

# Нагрузки, действующие на штанги лекция 6

Режимы работы скважинной  
штанговой насосной установки  
Фактор динамичности

## **Нагрузки, действующие на штанги**

На колонну насосных штанг действуют **постоянные и переменные нагрузки**.

### **К постоянным или статическим нагрузкам относятся:**

- вес колонны штанг в жидкости  $R_{шт}'$
- гидростатическая нагрузка, обусловленная разницей давлений жидкости над и под плунжером при ходе его вверх  $R_{ж}$ .

### **К переменным относятся:**

- инерционная нагрузка  $R_{и}$ , обусловленная переменной по величине и направлению скоростью движения системы штанга — плунжер;
- вибрационная нагрузка  $R_{в}$ , вызванная колебательными процессами в колонне штанг вследствие приложения и снятия гидростатической нагрузки на плунжер;
- силы трения, возникающие в результате взаимодействия:
  - колонны штанг и насосно-компрессорных труб  $R_{трм}$ ,
  - обтекания пластовой жидкостью колонны штанг  $R_{трг}$ ,
  - взаимодействия плунжера и цилиндра насоса  $R_{трпл}$ .
  - перепада давления в клапанах насоса  $R_{кл}$ , обусловленного их гидравлическим сопротивлением.

# Нагрузки, действующие на штанги и их влияние на ход плунжера

Динамика работы ШСН очень сложна.  
Упрощённая теория её работы.

**При ходе вверх** статические нагрузки в точке подвеса штанг складываются из веса штанг  $P_{шт}$  и веса столба жидкости  $P_{ж}$ .

**В н.м.т.** в результате изменения направления движения, когда возникает максимальное ускорение, к ним добавляется сила инерции  $P_i$ , направленная вниз; кроме того, действует сила трения  $P_{тр}$ , также направленная вниз.

**Максимальная нагрузка**, возникающая в точке подвеса штанг при начале хода вверх, будет равна

$$P_{max} = P_{шт} + P_{ж} + P_i + P_{тр} \quad (5.1)$$

При ходе вниз нагнетательный клапан открывается и гидростатические давления над и под плунжером выравниваются.

Поэтому нагрузка от столба жидкости со штанг снимается и передается на трубы, так как имеющийся в цилиндре всасывающий клапан при ходе вниз закрыт. Силы инерции, возникающие в в. м. т., направлены вверх. Силы трения также направлены вверх, т. е. в сторону, противоположную направлению движения.

Поэтому нагрузка в начале хода вниз будет минимальной

$$\bullet P_{\min} = P_{\text{ш}} - P_i - P_{\text{тр}} \quad (5.2)$$

Силы  $P_i + P_{\text{тр}}$  составляют малую долю от  $P_{\text{ш}} + P_{\text{ж}}$ .

*Для стандартных условий работы* они не превышают 5—10%—  
Поэтому их влияние на ход плунжера невелико.

При динамическом режиме, кроме рассмотренных, существенными являются инерционные и вибрационные силы.

нагрузка от веса жидкости определяется как произведение площади сечения на разность давлений, действующих снизу  $P_{пр}$  и сверху  $P_n$  на поверхность плунжера:

$$\bullet \quad P_{ж} = f_{п}(P_n - P_{пр}), \quad (5.3)$$

где  $P_n$  - давление, действующее на плунжер сверху;

$P_{пр}$  - давление, действующее на плунжер снизу;

$f_{п}$  - площадь сечения плунжера.

# Режимы работы скважинной штанговой насосной установки

- Различают статический и динамический режим работы ШСНУ.
- Для статических режимов работы установки ***динамические составляющие в общей нагрузке, действующей на колонну штанг, являются небольшими и не оказывают значительного влияния на работу всей системы.***
- Режимы работы установки, при которых ***динамические составляющие существенны, называются динамическими.***
- Если же динамические составляющие существенны по величине, они приводят к значительным отличиям в работе СШНУ.

# Параметр Коши

- Критерием оценки режима работы установки является параметр динамического подобия, называемый параметром Коши —  $\varphi$  ( $\mu$ ).

$$\varphi = \frac{\omega H}{\alpha}$$

(5.10)

- где
- $\omega$ -угловая скорость вращения кривошипа, 1/с.
- $H$ -длина колонны штанг, м;
- $\alpha$ -скорость звука в колонне штанг.
- скорость звука зависит от конструкции штанговой колонны и может быть принята:
- для одноразмерной колонны  $a = 4600$  м/с; для двухразмерной колонны  $a = 4900$  м/с; а для трехразмерной — 5300 м/с.

- Параметр Коши можно использовать для разделения режимов работы установки на статические и динамические. Очевидно, что для такого разделения необходимо принять определенную (граничную) числовую величину параметра Коши.

- Выражая угловую скорость вращения кривошипа  $\omega$  через число качаний

- $$\omega = \frac{\pi n}{30} \quad (5.11)$$

- где  $n$  — число качаний, 1/мин.

Параметр Коши запишем в виде:

- $$\varphi = \frac{\pi n H}{30 \alpha} \quad (5.12)$$

- Для наиболее распространённых условий работы штанговых установок граничная величина параметра Коши может быть принята равной

$$\varphi_{гр} = 0,4 \quad (5.13)$$