

**С. П. Мінець**<sup>1</sup>, д.т.н., проф., ORCID 0000-0002-4594-0915**В. Є. Антончик**<sup>1,\*</sup>, головн. констр пр., ORCID 0000-0002-4161-9112**В. Ф. Ганкевич**<sup>2</sup>, к.т.н., доц., ORCID 0000-0002-8535-6318**Н. О. Калугіна**<sup>2</sup>, д.т.н., с.н.с. ORCID 0000-0003-2994-5449**Т. М. Уколова**<sup>1</sup>, пров. інж.**В. Я. Кіба**<sup>3</sup>, к.т.н., доц., ORCID 0000-0003-3033-6106<sup>1</sup> *Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»*<sup>2</sup> *Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України*<sup>3</sup> *Відділення фізики гірничих процесів Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України*\* Автор для листування: [vladimirantonchik1958@gmail.com](mailto:vladimirantonchik1958@gmail.com)

## ПНЕВМОАМОРТИЗАТОР БУРОВИХ СТАНКІВ

**Анотація.** У статті розглянуті проблеми зносу бурового обладнання при бурінні міцних та особливо міцних гірських порід, зокрема, зворотна дія з боку масиву гірських порід на буровий інструмент, бурові штанги та бурові станки. У розділі огляд літератури розглянуті різні види амортизаторів бурового ставу для гасіння повздовжніх, крутильних та одночасного гасіння обох видів коливань. Вказані особливості їх роботи та недоліки. Показано, що проблема передачі коливань бурового ставу під час буріння міцних гірських порід не може бути вирішена свердловинними амортизаторами. Запропонований спосіб пневматичного гасіння механічних коливань. Приведена його фізична та математична модель, розрахунки ступеню гасіння максимальної амплітуди повздовжніх коливань на прикладі серійного бурового станка. Запропоноване нове технічне рішення у вигляді пристрою для гасіння пневмоамортизаторами одночасно повздовжніх та крутильних коливань бурового ставу з одночасною передачею цим пристроєм осьового зусилля та обертового моменту. Розроблений ескізний проект пневмоамортизатора бурового ставу. Приведений його загальний вигляд у розрізі та поперечне січення. Описаний склад пристрою та його робота. Показані переваги даного пневмоамортизатора бурового станка та його ефективність, як в захисті бурового станка, так і бурових штанг та бурового інструменту. У розділі висновки відмічене вирішення проблеми захисту бурового станка від основних видів коливань бурового ставу та економічний ефект по зменшенню собівартості видобутку корисних копалин.

**Ключові слова:** пневмоамортизатор, буровий став, повздовжні коливання, гасіння коливань, свердловинні амортизатори, пружний елемент, стиснуте

© С. П. Мінець, В. Є. Антончик, В. Ф. Ганкевич, Н. О. Калугіна, Т. М. Уколова, В. Я. Кіба, 2026



Це стаття відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND 4.0  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode.uk>

повітря, пневмоциліндр, буровий станок.

**Посилання для цитування:** Пневмоамортизатор бурового станка / С. П. Мінесв, В. Є. Антончик, В. Ф. Ганкевич, Т. М. Уколова, В. Я. Кіба / *Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії*. 2026. Вип. 40. С. 246-260. <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2026-40-016>

**Вступ.** Відомо що при бурінні свердловин з боку поверхні вибою на буровий інструмент, бурові штанги та буровий станок діє сила зворотної реакції на зусилля, що прикладене буровим станком до бурового інструменту для руйнування гірських порід. Це призводить до коливань та вібрації бурового інструменту бурових штанг і бурового станка, особливо, при бурінні міцних та надміцних гірських порід. Негативні наслідки вібрації бурового інструменту в загальних рисах зводяться до передчасного зносу озброєння шарошkových долот і їх опору з підшипниками, а при бурінні алмазними долотами до відколів алмазних зерен. При вібраціях швидше спрацьовуються деталі турбобуру, спостерігаються поломки бурильних штанг та вузлів подачі бурових станків.

Всі види коливань бурильної колони умовно поділяються на повздовжні, поперечні і крутильні. Під час буріння міцних та надміцних гірських порід долончатими або шарошковими долотами особливо значними є повздовжні коливання, що обумовлено зворотною дією гірських порід на заглиблення в них бурового інструменту, поперечні і крутильні коливання виникають під час буріння різанням.

Відомі способи боротьби з цим явищем зводяться до використання різного виду свердловинних амортизаторів, які встановлюють в буровий став одразу за буровим долотом.

**Мета роботи** полягає в розробці пневмоамортизатора бурового станка, який гасить коливання, що передаються на привід бурового станка від бурового ставу.

