

И.Р. ОСТРОВСКИЙ, ген. директор;

В.Ф. СИРИК, канд. техн. наук, зам. ген. директора,

ООО «Днепропетровский завод бурового оборудования»;

В.Ф. ГАНКЕВИЧ, канд. техн. наук, доц.;

А.А. ТИТОВ, канд. техн. наук, доц.; **Д.И. ДРАБАН**, студент,

Национальный горный университет, г. Днепропетровск

НАДДОЛОТНЫЕ АМОРТИЗАТОРЫ

Наддолотні амортизатори (демпфери) використовують для зменшення амплітуди вібрацій бурового снаряду. Використання амортизаторів збільшує ресурс бурового долота на 20...30 % при збільшенні продуктивності буріння свердловини.

The hole shock absorbers (dempfers) are using to reduce of vertical and torsion vibrations altitude. The using shock absorber enhance drill bit life uh to 20...30 % together with increasing of productivity.

Введение. Добыча твердых полезных ископаемых типа железных руд, и строительных материалов типа гранит, известняк и др., подвергающихся последующему дроблению и обогащению, производится с применением буровзрывных работ. Бурение скважин производится, в основном, шарошечными буровыми долотами, армированными твердосплавными вставками.

При шарошечном бурении скважин в твердых трещиноватых горных породах за счет ударов зубков шарошек о забой скважины возникают вибрации бурильных (утяжеленных) труб, что приводит к преждевременному износу опор шарошек и твердосплавных вставок. Исследования фирмы «Кристенсен» [1] показывают, что амплитуда виброколебаний при бурении крепких и трещиноватых пород может достигать 100 мм и зависит от частоты вращения и компоновки бурильной колонны. Возникающие циклические нагрузки на долото (опору) могут превышать осевую нагрузку в 4 раза.

С целью снижения амплитуды вибраций и защиты бурового долота применяют наддолотные амортизаторы, которые размещают между буровым долотом и бурильными (утяжеленными) трубами. По данным производственных организаций, ведущих буровые работы в крепких горных породах и значительной глубине скважин, использование амортизаторов обеспечивает рост технико-экономических показателей бурения: проходка на одно долото

возрастает на 28...35 % при увеличении механической скорости бурения на 26...32 % [1 – 6].

Нефтегазовая промышленность при бурении глубоких разведочных и эксплуатационных скважин использует амортизаторы различного назначения и отражатели упругих волн, разработанных научными организациями передовых мировых фирм, производящих буровое оборудование: «Верн Гуд», «Дрилко», «Сикюрити», «Хант Тул Компани», «Джонстон Дивижн» и др (США), «Гриффитс Ойл Тул Лимитед» (Канада), НПО «Буровая техника», ВНИИБТ и НПО «Уралмаш» (Р.Ф.), «Укрнафта», АО «УкрНГИ», Институт проблем прикладной механики и математики НАНУ (Украина).

Выделяют два основных направления в создании наддолотных амортизаторов (демпферов): амортизаторы, имеющие упругие элементы с высокими демпфирующими показателями типа пружин, резиновых вкладышей и полостей, заполненных смесью сжатого воздуха с маслом; отражатели упругих волн в виде сложных конструкций, снижающих амплитуду вибраций за счет перемежающихся элементов с различными значениями скорости распространения упругих волн в деталях или поперечных размеров.

Общим для этих амортизаторов является способность снижать амплитуду осевых и торсионных виброколебаний. Выбор типа амортизаторов базируется на конкретных условиях бурения скважин, то есть диаметра и глубины скважин, а также бурового снаряда.

В табл. 1 приведены данные о результатах использования амортизаторов различных типов.

