

Из анализа детонационных параметров углесодержащих граммонитов следует, что содержание ТНТ в смесях мало влияет на скорость их детонации. Граммониты марок ТКЗ имеют несколько большую скорость детонации и детонационное давление, чем граммониты марок ТК.

Значительно повышается как скорость детонации, так и детонационное давление при водонаполнении зарядов, что является следствием повышения плотности ВВ.

Приведенные результаты расчетов могут быть использованы для оценки технической эффективности ВВ и определения рациональной области их применения.

1. Светлов Б.Я., Солнцева Р.Н., Павлов А.Г. О работоспособности водонаполненных ВВ, содержащих алюминий // ФТПРПИ. – 1970. – № 3. – С. 69–77.

2. Дубнов Л.В., Бахаревич Н.С., Романов А.И. Промышленные взрывчатые вещества. – М.: Недра, 1982. – 358 с.

УДК 539.319:622.231

ДИНАМІЧНИЙ СПОСІБ УЩІЛЬНЕННЯ ЗОЛОШЛАКОВОЇ СУМІШІ У КАРСТОВИХ ПРОВАЛАХ ТА ГРУНТУ ЗА ЙОГО МЕЖАМИ

**В.Г. Кравець, докт. техн. наук (НТУУ “КПІ”, ІЕЕ),
Р. Р. Самедова, інж. (ІГМ НАН України)**

Уплотнение трамбуемой плитой золошлаковой смеси, заполняющей карстовый провал, можно рассматривать как инерционную упруго-вязкопластическую среду, деформационная модель которой может быть представлена системой уравнений, учитывающей нелинейное уплотнение, зависящее от скорости деформации смеси.

Для досягнення необхідного ступеня ущільнення золошлакової суміші, яка заповнює порожнину карстового провалу, а також ґрунту за його межами за рахунок розширення суміші при трамбуванні необхідно визначити оптимальні параметри ущільнювального устаткування і трамбувальних плит. Розв'язання цього питання можливе за умови встановлення залежності між параметрами трамбувальних плит (вагою, площею основи, швидкістю удару) і результатами їхнього впливу на ущільнюваний шар золошлакової суміші. Утворення залишкових деформацій при ущільненні золошлакової суміші в карстових провалах і ґрунту за його межами залежить від багатьох факторів: деформаційних властивостей суміші та її фізичного стану, товщини

ущільнюваного шару, рухливості суміші, ваги і швидкості руху трамбувальної плити, площі її основи, кількості і частоти ударів та ін. Експериментальним шляхом можна дослідити лише деякі з цих факторів, тому для комплексного розв'язання поставленого завдання необхідно розробити узагальнену теорію, яка базується на експериментальних даних про ударне ущільнення і динамічну стисливість золошлакової суміші, що заповнює карстовий провал, і ґрунту за межами провалу при короткочасних навантаженнях.

Динамічна взаємодія трамбувальної плити з шаром золошлакової суміші здійснюється шляхом пошарового ущільнення суміші, яка подається в провал порціями. Така схема ущільнення дає змогу спростити систему розрахунку максимальних і залишкових деформацій золошлакової суміші при ударі трамбувальної плити по поверхні шару обмеженої товщини і не розглядати другорядні механічні явища при ударному ущільненні. Відносно деформівної суміші плита в даному випадку розглядається як абсолютно жорсткий штамп. Спрощена розрахункова схема дозволяє враховувати найістотніші характеристики динамічного процесу ущільнення, зокрема параметри трамбувальної плити, товщину ущільнюваного шару суміші, податливість нижнього ущільненого шару, пружні, пластичні, в'язкі та інерційні властивості золошлакової суміші, що заповнює карстовий провал.

Ударна взаємодія жорсткого штампа з поверхнею золошлакової суміші характеризується тим, що напруження на поверхні контакту зразу ж після удару досягають максимальних величин ще до початку розвитку значних деформацій суміші. Це приводить до порушення суцільності (розрідження) суміші по всій площі трамбувальної плити. Проте золошлакова суміш не являє собою ідеально пружне середовище і має інерційні властивості, які залежать від її рухливості та щільності.

На рис. 1 показано схему деформованого шару золошлакової суміші, розташованого на ущільненому шару суміші, яка заповнює карстовий провал. Початкова товщина шару суміші l , координати переміщення верхньої і нижньої поверхні – відповідно z_1 та z_2 .

