УДК 622.233.429

А.О. ХРУЦЬКИЙ, канд. техн.наук, доц., Вік.А. ГРОМАДСЬКИЙ, канд.техн. наук, ст. викладач
К.В. КАМАЛЯЄВ, магістрант
Криворізький національний університет

АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПЕРФОРАТОРІВ ІЗ ШАРНІРНИМ ЗАХОПЛЮЮЧИМ МЕХАНІЗМОМ З ПРУЖНИМ БОЙКОМ

Ударне бурове обладнання широко застосовується в багатьох галузях: гірничорудній, будівельній, машинобудівній, металургійній. Технологічні операції, виконувані з використанням удару та вібрації, включають буріння шпурів, депарафінізацію труб, забивання анкерів, руйнування бетону, ущільнення матеріалів, пробивання отворів, клепку, штампування, очищення деталей тощо.

Ручні механізовані інструменти ударної дії (перфоратори, молотки) із пневматичним, гідравлічним чи електричним приводом мають широку популярність. Серед них електромеханічні машини вирізняються мобільністю, зручністю, економічністю та адаптивністю до різних умов. Електродвигуни в них перетворюють обертальний рух у зворотно-поступальний через різноманітні механізми – шатуно-кривошипні, кулісні, ексцентрикові тощо. Також поширені електромагнітні приводи, в яких електрична енергія безпосередньо перетворюється на кінетичну енергію бойка.

Дослідження присвячено підвищенню енергоефективності перфораторів із електромеханічним приводом і шарнірним захоплюючим механізмом з пружним бойком шляхом обґрунтування їхніх раціональних конструктивних параметрів. Об'єкт дослідження – процес роботи перфоратора, предмет – параметри його ударного механізму.

Встановлено, що радіус кривошипа обернено пропорційний частоті ударів, а маса бойка прямо пропорційна енергії удару й обернено пропорційна квадрату передударної швидкості. Оптимальна маса бойка – 1-2,5 кг при швидкості 6-7 м/с.

Встановлено, що жорсткість пружини прямо пропорційна масі бойка та квадрату частоти ударів, змінюється в межах 16-180 кН/м.

Встановлено, що потужність привода прямо пропорційна масі бойка та частоті ударів, складає від 0,5 до 6 кВт.

Проведено аналіз конструкцій з метою вибору схеми, де енергія удару не залежить від властивостей гірських порід. Найкращим виявився затримуючий механізм із шарнірним взводом пружини. Такі механізми мають меншу вагу, рівномірне навантаження електродвигуна, точне керування ударами та високу надійність.

Розроблено математичну модель перфоратора з обґрунтованими рівняннями динаміки. Для перевірки моделі застосовано комп'ютерне моделювання в САПР SolidWorks (модуль Motion). За результатами моделювання встановлено, що хід ударника становить 97% подвоєного радіуса кривошипа. У моделі фактична швидкість ударника перевищує розрахункову на 7%, енергія удару вища за розрахункову на 16%, сила пружності менша за розрахункову на 28%.

Отримані результати свідчать про доцільність запропонованої конструкції. Визначено, що ключовим параметром є радіус кривошипа, від якого залежать всі інші характеристики. Загалом запропоновано методику розрахунку механізму перфоратора для забезпечення його роботи в енергоефективному резонансному режимі. Проведено аналіз в діапазоні енергії удару 25-125 Дж і частоти 500-3000 уд/хв. Підтверджено придатність методики для широкого діапазону задач.

Отримані результати також становлять практичну цінність для проєктування бурових машин автоматизованого типу, у тому числі тих, що можуть працювати в автономному режимі. Зокрема, математична модель, що описує динаміку бойка, може бути використана для вбудованих систем керування, які адаптують режим роботи машини до властивостей матеріалу в реальному часі. Дослідження відкриває можливості для створення ударних систем нового покоління, де електромеханічний привід забезпечує не лише ефективну передачу енергії, але й адаптивність, точність та високу надійність у складних експлуатаційних умовах.

Таким чином, вирішено актуальне науково-технічне завдання щодо покращення енергоефективності електромеханічних перфораторів із шарнірним захоплюючим механізмом з пружним бойком через встановлення раціональних параметрів механізму та підтвердження їх ефективності моделюванням.