

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 245647 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **442213**

(22) Data zgłoszenia: **2022.09.06**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2024.03.11 BUP 11/2024**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.09.09 WUP 37/2024**

(51) MKP:

F24D 1/00 (2022.01)

F24D 3/04 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:
**POLTEGOR-INSTYTUT INSTYTUT
GÓRNICWA ODKRYWKOWEGO, Wrocław, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:
TADEUSZ CHRZAN, Wrocław, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Tomasz Szelwiga, Wrocław, PL

(54) Tytuł:

**Sposób wyznaczania średnicy otworu strzałowego przed pierwszym strzelaniem w nowym
złożu urabianym przy użyciu ładunków materiałów wybuchowych**

PL 245647 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób wyznaczania średnicy otworu strzałowego przed pierwszym strzelaniem w nowym złożu lub na nowym niżej położonym poziomie eksploatacyjnym urabianym przy użyciu ładunków materiałów wybuchowych, mający zastosowanie w górnictwie odkrywkowym.

Wykonywanie prac w górnictwie odkrywkowym z użyciem materiałów wybuchowych [MW] prowadzi do powstania drgań parasejsmicznych, które powodują drgania urabianego złoża a następnie gruntu poza złożem. Drgania te przenoszą się poprzez propagacje fal parasejsmicznych we wszystkich kierunkach i działają szkodliwie na infrastrukturę drogową i mieszkalną. Dlatego podejmuje się kroki mające na celu zmniejszenie niekorzystnych skutków oddziaływania detonacji materiału wybuchowego przez stosowanie mniejszych średnic otworów strzałowych, co powoduje zmniejszenie ilości detonowanego materiału wybuchowego na jedno opóźnienie czasowe (zwłokę).

Jednym z ważnych parametrów robót strzałowych jest średnica otworu strzałowego – D. Obecnie na jej podstawie dobiera się zabiór – z i odległość między otworami – a. Zabiór jest to odległość od powierzchni urabianej MW ściany skalnej do osi otworu wypełnionego MW. Kierunek Y to kierunek wzdłuż linii otworów, kierunek X to kierunek prostopadły do linii otworów zgodny z zabiorem. Stosując mniejszą średnicę otworu strzałowego, powoduje się lepsze rozdrobienie urabianej skały. Zwiększając średnicę otworu strzałowego, zwiększa się ilość MW (w otworze) odpalaną jednym zapalnikiem i zwiększa się szkodliwą prędkość drgań. Z literatury znane są zależności do obliczania średnicy otworu strzałowego na podstawie danych otrzymanych po strzelaniu. Najczęściej uwzględniają one objętość MW zużytą do urobienia bloku skalnego, która powinna zmieścić się w otworze o takiej samej objętości i odpowiadającej tej objętości średnicy otworu. Występującą niedogodnością jest brak stosowanej zależności, która uwzględniając własności wytrzymałościowe i akustyczne skały oraz energię spalania MW pozwalałaby na racjonalny dobór średnicy [D] przed pierwszym strzelaniem w nowym złożu lub na nowym niżej położonym poziomie. Zabiór [z] i odległość między otworami [a] jest wielokrotnością średnicy [D] otworu strzałowego. W praktyce dobiera się je po kilku strzelaniach w danym złożu w zależności od rodzaju skały. W przykładowym złożu dolomitu; $z = 20 D$, $a = 30 D$ a w złożu bazaltu; $z = 34 D$, $a = 37 D$.

Z uwagi, iż dobór właściwej średnicy otworu strzałowego oraz wielkość zastosowanego ładunku materiału wybuchowego ma znaczny wpływ na wartość szkodliwych drgań parasejsmicznych powstających przy przejściu poziomej fali parasejsmicznej, ważne jest określenie optymalnej średnicy otworu w odniesieniu do stosowanego ładunku materiału wybuchowego, która z jednej strony prowadziłaby do uzyskania maksymalnego rozdrobnienia urabianego bloku skalnego, z drugiej nie powodowała wzrostu drgań szkodliwych dla otoczenia.

Problemem, jaki stoi do rozwiązania przed przedmiotowym wynalazkiem, jest rozwiązanie umożliwiający obliczenie optymalnej średnicy otworu strzałowego przed pierwszym strzelaniem w nowo urabianym złożu lub na jego niższym poziomie eksploatacyjnym w odniesieniu do stosowanego ładunku i rodzaju materiału wybuchowego, który spowoduje duże rozdrobnienie skały, a nie spowoduje wzrostu wielkości drgań parasejsmicznych działających szkodliwie na obiekty inżynierskie.

