

УДК 622.24.05(031)

И.Р. Островский, В.Ф. Сирик, канд. техн. наук, **А.С. Луцик, А.А. Полушко**

ООО «Днепропетровский завод бурового оборудования», Днепропетровск, Украина

СКВАЖИННЫЕ АМОРТИЗАТОРЫ

The drill hole shock absorber consists cylinder spring to reduce amplitude of vertical and torsion vibrations. The using shock absorber to rise drill bit resource to 20-30 % within drill productivity increasing on 15-25 %.

В процессе шарошечного бурения скважин в твердых горных породах при ударах зубцов шарошек о забой скважины генерируются вертикальные вибрации бурильных (утяжеленных) труб, что приводит к преждевременному износу опор шарошек и твердосплавных вставок. Вибрации передаются также на буровой станок и приводят к поломкам деталей вращателя (ротора). В целях снижения амплитуды вибраций и защиты бурового долота используют скважинные амортизаторы и отражатели упругих волн, которые размещают между буровым долотом и бурильными трубами [1-3]. По показателям производственных организаций использование амортизации обеспечивает улучшение технико-экономических показателей бурения: проходка на долото возрастает на 28-35 % при повышении механической скорости бурения на 26-32 % [4;5].

Рассмотрим конструкцию, методику расчета и технические характеристики, созданных в ООО «Днепропетровский завод бурового оборудования» погружных скважинных амортизаторов для бурения взрывных и глубоких скважин на нефть и газ шарошечными буровыми долотами.

В нефтегазовой промышленности при бурении глубоких скважин используют скважинные амортизаторы. Наиболее известные конструкции с использованием в качестве рабочего упругого элемента стальных винтовых цилиндрических пружин. Высокие показатели бурения были получены при использовании амортизаторов с резиновыми упругими элементами, уменьшающими амплитуду осевых и крутильных вибраций. Недостатком резиновых амортизаторов является низкий ресурс из-за низкой прочности резиновых вкладышей. Наиболее эффективными с позиций гашения осевых вибраций являются амортизаторы, в которых снижаются осевые вибрации с помощью пневмо-гидравлического устройства. Типичным амортизатором такого типа является „Софт-шок” фирмы „Хьюз Тул Компани”. Этот амортизатор пневмо-гидравлического действия характеризуется телескопической конструкцией. Осевая нагрузка от утяжеленных бурильных труб к буровому долоту передается за счет демпфирующих газовой и наполненной маслом камер, разделенных поршнем, который плавает между маслом и газом.

Специалисты ООО „Днепропетровский завод бурового оборудования” разработали ряд скважинных амортизаторов для различных условий бурения скважин. Для условий бурения неглубоких взрывных скважин разработан нормальный ряд амортизаторов, предназначенных для снижения осевых вибраций, которые возникают при шарошечном бурении скважин в горных породах высокой твердости. Осевая нагрузка на буровое долото составляет 200-300 кН, амплитуда вибраций - десятки килоньютон, что приводит к критическим нагрузкам на шарошечное долото, превышающим допустимые, значения из-за чего шариковая опора долота интенсивно изнашивается.

Амортизатор для взрывных скважин [9] состоит из следующих деталей (рис. 1,а): вала 1 с резьбой в верхней части и шлицевого соединения в нижней части, через которое вал соединен со шлицевой втулкой 2. На валу размещена трубчатая цилиндрическая пружина 3 высокой жесткости. Эта пружина имеет поперечные прорезы 4 и 5, чередующиеся между собой. Высокая жесткость пружины достигается за счет высоколегированной пружинной стали, закаленной до высокой твердости. К шлицевому валу болтами 6 присоединен поршень 7, на котором размещены уплотнительные манжеты 8, изолирующие внутреннюю полость вала и канал в нем от внешнего пространства. В нижней части шлицевой втулки находится резьба 9 для соединения амортизатора с буровым долотом.

Работает амортизатор следующим образом. При создании осевой нагрузки на буровое долото с помощью гидравлических цилиндров бурового станка пружина 3 сжимается на величину, равную 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, вызываемые вибрациями за счет ударов твердосплавных вставок о забой скважины зазоры в прорезях изменяются, ударные усилия после амортизации вместо релаксационных становятся гармоничными и в таком виде передаются на резьбовые соединения бурового става.