**Огляд літератури.** Проблема гасіння коливань бурового ставу вирішується переважно шляхом використання свердловинних амортизаторів, які встановлюють одразу за буровим долотом. Відомі різні конструкції таких амортизаторів, які в різній ступені гасять осьові та тангенціальні коливання бурового ставу. Так, наприклад, відомий «Пластинчатий амортизатор» [1], який складається з корпусу, верхньої і нижньої муфт, штока і рифлених пластин, простір між якими заповнений рідиною високої в'язкості, який працює наступним чином: на буровий став подають осьове зусилля та обертальний момент. Осьовим зусиллям стискають рифлені пластини з в'язкою

рідиною між ними у замкненому просторі між корпусом та штоком і нижньою муфтою. При стисненні в тонкому шарі рідини виникають величезні гідродинамічні опори, що перешкоджають розтіканню рідини, яка працює як пружна подушка.

Недоліком даного «Пластинчатого амортизатора» [1] є складність передачі обертового моменту, яка полягає в тому, що рифлені пластини можуть ковзати по поверхні одна одної, особливо, в результаті повздовжніх коливань зчеплення між ними зменшується, а при значному обертовому моменті, гофри ковзають між собою, що призводить до нагріву рідини між ними і зменшення її густини та властивостей як гідродинамічного опору, а також, зносу рифлення пластин і зменшення величини обертового моменту.

Найбільше розповсюдження отримали пружинні амортизатори, які використовують як для гасіння осьових, так і тангенціальних коливань бурового ставу, так, наприклад, відомий «Свердловинний амортизатор» [2], який складається з валу з шліцьовою втулкою, на валу розміщений трубчастий пружний елемент, в якому виконано прорізи що чергуються між собою і поршень, на якому розміщені ущільнювальні кільця. Свердловинний амортизатор [2], [3] працює наступним чином: до амортизатора приєднують шарошкове бурове долото, зубці якого під час буріння наносять удари та заглиблюються в гірську породу. При цьому виникає вібрація, яка залежить від кількості зубців на шарощі та частоти обертання долота. Пружина під дією навантаження то стискається, то випростовується, переводячи жорсткий характер зусилля в м'який.

Недоліком цих «Свердловинних амортизаторів» [2], [3] є передача осьового зусилля та обертового моменту через пружний елемент, яким є циліндрична втулка з поперечними прорізами, яка з одного боку повинна мати жорсткість достатню для заглиблення зубців шарошкового бурового долота в породу, а з іншого боку повинна бути досить м'якою, щоб загасити коливання. Виконати ці вимоги одночасно одним і тим же пружним елементом неможливо, тому даний амортизатор буде або погіршувати процес буріння, або недостатньо гасити повздовжні коливання долота і бурового ставу.

Відома також «Бурильна труба» [4], яка складається з перехідних втулок, з'єднаних двома трубами зовнішньою та внутрішньою у вигляді гвинтових стрічок з протилежним напрямком гвинтових ліній та зазором між стрічками та трубами, а також, центрального ущільненого шлангу, закріпленого жорстко у перехідних втулках.

Недоліком даної «Бурильна труба» [4] є передача осьового зусилля та обертового моменту через пружні елементи, якими є дві циліндричні труби, зовнішня та внутрішня, у вигляді гвинтових

стрічок з протилежним напрямком гвинтових ліній та зазором між стрічками та трубами, що зумовить розкручування однієї з пружин під час буріння, а також погіршить процес буріння через недостатню жорсткість такої «Бурильної труби» [4], зробленої з циліндричних пружин.

Відомий «Амортизатор бурильної колони» [5], що складається з корпусу, перехідників, пружного елемента (який передає осьове зусилля), патрубку, втулки, канату, який з'єднує корпус з нижнім перехідником, вплетений в вікнах і ребрах каркаса з напрямком гвинтових ліній, протилежним напрямку обертання амортизатора при бурінні свердловин і з'єднує корпус з нижнім перехідником і передає обертальний момент.

Недоліком цього «Амортизатор бурильної колони» [5] є те, що осьове зусилля передається через пружний елемент, який також передає коливання від зворотної дії бурового інструменту на буровий став, а передача обертального моменту через канат, закручений в протилежному напрямку до обертання амортизатора означає, що обертальний момент передається штовханням канату, тобто працює тільки незначна частина канату, яка застрягне між ребрами каркасу і працює, як пружина, недоліки якої показані у попередніх винаходах.

Слід зазначити, що окрім перерахованих недоліків всі амортизатори пружинного типу мають один суттєвий недолік, який полягає в тому, що всі вони «розтягують» коливання у часі, тобто зростання до максимального значення та зменшення до мінімального за довший проміжок часу, але не зменшують абсолютного значення величини амплітуди коливань. Це означає, що буровий станок хоч і за довший проміжок часу все ж сприймає коливання бурового ставу, які призводять до значних перевантажень окремих деталей та механізмів.