Celem wynalazku jest sposób wyznaczania średnicy otworu strzałowego przed pierwszym strzelaniem w nowo urabianym złożu lub na jego niższym poziomie eksploatacyjnym w oparciu o własności wytrzymałościowe i akustyczne skały oraz energię spalania materiału wybuchowego.

Sposób wyznaczania średnicy otworu strzałowego przed pierwszym strzelaniem w nowym złożu urabianym przy użyciu ładunków materiałów wybuchowych, które umieszcza się w wielu, o jednakowej średnicy, rozmieszczonych w jednej linii otworach strzałowych, **według wynalazku charakteryzuje się tym**, iż przed strzelaniem z odstrzelanego bloku skalnego, na długości jego dłuższego boku, pobiera się, z miejsc rozmieszczonych w jednakowej odległości od siebie, trzy bryły skalne A, B, C o wymiarach co najmniej $X = 15$ cm, $Y = 10$ cm, $Z = 12$ cm, gdzie X jest wymiarem prostopadłym do linii otworów strzałowych, Y – wymiarem równoległym do linii otworów strzałowych, a Z – wymiarem pionowym; przy bryłach skalnych A, B, C na kierunku X umieszcza się głowice przyrządu ultradźwiękowego i dokonuje się pomiaru czasu przejścia przez nie fali podłużnej, następnie dzieli się sumę wymiarów brył skalnych A, B, C na kierunku X przez sumę czasów przejścia fali podłużnej pomierzonej dla każdej bryły A, B, C na kierunku X i otrzymuje się średnią prędkość fali podłużnej C_{sx} na kierunku X; kolejno z każdej z brył skalnych A, B, C wycina się po jednym prostopadłościanie A1, B1, C1 o podstawie kwadratowej i wymiarach 5 cm * 5 cm * 10 cm, przy czym wysokość jest zgodna z kierunkiem X, na którym to w prasie hydraulicznej podczas ściskania wyznacza się wartość odkształcenia względnego „ ϵ_x ”, po czym oblicza się średnią wartość odkształcenia względnego „ ϵ_{sx} ” dla wyników pomiarów uzyskanych dla brył A1, B1, C1; następnie, w oparciu o miarę objętości prostopadłościennej brył A1, B1, C1 oraz ich masę oblicza

się średnią wartość gęstości objętościowej skały „ ρ_s ” i na jej podstawie oraz na podstawie zmierzonej wartości średniej prędkości fali podłużnej „ C_{sx} ”, średniej wartości odkształcenia względnego „ ϵ_{sx} ” na kierunku X, średniej wartości prędkości drgań „ V_{sx} ” bloku skalnego na kierunku X dla planowanej odległości między otworami „ a ” oraz gęstości objętościowej „ ρ_{mw} ” materiału wybuchowego i energii jego spalania „ Q_e ” wyznacza się optymalną wartość średnicy otworu strzałowego D, którą wyraża zależność $D = [\rho_s * C_{sx} * V_{sx} * 2 * a] /: [\rho_{mw} * Q_e]$, czyli stosunek wartości iloczynu; dwukrotnej wartości odległości między otworami strzałowymi [a] oraz średniej gęstości objętościowej skały [ρ_s], [kg/m³], średniej prędkości fali podłużnej [C_{sx}] uzyskanej dla brył skalnych A, B, C pobranych z bloku skalnego na kierunku X [m/s] i średniej prędkości drgań bloku skalnego [V_{sx}] ($V_{sx} = \epsilon_{sx} * C_{sx}$) na kierunku X [m/s] wyznaczonej na podstawie iloczynu średniej wartości odkształcenia względnego [ϵ_{sx}] dla brył A1, B1, C1 na kierunku X i średniej prędkości fali podłużnej [C_{sx}] na kierunku X uzyskanej dla brył skalnych A, B, C; do wartości iloczynu gęstości objętościowej [ρ_{mw}] materiału wybuchowego [MW] [kg/m³] i energii spalania [Q_e] materiału wybuchowego [MW] [kJ/kg].

Pobierane z odstrzelivanego bloku skalnego trzy bryły skalne A, B, C korzystnie mają wymiar na kierunku X z zakresu od 15 do 20 cm, na kierunku Y z zakresu od 10 do 15 cm i na kierunku Z z zakresu od 12 do 17 cm.