Амортизаторы ООО «ДЗБО». ООО «Днепропетровский завод бурового оборудования» разработало ряд скважинных амортизаторов для разнообразных условий бурения. Для условий бурения неглубоких взрывных скважин разработан нормальный ряд амортизаторов, предназначенных для снижения осевых вибраций, возникающих при шарошечном в горных породах высокой твердости. Осевая нагрузка на буровое долото составляет 200...300 кН и амплитуда вибраций составляет десятки кН, что приводит к критическим нагрузкам на шарошечное долото, которые превышают допустимые, и шариковая опора долота интенсивно изнашивается.

Амортизатор для взрывных скважин состоит из следующих деталей (рис. 1, табл. 2): вала 1 с резьбой в верхней части и шлицевого соединения в нижней части, через которое он соединен с шлицевой втулкой 2. На валу размещена трубчатая цилиндрическая пружина 3 высокой жесткости.

Пружина имеет поперечные прорезы 4 и 5, чередующиеся между собой. Высокая жесткость пружины достигается за счет высоколегированной пружинной стали и закалки ее до высокой твердости. К шлицевому валу болтами 6 присоединен поршень 7, на котором размещены уплотнительные манжеты 8, изолирующие внутреннюю полость и канал в валу от внешнего пространства. В нижней части шлицевой втулки есть резьба 9 для соединения амортизатора с буровым долотом.

Таблица 1

Эффективность применения амортизаторов

Условия бурения			Тип упругого элемента	Прирост показателей		Ресурс долота	Источник
Тип скважины	Глубина скважины, м	Диаметр бурения, мм		$V_{\text{бур}}$	$L_{\text{дол}}$		
Глубокие скважины на нефть и газ	2000...5000	190,5...394	Пружина	20...25	20...25	600 ч.	2,3
			Воздух+масло	-	-	-	1
			Резина	26	28	-	5
			Отражатели	-	-	-	12,13,14
Геолого-разведочные	500...1500	76...131	Резина диски	20...30	20...30	-	7
			Пружины тарельчатые	10...15	10...15	200...400 ч.	15
			Резина стержни	-	-	-	7
Взрывные	15...50	190...244,5	Резина, вкладыши	15...47	20...42	1000...3500 м	6

Работа амортизатор осуществляется следующим образом. При создании осевой нагрузки на буровое долото с помощью гидравлических цилиндров бурового станка пружина 3 сжимается на величину, что равной ее деформации при заданном усилии. При этом высота прорезей 4 и 5 уменьшается пропорционально градиенту нагрузки к жесткости пружины. Поршень 6 перемещается вниз. При изменении осевой нагрузки на долото, вызывающиеся вибрациями за счет ударов твердосплавных вставок о забой скважины, зазоры в прорезях изменяются и ударные усилия после амортизации вместо релаксационных становятся гармоничными и в таком виде передаются на резьбовые соединения бурового става.

Комбинированный амортизатор (рис. 2, табл. 3) состоит из следующих деталей: вал 1 с резьбой 2 для соединения с бурильными трубами. На валу помещена трубчатая пружина 3, имеющая выступы 4 на верхнем и нижнем концах, которые входят в соответствующие пазы в валу и переходнике 5. На

пружине выполнены поперечные прорезы 6 и продольные прорезы 7. К нижнему концу вала 1 болтами 8 присоединен поршень 9, на котором установлены уплотнительные манжеты 10. Соединение нижней части вала 1 с переходником выполнено с возможностью осевого и вращательного перемещения одного относительно другого.