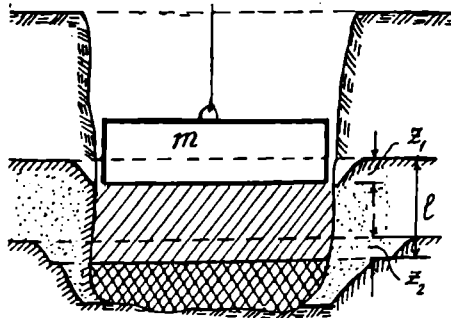


Рис. 1. Схема деформованого трамбувальною плитою шару золошлакової суміші на пружно-податливій (утрамбованій) основі суміші

Ущільнений раніше шар суміші при ударах по верхньому шару зазнає лише пружних деформацій (без додаткових залишкових деформацій) і може розглядатися як пружна основа з коефіцієнтом пружного стиснення C_2 .

Золошлакова суміш, яка заповнює карстовий провал, розглядається як інерційне пружно-в'язко-пластичне середовище, деформаційна модель якого може бути подана системою рівнянь, що враховує нелінійне зміцнення і залежність динамічної границі пружності від швидкості деформації:

$$\sigma = E_{sm}\epsilon + v d\epsilon/dt, \text{ при } \epsilon \leq \epsilon_d \text{ (навантаження та розвантаження);} \quad (1)$$

$$\sigma = E_{sm}\epsilon_d + E_1(\epsilon - \epsilon_d)^n, \text{ при } \epsilon > \epsilon_d, d\epsilon/dt > 0; \quad (2)$$

$$\sigma = \sigma_m - E_2(\epsilon_m - \epsilon), \text{ при } \epsilon_m > \epsilon_d, d\epsilon/dt < 0; \quad (3)$$

$$\epsilon_d = \epsilon_{st} + \Psi(d\epsilon/dt), \text{ при } d\epsilon/dt < 0, \quad (4)$$

де E_{sm} , E_1 , E_2 – відповідно модуль деформації золошлакової суміші за відсутності поперечних деформацій, модуль пластичності (з ущільненням свіжої суміші за границями пружності), модуль пружного розвантаження, причому $E_2 \geq E_{sm} > E_1$; v – коефіцієнт в'язкості суміші; t – час; n – ступінь ущільнення (зміцнення) суміші за межами пружності; σ_m і ϵ_m – максимальні напруження і деформації; ϵ_d – динамічна границя пружності суміші; ϵ_{st} – статична границя пружності суміші; ψ – функція, що виражає залежність динамічної границі пружності суміші від швидкості деформації при навантаженні.

Значення E_{sm} , E_1 , E_2 , v , n , ϵ_{st} , а також вигляд функції ψ визначаються експериментально за результатами випробувань зразків ущільнюваної суміші на динамічній компресійній установці.

Деформаційна модель золошлакової суміші у незатверділому вигляді, що описується рівняннями (1)–(4), враховує зменшення динамічної ущільнюваності суміші при збільшенні швидкості деформації і нелінійний характер ущільнення при деформуванні за границею пружності. При $v = 0$, $n = 1$ і $\psi(d\epsilon/dt) = 0$ модель характеризує пружнопластичний стан золошлакової суміші при ущільненні трамбувальною плитою.

Процес трамбування золошлакової суміші, яка заповнює карстовий провал, супроводжується багаторазовим відбиванням різноманітних хвиль від нижнього ущільненого і верхнього трамбованого шару. При цьому у свіжозалитій суміші виникають коливальні процеси, обумовлені кінетичною енергією від удару трамбувальної плити. Тому необхідно забезпечити умову збігу частот власних коливань суміші з зосередженими навантаженнями від трамбувальної плити. Частоти основних гармонік із спектра власних коливань золошлакової суміші розглядаються як система з нескінченним числом ступенів свободи.

Оскільки вплив в'язких властивостей свіжозалитої суміші на значення власних частот коливань суміші незначний, то при розрахунках можна прийняти $\nu = 0$.

Розрахункову схему для визначення власних частот коливань при трамбуванні золошлакової суміші в карстовому провалі наведено на рис. 2.

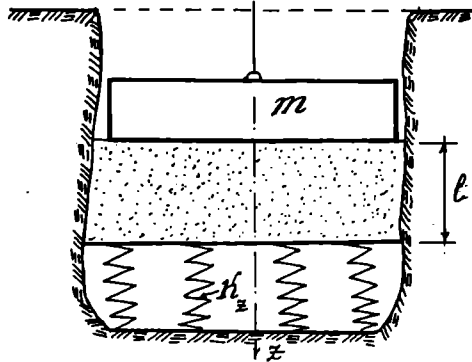


Рис. 2. Розрахункова схема для визначення власних частот коливань при трамбуванні золошлакової суміші в карстовому провалі

Визначимо власні частоти коливань трамбувальної плити на шарі суміші. Припустимо, що розподіл вертикальних переміщень на глибині шару буде таким же, як у пружного шару довжиною l із зосередженою на верхньому кінці масою трамбувальної плити m і пружною опорою під нижнім кінцем, жорсткість якої дорівнює

$$K_z = C_z F,$$

де C_z – коефіцієнт пружного стиснення ущільненого шару; F – площа основи трамбувальної плити.

