

2. Патент на ПМ 79924 РФ. МПК7 E21B 6/02, B25D 16/00. Гидроимпульсная сваебойная машина / Пашков Е.Н., Зиякаев Г.Р., Юровский П.Г., Пономарев А.В. Опубл. 10.10.2013 г.

**РАСЧЕТ НАПРЯЖЕНИЙ В РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЯХ ШТАНГ ПРИ ВРАЩАТЕЛЬНО-УДАРНОМ БУРЕНИИ ПОДЗЕМНЫХ СКВАЖИН МАЛОГО ДИАМЕТРА**

**С.Н. Леонович, А.Л. Саруев**

Научный руководитель профессор В.Г. Лукьянов

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

При вращательно-ударном нагружении резьбовых соединений штанг возникают нормальные и касательные напряжения, а также напряжения изгиба.

Максимальные нормальные напряжения в буровой штанге при продольном ударе можно определить по методике, изложенной в работе Ф. Арндта [1].

В случае, если предупредительная скорость бойка неизвестна, например, при проектировании новых ударных узлов, то формулу Ф. Арндта (для бойка двухступенчатой цилиндрической формы) можно привести к виду

$$\sigma_{\max} = \sqrt{\frac{2K_1 P_0 A_y S_k}{m_8} * \frac{E_{ум}}{2a_{ум}} [1 + g_1 + (1 - g_1^2)g_2]}, \quad (1)$$

где  $P_0$  - давление сжатого воздуха в сети;

$A_y$  - сечение полости ствола ударного узла;

$S_k$  - ход бойка, представляющий разность между длиной полости цилиндра (за вычетом длины хвостовика инструмента) и длиной ударника;

$m_8$  - масса бойка;

$K_1$  - коэффициент потерь энергии, учитывающий степень наполнения цилиндра сжатым воздухом, механические и др. потери при оптимальных режимах работы пневматического ударного узла, который для приближенных расчетов можно принимать равным 0,5... 0,55;

$E_{ум}$  - модуль упругости;

$a_{ум}$  - скорость звука в материале штанги;

$$g_1 = \frac{A_{1\delta} - A_{ум}}{A_{1\delta} + A_{ум}}, \quad (2)$$

$A_{1\delta}$  - сечение первой ступени бойка;

$A_{ум}$  - сечение штанги;

$$g_2 = \frac{A_{2\delta} - A_{1\delta}}{A_{2\delta} + A_{1\delta}}, \quad (3)$$

$A_{2\delta}$  - сечение второй ступени бойка.

Для упрощения расчетов параметров новых пневматических ударных узлов и максимальных напряжений сжатия в буровых штангах при продольном ударе по формуле (1) построены номограммы.

Максимальные нормальные напряжения, возникающие в нарезанной части штанги, в муфте (ниппеле) при вращательно-ударном бурении, можно определить по формулам:

а) в нарезанной части штанги (для бойка двухступенчатой цилиндрической формы)

$$\sigma_{p,ум} = \sigma_{ст} + \sigma'_{ст} + \sigma''_{ст} + \sigma_{дин} = \frac{P}{A_{p,ум}} + \frac{P_{oc} x}{A_{p,ум}} + \frac{xV_{\delta} E_{ум} K}{2a_{ум}} (1 + g_1) + \frac{xV_{\delta} E_{ум} K}{2a_{ум}} [1 + g_1 + (1 - g_1^2)g_2], \quad (4)$$

где  $\sigma_{ст}$  - максимальные статические напряжения, возникающие в резьбовой части штанги от действия крутящего момента;

$\sigma_{cm}^0$  - максимальные статические напряжения, возникающие в резьбовой части штанги от действия осевого усилия подачи;

$\sigma_{cm}^1$  - максимальные статические напряжения, возникающие в резьбовой части штанги при довинчивании штанг в результате нанесения ударов и действия крутящего момента;

$\sigma_{dum}$  - максимальные динамические напряжения, возникающие в нарезанной части штанги при продольном ударе бойка;