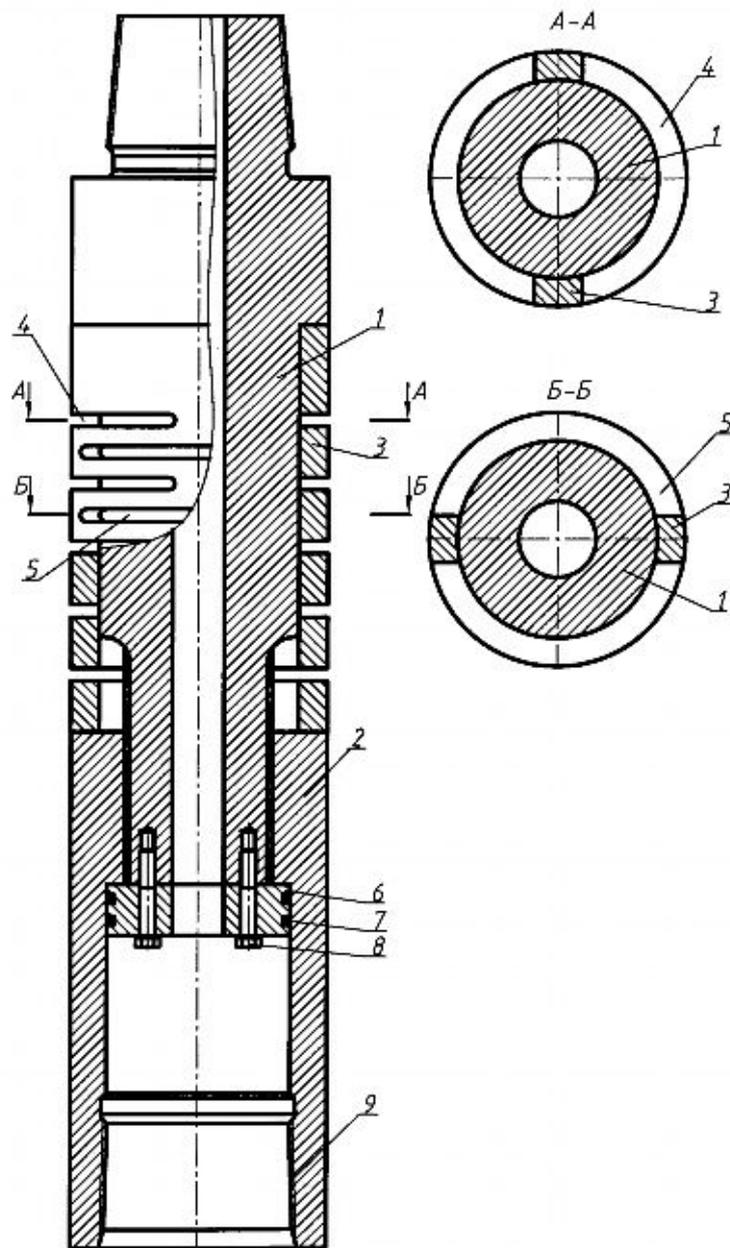


Рис. 1. Скважинные амортизаторы для демпфирования осевых вибраций:
 1 – вал; 2 – шлицевая втулка; 3 – пружина; 4 и 5 – прорезы; 6 – поршень;
 7 – уплотнительные манжеты; 8 – болты; 9 – резьба замковая.

Амортизатор канатного типа (рис. 3) предназначен для геологоразведочного бурения алмазными и твердосплавными коронками и состоит из следующих деталей: верхнего переходника 1, который соединяется с помо-

щью резьбы с корпусом 2, в центральном отверстии которого размещен винт 3, который может свободно перемещаться относительно корпуса.

Таблица 2

Техническая характеристика скважинных амортизаторов

Тип бурового станка	СБШ-200	СБШ-250
Тип амортизатора	АС-180-250	АС-200-320
Диаметр бурения, мм	200...250	250...320
Диаметр корпуса, мм	180	200
Нагрузка на долото, кН	250	320
Максимальный крутящий момент, кН·м	5,5	6,5
Максимальная деформация пружины, мм	20	25
Длина, мм	1200	1280
Масса, кг, не более	250	300

Таблица 3

Техническая характеристика комбинированного амортизатора

Тип амортизатора	АМК-160	АМК-219	АМК-273
Диаметр бурения, мм	170...215	245...270	295...320
Осевая нагрузка, кН.	250	320	400
Крутящий момент, кН·м	3,0	3,5	4,0
Деформация пружины, мм	30	30	40
Угол закручивания пружины, град	15	15	15
Длина, мм	1200	150	1800
Масса, кг, не больше	180	210	270