Диференціальне рівняння поздовжніх коливань системи трамбувальна плита–суміш можна записати в такому вигляді:

$$\partial^2 u / \partial t^2 = v_0^2 \partial^2 u / \partial z^2, \quad (5)$$

де $u(z, t)$ – вертикальні переміщення частинок золошлакової суміші в момент часу t на глибині z від поверхні суміші; $v_0 = \sqrt{E_{sm} / \rho_0}$ – швидкість поширення поздовжніх пружних хвиль; ρ_0 – початкова щільність ущільнюваного шару суміші.

Загальне рішення (5) можна одержати методом Фур'є:

$$U(z, t) = \sum_{i=1}^{\infty} U_i(z) \sin(\omega_i t + c), \quad (6)$$

де ω_i – власні частоти поздовжніх коливань, які необхідно визначити; c – довільна стала.

Підставивши частинні розв'язки (6) у (5) і скоротивши $\sin(\omega_i t + c)$, отримаємо

$$d^2 u_i(z)/dz^2 + (\omega_i / v_0)^2 u_i(z) = 0. \quad (7)$$

Загальний інтеграл цього рівняння має вигляд

$$U_i(z) = D_1 \cos(\omega_i / v_0) z + D_2 \sin(\omega_i / v_0) z, \quad (8)$$

де D_1 і D_2 – довільні сталі, які визначаються з граничних умов.

При $z = 0$ за другим законом Ньютона маємо:

$$m \frac{\partial^2 u(0, t)}{\partial t^2} - E_{sm} \frac{\partial u(0, t)}{\partial z} = 0. \quad (9)$$

Рівняння (9) з урахуванням (6) набирає вигляду

$$\frac{m}{E_{sm} F} \omega_i u_i(0) + \frac{du_i(0)}{dz} = 0. \quad (10)$$

При граничній умові $z = l$ одержимо

$$\frac{du_i(l)}{dz} + \frac{K_z}{E_{sm} F} U_i(l) = 0. \quad (11)$$

Підставивши (8) у (10) і (11), одержуємо систему рівнянь:

$$\begin{aligned} \frac{m}{E_{sm} F} \omega_i^2 D_1 + \frac{\omega_i}{v_0} D_2 &= 0 \\ \frac{\omega_i}{v_0} (-D_1 \sin \frac{l}{V_0} \omega_i + D_2 \cos \frac{l}{V_0} \omega_i) + \frac{K_z}{E_{sm} F} (D_1 \cos \frac{l}{V_0} \omega_i + D_2 \sin \frac{l}{V_0} \omega_i) &= 0, \quad (12) \end{aligned}$$

з яких після тотожних перетворень одержимо таке співвідношення:

$$[1 + (\frac{V_0}{E_{sm} F})^2 m K_z] \sin \frac{l}{V_0} \omega_i = \frac{V_0}{\omega_i E_{sm} F} (K_z - m \omega_i^2) \cos \frac{l}{V_0} \omega_i. \quad (13)$$

Ввівши безрозмірні величини

$$\xi_i = \frac{l}{V_0} \omega_i; \quad \eta_1 = \frac{m}{\rho_0 l F}; \quad \eta_2 = \frac{K_z l}{E_{sm} F}, \quad (14)$$

одержимо частотне рівняння коливань у такому вигляді:

$$\operatorname{tg} \xi_i = \frac{1}{1 + \eta_1 \eta_2} \left(-\eta_1 \xi_i + \frac{\eta_2}{\xi_i} \right), \quad (15)$$

де η_1 – відношення маси трамбувальної плити до маси ущільнюваного об'єму суміші, а параметр η_2 – відношення коефіцієнтів жорсткості підстиляючого та ущільнюваного шарів золошлакової суміші.

Корені трансцендентного рівняння (15) ξ_i ($i = 1, 2, 3, \dots$) можуть бути отримані графічним шляхом, як абсциси точок перетину кривої

$$\overline{U}_{i, \xi_i} = \frac{1}{1 + \eta_1 \eta_2} \left(-\eta_1 \xi_i + \frac{\eta_2}{\xi_i} \right)$$

з тангенсоїдою $\operatorname{tg} \xi_i$. Значення першого кореня ξ_1 знаходиться в межах $0 < \xi_1 < \frac{\pi}{2}$.