$P$  - осевое усилие, возникающее в резьбовом соединении от действия крутящего момента, определяемого по формуле

$$P = \frac{T}{\frac{1}{3} a_1 \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} + \frac{d_{cp}}{2} \operatorname{tg}(\Psi + \rho)}; \quad (5)$$

где

$T$  - внешний крутящий момент;

$a_1$  - коэффициент трения на опорном торце штанг (принимаем

$a_1 = 0,2$ );

$D$  - наружный диаметр опорного торца штанги;

$d$  - внутренний диаметр опорного торца штанги;

$d_{cp}$  - средний диаметр резьбы;

$\Psi$  - угол подъема винтовой линии;

$\rho = \operatorname{arctg} \mu$  - приведенный угол трения;

$\mu$  - приведенный коэффициент трения в резьбе (для резьбы круглого профиля  $\mu = 0,59 \dots 0,62$ );

$A_{p.um}$  - сечение в месте резьбы штанги;

$P_{oc}$  - осевое усилие подачи;

$$x = \frac{C_{um}}{C_{um} + C_n} - \text{коэффициент основной нагрузки штанги};$$

$C_{um}, C_n$  - соответственно, коэффициенты жесткости штанги и ниппеля (муфты);

$x_1 = 1-x$  - коэффициент основной нагрузки ниппеля (муфты);

$K$  - коэффициент, учитывающий отношение максимальной силы, определенной опытным путем, к максимальной силе, полученной при расчете. По нашим опытам  $K = 0,68 \dots 0,73$ .

Причем, равенство (4) справедливо при

$$\frac{P_{oc} x_1}{A_{M(n)}} + \frac{x_1 V_{\delta} E_{um} K}{2 a_{um}} (1 - g_1^2) g_2 < \frac{P}{A_{M(n)}}, \quad (6)$$

а в случае, если

$$\frac{P_{oc} x_1}{A_{M(n)}} + \frac{x_1 V_{\delta} E_{um} K}{2 a_{um}} (1 - g_1^2) g_2 > \frac{P}{A_{M(n)}},$$

максимальные нормальные напряжения в нарезанной части штанги необходимо рассчитывать по формуле

$$\sigma_{p.um} = \frac{P_{oc}}{A_{p.um}} + \frac{V_{\delta} E_{um} K}{2 a_{um}} [1 + g_1 + (1 - g_1^2) g_2]. \quad (7)$$

б) в муфте или ниппеле (для бойков двухступенчатой цилиндрической формы)

$$\sigma_{M(n)} = (\sigma_{cm}^0 + \sigma_{cm}^{01}) * \gamma = \left[ \frac{P}{A_{M(n)}} + \frac{x_1 V_{\delta} E_{um} A_{um} K}{2 a_{um} A_{M(n)}} (1 + g_1) \right] \gamma, \quad (8)$$

где  $\sigma_{cm}^0$  - максимальные статические напряжения, возникающие в муфте (ниппеле) от действия крутящего момента;

$\sigma_{cm}^{01}$  - максимальные статические напряжения, возникающие в муфте при довинчивании штанг в результате нанесения ударов и действия крутящего момента;

$A_{M(n)}$  - сечение муфты (ниппеля);

$\gamma$  - опытный коэффициент, учитывающий отношение максимальной растягивающей силы, возникающей в ниппеле (муфте) при продольном ударе, к максимальной статической растягивающей силе, возникающей в ниппеле (муфте) при довинчивании буровых штанг в процессе нанесения ударов и действия крутящего момента, полученной расчетным путем.

По нашим опытам коэффициент  $\gamma$  для ниппельного соединения с круглым профилем резьбы равен 0,85, для муфтового соединения с круглым профилем резьбы равен 0,8.