На резьбе винта размещена гайка 4, которая опирается на верхний торец корпуса. Между верхним торцом винта 3 и диском 5 размещены два конца упругого элемента 6 в виде металлического каната, которые зажаты винтами 7. Корпус 2 соединен с каркасом 8 с помощью выступов 9 и 10 с возможностью осевого и вращательного перемещений одного относительно другого. К каркасу 8 с помощью резьбы присоединен нижний переходник 11, который имеет резьбу 12 для соединения амортизатора с буровым долотом. Нижний переходник 11 имеет горизонтальный 13 и вертикальные 14 каналы, в которых с зазором размещен упругий элемент 6; две струны упругого элемента 6 после выхода из каналов 13 и 14 переплетены в ребрах 15 и окнах 16 в каркасе 8 и навинчены в окнах и ребрах каркаса с направлением винтовой линии, противоположным направлению вращения бурового снаряда. В центральных каналах корпуса 2 та нижнего переходника 11 опирается на патрубок 17, нижний конец которого опирается на площадку в нижнем переходи-

ке, а верхний конец опирается на торец втулки 18, которая нажимает на упругую втулку 19, что размещена между втулкой 18 та корпусом 2.

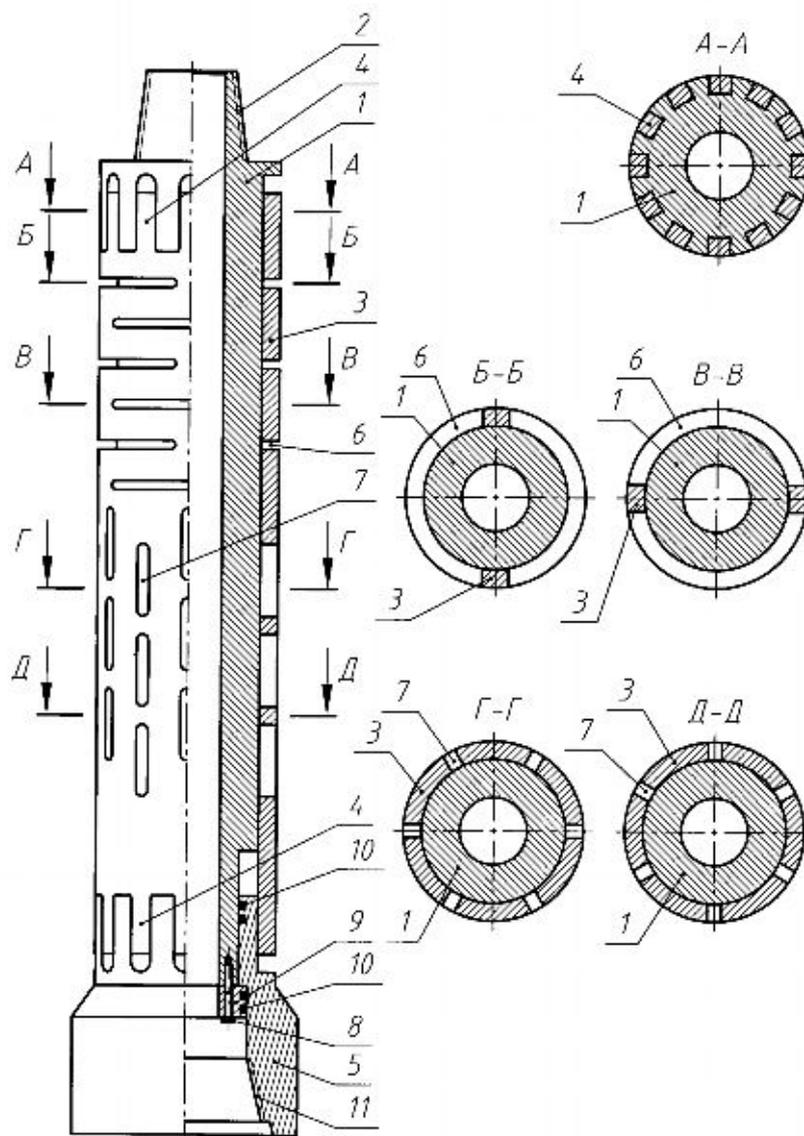


Рис. 2. Скважинные амортизаторы комбинированные, для демпфирования осевых и крутильных вибраций:

- 1 – вал; 2 – резьба; 3 – трубчатая пружина; 4 – выступы на торцах пружины;
- 5 – пазы в переходнике; 6 – поперечные прорезы; 7 – продольные прорезы;
- 8 – болты; 9 – поршень; 10 – уплотнительные манжеты

Применение скважинного амортизатора при роторном и турбинном бурении скважин в твердых горных породах шарошечными, алмазными и другими буровыми долотами приводит к снижению амплитуды осевых и радиальных вибраций у 2...5 раз и к стабилизации нагрузок на буровое долото.

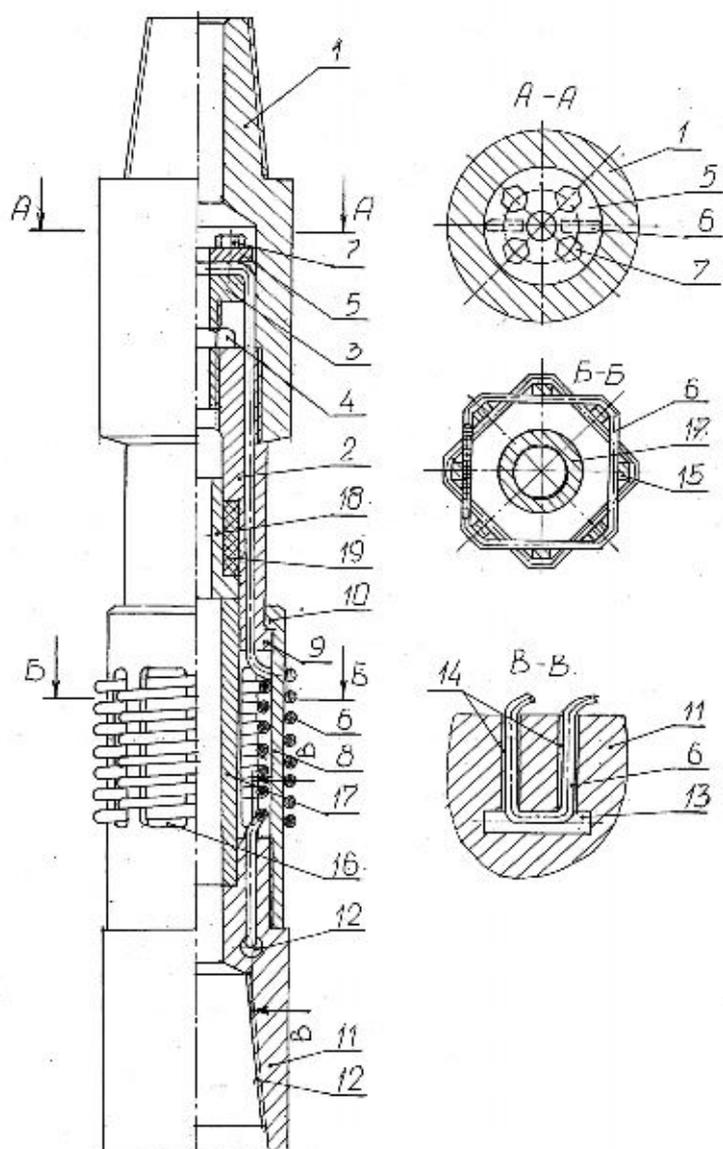


Рис. 3. Амортизатор буровой колонны:

- 1 – верхний переходник; 2 – корпус; 3 – винт; 4 – гайка; 5 – диск; 6 – канат;
 7 – винт; 8 – каркас; 9 и 10 – выступы; 11 – нижний переходник; 12 – резьба;
 13 и 14 – каналы; 15 – ребро; 16 – окна; 17 – патрубок; 18 и 19 – втулки

Методика расчетов амортизаторов. Выбор конструктивных размеров амортизаторов производится путем расчетов параметров пружины, которые соответствуют осевым и крутильным вибрациям и обеспечивают передачу осевой нагрузки и крутящего момента к буровому долоту.

Для осевых вибраций задают максимальную нагрузку на пружину и ее линейную жесткость в вертикальном направлении.

Для крутильных (торсионных) вибраций – соответственно максимальный крутящий момент и угловую жесткость.

Рассмотрим наиболее сложные условия – одновременное действие осе-

вых и радиальных вибраций, то есть комбинированные амортизаторы.

Для осевой нагрузки – это составляет частный вид нагрузки.

Комбинированный амортизатор (рис. 2) состоит из двух основных участков: участка с поперечными и участка с продольными прорезями. Осевая жесткость участка с поперечными прорезями обусловлена деформациями изгиба ее полуколец. Эту величину можно определить как жесткость рессоры с прямоугольными прорезями по формуле [9]:

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

где: b – поперечная толщина цилиндрической пружины, м; h – высота кольца пружины, м; E – продольный модуль прочности металла, Па; i – количество поперечных прорезей по высоте; l – активная длина средней линии полукольца, м, которая определяется по формуле:

$$l = 0,5 \cdot \pi \cdot D - l_1, м$$

где: l_1 – длина участка соединения между верхним и нижним кольцами, м; D – средний диаметр амортизатора, м.

Крутильная жесткость прорезной пружины с поперечными прорезями обусловлена деформациями кручения тонкостенных участков между соседними по высоте кольцами и определяется по формуле:

$$C_{угл.попер} = \frac{W_k \cdot D \cdot G}{2 \cdot i \cdot h}, H / м$$

где G – модуль сдвига материала пружины, W_k – момент сопротивления относительно кручения, который определяется по формуле:

$$W_k = \frac{2 \cdot l_1 \cdot h^2}{3}, м^3$$

Осевая жесткость (рис. 4) цилиндрической прорезной пружины обусловлена деформациями сжатия тонкостенных промежутков металла между прорезями и определяется по формуле:

$$C_{ос.прод.} = \frac{j \cdot l_2 \cdot b \cdot E}{E}, H / м$$

где: j – количество продольных прорезей по окружности; l_2 – среднее расстояние между прорезями, м.

Осевая жесткость цилиндрической прорезной пружины с продольными прорезями после преобразований расчетных формул определяется по формуле:

$$C_{угл.прод.} = \frac{l_2 \cdot b^2 \cdot D \cdot G}{6h}, H / м$$

Любой амортизатор содержит, кроме прорезных частей, участки в виде непрерывных колец, суммарную высоту которых между точками крепления амортизаторов обозначим через H .

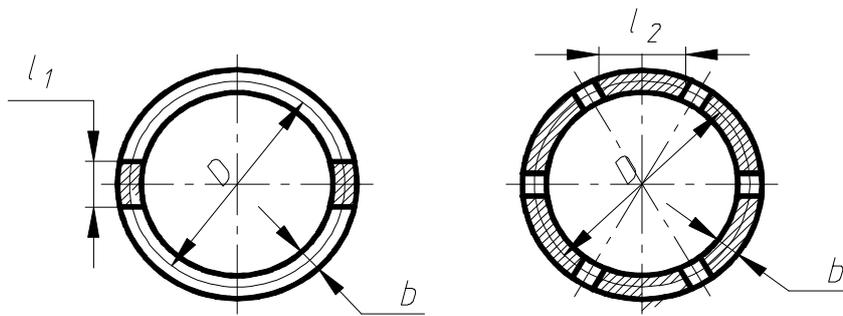


Рис. 4. Схема к расчету жесткости амортизаторов:
а – поперечное сечение участка с поперечными прорезями;
б – поперечное сечение участка с продольными прорезями

