

## АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ АМОРТИЗАТОРІВ КРУТИЛЬНИХ КОЛИВАНЬ БУРИЛЬНОЇ КОЛОНИ

**В. М. Мойсишин**

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу;  
76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15;  
тел. +380(342)71-72-31; e-mail: math@nung.edu.ua*

*Розглядаються конструкції амортизаторів крутильних коливань бурильної колони. За матеріалом вузла, який сприймає вібрації, виокремлено: пристрої з гумовими (або іншими еластичними) елементами і пристрої з металевими та гумометалевими елементами. Проаналізовано конструктивні особливості дев'яти пристроїв, які дозволяють знижувати рівень вібрації породоруйнівного інструменту.*

**Ключові слова:** амортизатор, пружний елемент, крутильні коливання, бурильна колона.

### Вступ

Дослідження динаміки поглиблення вибою свердловини показують, що вібрації бурильної колони чинять шкідливий вплив на бурильний інструмент, оскільки вони викликають циклічні навантаження. Разом з тим вібрації долота на вибої приводять до збільшення механічної швидкості і проходки на долото.

Проектування раціональної системи віброізоляції бурильної колони зводиться до вибору раціональної конструкції віброзахисного пристрою (ВЗП), його параметрів, місця установки за умови, що хоча б перші шість власних частот системи були нижчі за частоти збурення від долота [1]. Конструкція пристроїв повинна забезпечити передачу осьового навантаження і обертового моменту до долота з одночасним припиненням або поглинанням вібрацій та ударів.

Колівання бурильної колони, як правило, поділяють на поздовжні, крутильні та поперечні. Всі три види коливань більшою чи меншою мірою зв'язані і взаємообумовлені. Але внаслідок того, що низ бурильної колони звичайно є стиснутим за межі поздовжньої стійкості і спирається об стінку свердловини, у першому наближенні кожен вид коливань можна розглядати окремо, незалежно від інших [2].

Внесок крутильних коливань в сумарну енергію коливального процесу є доволі відчутним і складає понад 30 %. Тому включення в компонування низу бурильної колони амортизаторів крутильних коливань часто є виправданим і доволі ефективним.

**Метою статті** є аналіз конструктивних особливостей амортизаторів крутильних коливань бурильної колони.

#### **Виклад основного матеріалу**

Амортизатор крутильних коливань за класифікацією деталей машин – це пружна муфта, основними характеристиками якої є жорсткість, демпфування та енергоємність.

За конструкцією пружного елемента розрізняють: амортизатори з гумовими (або іншими еластичними) елементами, амортизатори з металевими та гумометалевими елементами.

До амортизаторів з гумовими елементами відносять наддолотний амортизатор за А.с. №11254353 СРСР [3] (рис. 1) та пружну муфту ПМ-180 (рис. 2), яка пройшла промислове випробування під час буріння вибухових свердловин на кар'єрах нерудних копалин ВУ «Карпати-вибухпром» і рекомендована до серійного виготовлення.

В амортизаторі, зображеному на рис. 1, вузол передачі обертового моменту від ротора бурової установки до породоруйнівного інструменту складається з вала 2 та корпусу 1, між якими в отвори 4 вала 2 встановлено пружні кільця 3, виготовлені з гуми. Вал 2 розміщений відносно корпусу 1 ексцентрично. Наслідком коливань обертового моменту, які виникають під час руйнування гірської породи, є закручування корпусу 1 відносно ствола 2. Під час цього внаслідок ексцентричного розміщення вала відносно корпусу кільця 3 на одному кінці ексцентрика стискаються, а на протилежному – ні. За таких деформацій матеріал кільця без зміни об'єму переміщується з зони стиску до зони, в якій стиск відсутній.

Муфта ПМ-180 складається з корпусу 2, шліцьового вала 6, між якими розміщено секції, в які входять внутрішня 5 та зовнішня 4 обойми. З'єднання обойми 5 з валом 6 та обойми 4 з корпусом 2 – шліцьові. Між обоймами розміщено пружну еластичну втулку 3 з зовнішніми та внутрішніми прорізами. Під час передачі обертового моменту від корпусу 2 до вала 1 і 6 втулка перебуває у складному напруженому стані.

Частина втулки, яка міститься між боковими поверхнями кулачків обойм, працює на стиск, а ділянки втулки, які розміщені між торцевими поверхнями кулачків обойм, працюють на зсув унаслідок сили попереднього стиску втулок 3. Осьове статичне навантаження передається долоті через упорний кульковий підшипник 8, центрування якого забезпечують втулки 7 і 9.