Найбільш близьким до вирішення цієї проблеми є «Універсальний гідропневмоамортизатор» [6], який складається з корпусу у вигляді пустотілого циліндра, циліндричної камери високого тиску, де створюють тиск і зусилля необхідне для подачі бурового ставу, яка постійно з'єднана з газом або рідиною, які знаходяться під тиском у буровому ставі та має декілька аналогічних камер високого тиску, які з'єднуються з магістраллю подачі газу або рідини (що знаходяться під тиском у буровому ставі), камери атмосферного тиску, які постійно зв'язані з атмосферою каналами і знаходяться поруч з камерами високого тиску та герметично відділені від них циліндричними виступами-поршнями, втулки з радіальними розточками і отворами до них, один з яких постійно з'єднаний камерою високого тиску для подачі бурового інструменту, а інші з'єднуються з гальмівними камерами високого тиску, гвинта для регулювання вихідного отвору з

штоку і регулювання величини тиску рідини або газу в магістралі та камерах високого тиску, корпус циліндра має циліндричні розточки, в яких поступально рухаються циліндричні виступи-поршні розташовані на штоку і розділяють ці розточки на камери високого тиску та атмосферного тиску, корпус циліндра має канали, через які гальмівні камери високого тиску періодично сполучаються з магістраллю подачі газу або рідини, турбомуфти, в якій обертальний момент від бурового ставу до бурового долота передається динамічним тиском густої рідини в герметичному об'ємі від ведучих лопаток на корпусі турбомуфти до відомих лопаток на корпусі циліндру.

Даний [6] амортизатор зменшує осьові коливання на 25 відсотків, а недоліком амортизації тангенціальних коливань турбомуфтою є те, що коефіцієнт корисної дії турбомуфти залежить від кутової швидкості ведучого та відомого коліс, і величина обертального моменту може зменшуватись від номінального, що погіршить процес буріння гірських порід.

**Опис методики досліджень.** Як видно з розглянутих відомих способів та пристроїв гасіння коливань бурового ставу, обумовлених реакцією забою при бурінні свердловин, всі вони не дають потрібного результату. Причина в тому, що коливання намагаються гасити за допомогою твердих пружних тіл, що з одного боку вимагає, щоб пружні елементи були достатньо жорсткими, щоб передати буровому інструменту значні осьові зусилля та обертальні моменти, а з іншого боку, ці пружні елементи не повинні мати значну жорсткість для того, щоб поглинати та гасити ці коливання. Виконати одночасно ці взаємно протилежні вимоги практично неможливо в твердих тілах.

Як видно з вищевказаного, свердловинні амортизатори не вирішують повністю проблеми коливань бурового ставу та його впливу на буровий станок, тому для захисту механізмів бурового станка необхідні амортизатори безпосередньо на буровому станку, які б гасили до допустимих значень навантаження на механізми станка, як від осьових, так і від тангенціальних коливань бурового ставу. В цьому сенсі пружинні механічні амортизатори не підходять через передачу більшої частини коливань на станок. Використання гідравлічного приводу та подачі бурового ставу також не вирішує даної проблеми. Так, наприклад, осьові коливання з бурового ставу передаються на поршні подаючих гідроциліндрів і в подальшому через незначну властивість рідини до стискання ці коливання передаються на механізм насоса, корпус гідроциліндрів, і в подальшому, на корпус бурового станка. Аналогічно передаються і тангенціальні коливання на механізм приводу станка.

Вирішенням даної проблеми може бути використання в амортизаторі у якості робочого тіла газ, а саме повітря. Відомо, що в твердих тілах, які мають достатню жорсткість, навіть незначні деформації спричиняють значні напруження на елементи конструкції. В той же час в газовому середовищі коливання того ж рівня завдяки розсіюванню їх енергії у всьому об'ємі газу спричиняють дію на елементи конструкції в десятки разів меншу. Це пояснюється тим, що молекули газу не утримують одна одну електромагнітними силами, а рухаються у просторі хаотично, що і призводить до швидкого рівномірного розподілення енергії коливань на весь об'єм газу в амортизаторі. Виходячи з цього для захисту механізмів бурових станків необхідне створення пневматичних амортизаторів бурового станка, як на подачі, так і на приводі бурового ставу.

Розглянемо вирішення даної проблеми на прикладі фізичної і математичної моделі стиснення газу (повітря) в пневмоциліндрі [7], [8], [9]. Враховуючи те, що як повздовжні, так і окружні коливання відбуваються за короткий проміжок часу, близько 0,001-0,002 с, тому процес стиснення повітря вважаємо адіабатним, показник адіабати для повітря вважаємо 1,4.

На рис. 1 схематично зображені пневмоциліндр з поршнем у вихідному положенні.

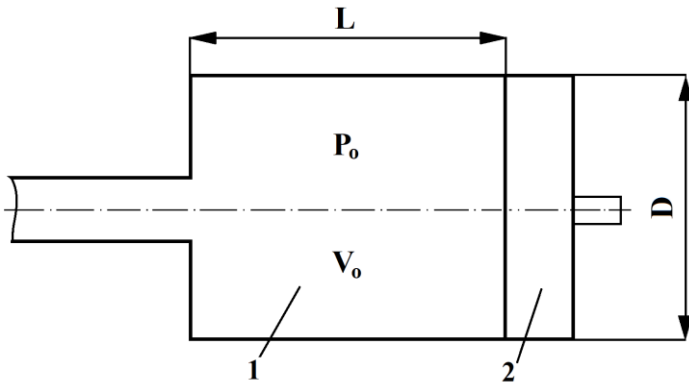


Рисунок 1 – Пневмоциліндр з поршнем у вихідному положенні:  
1 – пневмоциліндр; 2 – поршень;  $P_0$  – тиск повітря в пневмоциліндрі та магістралі стиснутого повітря;  $V_0$  – об'єм повітря в пневмоциліндрі до повздовжнього коливання бурового ставу

На рисунку 2 схематично зображені пневмоциліндр з поршнем у положенні максимальної амплітуди повздовжнього коливання бурового ставу.