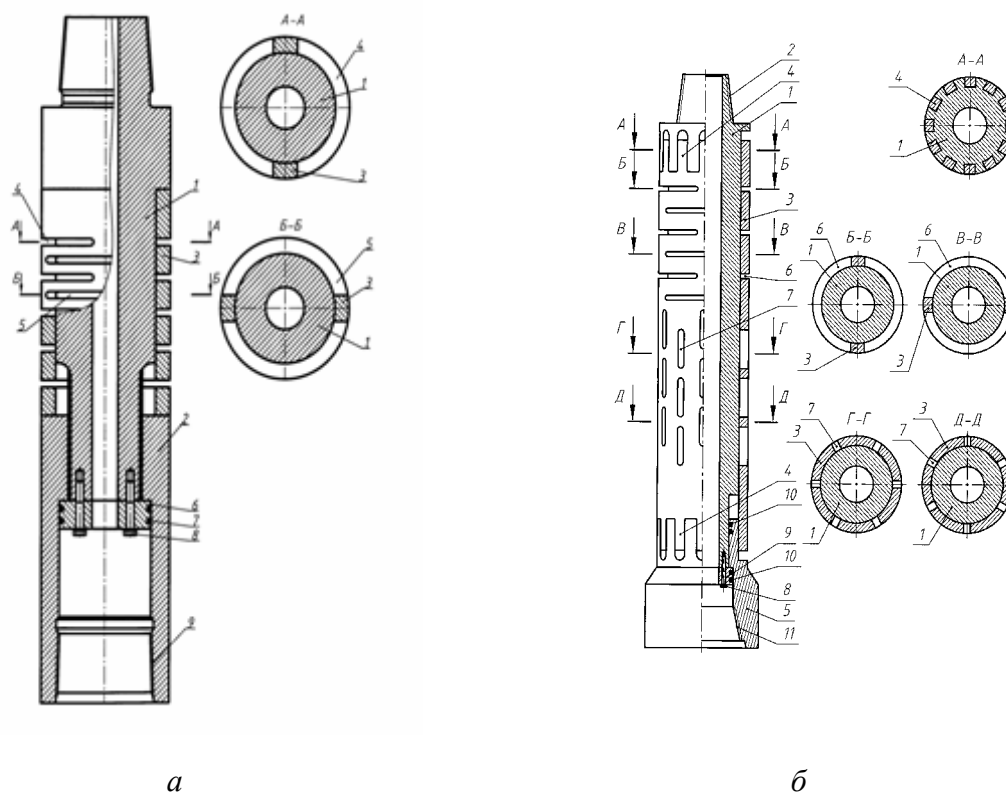


Рис. 1. Скважинные амортизаторы: а – для демпфирования осевых вибраций; 1 – вал; 2 – шлицевая втулка; 3 – пружина; 4, 5 – прорезы; 6 – поршень; 7 – уплотнительные манжеты; 8 – болты; 9 – резьба замковая. б – комбинированный, для демпфирования осевых и крутильных вибраций; 1 – вал; 2 – резьба; 3 – трубчатая пружина; 4 – выступы на торцах пружины; 5 – пазы в переходнике; 6, 7 – соответственно прорезы поперечные и продольные; 8 – болты; 9 – поршень; 10 – уплотнительные манжеты.

Скважинный амортизатор выполнен для двух типоразмеров: диаметром корпуса 200 мм для бурового става диаметром 203 мм к буровому станку типа СБШ-250 и диаметром корпуса 180 мм для бурового станка типа СБШ-200.

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

При бурении глубоких скважин на нефть и газ кроме осевых вибраций, возникают крутильные (торсионные), вызываемые большим крутящим моментом при бурении скважин за счет трения бурильных труб о стенки скважины. Общее действие осевых и крутильных вибраций приводит к увеличению напряжений в соединениях бурильных труб, что, в свою очередь, способствует повышенному износу резьбы и даже авариям. Для защиты бурового снаряда разработана конструкция комбинированного амортизатора, защищающего буровой снаряд одновременно от осевых и крутильных вибраций.

Комбинированный амортизатор (рис. 1б) состоит из следующих деталей [10]: вала 1 с резьбой 2 для соединения 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 их осевого и вращательного перемещения относительно друг друга.

Для глубокого бурения разработан комбинированный амортизатор с характеристиками, близкими к условиям бурения, которые зависят от диаметра скважины, нагрузки на долото и крутящего момента.

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	1500	1800
Масса, кг, не более	180	210	270

Работа комбинированного амортизатора заключается в демпфировании осевых вибраций за счет горизонтальных (поперечных) прорезей в теле пружины так же, как и для обычного амортизатора (рис. 1, а). Крутильные вибрации демпфируются вертикальными прорезями в пружине. При этом упругость крутильной части амортизатора достигается за счет закручивания вертикальных полосчатых элементов. Прочность этой части пружины обеспечивается тем, что прорезы выполнены чередующимися и при уменьшении крутящего момента пружина возвращается в первоначальное положение.