Основною характеристикою муфти є демпфування. За значного демпфування значна частина енергії крутильних коливань корпусу долота перетворюється на теплову, забезпечуючи стабільну роботу бурового става. За результатами промислових випробувань встановлено, що під час використання муфти проходка на долото збільшилася у 2,2 рази, а механічна швидкість буріння зменшилася на 15,4%. В табл. 1 наведено технічну характеристику муфти.

Таблиця 1. Технічна характеристика пружної муфти ПМ-180

Назва характеристик	Показники
1. Зовнішній діаметр, мм	180
2. Діаметр доліт, мм	215,3
3. Допустиме зусилля стиску, кН	250
4. Демпфування, кН·с/м	100-300
5. Максимальний обертовий момент, який передає одна секція, Н/м	500
6. Максимальний обертовий момент за шести секцій, Н/м	3000
7. Довжина за шести секцій, мм	930

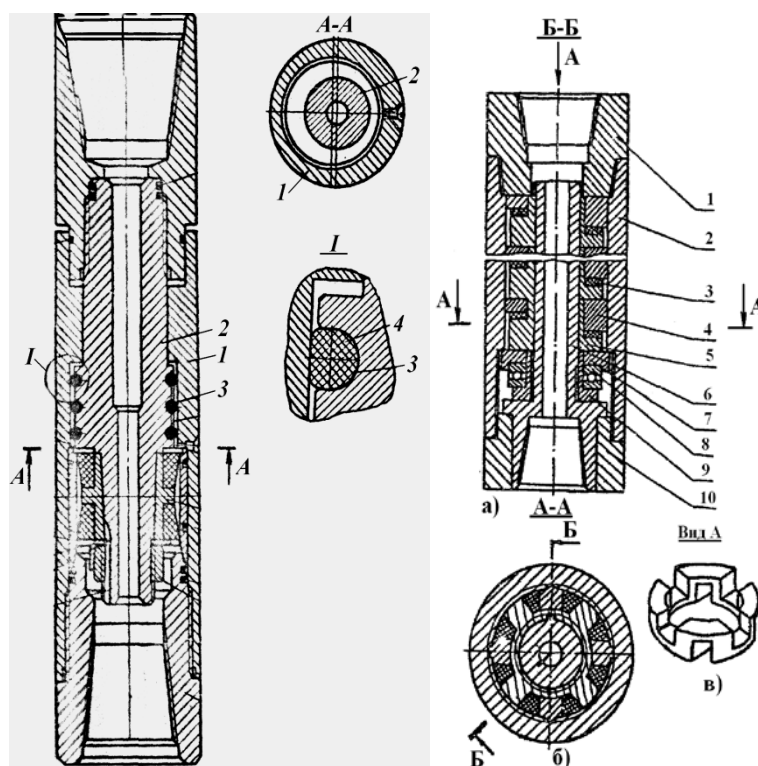


Рис. 1. Наддолотний амортизатор за А.с. №11254353 СРСР

Рис. 2. Пружна муфта ПМ-180

Муфти з металевими пружними елементами, яких можна вважати аналогами амортизаторів крутильних коливань, мають широке застосування в приводах машин як загальномашинобудівного, так як і спеціального призначення. Ці муфти залежно від їхньої конструкції можуть мати як лінійну, так і нелінійну характеристики.

До віброзахисних пристроїв з металевими елементами відносять амортизатори крутильних коливань за А.с. №692971 СРСР [4] (рис. 3),

А.с. №935596 СРСР [5] (рис. 4.), АП15В конструкції ІППММ ім. Я. С. Підстригача (рис. 5.) і пружні муфти за А.с. №488908 СРСР [6] (рис. 6), А.с. №450875 СРСР [7] (рис. 7).

