

Бойко В.В., д-р техн. наук, проф., **Войтенко Ю. І.**, д-р техн. наук,
Хлевнюк Д.В., канд. техн. наук, **Хлевнюк Т.В.**, канд. техн. наук, ст. наук. співр.
 Інститут гідромеханіки НАН України, Україна
Ган А.Л., канд. техн. наук, доц., **Ган О.В.**, канд. техн. наук, ас.
 Національний технічний університет України
 «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ФОРМУВАННЯ ДІАГРАМИ СПРЯМОВАНОСТІ ДЕТОНАЦІЙНОГО ТА УДАРНОГО ФРОНТІВ ПРИ ГВИНТОПОДІБНОМУ ІНІЦІУВАННІ ЗА ДОПОМОГОЮ ДШ

Вступ. Застосування вибухових речовин 3-го класу «Вибухові суміші» щодо вирішення під час війни з російською навалою задачу забезпечення армій зарядами різної потужності в т.ч. направленої дії на місці підричних робіт вимагає не тільки розробки накладних зарядів споряджених вибухових речовин (ВР), але й можливості ініціювання його у заданому напрямку з метою як створення плоского тиску, направлено на ущільнення (деформування) ґрунтового масиву над вибухонебезпечним предметом та з підриванням його, так і за рахунок пробивання (прострілювання), створення зарядом ВР кумулятивного струменя у глибину ґрунту, достатньої для знищення розташованого в ньому заряду [1-3].

Мета роботи. Обґрунтування способу керування процесом детонації ВР в подовженому заряді шляхом варіювання формою траєкторії укладання ДШ при незмінних інших характеристиках.

Матеріал і результати дослідження. Для розгляду можливостей концентрації детонаційного поля та масових рухів в потрібному напрямку в роботі запропоновано і використано спрощений феноменологічний метод, придатний для експрес-аналізу процесів вибухового впливу на ґрунтовий масив та виконуваний на рівні прикладних інженерних розрахунків. Даний метод, не претендуючи на кількісну точність, дозволяє, принаймні якісно, аналізувати широкий набір прийомів скерування в заданому напрямку вибухового процесу зміною конструкції бойовиків [4].

Розглянемо за прийнятою нами методикою випадок, коли подовжений заряд ДШ в об'ємі ВР розташований гвинтоподібно: радіус гвинтової лінії r_d , крок H (дорівнює зміщенню ДШ уздовж осі z за один виток); $r_d = \text{const} < r_S$; $H = \text{const}$. Використовуємо параметричну форму завдання гвинтової траєкторії встановлення ДШ (як миттєвої координати точки УХ у ДШ); компонент вектора миттєвої швидкості точки УХВ у ДШ, маємо:

$$D = \begin{cases} x_d(t) = r_d \cdot \cos \phi(t); \\ y_d(t) = r_d \cdot \sin \phi(t); \\ z_d(t) = v_{dz} \cdot t; \end{cases}$$

$$\bar{v}_d = \begin{cases} v_{dx} = \frac{dr_d}{dt} = -v_{do} \cdot \sin \phi(t); \\ v_{dy} = \frac{dy_d}{dt} = v_{do} \cdot \cos \phi(t); \\ v_{dz} = \frac{dz_d}{dt} = \text{const}; \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \phi(t) = w \cdot t; w = \text{const}; \\ v_d = \sqrt{v_{dx}^2(t) + v_{dy}^2(t) + v_{dz}^2(t)} = \text{const}; \\ v_{do} = \sqrt{v_{dx}^2(t) + v_{dy}^2(t)} = r_d \cdot w = \text{const}; \end{cases}$$

