

## OKREŚLANIE PROCENTOWEGO ZUŻYCIA BUDYNKU MIESZKALNEGO POŁOŻONEGO PRZY KOPALNI ODKRYWKOWEJ SUROWCÓW SKALNYCH URABIANYCH MATERIAŁEM WYBUCHOWYM

### DETERMINING THE PERCENTAGE OF CONSUMPTION OF A RESIDENTIAL BUILDING LOCATED NEAR AN OPEN-PIT MINE OF ROCK RAW MATERIALS EXCAVATED WITH EXPLOSIVES

Tadeusz Chrzan - „Poltegor Instytut” Instytut Górnictwa Odkrywkowego, Wrocław

*W artykule przedstawiono sposób określania procentowego rzeczywistego zużycia budynku mieszkalnego ( $Z_r$ ) uszkodzonego drganiami gruntu powstałymi w wyniku urabiania skał strzelaniem. Na podstawie sposobu „średnioważonego stopnia zużycia technicznego poszczególnych elementów” obliczane jest rzeczywiste zużycie budynku. Następnie z podanej literaturowej zależności obliczane jest zużycie naturalne budynku. Odejmując od rzeczywistego procentowego zużycia budynku, naturalne procentowe ( $Z_n$ ) zużycie budynku otrzymuje się przyspieszone zużycie procentowe budynku ( $Z_b$ ).*

*Opisano dwa przykłady zastosowania tego sposobu w praktyce.*

**Słowa kluczowe:** drgania parasejsmiczne, szkody górnicze, budynki na terenach górniczych

*The article presents a way of objectively determining the percentage of actual consumption of a residential building ( $Z_r$ ) damaged by ground vibrations generated during rock mining by shooting. It is based on the fact that we calculate the actual consumption of a building by means of a method known from the literature of „average weighted technical wear of individual elements”. Then, from the functional relationship we calculate the natural consumption of the building. The natural ( $Z_n$ ) percentage of building consumption is subtracted from the actual percentage of building consumption and the percentage of building consumption ( $Z_b$ ) caused by the vibrations of the ground during rock mining by blasting is obtained.*