Методика расчета

Конструктивные размеры амортизаторов выбирают путем расчетов параметров пружины при условии получения заданной нагрузки, крутящего момента и деформации пружины.

1. Расчет пружины, демпфирующей вертикальную нагрузку для бурения неглубоких взрывных скважин незначительной глубины, выполняют путем определения следующих величин [8].

Максимальные напряжения изгиба колец пружины от осевого усилия.

Крутящий момент, Нм

$$M = \frac{PR}{2n}(1-\gamma)\operatorname{tg} \frac{\pi}{2n},$$

где P – максимальная нагрузка на буровое долото, Н; R – средний радиус кольца пружины, м; n – количество прорезей по кругу пружины; γ – безразмерный коэффициент, зависящий от величины угла $\alpha = \frac{2\pi}{n}$ и отношения В:С; B, C – жесткость поперечного сечения кольца соответственно на закручивание и изгиб кольца.

Жесткость на изгиб кольца, м³

$$B = \frac{ab^3}{12} E, ,$$

где a – ширина кольца пружины, м; b – высота кольца пружины, м; E – модуль упругости стали, Па.

Момент сопротивления изгибу кольца, м³

$$W = \frac{ab^2}{6},$$

Напряжение изгиба в кольцевой части пружины, Па

$$\sigma_u = \frac{M}{W},$$

Напряжение изгиба кольца не должно превышать допустимого напряжения материала пружины на изгиб.

2. Определение максимальных напряжений кручения, что возникают в пружине при крутильных вибрациях.

Напряжения в пружине, возникающие в случае приложения крутящего момента для части пружины с вертикальными прорезями (комбинированная амортизация), Па

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{W_{кр}},$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент, действующий на буровое долото при бурении, Нм; $W_{кр}$ – момент сопротивления закручивания в наиболее опасном сечении пружины, м³.

Напряжения, возникающие в пружине от растяжения и кручения, не должны превышать допустимого напряжения текучести материала пружины и определяется по формуле

$$\sigma = \sqrt{\sigma_n^2 + 4\tau_{кр}^2} \leq \sigma_T.$$

3. Прочность соединения пружины с осевым и крутильным свойствами с помощью выступов и впадин, находящихся на концах пружины и переходниках, рассчитаем при условии деформации смятия контактных плоскостей. Для расчета такого соединения используем методику расчета шлицевого соединения. Напряжение смятия [8]

$$\sigma_{см} = \frac{M_k}{\varphi z h l r_{cp}},$$

где φ – коэффициент неравномерности нагрузки на выступы соединения; z – количество выступов; h – высота поверхности контакта соединения выступов, м; l – длина соединения контактных выступов пружины и переходника, м; r_{cp} – средний радиус пружины в месте соединения с переходником, м.

Напряжения сминания не должны превышать допустимое напряжение на сминание для материала переходника, который имеет более низкие показатели механических свойств чем показатели материала пружины,

$$\sigma_{см} \leq \frac{[\sigma_{см}]}{n},$$

где n – коэффициент запаса прочности.

Для бурения скважин в породах средней твердости лопастными долотами, алмазными и твердосплавными коронками специалисты ООО «Днепропетровский завод бурового оборудования» разработали амортизатор бурильной колонны [11]. В качестве упругого элемента, воспринимающего крутильные вибрации, был применен стальной канат, в качестве упругого элемента, воспринимающего осевые (продольные) вибрации - резиновая втулка.

Амортизатор с канатным упругим элементом изображен на рис. 2.

Амортизатор [11] состоит из следующих деталей: верхнего переходника 1, соединенного с помощью резьбы с корпусом 2. В центральной отверстии корпуса находится винт 3, который может свободно перемещаться относительно корпуса. На резьбе винта размещена гайка 4, опирающаяся на верхний торец корпуса. Между верхним торцом винта 3 и диском 5 размещены два конца упругого элемента 6 в виде металлического каната, зажатые винтами 7. Корпус 2 соединен с каркасом 8 с помощью выступов 9 и 10 с возможностью осевого и вращательного перемещений одного относительно друг друга. К каркасу 8 с помощью резьбы присоединен нижний переходник 11, с резьбой 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 каркаса 8 и навинчены в окна и ребрах каркаса с направлением винтовой линии, противоположным направлению вращения бу-

рового снаряда и амортизатора. В центральных каналах корпуса 2 нижний переходник 11 опирается на патрубок 17, нижний конец которого, в свою очередь опирается на площадку в нижнем переходнике, а верхний конец - на торец втулки 18, которая нажимает на упругую втулку 19, размещенную между втулкой 18 и корпусом 2.