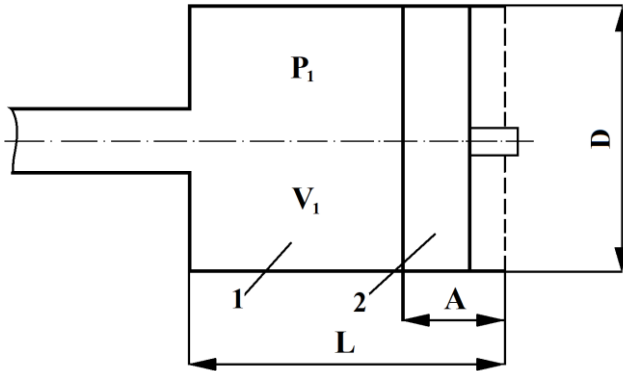


Рисунок 2 – Пневмоциліндр з поршнем у положенні максимальної амплітуди повздовжнього коливання бурового ставу: 1 – пневмоциліндр; 2 – поршень;  $P_1$  – тиск повітря в пневмоциліндрі та магістралі стиснутого повітря під час максимальної амплітуди повздовжнього коливання;  $V_1$  – об’єм пневмоциліндра під час максимальної амплітуди повздовжнього коливання;  $A$  – максимальна амплітуда повздовжнього коливання

Рівняння адіабатного процесу стискання повітря в пневмоциліндрі під час повздовжнього коливання бурового ставу.

$$\frac{P_0}{P_1} = \left( \frac{V_1}{V_0} \right)^{\kappa} \quad (1)$$

звідкіля отримаємо

$$P_1 = \frac{P_0}{\left( \frac{V_1}{V_0} \right)^{\kappa}} \quad (2)$$

де  $P_0$  – тиск повітря в пневмоциліндрі та магістралі стиснутого повітря до повздовжнього коливання бурового ставу;  $V_0$  – об’єм повітря в пневмоциліндрі до повздовжнього коливання бурового ставу;  $P_1$  – тиск в пневмоциліндрі при максимальній амплітуді коливання бурового ставу;  $V_1$  – об’єм повітря в пневмоциліндрі при максимальній амплітуді коливання бурового ставу.

$$V_0 = \frac{\pi D^2}{4} \cdot L \quad (3)$$

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \cdot (L - A) \quad (4)$$

де  $L$  – довжина робочої частини пневмоциліндру;  $D$  – діаметр пневмоциліндру;  $A$  – максимальна амплітуда повздовжнього коливання.

Підставляючи (3) і (4) в (2), отримаємо

$$P_1 = \frac{P_0}{\left[ \frac{\frac{\pi D^2}{4} \cdot L}{\frac{\pi D^2}{4} \cdot (L - A)} \right]^k} = \frac{P_0}{\left( \frac{L}{L - A} \right)^k} \quad (5)$$

Отримана формула дозволяє визначити тиск в пневмоциліндрі під час максимальної амплітуди повздовжнього коливання і навантаження на механізми бурового станка.

**Результати досліджень.** Розглянемо навантаження на механізми бурового станка на прикладі роботи пневмоциліндра на станку ударно обертального буріння НКР 100М для буріння в умовах шахт глибоких свердловин діаметром 105 мм в гірських породах міцністю  $f$  3...14.

*Технічна характеристика станка*

- робочий тиск стиснутого повітря  $P_0 = 0,5$  МПа;
- робоче зусилля подачі на буровий інструмент 1500 Н;
- максимальне зусилля подачі на буровий інструмент 6000 Н;
- хід податчика 0,365 м.

Визначаємо площу поперечного перерізу пневмоциліндру, виходячи з максимального зусилля подачі на буровий інструмент.

$$F = P_0 \cdot S \quad (6)$$

де  $F$  – максимальне зусилля подачі на буровий інструмент;  $S$  – площа поперечного перерізу пневмоциліндра;  $P_0$  – робочий тиск стиснутого повітря.

$$S = \frac{F}{P_0} = \frac{6000}{500000} = 0,012 \text{ м}^2$$

Визначаємо тиск в пневмоциліндрі при максимальній амплітуді коливання бурового ставу по формулі (5).

$$P_1 = \frac{P_0}{\left( \frac{L}{L - A} \right)^k} = \frac{500000}{\left( \frac{0,365}{0,365 - 0,05} \right)^k} = \frac{500000}{0,8136} = 614552$$

Знаходимо співвідношення тисків повітря в пневмоциліндрі до і після коливання бурового ставу.

