УДК 622.831:624.121:665.6/.7.03(477)

О.Л. ШЕПЕЛЬ, канд. техн. наук, доцент
Криворізький національний університет

АКТУАЛЬНІСТЬ ЗБЕРІГАННЯ НАФТИ ТА ГАЗУ В ПІДЗЕМНИХ СХОВИЩАХ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Сучасна система зберігання енергетичних ресурсів в Україні характеризується чітким розділенням за типами споруд: якщо природний газ традиційно акумулюється у гігантських підземних сховищах на базі виснажених родовищ, то нафта та нафтопродукти переважно зберігаються у наземних резервуарних парках. Логістика нафтопродуктів досі значною мірою покладається на сталеві наземні конструкції, що в умовах воєнного стану створює критичні ризики для енергетичної безпеки. В умовах сучасного збройного протистояння енергетична безпека України виступає невід'ємною складовою національної оборони, де стабільність постачання нафти та газу дозволяє нівелювати пікові навантаження та перебої, спричинені атаками на наземну інфраструктуру. Наземні резервуари виявляються надзвичайно вразливими до високоточних засобів ураження, що зумовлює гостру необхідність переходу до використання підземних сховищ, які мають природний геомеханічний захист.

Сталеві резервуари проєктувалися з розрахунку на статичні та гідростатичні навантаження, проте вони практично не мають запасу міцності проти підривів боєприпасів. Навіть непряме влучання або детонація поблизу резервуарного парку спричиняє каскадну деформацію стінок, розгерметизацію швів та руйнування. Більше того, концентрація великих обсягів легкозаймистих речовин на обмеженій відкритій площі створює умови для розповсюдження вогню, коли теплове випромінювання від одного палаючого об'єкта критично знижує несучу здатність сусідніх ємностей, призводячи до їхнього самозаймання. Ситуація ускладнюється високою візуальною та тепловою контрастністю наземних нафтобаз, що робить їх ідеальними цілями для засобів термічного та оптичного наведення. Використання земляних валів та залізобетонних вертикальних стін, передбачених нормами техногенної безпеки, виявляється малоефективним проти сучасних засобів ураження з фугасною та кумулятивною дією, оскільки ці бар'єри розраховані на локалізацію розливу, а не на відбиття ударної хвилі. Відкритість комунікацій – насосних станцій, естакад наливу та запірної арматури – дозволяє вивести з ладу весь логістичний вузол шляхом точкового ураження. Це створює ефект, коли за умови збереження частини палива, його видача стає неможливою через руйнування енергозабезпечення та автоматики.

Зазвичай підземні споруди захищені значною товщею гірських порід, що забезпечує високу стійкість до сейсмічних ударів та авіаційних бомб. Як показують результати моделювання методами скінченних елементів, використання скельних масивів із високим модулем Юнга до 85000 МПа та значною міцністю на стискання до 150 МПа, притаманних міцним магнетитовим кварцитам, дозволяє ефективно поглинати енергію вибуху. Зокрема, встановлено, що при заглибленні об'єктів у міцні породи на глибину понад 20-30 метрів від денної поверхні, ударна хвиля від спеціалізованих боєприпасів типу «GBU-39» практично розсіюється в масиві, не викликаючи критичних руйнувань контуру незакріпленої виробки. Математично обгрунтовано, що згасання головних напружень від епіцентру вибуху в глибину масиву описується експоненціальною залежністю, що дає змогу інженерно прогнозувати безпечну зону закладення сховищ.

Особливої актуальності в цьому контексті набуває конверсія відпрацьованого підземного простору, зокрема глибоких залізорудних шахт та відпрацьованих гранітних кар'єрів, де наявність готової інфраструктури дозволяє реалізувати технології швидкого будівництва. Такий підхід забезпечує не лише економічну доцільність, а й високу скритність експлуатації, оскільки підземні об'єкти складно ідентифікувати засобами дистанційного зондування. Безпечне функціонування підземних сховищ потребує впровадження систем контролю напружено-деформованого стану масиву, де використання цифрових моделей дозволяє імітувати динаміку навантажень у часі, враховуючи, що спад напружень після вибуху відбувається ступенево.

Таким чином, трансформація системи зберігання стратегічних енергоресурсів шляхом інтеграції в глибокі горизонти від денної поверхні є критичним кроком для виживання енергосистеми України та вимагає консолідації зусиль науковців у галузі геомеханіки, військових інженерів та фахівців паливно-енергетичного комплексу