Dzięki zastosowaniu rozwiązania według wynalazku dla pierwszych odstrzałów produkcyjnych wykonywanych podczas urabiania nowego złoża przy użyciu ładunków materiałów wybuchowych umieszczanych w wielu otworach, o jednakowej średnicy i rozmieszczonych w jednej linii, uzyskano możliwość dokładnego obliczenia optymalnej wartości średnicy wierconego otworu strzałowego już przed pierwszym planowanym strzelaniem. Opierając się na prawie Hooke'a określającym zależność odkształcenia od naprężenia i na analizie wymiarowej, opracowano zależność, która pozwala z dużą dokładnością wyznaczyć optymalną średnicę otworu strzałowego poprzez zastosowanie własności wytrzymałościowych i akustycznych skały oraz energii spalania materiału wybuchowego.

W pierwszym w przykładzie realizacji według wynalazku, sposób wyznaczania średnicy otworu strzałowego przed pierwszym strzelaniem w nowym złożu urabianym przy użyciu ładunków materiałów wybuchowych polega na tym, iż w złożu bazaltu z odstrzelivanego bloku skalnego, na długości jego dłuższego boku, pobiera się, z miejsc rozmieszczonych w jednakowej odległości od siebie, trzy bryły skalne A, B, C o wymiarach X = 15 cm, Y = 10 cm, Z = 12 cm, gdzie X jest wymiarem prostopadłym do linii otworów strzałowych, Y wymiarem równoległym do linii otworów strzałowych, a Z wymiarem pionowym. Przy bryłach skalnych A, B, C, które na kierunku X, mają wymiar 15 cm, umieszcza się głowice przyrządu ultradźwiękowego i dokonuje się pomiaru czasu przejścia przez nie fali podłużnej. Kolejno dzieli się sumę długości brył skalnych A, B, C na kierunku X wynoszącą 45 cm (3 x 15 cm) przez sumę czasów przejścia fali podłużnej pomierzonej dla każdej bryły A, B, C na kierunku X, która wynosi 0,0001236 s (wartość otrzymana z rzeczywistego pomiaru), i otrzymuje się średnią prędkość fali podłużnej [C_{sx}] na kierunku X równą; $C_{sx} = 3641$ m/s. Następnie z każdej z brył skalnych A, B, C wycina się po jednym prostopadłościennie A1, B1, C1 o podstawie kwadratowej i wymiarach 5 cm * 5 cm * 10 cm, przy czym wysokość jest zgodna z kierunkiem X i na kierunku X wyznacza się podczas ściskania za pomocą prasy hydraulicznej jego wartość odkształcenia względnego [ϵ_x], po czym oblicza się średnią wartości odkształcenia względnego [ϵ_{sx}] dla wyników pomiarów uzyskanych dla brył A1, B1, C1. Wartość odkształcenia względnego [ϵ_x] prostopadłościennych brył A1, B1, C1 wyznaczona została na kierunku X za pomocą prasy hydraulicznej przy ściskaniu zgodnie z Polska Normą. Dla poszczególnych brył A1, B1, C1 średnia wartość odkształcenia względnego [ϵ_{sx}] dla dokonanych pomiarów wyniosła 0,0013. Kolejno w oparciu o miarę objętości prostopadłościennych brył A1, B1, C1 oraz ich masę oblicza się średnią wartość gęstości objętościowej skały [ρ_s]. Łączna masa prostopadłościennych brył A1, B1, C1 miała wartość 2,25 kg. Łączna objętość tych brył wyniosła 0,00075 m³. ($\rho_s = 2,25 \text{ kg} / 0,00075 \text{ m}^3 = 3 * 1000 \text{ kg/m}^3$). Tak więc, średnia wartość gęstości objętościowej skały [ρ_s] = $3 * 1000 \text{ kg/m}^3$. Z charakterystyki materiału wybuchowego MW planowanego do strzelania odczytano jego gęstość objętościową [ρ_{mw}], która wyniosła, $\rho_{mw} = 1,2 * 1000 \text{ [kg/m}^3]$ oraz jego energię spalania [Q_e], która wyniosła, $Q_e = 3364 \text{ [kJ/kg]}$.