$$\frac{P_1}{P_0} = \frac{614552}{500000} = 1,23$$

Таким чином, максимально можливе зусилля з боку пневмоциліндра на буровий станок при максимальному зусиллі подачі на буровий інструмент в 1,23 рази перевищує розрахункове навантаження. Враховуючи те, що в загальному машинобудуванні запас міцності складає 1,4-1,6 розрахункового, то дане навантаження витримується буровим станком без додаткового підсилення його конструкції. В дійсності підвищення тиску повітря відбувається не тільки в пневмоциліндрі, а і в магістралі подачі стиснутого повітря, і в ресивері компресора. Цей процес відбувається за короткий проміжок часу близько 0,01 с, враховуючи швидкість звуку в стиснутому повітрі, тому об'єм повітря що стискається в декілька разів більший за об'єм пневмоциліндра. Таким чином, якщо наш розрахунковий об'єм пневмоциліндра складає

$$V_0 = S \cdot L = 0,012 \cdot 0,365 = 0,00438$$

То в дійсності він буде що найменш втричі більшим і складатиме  $V_0 = 0,013 \text{ м}^3$ , а об'єм повітря після стискання його від коливання буде складати

$$V_1 = S \cdot (L - A) + 2 \cdot V_0 = 0,012 \cdot 0,315 + 0,00876 = 0,01254$$

Підставляючи ці значення в формулу (2) отримаємо:

$$P_1 = \frac{P_0}{\left(\frac{V_1}{V_0}\right)^k} = \frac{P_0}{\left(\frac{0,01254}{0,013}\right)^{1,4}} = \frac{500000}{0,95} = 526315$$

Співвідношення тисків складає

$$\frac{P_1}{P_0} = \frac{526315}{500000} = 1,05,$$

що перевищує номінальний тиск і зусилля від нього на буровий станок лише на 5% і залишає майже не вичерпаний запас міцності при звичайних розрахунках в машинобудуванні.

Враховуючи переваги пневматичного амортизатора авторами був розроблений універсальний пневмоамортизатор бурового станка, який повністю заснований на пневматичному гасінні, як повздовжніх, так і крутильних коливань бурового ставу. Загальний вигляд у розрізі та поперечне січення цього амортизатора зображене на рис. 3, та рис. 4.

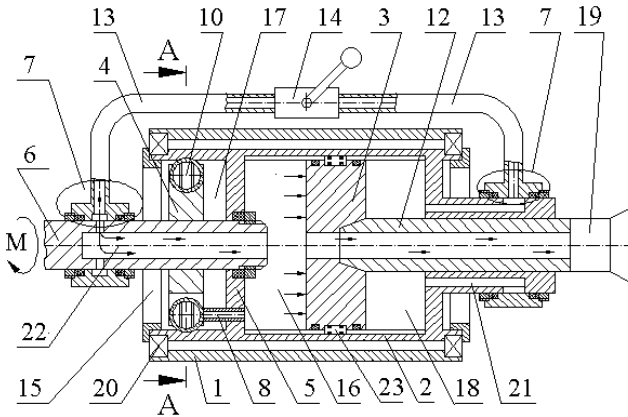


Рисунок 3 – Загальний вигляд пневмоамортизатора у розрізі

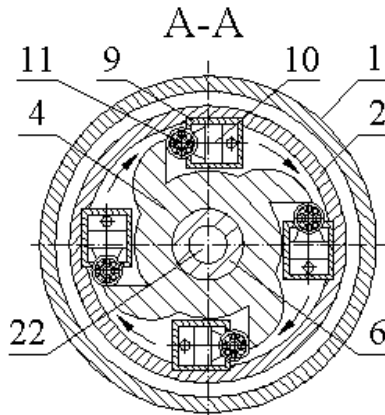


Рисунок 4 – Січення А-А пневмоамортизатора

Універсальний пневмоамортизатор бурового станка складається з: 1 – корпус; 2 – циліндр приводу; 3 – поршень подачі бурового ставу; 4 – зубці ведучого колеса; 5 – перегородка; 6 – вал ведучого колеса; 7 – вузол ущільнення; 8 – трубка; 9 – пневмоциліндр тангенціальний; 10 – поршень; 11 – підшипник; 12 – буровий став; 13 – повітропровід; 14 – перемикач; 15 – кришка; 16 – камера високого тиску; 17 – камера атмосферного тиску; 18 – камера зворотного ходу; 19 – бурове долото; 20 – підшипник циліндру приводу; 21 – канал зворотного ходу; 22 – канал подачі стиснутого повітря; 23 – циліндрична шпонка.

Пневмоамортизатор бурового станка працює наступним чином. Корпус 1 разом з буровим ставом 12, буровим долотом 19,

перемикачем 14 і повітропроводами 13 жорстко з'єднують з буровим станком. В середині корпусу 1 на підшипниках циліндра приводу 2 встановлений циліндр приводу 2, закріплений кришкою 15, що дозволяє йому вільно обертатись в середині корпусу 1. До бурового ставу жорстко та герметично прикріплюють бурове долото 19, яким може бути шарошкове долото або занурювальний пневмоударник з долотчатою коронкою.