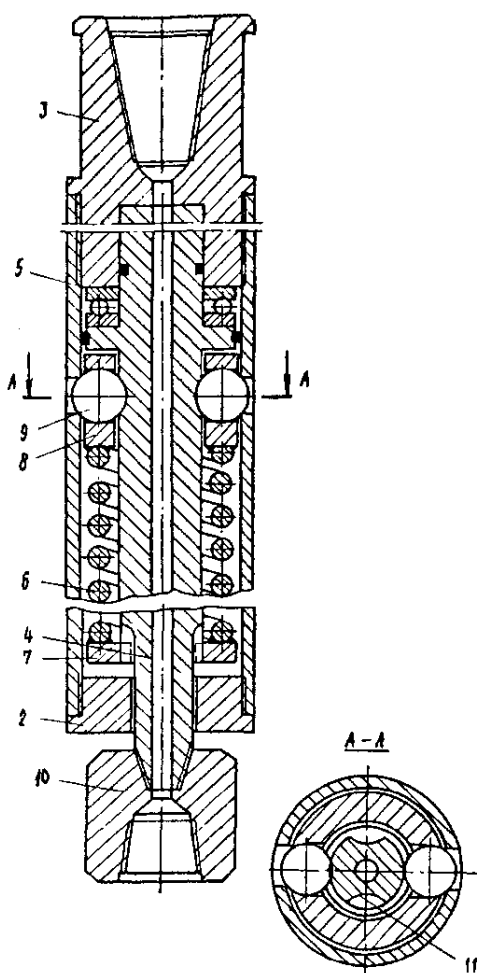


Рис. 3. Амортизатор за А.с. №692971 СРСР

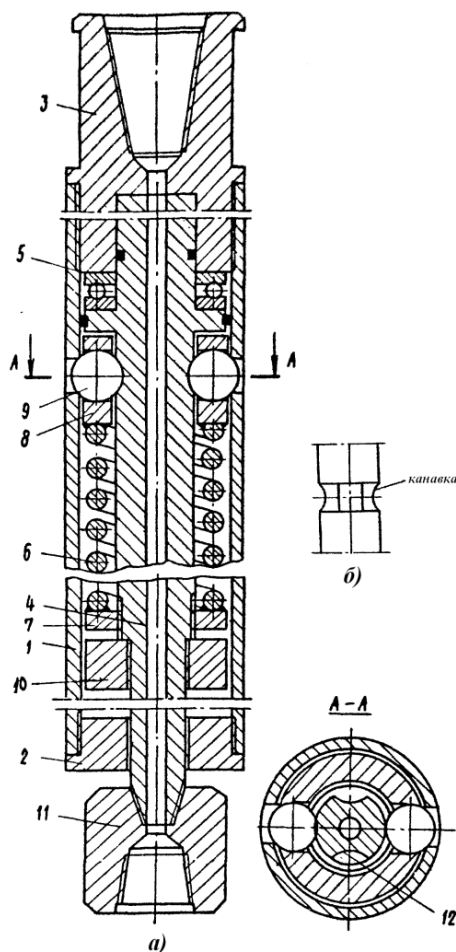


Рис. 4. Амортизатор за А.с. №935596 СРСР

Амортизатор крутильних коливань, зображений на рис. 3, складається з корпусу 1, гайки 2, переходника 3, вала 4, упорного підшипника 5, пружини 6, шліцьової втулки 7, обойми 8, металевих куль 9, переходника 10.

Амортизатор працює так. Під дією обертового моменту на долоті вал 4 провертається відносно корпусу 1 і обойми 8, що з'єднана з корпусом 1 кулями 9. За збільшення обертового моменту вище за його максимальне значення під час заклинювання долота кулі 9 входять у заглиблення 11 вала 4, роз'єднуючи останній з корпусом 1, за цього обер-

товий момент від приводу до долота не передається. За значення моменту, меншого від максимального, кулі 9 виходять із заглиблень 11, і зв'язок між корпусом 1 і валом 2 відновлюється.

Конструкція амортизатора крутильних коливань, зображеного на рис. 4 а, відрізняється від А.с. №692971 СРСР наявністю втулки 10 та кільцевої канавки (рис. 4 б), глибина якої менша від заглиблень 12. Така конструкція дозволяє звільнити бурильний інструмент у разі його прихоплення на вибої. Під час прихоплення відбувається різке збільшення моменту і кулі 9 потрапляють у заглиблення 12, роз'єднуючи корпус 1 і вал 4. Для звільнення інструменту здійснюють натяг бурильної колони з подальшим її провертанням. Під час цього корпус 1 з гайкою 2, рухаючись вгору, завдають удар по втулці 10, ліквідуючи прихоплення.