де v_{D0} – модуль швидкості УХВ у ДШ спроектований на площину ХОУ. Крок гвинтової лінії за визначенням $H = \Delta z = v_{DZ} \cdot T = v_{DZ} \cdot \frac{2\pi}{w}$ та з (1): $v_{D0}/v_D = 2\pi \frac{r_d}{H} (1 + 2\pi \cdot r_d/H)^{1/2}$. Вектор нормалі до бічної циліндричної поверхні ВР, у точці перетинання променя УХВ з цією поверхнею, $-\bar{n} = \overline{ON} = \{r_S \cdot \cos \phi_N, r_S \cdot \sin \phi_N, 0\}$, де $\phi_N = \phi + \arccos \frac{r_d}{r_S}$; $|\bar{n}| = 1$; $\angle NDO = 90^\circ$; $\phi = \angle DOX$; $\phi_N = \angle NOX$, (рис. 2.6). Кут S між нормаллю \bar{n} і напрямком повного імпульсу тиску променя УХВ (заданим вектором

v_D за формулою 1) при цьому однозначно визначається:

$$\cos S = \frac{\bar{v}_D \cdot \bar{n}}{|\bar{v}_D| \cdot |\bar{n}|} = \frac{v_{D0}}{v_D} \cdot \sin(\phi_N - \phi) = 2\pi \frac{r_d}{H} \cdot \left\{ \frac{1 - (r_d/r_s)^2}{1 + (2\pi \cdot r_d/H)^2} \right\}^{1/2}. \quad (2)$$

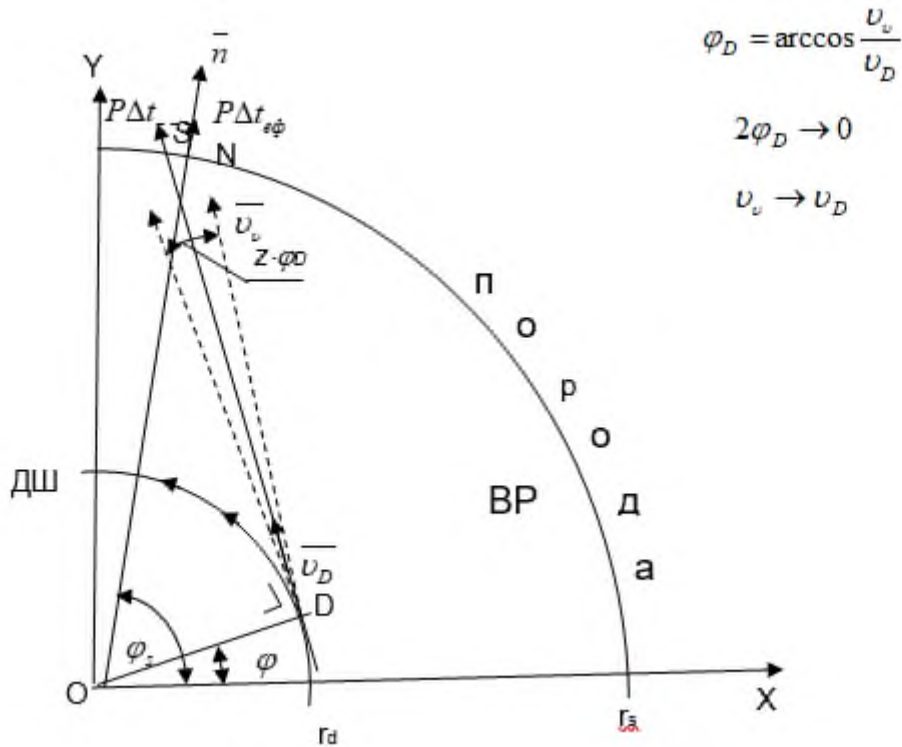


Рис. 1. Поширення УХВ вузьким просторовим пучком, ініційованим ДШ із гвинтоподібною траєкторією укладання, при близьких швидкостях детонації у ВР і ДШ /вид з боку торцевої поверхні циліндричного заряду ВР/.