Литература

1. Arndt F. K. Der Schlagablauf in Kolben und Stange beim Schlagenden Bohren // Gluckauf – 1960. – Heft №24. – S.1516 – 1524.
2. Алимов О. Д. Исследование машин для бурения шпуров в породах средней и высокой крепости: Автореф. дис. докт. техн. наук. – Томск, 1959. – 32 с.
3. Бегаен И.А., Дядюра А.Г., Бажал А.И. Бурильные машины. – М.: Недра, 1972. – 368 с.
4. Гавра Д.Л. Основы номографии с примерами из машиностроения. – М. – Л.: Машгиз, 1962. – 163 с.
5. Горбунов В.Ф. Исследование рабочих процессов и вибрации пневматических молотков: Автореф. дис. на соиск. учен. степени д-ра техн. наук – Томск, 1964. – 32 с.
6. Динамические процессы и напряжения в элементах резьбовых соединений буровых штанг при вращательно-ударном нагружении: – монография / А.Л. Саруев, Л.А. Саруев; Томский политехнический университет. – 2-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 101 с.
7. Плетнев Л.Д., Алексеев В.Ф., Микитась А.П., Глущенко В.С. Новые шахтные бурильные установки / Горный журнал, №10, 1999. – С. 45 – 46.

**ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ПОРОД И ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫХ  
ОСОБЕННОСТЕЙ МАССИВА НА ПОКАЗАТЕЛИ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ  
С ПРЯМЫМИ ВРУБАМИ**

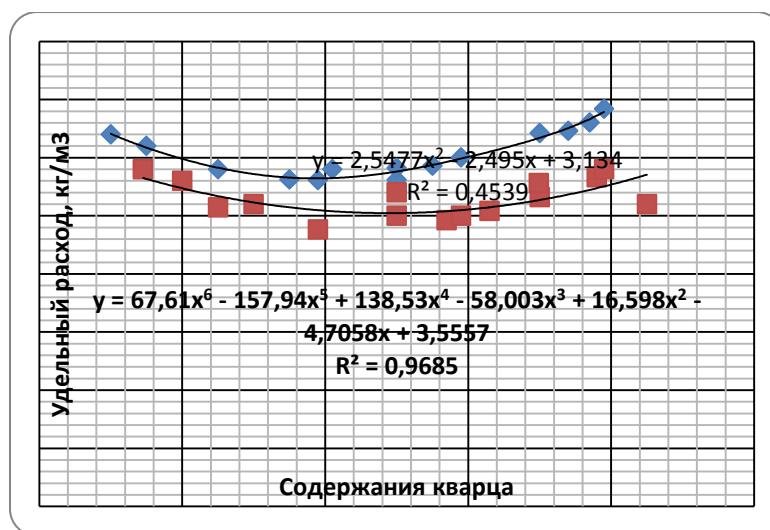
**А.Н. Масловский**

Научный руководитель профессор В.Г. Лукьянов

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Анализ физических свойств горных пород месторождений руд цветных и редких металлов [1] показывают существенный разброс данных по прочности и упругим характеристикам одних и тех же пород. Исследователи физико-механических свойств пород [2, 3] объясняют это петрографической неоднородностью. Прочностные характеристики пород, согласно исследованием академика В.В. Ржевского и Г.Я. Новика [4] существенно зависят от минерального состава пород и размера зерен. С увеличением зернистости пород прочность снижается, и уменьшается площади контактов между зернами.

Между свойствами пород и размерами минеральных зерен установлена тесная связь.



**Рис. 1. Зависимость удельного расхода ВВ от содержания и размера зерен кварца в породе**  
Корреляционное отношение  $0,7 \div 0,8$ , надежность корреляционного отношения  $7,3 \div 8,6$

С целью установления корреляционной связи между удельным расходом ВВ и содержанием кварца в породе была проведена работа. Составными частями пород месторождения является по петрографического описания кварц, полевои шпат, карбонаты, глинистое вещество. Работа была проведена с одним типа вруба призматическим, глубина шпуров изменялась в небольших пределах 1,8-2,0 м. После каждого взрыва определялся удельный расход ВВ и коэффициент использования шпура, а также отбирались образцы породы для последующего петрографического описания. В результате анализа полученных результатов установлено, что между удельным расходом ВВ и содержанием кварца существует тесная связь, описываемая уравнением параболы (рис. 1.).