



Ганкевич В. Ф.

Пащенко О. А.

Киба В. Я.

*Державний вищий  
навчальний заклад  
“Національний гірничий  
університет”*

Gankevich V. F.

Paschenko A. A.

Kiba V. Ya.

*State Higher Educational  
Institution “National  
Mining University”*

УДК 622.24

## ВПЛИВ ВІБРАЦІЙ НА БУРОВИЙ ІНСТРУМЕНТ

У статті проаналізовано вплив вібрацій на буровий інструмент та засоби його захисту. Наведено рекомендації з вибору амортизаторів для різних типів свердловин, яких необхідно дотримуватися для запобігання вібраціям. Також наведено методику розрахунку амортизаторів і введена необхідність застосування стохастичного підходу до розрахунку віброгасника, при якому вібраційні впливи будуть носити випадковий характер.

**Ключові слова:** вібрація, буріння, амортизатори, колювання, віброгасники, руйнування, віброзахист.

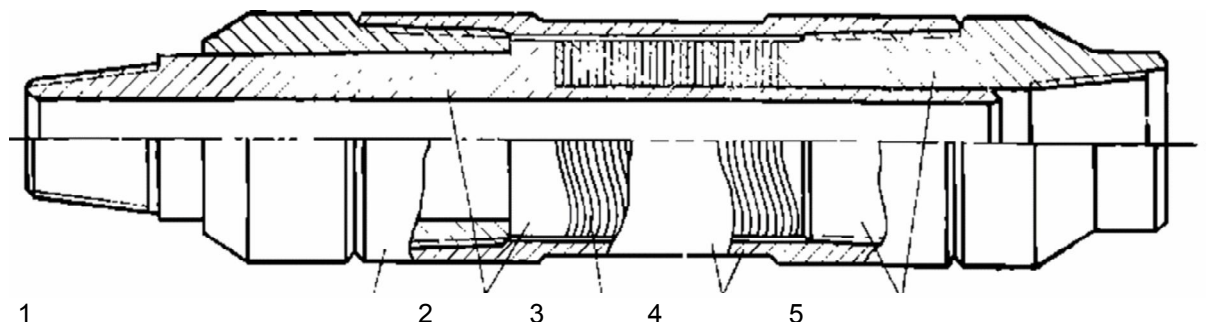
**Вступ.** Негативні наслідки вібрації бурового інструменту в свердловині в загальних рисах зводяться до передчасного зносу озброєння долота і опор його шарошок, а при бурінні алмазними долотами – до відколів алмазних зерен. При вібраціях швидше спрацьовуються деталі турбобура, спостерігаються поломки бурильних труб, погіршуються умови утворення керна гірських порід.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Віброзахист бурильної колони будується на звичайних прийнятих в техніці принципах. Насамперед застосовують амортизатори, які конструюються таким чином, щоб частота зовнішніх вимушених коливань не збігалася з частотою власних коливань системи. У цьому випадку вдається уникнути резонансу – найбільш небезпечного режиму вібрації, другий шлях передбачає гасіння коливань за рахунок їх розсіювання в

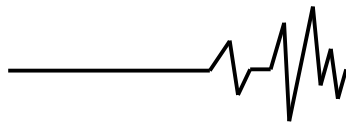
спеціальних матеріалах, що володіють великим коефіцієнтом внутрішнього тертя.

Для свердловинних умов буріння до теперішнього часу створено безліч конструкцій віброгасників як у нас, так і за кордоном. Будь-який з них має два елементи, які можуть переміщатися відносно один одного – найчастіше телескопічно – і розділені пружною віброгасниковою вставкою з тарілчастих, гвинтових, кільцевих або іншого типу пружин.

Для прикладу на рис. 1 показано пластинчастий амортизатор, пружний елемент якого складається з набору металевих гофрованих кілець, весь простір між якими заповнено дуже в'язкою рідиною. При стисненні в тонкому шарі рідини виникають величезні гідродинамічні опори, що перешкоджають розтіканню рідини. Рідина працює як пружна подушка. Оскільки таких шарів багато, загальне переміщення амортизуючого елемента досить велике.



