($F=950\text{кН}$).

Для уменьшения колебаний системы в момент начала движения буровой колонны необходимо плавное регулирование скорости привода буровой лебедки. Оптимальным, для данной модели, считаем внедрение систем управления «Преобразователь частоты-асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором»

Список литературы:

1. Быков И. Ю., Заикин С. Ф., Перминов Б. А. Колонна бурильных труб в процессе углубления скважины, как объект автоматического регулирования.// Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море.- М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2012.- №10. С.13-17.
2. Аксёнов М.И. Моделирование электропривода : учебн. Пособие. – М.:Инфра-М, 2019. – 135 с.