**Keywords:** parasymic vibrations, mining damage, buildings in mining areas

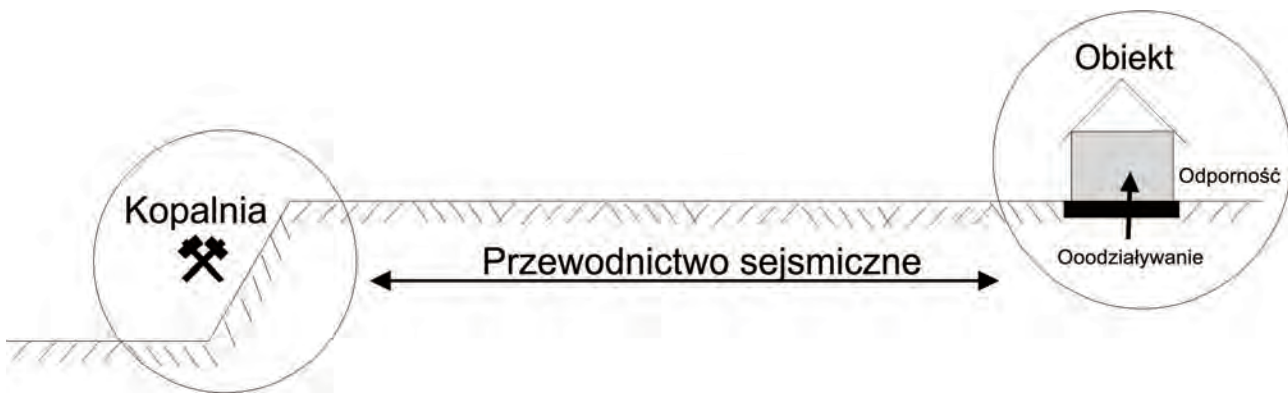
#### Wstęp

W górnictwie odkrywkowym prace z użyciem materiałów wybuchowych prowadzą do powstania drgań parasejsmicznych, mogących oddziaływać szkodliwie na lokalną zabudowę. Urabianie strzelaniem skał w kopalni odkrywkowej za pomocą materiałów wybuchowych powoduje drgania urabianego ośrodka, a następnie gruntu. Drgania te poprzez propagację fal parasejsmicznych we wszystkich kierunkach mogą działać szkodliwie na infrastrukturę drogową i mieszkalną. Określa się, że wielkość oddziaływania drgań zależy na danym terenie od wielkości odpalanego ładunku materiału wybuchowego oraz odległości między miejscem strzelania, a danym obiektem. Parametrem pozwalającym na porównywanie wartości poszczególnych drgań spowodowanych strzelaniem za pomocą materiałów wybuchowych jest amplituda, prędkość lub przyspieszenie drgań w punkcie pomiarowym i odpowiadająca jej częstotliwość. Parametry te związane są z warunkami geologiczno-tektonicznymi falowodu (rys.1), a w konsekwencji z miejscem robót strzałowych wynikających z postępu wydobywania. Wpływa to na warunki przewodnictwa parasejsmicznego w obrębie eksploatowanego złoża i poza nim. Wielkości

tych parametrów wpływają na rodzaje powstałych uszkodzeń w przyległych domach mieszkalnych. Skala uszkodzeń zależy od odporności budynku na wstrząsy i masy ładunku materiału wybuchowego odpalanego na jedną zwłokę czasową (rys. 1).

#### Urabianie skał MW

Skały zwięzłe, w kopalniach odkrywkowych i podziemnych oraz robotach makroniwelacyjnych urabia się za pomocą materiałów wybuchowych (MW), które powodują drgania urabianego ośrodka, a następnie gruntu poza terenem kopalni. Drgania te przenoszą się w formie propagacji fal parasejsmicznych w gruncie we wszystkich kierunkach i mogą działać szkodliwie na infrastrukturę drogową i mieszkalną. Uważa się, że drgania ośrodka powstające podczas urabiania skał materiałem wybuchowym (MW) rozchodzą się promieniowo z jednakową energią w każdym kierunku, podobnie jak fale na powierzchni cieczy, a ich energia drgań z odległością maleje [2, 3]. Skały urabia się, w wyrobisku kopalni odkrywkowej, poprzez odstrzelenie kolejnego bloku skalnego (zabierki), o długości zależnej od ilości otworów w szeregu, o szerokości zależnej od ilości szeregów i o wysokości zależnej od długości prawie



Rys 1. Schematycznie pokazano miejsce powstawania drgań / kopalnię /, odległość między kopalnią a obiektem, na który działają drgania [1]  
Fig.1. Schematic showing the place of formation of vibration / mine /, the distance between the mine and the house, which work vibrations [1]

pionowych otworów, umieszczonych szeregowo i wypełnionych materiałem wybuchowym. Przyjmując te dopuszczalne parametry określa się wartość bezpiecznego promienia strefy szkodliwości drgań dla budynków mieszkalnych [4].

Drgania gruntu wywołane strzelaniem w pobliskiej kopalni odkrywkowej przenoszą się na budynek i mogą powodować jego przyspieszone zużycie, które wyraża się różnego rodzaju uszkodzeniami jak: pękaniem tynków i ich odpadaniem, pękaniem ścianek działowych, stropów i murów nośnych. Takie same uszkodzenia mogą powstać w budynkach, w wyniku naturalnego zużycia. Trudno jest jednoznacznie i obiektywnie określić, procent powstałych uszkodzeń zabudowań i jakie są tego powody.

Stan dotychczasowy określania uszkodzeń budynku mieszkalnego spowodowanego drganiami gruntu powstałymi podczas strzelania polega na porównaniu podobnych domów, z których jeden jest położony dalej od kopalni surowców skalnych i zauważone w nim uszkodzenia nie są zaliczane do uszkodzeń powstałych z powodu strzelania w kopalni, z uszkodzeniami domu położonego przy kopalni. Oceniający, analizując powstałe uszkodzenia subiektywnie określa, które pęknięcia są spowodowane drganiami gruntu, a które powstały z przyczyn naturalnej eksploatacji domu. Na tej podstawie określa procentową wartość uszkodzeń, które powstały w domu w wyniku drgań wywołanych strzelaniem w kamieniołomie.

Stosuje się też sposób oparty na [4] normie budowlanej PN-85/B-02170:2019, na podstawie której mając pomierzone na budynku podczas urabiania skał strzelaniem o masie ładunku np.  $Qz = 1000$  kg amplitudę, przyspieszenie lub prędkość drgań można ocenić jakie uszkodzenia domu mogą powstać. Niedogodnością tego sposobu jest to, że wymaga on zespołu badawczego wyposażonego w aparaturę pomiarową i pozwala zaliczyć spękanie ścian powstałych w wyniku nierównomiernego osiadania fundamentu (zużycie naturalne) do spękań powstających w wyniku drgań gruntu. Ta ocena stanowi też znaczną część kosztów powstałej szkody.