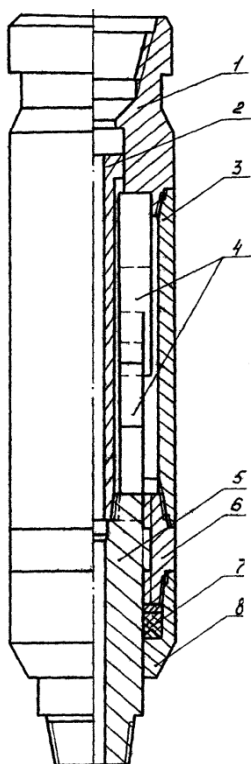


Рис. 5. Амортизатор АП15В

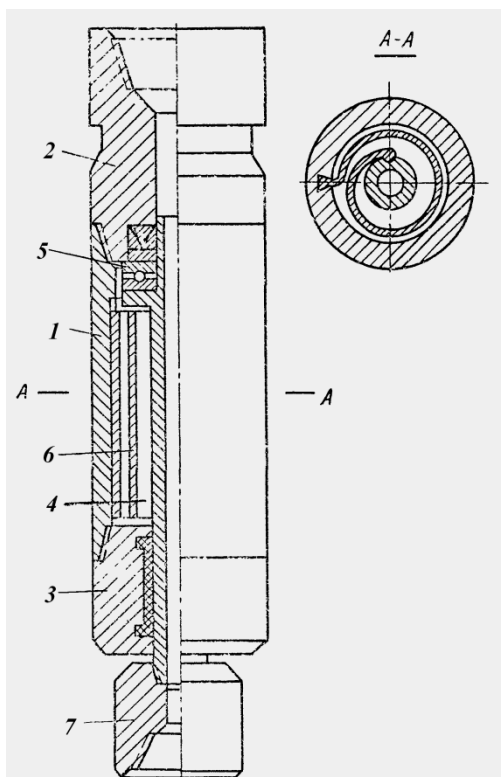


Рис. 6. Пружна муфта крутильних коливань за А.с. 488908 СССР

До складу амортизатора АП15В конструкції ІППММ ім. Я. С. Підстригача (рис. 5) входять перехідник 1, ствол 2, корпус 3, пружний елемент 4, гвинт 5, гайка 6, ущільнення 7, ніпель 8. Пружний елемент виконано у вигляді пакетів плоских металевих пружин. Обертовий момент від корпусу 1 до долота передається через багатозахідну трапецієдальну несамогальмівну різьбу, якою з'єднані гвинт 5 і гайка 6.

Під дією обертового моменту пакети плоских пружин, закріплених у гвинті, входять у контакт з пакетами пружин, закріплених у переходнику 1. Внаслідок цього контакту частина енергії крутильних коливань перетворюється на пружну деформацію пакетів пружин.