Поворотом перемикача 14 стиснуте повітря через лівий повітропровід 13, вузол ущільнення 7 і канал подачі стиснутого повітря 22 подають у камеру високого тиску 16. Під дією тиску повітря поршень подачі бурового ставу 3 рухається вправо до поверхні забою і в подальшому зупиняється на поверхні забою, при цьому стиснуте повітря створює тиск на поршень подачі бурового ставу 3 буровий став 12 і бурове долото 19 і зусилля, яке дорівнює необхідному зусиллю подачі бурового долота 19 для буріння гірської породи. В подальшому тиск повітря в камері високого тиску 16 на поршень подачі бурового ставу 3 забезпечує осьову подачу бурового долота 19 в напрямку буріння свердловини. Стиснуте повітря через крізний канал в поршні подачі бурового ставу 3 і буровий став 12 потрапляє в буровий інструмент, де використовується для роботи пневмоударника або охолодження підшипників шарошкового долота та для видалення продуктів руйнування із свердловини.

В подальшому вмикають привід бурового станка, який подає обертальний момент на вал ведучого колеса 6, зубці ведучого колеса 4, які обертаючись тиснуть на підшипники 11 і поршні 10. Стиснуте повітря з камери високого тиску 16 через трубки 8 потрапляє в пневмоциліндри тангенціальні 9 і створює тиск на поршнях 10. Під дією зубців ведучого колеса 4 поршні 10 рухаються у напрямку обертання зубців ведучого колеса 4 і створюють тиск стиснутого повітря на дно пневмоциліндрів тангенціальних 9, які будучи жорстко прикріпленими до циліндр приводу 2 починають його обертати. Обертальний момент циліндра приводу 2 через циліндричну шпонку 23 передається на поршень подачі бурового ставу 3 і далі на буровий став 12 і бурове долото 19, після чого починається буріння гірських порід і продовжується при переміщенні циліндричних шпонок 23 у пазах циліндра приводу 2. Камера високого тиску 16 відокремлена від камери атмосферного тиску 17 ізолюючою перегородкою 5. Вузол ущільнення 7 запобігає витоку повітря в атмосферу між нерухомими та рухомими деталями. Повздовжні коливання бурового ставу 12 від зворотної дії породи забою на буровий інструмент затухають в камері високого тиску 16, а крутильні коливання, які виникають від зворотної дії породи на сколювання породи від обертання бурового інструменту,

затухають в камерах пневмоциліндрів тангенціальних 9.

Після завершення буріння вимикають привід бурового станка і перемикачем 14 стиснуте повітря спрямовують через правий повітропровід 13, вузол ущільнення 7, канал зворотного ходу 21 у камеру зворотного ходу 18. Під тиском повітря на поршень подачі бурового ставу 3 буровий став 12 з буровим долотом 19 повертаються у вихідне положення.

**Аналіз результатів.** Розгляд роботи відомих амортизаторів бурового ставу показав, що більшість з них зокрема амортизатори пружинного типу гасять коливання бурового ставу лише в незначній мірі на величину теплових втрат енергії при стисканні пружного елемента. Найбільш досконалий «Універсальний гідропневмоамортизатор» хоч і зменшує амплітуду повздовжніх коливань на 25%, все ж залишає переважання механізмів бурового станка досить значними. Так, наприклад, повздовжні коливання бурового ставу від зворотної дії породи забою на буровий інструмент можуть в 3-4 рази перевищувати робоче зусилля подачі бурового долота. Це зусилля (яке навіть для «Універсального гідропневмоамортизатора» може в 3 рази перевищувати зусилля подачі) через буровий став передається на механізми бурового станка і призводить до їх руйнування або виконання деталей і вузлів станка з 3-х разовим запасом міцності, що призведе до значного збільшення його маси і вартості. Зважаючи на це виникає необхідність створення універсального пневматичного амортизатора бурового станка, який гасить усі види коливань до і зусилля від них до допустимих значень запасу міцності, які в загальному машинобудуванні складають 1,4-1,6 рази. По результатам розрахунків конструкції універсального пневмоамортизатора розробленого авторами даний амортизатор дозволяє гасити всі види коливань до значень, які не перевищують навіть 1,1 рази. Даний універсальний пневматичний амортизатор є новим технічним рішенням підтвердженим патентами [10- 12].

### **Висновки**

Розроблений універсального пневматичного амортизатора бурового станка дозволяє вирішити проблему руйнівної дії коливань бурового ставу на механізми бурового станка. Так зворотна дія від забою найбільш значних повздовжніх коливань зменшується в десятки і сотні разів і не складає суттєвої загрози руйнування деталей і механізмів бурового станка через перевищення запасу міцності. Це зменшує металоємність та вартість бурових станків та збільшує їх термін використання, що в цілому зменшує собівартість видобутку корисних копалин.