Шлях пробігу УХВ у ВР із точки D уздовж прямої задається напрямком вектора v_D до зустрічі з циліндричною поверхнею ВР – порода:

$$l = \sqrt{l_0^2 + \Delta z^2} = \frac{v_D}{v_{D0}} \sqrt{r_s^2 - r_D^2}, \quad (3)$$

де $l_0 = DN = \sqrt{r_s^2 - r_D^2}$, $\Delta z = r_{DZ} \cdot \frac{l_0}{v_{D0}}$ – довжини пробігу УХВ у площині ХОУ й уздовж осі z, відповідно; Δt – час пробігу УХВ.

$$\frac{p \cdot \Delta t_{e\phi}}{p \cdot \Delta t_N} = \frac{l}{r_s} \cos S \approx 1 - \left(\frac{r_d}{r_s} \right)^2. \quad (4)$$

Вплив кроку і радіуса гвинтової лінії ДШ (H, r_d) на кут зустрічі УХВ з пороною S показано на рис. 2.

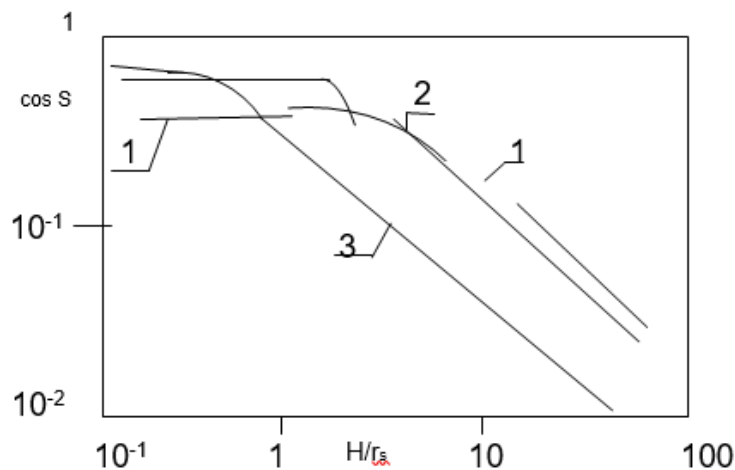


Рис. 2. Вплив нормованого кроку і радіуса гвинтової траєкторії ДШ на кут зустрічі /направлене розповсюдження/ УХВ з порою на межі заряду; rd/rs : 1–0,9; 2–0,5; 3–0,1;

Висновки

Зі збільшенням H (розтягуванням спіралі ДШ), напрямок поширення вузького пучка УХВ ($\|\overline{v_D}\rangle$) наближається до осі z , зменшуючи $\cos S$. Зростання відношення rd/rs впливає на $\cos S$ немонотонно: зменшує $\cos S$ при невеликих H/r_s і збільшує $\cos S$ при великих H/r_s .

Таким чином, розглянута схема ініціації ВР обумовлює кругову ізотропну азимутальну діаграму спрямованості ефективного імпульсу тиску УХВ на оточуючу породу. Варіювання rd/rs дозволяє перерозподіляти повний імпульс тиску УХВ між бічною $(\sim r \cdot \Delta t)e_\phi$ і торцевою $\sim (r \cdot \Delta t)Z$ поверхнями циліндричного заряду ВР.

Список використаних джерел

1. Бойко, В. В. Спеціальні вибухові технології в геоінженерії [Електронний ресурс] : монографія / Бойко В. В., Ган А. Л., Ган О. В. ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,97 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 316 с. ISSN 978-617-518-542-7 URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/49097>
2. Nan, O., Voiko, V., Kravets, V., & Nan, A. (2020). Formation of parameters of foamed explosive mixtures for sealing soils. *ScienceRise*, (5), 6-12. <https://doi.org/10.21303/2313-8416.2020.001430>
3. Бойко, В. В., Ган, О. В., Кравец, В. Г., & Ган, А. Л. (2019). Спосіб приготування та добір компонентного складу спінених вибухових композицій для ущільнення просадних ґрунтів. *Технічна інженерія*, (2(84)), 126–132. [https://doi.org/10.26642/ten-2019-2\(84\)-126-132](https://doi.org/10.26642/ten-2019-2(84)-126-132)
4. Кравец В. Г. Принципы формирования диаграммы направленности детонационного фронта в промышленном заряде / В. Г. Кравец, А. Л. Ган // XIV Międzynarodowe Sympozjum «Geotechnika – Geotechnics 2010», Gliwice – Ustun 19 – 22 października 2010, S. 93 – 113