Тогда выражения для осевой и крутильной жесткостей этих участков будут иметь следующие выражения:

$$C_{ос.кол.} = \frac{\pi \cdot D \cdot b \cdot E}{H}; \quad C_{угл.кол.} = \frac{\pi \cdot D^3 \cdot b \cdot G}{2 \cdot H}.$$

Суммарные осевая и крутильная жесткости комбинированного амортизатора будут определяться по формулам, определяющим последовательное соединение упругих элементов, соответственно:

$$C_{ос} = \frac{C_{ос.попер.} \cdot C_{ос.прод.} \cdot C_{ос.кол.}}{C_{ос.попер.} \cdot C_{ос.прод.} + C_{ос.попер.} \cdot C_{ос.попер.} \cdot C_{ос.кол.} + C_{ос.прод.} \cdot C_{ос.кол.};$$

$$C_{\text{угл.}} = \frac{C_{\text{угл.попер.}} \cdot C_{\text{угл.прод.}} \cdot C_{\text{угл.кол.}}}{C_{\text{угл.попер.}} \cdot C_{\text{угл.прод.}} + C_{\text{угл.попер.}} \cdot C_{\text{угл.кол.}} + C_{\text{угл.прод.}} \cdot C_{\text{угл.кол.}}};$$

Эти величины определяют непосредственную связь между нагрузками и деформациями амортизатора, а именно:

$$C_{\text{ос}} = \frac{P}{\Delta}; \text{ м}; \quad C_{\text{угл}} = \frac{M_{\kappa}}{\varphi}. \text{ град};$$

где: P и M_{κ} – соответственно максимальная осевая нагрузка и крутящий момент, что действуют на амортизатор; Δ и φ – соответственно максимальные осевая деформация и угол закручивания амортизатора.

Выводы.

Использование амортизаторов позволяет повысить технико-экономические показатели бурения в 1,2...1,4 раза. Для бурения взрывных скважин рекомендуется амортизатор в виде трубчатой пружины с поперечными прорезями для снижения амплитуды осевых вибраций. Для бурения глубоких скважин на нефть и газ рекомендуется комбинированный амортизатор в виде трубчатой пружины с поперечными и продольными прорезями. Для геологоразведочного бурения может использоваться амортизатор, в котором в качестве упругого элемента используется стальной канат.

Список литературы: **1.** Масленников И.К. Инструмент для бурения скважин: справочное пособие / И.К. Масленников, Г.И. Матвеев. – М.: Недра, 1981. – 335 с. **2.** Мислюк М.А. Буріння свердловин: в 5 т. / М.А. Мислюк, І.Й. Рибчич, Р.С. Яремійчук. – К.: «Інтерпрес ЛТД», 2002. – Т. 1: Загальні відомості. Бурові установки. Обладнання і інструмент. – 2002. – 540 с. **3.** Саврей С.Я. Результаты промышленных испытаний амортизатора АЗЭ-190,5-4-146 / С.Я. Саврей // Бурение. – 1982. – № 4. – С. 25 – 26. **4.** Тимофеев Н.С. Особенности работы турбобуров в компоновке с амортизатором / Н.С. Тимофеев, М.И. Ворожбитов, Т.И. Дранкер // Бурение. – 1971. – № 10. – С. 12 – 13. **5.** Габдрахимов М.С. Бурение скважин с использованием наддолотных многоступенчатых виброгасителей / [М.С. Габдрахимов, А.С. Галеев, Б.З. Султанов и др.] // Нефтяное хозяйство. – 1990. – № 4. – С. 24 – 25. **6.** Левин Ю.П. Испытания наддолотных амортизаторов АН-195 на Магнитогорском руднике / Ю.П. Левин // Взрывное дело. – 1974. – № 73/30. – (Буровзрывные работы в народном хозяйстве). – С. 62 – 65. **7.** Каталог геологоразведочного оборудования, разработанного геологическими организациями РСФСР: Ч. 1. – М.: Недра, 1988. – С. 154. **8.** Вибрации в технике: справочник в 6 томах / [под редакцией Э.Э. Лавендела]. – М.: Машиностроение, 1979. – Т. 4. – 509 с. **9.** Детали машин. Расчет конструирование: в 3 томах / [под ред. Ачеркана Н.С.]. – М.: Машиностроение, 1968. – Т. 2. – 408 с. **10.** Пат. № 18404 України. Свердловинний амортизатор / Островський І.Р., Лісниченко В.А., Сірик В.Ф. та ін.; опубл. 2006, Бюл. № 11. **11.** Пат. № 18799 України.