Stosowany jest też subiektywny sposób oceny polegający na tym, że na podstawie wiedzy i doświadczenia oceniający sam określa procentową wartość uszkodzeń, które mogły powstać wskutek urabiania skał strzelaniem, a które nie. Niekiedy kopalnia odkrywkowa chce zrekompensować straty i uiszczyć gratyfikację finansową właścicielowi domu za wyrządzone w nim szkody, lecz koszty te trudno obiektywnie udokumentować i ocenić.

Wadą dotychczasowych sposobów określania wartości

szkody jest subiektywna ocena i brak uwzględnienia procentowego zużycia naturalnego budynku.

Znany i stosowany w budownictwie sposób określania rzeczywistego zużycia budynku wykonuje się przy następujących założeniach [5, 6, 7].

Budynki, złożone są z wielu elementów, które zużywają się (tracą swoje wartości użytkowe i wytrzymałościowe np. wskutek spękań) w różnym tempie. Stąd też, aby ustalić stopień zużycia rzeczywistego budynku (z udziałem drgań) należy:

- dokonać podziału obiektu na „i-te” elementy,
- ustalić procentowy udział kosztów poszczególnych elementów ( $A_i$ ) w koszcie całego nowego obiektu  $A$  (%),
- po dokonaniu oględzin ocenić stopnie zużycia poszczególnych elementów domu ( $Szr.i$ ) (według znanych i stosowanych w budownictwie tabel [8]),
- określić średnio ważony stopień zużycia rzeczywistego całego obiektu budowlanego.

Średnio ważony stopień rzeczywistego zużycia obiektu budowlanego ( $Z_r$ ) w procentach, określa się jako iloczyn sumy ( $A_i \times Szr.i$ )  $\times 100\%$  wszystkich jego elementów.

Opracowany sposób określania procentowego rzeczywistego zużycia budynku mieszkalnego ( $Z_r$ ) uszkodzonego drganiami gruntu powstałymi podczas urabiania skał strzelaniem polega na tym, że znanym z literatury [5,6,7] (sposobem „średnioważonego stopnia zużycia technicznego poszczególnych elementów”) określa się sumę iloczynów rzeczywistego zużycia poszczególnych elementów składowych budynku ( $Szr.i$ ) i procentową wartość tych elementów ( $A_i$ ) w stosunku do całego budynku pomnożoną przez 100 i wyrażoną w procentach, co daje wartość rzeczywistego procentowego zużycia budynku ( $Z_r$ ) w procentach. Od rzeczywistego procentowego zużycia budynku odejmuje się naturalne ( $Z_n$ ) procentowe zużycie budynku i otrzymuje się przyspieszone zużycie procentowe budynku ( $Z_b$ ) spowodowane przez drgania gruntu powstałe podczas urabiania skał strzelaniem.

Natomiast naturalne procentowe zużycie budynku mieszkalnego [8] ( $Z_n$ ) oblicza się jako: obecny wiek budynku ( $t$ ) w latach podzielony przez okres jego trwałości ( $T$ ) w latach, a tak otrzymaną wartość tego stosunku podnosi się do kwadratu, a następnie mnoży przez 100, aby otrzymać zużycie budynku wyrażone w procentach. Przewidywany okres trwałości budynku ( $T$ ) w latach, dla budynków murowanych, z kamienia, cegły na zaprawie cementowej, betonu, wynosi 150 lat. Dla

budynków drewnianych i z muru pruskiego  $T=60$  lat.

Stąd (Zb) - przyspieszone zużycie procentowe budynku mieszkalnego spowodowane drganiami gruntu powstałymi podczas urabiania skał strzelaniem określa się jako wielkość różnicy otrzymanej z odejmowania. Od procentowego zużycia rzeczywistego (Zr) odejmujemy zużycie naturalne (Zn) i otrzymujemy przyspieszone zużycie budynku (Zb) wskutek drgań gruntu wywołanych strzelaniem w kamieniołomie.

Zaletą opracowanego sposobu jest określenie procentowego zużycia rzeczywistego uszkodzonego budynku, procentowego zużycia naturalnego budynku mieszkalnego oraz przyspieszonego zużycia budynku wskutek drgań gruntu powstałymi podczas urabiania skał strzelaniem.

Opracowany sposób objaśniono na dwóch przykładach.