**Рис. 1. Пластинчастий амортизатор, заповнений високов'язкої рідиною:**  
1 – верхня та нижня муфти, 2 – шток, 3 – рифлені пластини, 4 – корпус,  
5 – нижня муфта



Виділяють два основних напрямки в створенні наддолотних амортизаторів (демпферів): амортизатори, що мають пружні елементи з високими демпфуючими показниками; відбивачі пружних хвиль у вигляді складних конструкцій, що знижують амплітуду вібрацій.

Спільним для цих амортизаторів є здатність знижувати амплітуду осьових і торсійних віброколивань. Вибір типу амортизаторів базується на конкретних умовах буріння: діаметр і глибина свердловини і бурового снаряда.

**Основна частина роботи.** ТОВ «Дніпропетровський завод бурового обладнання» розробило ряд свердловинних амортизаторів для різноманітних умов буріння. Для умов буріння неглибоких вибухових свердловин розроблено нормальний ряд

амортизаторів, призначених для зниження осьових вібрацій, що виникають при шарошечному бурінні в гірських породах високої твердості. При цьому виді буріння осьове навантаження на бурове долото становить 200 ... 300 кН, а амплітуда деформації пружини становить десятки мм, що призводить до критичних навантажень на шарошечне долото, які перевищують допустимі, і кулькова опора долота інтенсивно зношується.

Амортизатор для вибухових свердловин [2] технічна характеристика якого наведена у табл. 1 та комбінований амортизатор [3] технічна характеристика наведена у табл. 2. Також розроблено амортизатор канатного типу [4] призначений для геологорозвідувального буріння алмазними і твердосплавними коронками.

Таблиця 1

Технічна характеристика свердловинних амортизаторів [2]

Тип бурового верстата	СБШ-200	СБШ-250
Тип амортизатора	АС-180-250	АС-200-320
Діаметр буріння, мм	200... 250	250...320
Діаметр корпусу, мм	180	200
Навантаження на долото, кН	250	320
Максимальний крутний момент, кНм	5,5	6,5
Максимальна деформація пружини, мм	20	25
Довжина, мм	1200	1280
Маса, кг, не більше	250	300

Таблиця 2

Технічна характеристика комбінованого амортизатора [3]

Тип амортизатора	АМК-160	АМК-219	АМК-273
Діаметр буріння, мм	170...215	245...270	295...320
Осьова навантаження, кн.	250	320	400
Крутний момент, кН м	3,0	3,5	4,0
Деформація пружини, мм	30	30	40
Кут закручування пружини, град	15	15	15
Довжина, мм	1200	150	1800
Маса, кг, не більше	180	210	270

Застосування свердловинних амортизаторів при роторному і турбінному бурінні свердловин в твердих гірських породах шарошечними, алмазними та іншими буровими долотами призводить до зниження амплітуди осьових і радіальних вібрацій у 2 ... 5 разів і до стабілізації навантажень на бурове долото.

Вибір конструктивних розмірів амортизаторів проводиться шляхом розрахунків параметрів пружини, які відповідають осьовим і крутильним вібраціям і забезпечують передачу осьового навантаження і крутного моменту до бурового долота.

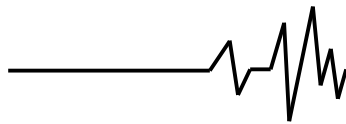
Для осьових вібрацій задають максимальне навантаження на пружину і її лінійну жорсткість у вертикальному напрямку.

Для крутильних (торсійних) вібрацій – відповідно максимальний крутний момент і кутову жорсткість.

Розглянемо найбільш складні умови – одночасна дія осьових і радіальних вібрацій, тобто комбіновані амортизатори.

Для осьового навантаження – це є приватним видом навантаження.