Na podstawie średniej wartości gęstości objętościowej skały [ρ_s] oraz na podstawie zmierzonej wartości średniej prędkości fali podłużnej [C_{sx}], średniej wartości odkształcenia względnego [ϵ_{sx}] na kierunku X, średniej wartości prędkości drgań [V_{sx}] bloku skalnego na kierunku X dla planowanej odległości między otworami $a = 3,8$ [m] oraz gęstości objętościowej [ρ_{mw}] materiału wybuchowego MW i energii jego spalania Q_e wyznacza się optymalną wartość średnicy otworu strzałowego D, którą wyraża zależność: $D = [\rho_s * C_{sx} * V_{sx} * 2 * a] /: [\rho_{mw} * Q_e]$, gdzie:

ρ_s – średnia gęstość objętościowa skały [kg/m³],

C_{sx} – średnia prędkość fali podłużnej uzyskanej dla brył skalnych A, B, C pobranych z bloku skalnego na kierunku X [m/s],

V_{sx} – średnia prędkość drgań bloku skalnego ($V_{sx} = \varepsilon_{sx} * C_{sx}$) na kierunku X [m/s] wyznaczona na podstawie iloczynu średniej wartości odkształcenia względnego ε_{sx} dla brył A1, B1, C1 na kierunku X i średniej prędkości fali podłużnej C_{sx} na kierunku X uzyskanej dla brył skalnych A, B, C,

$$V_{sx} = C_{sx} * \varepsilon_{sx} = 3641 * 0,0013 = 4,73 \text{ [m/s]}$$

ρ_{mw} – gęstość objętościowa materiału wybuchowego [kg/m³],

Q_e – energia spalania materiału wybuchowego [kJ/kg],

Podstawiając posiadane dane, obliczono optymalną wartość średnicy otworu strzałowego D.

$$D = [\rho_s * C_{sx} * V_{sx} * 2 * a]^{1/3} / [\rho_{mw} * Q_e]$$

$$D = [3 * 1000 * 3641 * 4,73 * 2 * 3,8]^{1/3} / [1,2 * 1000 * 3364 * 1000] = 97,3 \text{ mm} / 3,82 \text{ cala.}$$

Średnica otworu strzałowego zastosowana w praktyce przy stosowaniu dotychczasowych obliczeń wynosi 101,6 mm [4 cale]. Średnica otworu strzałowego obliczona według wynalazku w odniesieniu do zastosowanego materiału wybuchowego wynosi $D = 97,3$ mm i jest średnicą optymalną, ponieważ w przykładowym złożu jest mniejsza od stosowanej i jej zastosowanie spowodowało lepsze rozdrobienie urobionej skały i zmniejszenie prędkości szkodliwych drgań ośrodka, co potwierdziły przeprowadzone pomiary. Dla odstrzałów produkcyjnych wykonywanych podczas urabiania złoża przy użyciu ładunków materiałów wybuchowych umieszczanych w wielu otworach, o jednakowej średnicy i rozmieszczonych w jednej linii, uzyskano możliwość dokładnego obliczenia optymalnej wartości średnicy wierconego otworu strzałowego już przed pierwszym planowanym strzelaniem.