### Przykład I

Wartość (Zr) rzeczywistego procentowego zużycia budynku mieszkalnego zbudowanego z cegły na zaprawie cementowej i mającego obecnie 50 lat obliczamy jako sumę iloczynów rzeczywistego zużycia poszczególnych (Sr*i*) elementów składowych budynku (i) i procentową wartość tych elementów (Ai) w stosunku do całego budynku pomnożoną przez 100.

Rzeczywiste zużycie (Sr*i*) poszczególnych elementów składowych (Ai) - budynku położonego w odległości 600 m od kamieniołomu przy urabianiu skał strzelaniem ładunkiem  $Q_z=1000$ kg wynosi:

(Sr*i*) elementu 1(A1)-50%=0,5; (Sr*i*) elementu 2(A2)-25%=0,25;

(Sr*i*) elementu 3(A3)-75%=0,75; (Sr*i*) elementu 4(A4)-50%=0,5;

(Sr*i*) elementu 5(A5)-25%=0,25.

Procentowa wartość (Ai)-tych elementów w stosunku do całego budynku wynosi:

Element A1-30%=0,3 (fundamenty, stropy, schody),

Element A2- 50%=0,5 (ściany, ścianki działowe, dach),

Element A3- 10%=0,1 (instalacje),

Element A4-5%=0,05 (tynki zewnętrzne i wewnętrzne, posadzki),

Element A5-5%=0,05 (stolarka okienna i drzwiowa, podłogi).

Obliczając iloczyny (Sr*i*) oraz (Ai) otrzymujemy wartość rzeczywistego procentowego zużycia budynku (Zr) w procentach, która wynosi:

$$Zr = [(A1 \times Sr_{z.1}) + (A2 \times Sr_{z.2}) + (A3 \times Sr_{z.3}) + (A4 \times Sr_{z.4}) + (A5 \times Sr_{z.5})] \times 100 (\%)$$

$$Zr = [(0,30 \times 0,50) + (0,50 \times 0,25) + (0,10 \times 0,75) + (0,05 \times 0,5) + (0,05 \times 0,25)] \times 100 = 38,7\%$$

Wartość zużycia naturalnego (Zn) budynku mającego obecnie t-50 lat przy okresie jego trwałości  $T=150$  lat, oblicza się jako obecny wiek (t) budynku w latach podzielony przez okres jego trwałości (T) w latach. Tak otrzymaną wartość tego stosunku podnosi się do kwadratu, a następnie mnoży przez 100 otrzymując zużycie budynku wyrażone w procentach.

$$Zn = [t / T]^2 \times 100 (\%),$$

$$Zn = [50 / 150]^2 \times 100 = 11,1 (\%)$$

Obliczone (Zb) przyspieszone zużycie procentowe budynku mieszkalnego uszkodzonego drganiami gruntu powstałymi podczas urabiania skał strzelaniem o masie ładunku  $Q_z = 1000$  kg jest różnicą między wartością procentowego zużycia rzeczywistego (Zr), a wartością procentowego zużycia naturalnego budynku (Zn) i wynosi:

$$Zb = 38,7\% - 11,1\% = 27,6 (\%)$$

Pozwala to określić z dokładnością 0,1% przyspieszone procentowe zużycie budynku powstające podczas urabiania skał w kopalni odkrywkowej materiałami wybuchowymi.

Z podanego przykładu wynika, że wartość ładunku  $Q_z=1000$  kg może powodować przyspieszone procentowe zużycie budynku mieszkalnego położonego blisko kopalni – 600 m o wartości 27,6 (%).

### Przykład II

Wartość (Zr) rzeczywistego procentowego zużycia budynku mieszkalnego zbudowanego z cegły na zaprawie cementowej i mającego obecnie 50 lat obliczamy jako sumę iloczynów (Sr*i*) rzeczywistego zużycia poszczególnych elementów składowych budynku (i) i procentową wartość tych elementów (Ai) w stosunku do całego budynku pomnożoną przez 100.

Rzeczywiste zużycie (Sr*i*) poszczególnych elementów składowych (Ai) takiego samego budynku jak w przykładzie I przy urabianiu skał strzelaniem ładunkiem  $Q_z=1000$  kg lecz położonego 900 m od kamieniołomu dalej niż budynek w przykładzie I wynosi:

Srz.1(A1)-25%=0,25; Srz.2(A2)-10%=0,10; Srz.3(A3)-25%=0,25;

Srz.4(A4)-30%=0,3; Srz.5(A5)-10%=0,10.