Крім цього, даний універсального пневматичного амортизатора бурового станка суттєво зменшує навантаження на бурове долото та буровий став через те, що на останній з боку бурового станка діє менш жорстка реакція за короткий проміжок часу, що і створює значні питомі навантаження на окремі поверхні (наприклад різьбові з'єднання) деталей бурового долота та бурового ставу, що також зменшує собівартість видобутку корисних копалин.

### **Перелік посилань**

1. Пластинчатий амортизатор, «Нівелювання негативного впливу вібрацій у бурінні»/ Ганкевич В. Ф., Пашенко О. А., Дюба Е. М. // Науковий вісник НГУ, 2015. - С. 81-85.

2. Островський І. Р., Лісниченко В. А., Сірик В. Ф., Луцик О. С., Безсонов І. Ю., Ярош Д. І. Свердловинний амортизатор. Патент UA 18404 E21B 17/04. Оpubл. 15.11.2006. Бюл. № 11.

3. Островський І. Р., Лісниченко В. А., Сірик В. Ф., Луцик О. С., Безсонов І. Ю., Ярош Д. І. Свердловинний амортизатор. Патент UA 20646 E21B 17/04. Оpubл. 15.02.2007. Бюл. № 2.

4. Островський І. Р., Лісниченко В. А., Сірик В. Ф., Симоненко С. Г., Луцик О. С. Бурильна труба. Патент UA 82997 E21B 17/20. Оpubл. 10.06.2008. Бюл. № 11.

5. Островський І. Р., Лісниченко В. А., Сірик В. Ф., Луцик О. С., Безсонов І. Ю., Огородніков П. І. Амортизатор бурильної колони. Патент UA 32853 E21B 17/00. Оpubл. 10.06.2008. Бюл. № 11.

6. Антончик В. Є., Мінеєв С. П., Ганкевич В. Ф., Кіба В. Я. Універсальний гідропневмоамортизатор. Патент UA 158304 E21B 17/04. Оpubл. 22.01.2025 Бюл. № 4.

7. Термодинамика / М. Н. Беляев, Киев, Главное издательство издательского объединения «Вища школа», 1987. 76 с.

8. Мінеєв С., Янжула О., Чорний А. Теплофізичні процеси в гірничих виробках при пожежах. Дніпро: Бела К.О, 2024. 152 с.

9. Minieiev, S., Dychkovskiy, R., Prostariski, D., Ryskykh V. Fire risk management and emergency response in mining operations (95 pp.; ISBN 978-83-65593-50-4). KOMAG Institute of Mainig Technology. <https://doi.org/10.32056/KOMAG/Monograph2025.8>

10. Пошук методів підвищення продуктивності буріння свердловин у міцних гірських породах / С. П. Мінеєв, В. С. Антончик, В. Ф. Ганкевич, О. В. Лівак, В. Я. Кіба, О. В. Куц, Д. Р. Захарова // Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії. Випуск 36. 2022 р. 499-506 с. <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2022-36-499-506>

11. Універсальний пневмогідроамортизатор бурового ставу / Антончик В. Є., Ганкевич В. Ф., Мальцева В. Є., Пашенко О. А., Мінеєв С. П., Кіба В. Я. // Геотехнічна механіка 2024. № 168. С. 5-16. <https://doi.org/10.15407/geotm2024.168.005>

12. Дослідження енергетичних характеристик процесу руйнування гірських порід різної міцності при бурінні / Пашенко О. А., Мінеєв С. П., Молчанов О. М., Ганкевич В. Ф. // Фізико-технічні проблеми гірничого