Комбінований амортизатор [2, 3] складається з двох основних ділянок: ділянки з поперечними і ділянки з поздовжніми



прорізами. Осьова жорсткість ділянки з поперечними прорізами обумовлена деформаціями згину її півкілець. Цю величину можна визначити, як жорсткість ресори з прямокутними прорізами за формулою

$$C_{\text{ос.попер.}} = \frac{32 b h^3 E}{(i-1) l^3}, \text{ Н/м}, \quad (1)$$

де  $b$  – поперечна товщина циліндричної пружини, м;  $h$  – висота кільця пружини, м;  $E$  – поздовжній модуль міцності металу, Па;  $i$  – кількість поперечних прорізів по висоті;  $l$  – активна довжина середньої лінії півкіля, м, яка визначається за формулою

$$l = 0,5 pD - l_1 \text{ м}, \quad (2)$$

де  $l_1$  – довжина ділянки з'єднання між верхнім і нижнім кільцями, м;  $D$  – середній діаметр амортизатора, м.

Крутильна жорсткість прорізний пружини з поперечними прорізами обумовлена деформаціями крутіння тонкостінних ділянок між сусідніми по висоті кільцями і визначається за формулою

$$C_{\text{угл.попер.}} = \frac{W_k D G}{2 i h}, \text{ Н/м}, \quad (3)$$

де  $G$  – модуль зсуву матеріалу пружини,  $W_k$  – момент опору щодо кручення, який визначається за формулою

$$W_k = \frac{2 l_i h^2}{3}, \text{ м}^3. \quad (4)$$

$$C_{\text{ос.}} = \frac{C_{\text{ос.попер.}} C_{\text{ос.прод.}} C_{\text{ос.кол.}}}{C_{\text{ос.попер.}} C_{\text{ос.прод.}} + C_{\text{ос.попер.}} C_{\text{ос.прод.}} C_{\text{ос.кол.}}}; \quad (8)$$

$$C_{\text{угл.}} = \frac{C_{\text{угл.попер.}} C_{\text{угл.прод.}} C_{\text{угл.кол.}}}{C_{\text{угл.попер.}} C_{\text{угл.прод.}} + C_{\text{угл.попер.}} C_{\text{угл.прод.}} C_{\text{угл.кол.}}}; \quad (9)$$

Ці величини визначають безпосередній зв'язок між навантаженнями і деформаціями амортизатора, а саме

$$C_{\text{ос.}} = \frac{P}{\Delta}; \quad C_{\text{угл.}} = \frac{M_k}{\varphi}, \quad (10)$$

де  $P$  та  $M_k$  – відповідно максимальні осьове навантаження і крутний момент, що діють на амортизатор;  $\Delta$  та  $\varphi$  – відповідно максимальні осьова деформація і кут закручування амортизатора.

**Висновки.** Використання амортизаторів дозволяє підвищити техніко-економічні показники буріння в 1,2...1,4 рази. Для буріння вибухових свердловин рекомендується амортизатор у вигляді трубчастої пружини з поперечними прорізами для зниження амплітуди осьових вібрацій. Для буріння

осьова жорсткість циліндричної прорізної пружини обумовлена деформаціями стиснення тонкостінних проміжків металу між прорізами і визначається за формулою

$$C_{\text{ос.прод.}} = \frac{j l_2 b E}{3} \text{ Н/м}, \quad (5)$$

де  $j$  – кількість поздовжніх прорізів по колу;  $l_2$  – середня відстань між прорізами, м.

Осьова жорсткість циліндричної прорізної пружини з поздовжніми прорізами після перетворення розрахункових формул визначається за формулою

$$C_{\text{угл.прод.}} = \frac{l_2 b^2 D G}{6 h}, \text{ Н/м}. \quad (6)$$

Будь який амортизатор крім прорізних частин містить ділянки у вигляді безперервних кілець, сумарну висоту яких між точками кріплення амортизаторів позначимо через  $H$ .