Для другого кореня рівняння (15) одержимо такі інтервали залежно від знака функції \overline{U}_{i, ξ_i} :

$$\begin{aligned} \frac{\pi}{2} < \xi_2 \leq \pi, \quad \text{при} \quad \frac{\eta_1}{\eta_2} \leq \pi^2; \\ \pi < \xi_2 \leq \frac{3\pi}{2}, \quad \text{при} \quad \frac{\eta_1}{\eta_2} > \pi^2. \end{aligned}$$

Для практичних розрахунків достатньо визначити тільки два найменші додатні корені цього рівняння, які відповідають частотам двох перших гармонік із спектра власних коливань системи.

Тоді частоти коливальних рухів трамбувальна плита–суміш матимуть вигляд

$$\begin{aligned} \omega_1 &= \frac{V_0}{l} \xi_1 = \sqrt{\frac{E_{sm}}{\rho_0}} \frac{\xi_1}{l}; \\ \omega_2 &= \frac{V_0}{l} \xi_2 = \sqrt{\frac{E_{sm}}{\rho_0}} \frac{\xi_2}{l}. \end{aligned} \quad (16)$$

Отже, золошлакова суміш, ущільнювана трамбувальною плитою, може розглядатися як інерційне пружно-в'язко-пластичне середовище, деформаційна модель якого може бути подана системою рівнянь з урахуванням нелінійного ущільнення, яке залежить від швидкості деформації суміші. При цьому використовуються такі деформаційні параметри: модуль деформації E_{sm} , в'язкість ν , функції динамічної границі пружності суміші при навантаженні та розвантаженні.

Основною характеристикою при ущільненні золошлакової суміші трамбувальною плитою є частота власної коливальної системи трамбувальна плита–суміш, яку можна описати диференціальним рівнянням вертикальних переміщень частинок суміші і розв'язати методом Фур'є із застосуванням тригонометричних функцій при заданих граничних умовах. При цьому використовуються коефіцієнти пружного стиснення ущільненого шару C_s ,

площа основи трамбувальної плити F , маса трамбувальної плити m , початкова щільність ушільнюваного шару суміші ρ_0 .

1. Самедова Р.Р. Эффект температурной волны взрыва при закреплении порожнницы карстового провала золошлаковыми сумешами // Вешник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво»: Зб. наук. праць. – Київ: НТУУ «КПІ»: ЗАТ «Техновзбух», 1999. – Вип. 1. – 150 с.

2. Самедов А.М., Варга Е.А., Ашумова Р.Р. Использование шлакозольной смеси для дорожного строительства // Материалы конф. 2–5 июня 1997 г., г. Алушта. – Киев: Укр. дом экон. и науч.-техн. знаний, 1997. – С. 35–39.

УДК 662.231

ВПЛИВ ДОМІШОК НА ХАРАКТЕР ТЕРМІЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ КОМПОНЕНТІВ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН ІЗ СУЛЬФІДОВМІСНИМИ РУДАМИ

*А.А. Желтоножко, канд. хім. наук, М.А. Маринець, інж. (ДержНДІХП,
м. Шостка), А.С. Сторчак, інж. (асоціація “Укрвзбухпром”)*

Приведены результаты экспериментов по определению влияния ингибирующих добавок в составе аммиачно-селитренных взрывчатых веществ на процесс экзотермических реакций. Выполнены эксперименты с искусственными смесями нитрата аммония и сульфидосодержащей матрицы (пиритом). Показано, что наиболее эффективными ингибиторами, стабилизирующими химическую реакцию в процессе взрывания сульфидосодержащих пород зарядами аквазола, являются $CaCO_3$ и NH_4Cl .

Як відомо, за певних умов при відбої сульфідовмісних руд і порід у свердловинах виникає спонтанна хімічна реакція між аміачною селітрою в складі найпростіших сумішових вибухових речовин (ВР) і рудами з виділенням значної кількості тепла, що може призвести до передчасної детонації заряду ВР, так званого теплового вибуху. Найбільшу небезпеку в цьому випадку являє пірит, особливо в дрібнодисперсному стані.

Імовірність виникнення хімічної реакції визначається концентрацією піриту, кислотністю ґрунтових вод та їх проточністю, складом використовуваних ВР, температурою вибухової суміші, наявністю набійки свердловин та ін.

У сухих свердловинах розкладання аміачної селітри протікає швидше [1], тоді як в обводнених свердловинах значна кількість тепла, що виділяється під час реакції, йде на нагрівання води. Очевидно, що при наявності набійки імовірність вибуху заряду ВР підвищується. У випадку заряджання свердловин аквазолом Т-20 початковим імпульсом до розкладання аміачної селітри є взаємодія сульфідів з вільною азотною кислотою (HNO_3), що міститься в гарячому розчині окиснювача.