W drugim przykładzie realizacji według wynalazku, sposób wyznaczania średnicy otworu strzałowego przed pierwszym strzelaniem w nowym złożu urabianym przy użyciu ładunków materiałów wybuchowych polega na tym, iż w złożu dolomitu z odstrzelianego bloku skalnego, na długości jego dłuższego boku, pobiera się, z miejsc rozmieszczonych w jednakowej odległości od siebie, trzy bryły skalne A, B, C o wymiarach $X = 15$ cm, $Y = 10$ cm, $Z = 12$ cm, gdzie X jest wymiarem prostopadłym do linii otworów strzałowych, Y wymiarem równoległym do linii otworów strzałowych, a Z wymiarem pionowym. Przy bryłach skalnych A, B, C, które na kierunku X, mają wymiar 15 cm, umieszcza się głowice przyrządu ultradźwiękowego i dokonuje się pomiaru czasu przejścia przez nie fali podłużnej. Kolejno dzieli się sumę długości brył skalnych A, B, C na kierunku X wynoszącą 45 cm (3×15 cm) przez sumę czasów przejścia fali podłużnej pomierzonej dla każdej bryły A, B, C na kierunku X, która wynosi 0,0001355 s (wartość otrzymana z rzeczywistego pomiaru), i otrzymuje się średnią prędkość fali podłużnej C_{sx} na kierunku X równą $C_{sx} = 3321$ m/s. Następnie z każdej z brył skalnych A, B, C wycina się po jednym prostopadłościanie A1, B1, C1 o podstawie kwadratowej i wymiarach 5 cm * 5 cm * 10 cm, przy czym wysokość jest zgodna z kierunkiem X. Na kierunku X wyznacza się podczas ściskania za pomocą prasy hydraulicznej jego wartość odkształcenia względnego ε_x , po czym oblicza się średnią wartości odkształcenia względnego ε_{sx} dla wyników pomiarów uzyskanych dla brył A1, B1, C1. Wartość odkształcenia względnego ε_x prostopadłościennych brył A1, B1, C1 wyznaczona została na kierunku X za pomocą prasy hydraulicznej przy ściskaniu zgodnie z Polska Normą. Dla poszczególnych brył A1, B1, C1 średnia wartość odkształcenia względnego ε_{sx} dla dokonanych pomiarów wyniosła 0,0017. Kolejno w oparciu o miarę objętości prostopadłościennych brył A1, B1, C1 oraz ich masę oblicza się średnią wartość gęstości objętościowej skały ρ_s . Łączna masa prostopadłościennych brył A1, B1, C1 miała wartość 1,95 kg. Łączna objętość tych brył wyniosła 0,00075 m³. ($\rho_s = 1,95 \text{ kg} / 0,00075 \text{ m}^3 = 2,6 * 1000 \text{ kg/m}^3$). Tak więc, średnia wartość gęstości objętościowej skały [ρ_s] wyniosła; $\rho_s = 2,6 * 1000 \text{ kg/m}^3$. Z charakterystyki materiału wybuchowego planowanego do strzelania odczytano jego gęstość objętościową [ρ_{mw}], która wynosiła; $\rho_{mw} = 0,85 * 1000 \text{ [kg/m}^3]$ oraz jego energię spalania [Q_e], która wynosiła; $Q_e = 3700 \text{ [kJ/kg]}$.

Na podstawie średniej wartości gęstości objętościowej skały [ρ_s] oraz na podstawie zmierzonej wartości średniej prędkości fali podłużnej [C_{sx}], średniej wartości odkształcenia względnego [ε_{sx}] na kierunku X, średniej wartości prędkości drgań [V_{sx}] bloku skalnego na kierunku X dla planowanej odległości między otworami $a = 4,6$ [m] oraz gęstości objętościowej [ρ_{mw}] materiału wybuchowego i energii jego spalania [Q_e] wyznacza się optymalną wartość średnicy otworu strzałowego D, którą wyraża zależność:

$$D = [\rho_s * C_{sx} * V_{sx} * 2 * a]^{1/3} / [\rho_{mw} * Q_e], \text{ gdzie:}$$

ρ_s – średnia gęstość objętościowa skały [kg/m³],

C_{sx} – średnia prędkość fali podłużnej uzyskanej dla brył skalnych A, B, C pobranych z bloku skalnego na kierunku X [m/s],

V_{sx} – średnia prędkość drgań bloku skalnego ($V_{sx} = \varepsilon_{sx} * C_{sx}$) na kierunku X [m/s] wyznaczona na podstawie iloczynu średniej wartości odkształcenia względnego ε_{sx} dla brył A1, B1, C1 na kierunku X i średniej prędkości fali podłużnej C_{sx} na kierunku X uzyskanej dla brył skalnych A, B, C,

$$V_{sx} = C_{sx} * \varepsilon_{sx} = 3321 * 0,0017 = 5,65 \text{ [m/s]}$$

ρ_{mw} – gęstość objętościowa materiału wybuchowego [kg/m³],

Q_e – energia spalania materiału wybuchowego [kJ/kg],

Podstawiając posiadane dane obliczono optymalną wartość średnicy otworu strzałowego D.

$$D = [\rho_s * C_{sx} * V_{sx} * 2 * a]^{1/2} / [\rho_{mw} * Q_e]$$

$$D = [2,6 * 1000 * 3321 * 5,65 * 2 * 4,6]^{1/2} / [0,85 * 1000 * 3700 * 1000] = 142,7 \text{ mm / 5,62 cala.}$$

Średnica otworu strzałowego zastosowana w praktyce przy stosowaniu dotychczasowych obliczeń wynosi 152,4 mm (6 cali). Średnica otworu strzałowego obliczona według wynalazku w odniesieniu do zastosowanego materiału wybuchowego wynosi $D = 142,7$ mm i jest średnicą optymalną, ponieważ w przykładowym złożu jest mniejsza od stosowanej i jej zastosowanie spowodowało lepsze rozdrobienie urobionej skały i zmniejszenie prędkości szkodliwych drgań ośrodka, co potwierdziły przeprowadzone pomiary. Dla odstrzałów produkcyjnych wykonywanych podczas urabiania przed pierwszym strzelaniem w złożu na jego niższym poziomie eksploatacyjnym przy użyciu ładunków materiałów wybuchowych umieszczanych w wielu otworach, o jednakowej średnicy i rozmieszczonych w jednej linii, uzyskano możliwość dokładnego obliczenia optymalnej wartości średnicy wierconego otworu strzałowego już przed pierwszym planowanym strzelaniem.