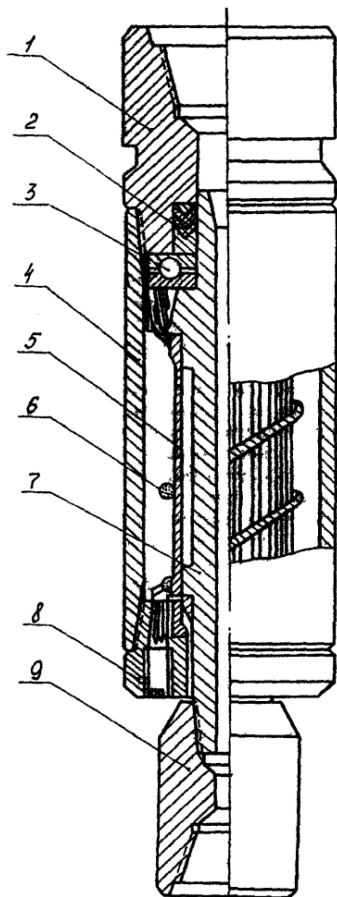


Рис. 7. Пружна муфта за А.с. №450875 СРСР

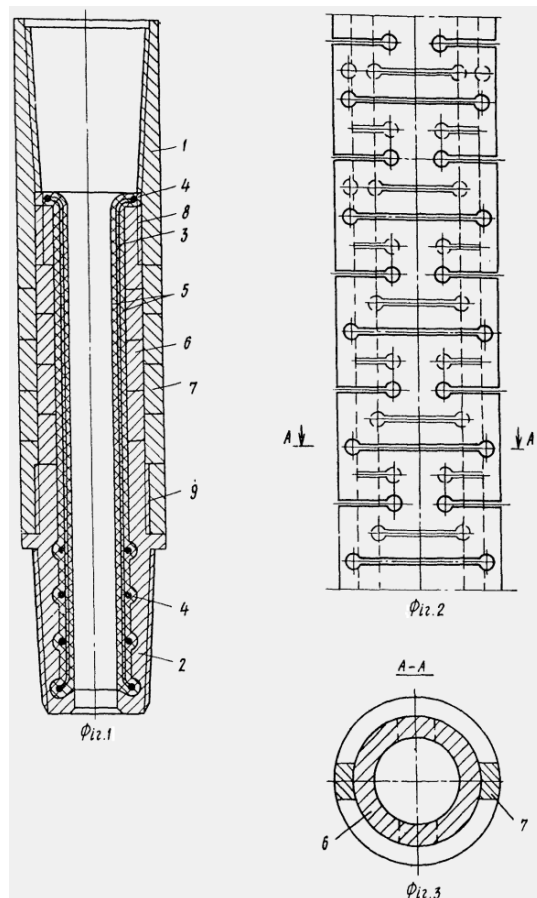


Рис. 8. Муфта буровийної колони за А.с. №734385 СРСР

Пружна муфта крутильних коливань за А.с. 488908 ССССР (рис. 6) працює так. Під час передачі обертового моменту, який виникає на долоті, ствол 4 повертається відносно корпусу 1 на деякий кут, закручуючи пластинчасту спіраль 6. Під час закручування кінетична енергія крутильних коливань переходить у потенціальну енергію деформації спіралі. Зменшення моменту на долоті призводить до зворотного явища, розкручування спіралі перетворює потенціальну енергію на кінетичну енергію крутильних коливань.

Основним параметром пружного елемента є крутильна жорсткість. Внутрішні сили тертя під час закручування спіралі незначні, і тому вплив демпфування незначний.

До складу муфти за А.с. №450875 СРСР (рис. 7) входять: перехідник 1, ущільнення 2, упорний підшипник 3, корпус 4, втулка 5 з прорізами, канат 6, ствол 7, гайка 8 кріплення каната 6, перехідник 9. Під час коливань обертового моменту ствол 7 повертається на деякий кут відносно корпусу 4. Під час цього пружний канат 6 стискає витками втулку 5, яка деформується зменшує крутильні коливання шпинделя.

Розгляньмо ще дві конструкції ВЗП з гумометалевими елементами за А.с. №734385 СРСР [8] (рис. 8) та за А.с. №874958 СРСР [9] (рис. 9). Пружна муфта на рис. 8 складається з перехідників 1 і 2, сталевого троса 3 з кільцевою арматурою 4 та вулканізованого гумою 5 і металевих пружин 6 і 7, які розміщені концентрично і мають протилежну навивку.

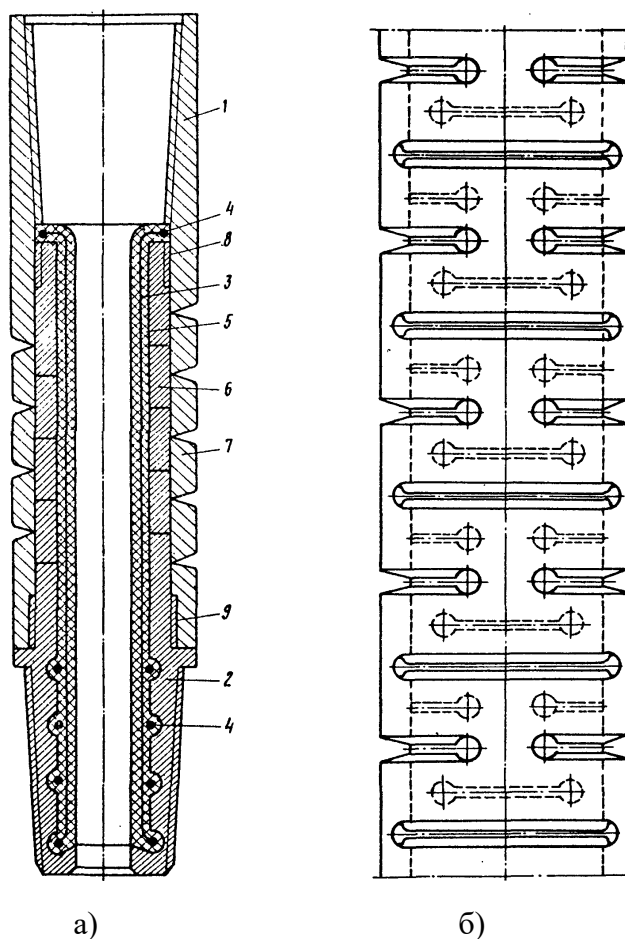


Рис. 9. Муфта бурової колони за А.с. №874958 СРСР

За такої конструкції пружного елемента перетворення частини енергії крутильних коливань на теплову (внаслідок сил внутрішнього тертя між гумою і сталевим тросом) та частини на потенціальну енергію деформації пружин 6 і 7 відбувається одночасно.