Работа амортизатора осуществляется следующим образом. Осевая нагрузка от бурильных труб, которые соединяются с верхним переходником 1 с помощью резьбы, передается к нижнему переходнику через корпус 2,

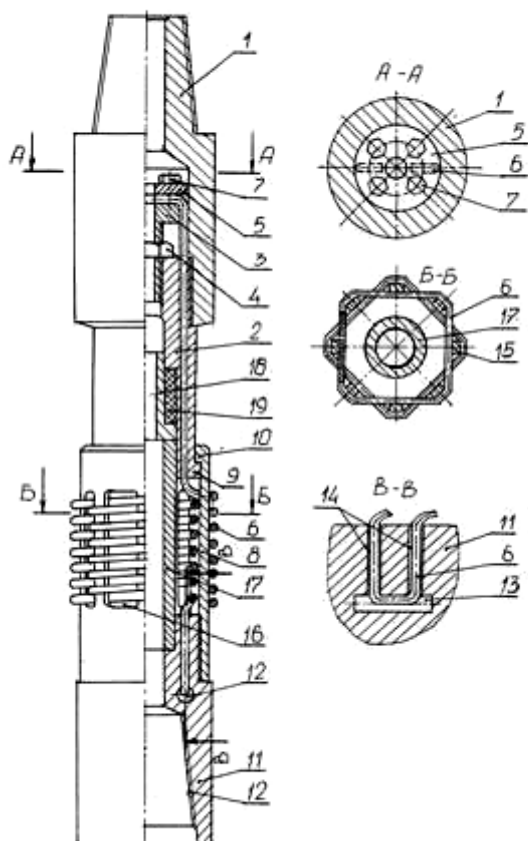


Рис. 2. Амортизатор бурильной колонны: 1, 11 – переходник соответственно верхний и нижний; 2 – корпус; 3, 7 – винты; 4 – гайка; 5 – диск; 6 – канат; 8 – каркас; 9, 10 – выступы; 12 – резьба; 13, 14 – каналы; 15 – ребро; 16 – окна; 17 – патрубок; 18, 19 – втулки

сравнению с амортизацией, которая передает крутильные нагрузки через металлические детали. Благодаря уменьшению амплитуды вибраций снижается износ зубцов и подшипников бурового долота. При этом средняя скорость бурения повышается в 1,5-2,5 раза. За счет улучшения технических показателей бурения себестоимость 1 м. скважины снижается на 20-30 %.

Литература

1. Саврей С.Я. Результаты промышленных испытаний амортизатора АЗЭ-190,5-4-146 // НТС «Бурение». – 1982. – № 4. – С. 25-26.

2. Тимофеев Н.С., Ворожбитов М.И., Дранкер Т.И. Особенности работы турбобуров в компоновке с амортизатором. // НТС «Бурение». – 1971. – № 10. – С. 12-13
3. М.С. Габдрахимов, А.С. Галеев, Б.З. Султанов, и др. Бурение скважин с использованием наддолотных многоступенчатых виброгасителей // «Нефтяное хозяйство». – 1990. – № 4. – С. 24 – 25.
4. Александров Е.В., Кирия Т.А., Хмудашвили П.И. Компенсатор вибраций бурильного инструмента. // «Нефтяное хозяйство». – 1965, – №5. – С. 12-13.
5. Маслеников И.К., Матвеев Г.И. Инструмент для бурения скважин. – М.: Недра, 1981. – 336 с.
6. Каталог геологоразведочного оборудования, разработанного геологическими организациями СССР. – М.: Изд-во ВИЭМС. 1989. – 186 с.
7. Каталог геологоразведочного оборудования, разработанного производственными организациями РСФСР. Ч. 1. – М.: Изд-во ВИЭМС, 1988. – 167 с.
8. Детали машин. Расчет и конструирование. Справочник. Т. 2/ Под ред. Н.С. Ачеркана.- М.: Машиностроение, 1968. – 408 с.
9. Патент України № 18404 “Свердловинний амортизатор” / Островський І.Р., Лісниченко В.А., Сірик В.Ф , Луцик О.С., Безсонов І.Ю., Ярош Д.І. // Бюл. – № 11. – 2006.
10. Патент України № 18799 “Свердловинний амортизатор” / Островський І.Р., Лісниченко В.А., Симоненко С.Г. та ін.// Бюл.- № 11. – 2006.
11. Заявка на патент України № u 2007 03986 / І.Р. Островський, В.А. Лісниченко, В.Ф. Сірик

Поступила 22.05.08