Sposób wyznaczania parametrów zastosowanych we wzorze ujętym w przykładzie wykonania jest powszechnie znany, w związku z czym nie stanowi przedmiotu opisu.

Zastrzeżenie patentowe

1. Sposób wyznaczania średnicy otworu strzałowego przed pierwszym strzelaniem w nowym złożu urabianym przy użyciu ładunków materiałów wybuchowych, które umieszcza się w wielu, o jednakowej średnicy, rozmieszczonych w jednej linii otworach strzałowych, **znamienny tym**, że przed strzelaniem z odstrzelivanego bloku skalnego, na długości jego dłuższego boku, pobiera się, z miejsc rozmieszczonych w jednakowej odległości od siebie, trzy bryły skalne A, B, C o wymiarach co najmniej $X = 15$ cm, $Y = 10$ cm, $Z = 12$ cm, gdzie X jest wymiarem prostopadłym do linii otworów strzałowych, Y wymiarem równoległym do linii otworów strzałowych, a Z wymiarem pionowym; przy bryłach skalnych A, B, C na kierunku X umieszcza się głowice przyrządu ultradźwiękowego i dokonuje się pomiaru czasu przejścia przez nie fali podłużnej, następnie dzieli się sumę wymiarów brył skalnych A, B, C na kierunku X przez sumę czasów przejścia fali podłużnej pomierzonej dla każdej bryły A, B, C na kierunku X i otrzymuje się średnią prędkość fali podłużnej C_{sx} na kierunku X; kolejno z każdej z brył skalnych A, B, C wycina się po jednym prostopadłościennie A1, B1, C1 o podstawie kwadratowej i wymiarach $5 \text{ cm} * 5 \text{ cm} * 10 \text{ cm}$, przy czym wysokość jest zgodna z kierunkiem X i na kierunku X wyznacza się za pomocą prasy hydraulicznej przy ściskaniu jej wartość odkształcenia względnego ε_x , po czym oblicza się średnią wartość odkształcenia względnego ε_{sx} dla wyników pomiarów uzyskanych dla brył A1, B1, C1; następnie, w oparciu o miarę objętości prostopadłościennych brył A1, B1, C1 oraz ich masę oblicza się średnią wartość gęstości objętościowej skały ρ_s i na jej podstawie oraz na podstawie zmierzonej wartości średniej prędkości fali podłużnej C_{sx} , średniej wartości odkształcenia względnego ε_{sx} na kierunku X, średniej wartości prędkości drgań V_{sx} bloku skalnego na kierunku X dla planowanej odległości między otworami a oraz gęstości objętościowej ρ_{mw} materiału wybuchowego i energii jego spalania Q_e wyznacza się optymalną wartość średnicy otworu strzałowego D, którą wyraża zależność $D = [\rho_s * C_{sx} * V_{sx} * 2 * a]^{1/2} / [\rho_{mw} * Q_e]$, czyli stosunek wartości iloczynu; dwukrotnej wartości odległości między otworami strzałowymi [a], średniej gęstości objętościowej skały [ρ_s] [kg/m³], średniej prędkości fali podłużnej [C_{sx}] uzyskanej dla brył skalnych A, B, C pobranych z bloku skalnego na kierunku X [m/s] i średniej prędkości drgań bloku skalnego V_{sx} ($V_{sx} = \varepsilon_{sx} * C_{sx}$) na kierunku X [m/s] wyznaczonej na podstawie iloczynu średniej wartości odkształcenia względnego ε_{sx} dla brył A1, B1, C1 na kierunku X i średniej prędkości fali podłużnej C_{sx} na kierunku X uzyskanej dla brył skalnych A, B, C; do wartości iloczynu gęstości objętościowej [ρ_{mw}] materiału wybuchowego [kg/m³] i energii spalania [Q_e] materiału wybuchowego [kJ/kg].