Procentowa wartość (Ai)-tych elementów w stosunku do całego budynku wynosi:

Element A1-30%=0,3 (fundamenty, stropy, schody),

Element A2- 50%=0,5 (ściany, ścianki działowe, dach),

Element A3- 10%=0,1 (instalacje),

Element A4- 5%=0,05 (tynki zewnętrzne i wewnętrzne, posadzki),

Element A5- 5%=0,05 (stolarka okienna i drzwiowa, podłogi).

Obliczając iloczyny (Sr*i*) oraz (Ai) otrzymujemy wartość rzeczywistego procentowego zużycia budynku (Zr) w procentach, która wynosi:

$$Zr = [A1 \times Sr_{z.1}(A1) + A2 \times Sr_{z.2}(A2) + A3 \times Sr_{z.3}(A3) + A4 \times Sr_{z.4}(A4) + A5 \times Sr_{z.5}(A5)] \times 100 (\%)$$

$$Zr = [(0,30 \times 0,25) + (0,50 \times 0,10) + (0,1 \times 0,25) + (0,05 \times 0,30) + (0,05 \times 0,10)] \times 100 = 17,0 (\%)$$

Wartość zużycia naturalnego (Zn) budynku mającego t-50 lat przy okresie jego trwałości  $T=150$  lat, oblicza się jako obecny wiek budynku (t) w latach podzielony przez okres jego trwałości (T) w latach, a tak otrzymaną wartość tego stosunku podnosi się do kwadratu, a następnie mnoży przez 100 otrzymując zużycie budynku wyrażone w procentach.

$$Z_n = [t/T]^2 \times 100 \text{ (\%)}$$

$$Z_n = [50/150]^2 \times 100 = 11,1 \text{ (\%)}$$

Obliczone przyśpieszone zużycie procentowe budynku mieszkalnego ( $Z_b$ ) uszkodzonego drganiami gruntu powstałymi podczas urabianiem skał strzelaniem o masie ładunku  $Q_z = 1000$  kg położonego dalej od kamieniołomu niż budynek w przykładzie I jest różnicą między wartością procentowego zużycia rzeczywistego ( $Z_r$ ), a wartością procentowego zużycia naturalnego budynku ( $Z_n$ ) i wynosi:

$$Z_b = 17,0 \% - 11,1 = 5,9 \text{ (\%)}$$

Pozwala to określić z dokładnością 0,1% , przyśpieszone procentowe zużycia budynku powstające podczas urabiania skał w kopalni odkrywkowej materiałami wybuchowymi.

Z podanych przykładów wynika, że wartość ładunku  $Q_z = 1000$  kg powoduje przyśpieszone procentowe zużycie budynku mieszkalnego położonego blisko kopalni – 600 m jak i od niej oddalonego o 900 m.

## Podsumowanie

Przedstawiono i opisano na przykładach sposób obiektywnego określania przyśpieszonego procentowego zużycia budynku mieszkalnego spowodowany drganiami gruntu powstałymi podczas urabiania skał strzelaniem.

Przedstawiono sposób dokładnego i obiektywnego określania rzeczywistego procentowego zużycia obiektu uszkodzonego drganiami gruntu.

## Literatura

- [1] Chrzan T., Modrzejewski Sz., *Prognozowanie wartości drgań parasejsmicznych szkodliwie działających na infrastrukturę drogową i mieszkalną*. Logistyka, 2014, nr 5, CD 1, s. 222
- [2] Chrzan T., Gliński J., *Stan i kierunki przemian w określaniu promienia strefy szkodliwości drgań sejsmicznych*. VI Krajowy Zjazd Górnictwa Odkrywkowego, s.73-82, Konin, 1995
- [3] Onderka Z., *Badania intensywności drgań sejsmicznych przy strzelaniu metodą otworów wiertniczych w kopalniach odkrywkowych*. Zeszyty Naukowe AGH, nr 334, Górnictwo, Kraków 1971
- [4] Polska Norma PN-B/85-02170:2019
- [5] Drozd W., *Metody oceny stanu technicznego budynków w aspekcie ich praktycznego zastosowania*, Przegląd Budowlany nr 4/2017
- [6] Bakalarz A., *Ocena okresu użytkowania elementów i obiektów budowlanych do celów projektowych*, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, nr 95/2002
- [7] Michalik K., *Zużycie techniczne budynków i budowli. Metodologia oceny stanu technicznego budynków i budowli. Podstawy diagnostyki budowlanej. Tabele pomocnicze do ustalania stopnia zużycia budynku*. Wydawnictwo Prawo i Budownictwo, 2014
- [8] Źródło internetowe. *Określanie zużycia obiektów budowlanych*. bond.com.pl dostęp 23.02.2020