Свердловинний амортизатор / *Островський І.Р., Лісниченко В.А., Сірик В.Ф. та ін.*; опубл. 2006, Бюл. № 11. **12.** Пат. № 7442 України. Хвилевий відбивач / *Малярчук Б.М., Огородніков П.І. та ін.*; опубл. 2005, Бюл. № 6. **13.** Пат. № 7279 України. Антивібраційна компоновка низу бурильної колони / *Малярчук Б.М., Огородніков П.І. та ін.*; опубл. 2005, Бюл. № 6. **14.** Пат. № 15483 України. Амортизатор бурильної колони / *Рибчич І.Й., Малярчук Б.М., Огородніков П.І. та ін.*; опубл. 2006, Бюл. № 7. **15.** *Блинов Г.А.* Справочник по алмазному буренню геологоразведочных скважин / [Г.А. Блинов, В.И. Васильев, О.С. Головин и др.]. – Л.: Недра, 1975 – 296 с.

Поступила в редколлегию 17.07.10

УДК 621.355

В.Ю. БАКЛАН, канд. хім. наук, пров. наук. співроб.,
ОНУ ім. І.І. Мечникова, м. Одеса

НАНОГРАФІТ ЯК КАТАЛІЗАТОР КИСНЕВОГО ЕЛЕКТРОДУ ПАЛИВНОГО ЕЛЕМЕНТУ

В статті дається історичний опис розвитку низькотемпературних воднево-кисневих паливних елементів на Україні, а потім досліджується новий матеріал – нанографіт як каталізатор електровідновлення кисню. Створені газодифузійні електроди з активною масою та гідрозатворним шаром на основі нанографіту з доданням тefлону Ф-4Д. Активність таких електродів нижча чим вугілля, але набагато вища чим графіт.

The historical essay on development of low temperature hydrogen-oxygen fuel cells in Ukraine is given. A new carbon material - nanographite as the catalyst of oxygen electroreduction have investigated. Belay-ered gasdiffusion electrodes with active mass and hydrolocking layers on the basis of nanographite with addition of teflon F-4D suspension are made. Activity of such electrodes is less, than coal, but much higher then graphite.

Вступ. В Україні паливними елементами (електрохімічними генераторами струму неперервної дії, в якому енергія хімічної реакції безпосередньо перетворюється в електричну) займаються в проблемній науково-дослідній лабораторії паливних елементів (ПНДЛ ПЕ) Одеського національного університету ім. І.І. Мечникова, створеної в 1962 р. відповідно Постанови Ради Міністрів УРСР № 67 від 20 січня 1962 р. Засновник – видатний, всесвітньо відомий в області фізичної та квантової хімії вчений, доктор технічних наук, професор, батько українських паливних елементів Давтян Оганес Карапетович