На рис. 9 зображено поліпшену конструкцію пружної муфти з гумометалевим елементом. Порівняно з муфтою на рис. 8 зовнішня пружина 7 має трапецеїдальний профіль з меншою основою по зовнішній поверхні. Така конструкція пружини запобігає зашламуванню гнучкої частини муфти і внаслідок цього забезпечує зростання довговічності її роботи.

### **Висновки**

1. Оскільки зміною лише частоти обертання ротора неможливо досягти значного збільшення потужності, що реалізується озброєнням долота, то найраціональнішим шляхом поліпшення умов роботи породоруйнівного інструменту, а значить і показників буріння, слід вважати використання віброзахисних пристроїв.

2. Результатами промислових випробувань пружних муфт ПМ-180 в кар'єрах нерудних копалин ВУ «Карпатвибхпром» встановлено, що включення в КНБК цього типу віброзахисних пристроїв дозволяє збільшити проходку на долото в 2,2 рази при зменшенні механічної швидкості буріння на 15,4 %.

### *Література*

1. Захист бурильної колони від вібраційних навантажень: Наукове видання / П.І. Огородніков, В.М. Світлицький, Ю.З. Щербатюк. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2012. – 279 с.
2. Стійкість і коливання бурильної колони / В.М. Мойсишин, Б.Д. Борисевич, Ю.Л. Гаврилів, С.А. Зінченко. – Івано-Франківськ: Лілея-НВ, 2013. – 590 с.
3. А.с. 1125353 СССР Е 21В 17/07. Наддолотный амортизатор / В.Г.Литвишко, Н.П.Литвинов, В.И.Зюзин. – Оpubл. 23.11.84, Бюл. №43.
4. А.с. 450875 СССР МКИ Е 21в 17/07. Упругая муфта для буровых забойных двигателей / П.И.Огородников, С.В.Величкович, Г.Н.Огородникова, В.Г.Борецкий, Н.Н.Мыкытук. – Оpubл. 05.12.74, Бюл. №43.
5. А.с. 488908 СССР МКИ Е 21в 17/06. Упругая муфта крутильных колебаний / Б.В.Пелех, С.В.Велычковыч, В.М.Шопа, З.Д.Васылечко. – Оpubл. 25.10.75, Бюл. №39.
6. А.с. 692971 СССР Е 21В 17/06. Амортизатор крутильных колебаний / Ю.С.Костин, А.Б.Мережковский, Г.В.Киреев. – Оpubл. 25.10.79, Бюл. №39.
7. А.с. 734385 СССР Е 21В 17/06. Муфта буровой колонны / Н.Л.Пшеничный, И.П.Пшеничный. – Оpubл. 15.05.80, Бюл. №18.
8. А.с. 874958 СССР Е 21В 17/02, Е 21 В 7/08. Муфта буровой колонны / Н.Л.Пшеничный, И.П.Пшеничный, Н.Я.Мелентьев, И.Ф.Глухов. – Оpubл. 23.10.81, Бюл. №39.



9. А.с. 935596 СССР Е 21В 17/07. Амортизатор крутильных колебаний / Ю.С.Костин, А.Б.Мережковский, Г.К.Киреев. – Оpubл. 15.06.82, Бюл. №22.

*Стаття надійшла до редакційної колегії 06.11.2023 р.*

## **ANALYSIS OF CONSTRUCTIONS OF TORSION SHOCK ABSORBERS DRILLING COLUMN OSCILLATION**

**V. M. Moisyshyn**

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas;  
15, Karpatska Street, Ivano-Frankivsk, 76019;  
tel. +380 (342) 71-72-31; e-mail: [math@nung.edu.ua](mailto:math@nung.edu.ua)*

*Designs of shock absorbers of torsional vibrations of the drilling column are considered. According to the material of the node that perceives vibrations, the following are distinguished: devices with rubber (or other elastic) elements and devices with metal and rubber-metal elements. The design features of nine devices which allow the vibration level reduction of the rock-destructive tool, were analyzed.*

**Key words:** *shock absorber, elastic element, torsional oscillations, drilling column.*