Тоді вирази для осьової і крутильної жорсткостей цих ділянок мають вид

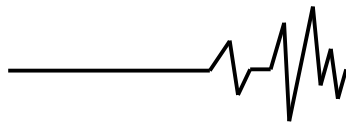
$$C_{\text{ос.кол.}} = \frac{\pi b D E}{H}, \quad C_{\text{угл.кол.}} = \frac{\pi b D^3 G}{2 H}. \quad (7)$$

Сумарні осьова і крутильна жорсткості комбінованого амортизатора будуть визначатися за формулами, визначальним послідовне з'єднання пружних елементів, відповідно

глибоких свердловин на нафту і газ рекомендується комбінований амортизатор у вигляді трубчастої пружини з поперечними і поздовжніми прорізами. Для геологорозвідувального буріння може використовуватися амортизатор, в якому в якості пружного елемента використовується сталевий канат. Також при конструюванні віброгасників необхідно застосовувати стохастичний підхід до розрахунку віброгасника, при якому вібраційні впливи будуть носити випадковий характер.

#### Список використаних джерел

1. Островский И.Р., Сирик В.Ф., Ганкевич В.Ф. и др. Наддолотные амортизаторы // В кн.: Вісник Національного



технічного університету «Харківський технічний університет». Збірник наукових праць. Тематичний випуск «Хімія, хімічна технологія та екологія». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2010. – №65. С.11–21.

2. Пат. №18404 України. Свердловиний амортизатор / Островський І.Р., Лісниченко В.А., Сірик В.Ф. та ін.; опубл. 2006, Бюл. №11.

3. Пат. №18799 України. Свердловиний амортизатор / Островський І.Р., Лісниченко В.А., Сірик В.Ф. та ін.; опубл. 2006, Бюл. №11.

4. Пат. №7279 України. Антивібраційна компоновка низу бурової колони / Малярчук Б.М., Огородніков П.І. та ін.; опубл. 2005, Бюл. №6.

#### **Список джерел в транслітерації**

1. Ostrovskiy I.R., Sirik V.F., Gankevich V.F. i dr. Naddolotnyie amortizatoryi // V kn.: VIsnik Natsionalnogo tehnlchnogo unlvrsitetu «Harkovskiy tehnlchniy unlvrsitet». Zblrnik naukovih prats. Tematichnii vipusk «Hlmlya, hlmchna tehnologlya ta ekologlya». – Harklv: NTU «HPI». – 2010. – №65. С.11–21.

2. Pat. №18404 UkraYini. Sverdloviniiy amortizator / Ostrovskiy I.R., Llsnichenko V.A., Slrik V.F. ta In.; opubl. 2006, Byul. №11.

3. Pat. №18799 UkraYini. Sverdloviniiy amortizator / Ostrovskiy I.R., Llsnichenko V.A., Slrik V.F. ta In.; opubl. 2006, Byul. №11.

4. Pat. №7279 UkraYini. Antivlbratslyna komponovka nizu burovoYi koloni / Malyarchuk B.M., Ogorodnlkov P.I. ta In.; opubl. 2005, Byul. №6.

#### **ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИЙ НА БУРОВОЙ ИНСТРУМЕНТ**

**Аннотация.** В статье проанализировано влияние вибраций на буровой инструмент и средства его защиты. Приведены рекомендации по выбору амортизаторов для различных типов скважин, которых необходимо придерживаться для предотвращения вибраций. Также приведена методика расчета амортизаторов и выведена необходимость применения стохастического подхода к расчету виброгасителя, при котором вибрационные воздействия будут носить случайный характер.

**Ключевые слова:** вибрация, бурение, амортизаторы, колебания, виброгасители, разрушения, виброзащита.

#### **INFLUENCE OF VIBRATIONS ON THE DRILLING TOOLS**

**Annotation.** In the article the impact of vibration on drilling tools and ways of protection are analyzed. The recommendations for the selection of shock absorbers for various types of boreholes that must be followed to prevent vibrations, you must have the teeth of cones is not symmetrical, as in the production structures and randomly. Also, the technique of calculating the dampers must be withdrawn and the application of the stochastic approach to the calculation of the vibration damper, in which the vibration impacts would be random.

**Key words:** vibration, drilling, shock, vibration, vibrohasnyky, destruction, vibration protection.