виробництва. 2025. Вип. 27, 35-47. <https://doi.org/10.37101/ftpgp27.01.004>

## References

1. Hankevych, V. F., Pashchenko, O. A. & Dyoba, E. M. (2015) Plastynchatyi amortyzator, "Niveliuvannia nehatyvnogo vplyvu vibratsii u burinni". Naukovyi visnyk NHU, 81-85
2. Ostrovskiy, I. R., Lisnychenko, V. A., Siryk, V. F., Lutsyk, O. S., Bezsonov, I. Yu. & Yarosh, D. I. (2006) Sverdlovynnyi amortyzator. Patent UA 18404 E21B 17/04. Published 15.11.2006. Bul. No 11
3. Ostrovskiy, I. R., Lisnychenko, V. A., Siryk, V. F., Lutsyk, O. S., Bezsonov, I. Yu. & Yarosh, D. I. (2007) Sverdlovynnyi amortyzator. Patent UA 20646 E21B 17/04. Published 15.02.2007. Bul. No 2
4. Ostrovskiy, I. R., Lisnychenko, V. A., Siryk, V. F., Symonenko, S. H. & Lutsyk, O. S. (2008) Burylna truba. Patent UA 82997 E21B 17/20. Published 10.06.2008. Bul. No 11
5. Ostrovskiy, I. R., Lisnychenko, V. A., Siryk, V. F., Lutsyk, O. S., Bezsonov, I. Yu. & Ohorodnikov, P. I. (2008) Amortyzator burylnoi kolony. Patent UA 32853 E21B 17/00. Published 10.06.2008. Bul. No 11.
6. Antonchuk, V. Ye., Minieiev, S. P., Hankevych, V. F. & Kiba, V. Ya. (2025) Universalnyi hidropnevmoamortyzator. Patent UA 158304 E21B 17/04. Published 22.01.2025. Bul. No 4.
7. Beliaev, M. N. (1987) Termodynamyka. Kyev: Holovnoe yzdatelstvo yzdatelskoho obedyneniya "Vyshcha shkola"
8. Minieiev, S., Yanzhula, O. & Chorni, A. (2024) Teplofizychni protsesy v hirnykykh vyrobkakh pry pozhezhakh. Dnipro: Bela K.O.
9. Minieiev, S., Dychkovskiy, R., Prostariski, D. & Ryskykh, V. (2025) *Fire risk management and emergency response in mining operations*. KOMAG Institute of Mining Technology. <https://doi.org/10.32056/KOMAG/Monograph2025.8>
10. Mineev, S. P., Antonchik, V. E., Hankevych, V. F., Livak, O. V., Kiba, V. Y., Kuts, O. V., & Zakharova, D. R. (2022). Finding ways to improve productivity drilling wells in strong rocks *Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy*. 2022. Collection 36. P. 499-506. <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2022-36-499-506>
11. Antonchuk, V. Ye., Hankevych, V. F., Maltseva, V. Ye., Pashchenko, O. A., Minieiev, S. P., & Kiba, V. Ya. (2024). Universal hydropneumatic shock absorber for drill column. *Geo-Technical Mechanics*, (168), 5–16. <https://doi.org/10.15407/geotm2024.168.005>
12. Pashchenko, O. A., Molchanov, O. M., Minieiev, S. P., & Hankevych, V. F. (2025). Investigation of energy characteristics in the process of rock destruction with varying strengths during drilling. *Physical and technical problems of mining production*, (27), 35-47. <https://doi.org/10.37101/ftpgp27.01.004>

**S. P. Minieiev**<sup>1</sup>, D. Sc. (Tech.), Professor, ORCID 0000-0002-4594-0915

**V. Ye. Antonchuk**<sup>1,\*</sup>, Chief Designer, ORCID 0000-0002-4161-9112

**V. F. Hankevych**<sup>2</sup>, Ph. D. (Tech.), Assoc. Prof., ORCID 0000-0002-8535-6318

**N. O. Kaluhina**<sup>2</sup>, D. Sc. (Tech.), Sr. Res., ORCID 0000-0003-2994-5449

**T. M. Ukolova**<sup>1</sup>, Leading Engineer

**V. Ya. Kiba**<sup>3</sup>, Ph. D. (Tech.), Assoc. Prof., ORCID 0000-0003-3033-6106

<sup>1</sup> *Dnipro University of Technology*

<sup>2</sup> *M.S. Poliakov Institute of Geotechnical Mechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine*

<sup>3</sup> *Branch for Physics of Mining Processes of the M.S. Poliakov Institute of Geotechnical Mechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine*

\* *Corresponding author: vladimirantonchik1958@gmail.com*

## **PNEUMATIC SHOCK ABSORBER FOR DRILLING MACHINES**

**Abstract.** This paper investigates the wear of drilling equipment during drilling in hard and ultra-hard rock formations. Special attention is given to the reactive forces exerted by the rock mass on the drilling tool, drill rods, and the drilling machine. The literature review analyzes existing types of drill string shock absorbers intended for damping longitudinal, torsional, and combined vibration modes, and identifies their operational features and inherent limitations. It is demonstrated that vibration transmission along the drill string during hard rock drilling cannot be effectively mitigated by downhole shock absorbers. A pneumatic approach to mechanical vibration damping is proposed. The physical and mathematical models of the damping process are presented, together with calculations of the reduction in the maximum amplitude of longitudinal vibrations, illustrated using a standard drilling machine as a case study. A novel technical solution is introduced in the form of a pneumatic shock absorber capable of simultaneously attenuating longitudinal and torsional drill string vibrations while transmitting axial load and torque. A conceptual design of the pneumatic drill string shock absorber is developed, including sectional and cross-sectional views, and its structure and operating principle are described. The results demonstrate that the proposed pneumatic shock absorber provides effective protection for the drilling machine, drill rods, and drilling tool. The conclusions highlight that the developed solution significantly reduces the impact of drill string vibrations on drilling equipment and offers a measurable economic benefit by lowering the overall cost of mineral extraction.

**Key words:** pneumatic shock absorber, drill string, longitudinal vibrations, vibration damping, downhole shock absorbers, elastic element, compressed air, pneumatic cylinder, drilling machine.

**For citation:** Minieiev, S. P., Antonchuk, V. Ye., Hankevych, V. F., Kaluhina, N. O., Ukolova, T. M., & Kiba, V. Ya. (2026). Pneumatic shock absorber for drilling machines. *Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy*, 40. 246-260. <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2026-40-016>

*Рукопис надійшов до редакції / Received 12.12.2025*

*Рекомендовано до друку / Accepted 28.05.2026*

*Опубліковано / Published 30.05.2026*