

Standaryzacja dokumentowania skutków wstrząsów górniczych w budynkach i obiektach infrastruktury technicznej warunkiem rozwoju skali intensywności drgań GSI_{GZWKW}

Standardization of documentation of the effects of mining shocks in buildings and technical infrastructure objects as a condition of development of the intensity scale of mining seismic events GSI_{GZWKW}



*Mgr inż. Adam Barański**



*Mgr inż. Tomasz Kowal**



*Dr inż. Andrzej Tor***

Treść: Górnicza skala intensywności drgań GSI_{GZWKW} -2012 jest empiryczno-pomiarową skalą makrosejsmiczną służącą do oceny i prognozy oddziaływania wstrząsów indukowanych eksploatacją złóż węgla kamiennego w zakładach górniczych Polskiej Grupy Górniczej sp. z o.o. na budynki, infrastrukturę techniczną i na ludzi. W trakcie jej stosowania (od 2006 r.) wprowadzono szereg innowacyjnych rozwiązań dotyczących całości zagadnień związanych z oddziaływaniem wstrząsów górniczych na powierzchnię terenu. W artykule zwrócono uwagę na potrzebę, a w zasadzie na konieczność, standaryzacji nazewnictwa i sposobu dokumentowania zjawiska i jego skutków. Wszystkie środowiska zajmujące się problematyką oddziaływań wstrząsów górniczych na budynki, infrastrukturę techniczną i na ludzi (kopalnie, nadzór górniczy, jednostki naukowo-badawcze, projektanci i eksperci budowlani, inwestorzy, biegli sądowi) powinny posługiwać się jednolitą terminologią. W przekonaniu autorów standaryzacja dokumentowania i nazewnictwa jest warunkiem dalszego rozwoju skali, podnoszenia jej wiarygodności i doprowadzenia do powszechnej jej akceptacji.

Abstract: The intensity scale of mining seismic events GSI_{GZWKW} -2012 constitutes an empirical-measurement macroseismic scale used for the assessment and forecasting the impact of shocks induced by excavation of coal deposits in collieries of Kompania Węglowa S.A. on buildings, technical infrastructure and people. A number of innovative solutions concerning all issues related to the impact of mining shocks on the land surface. This paper draws the attention to the need, or a must in fact, of standardization of terminology and the method of documentation of the phenomenon and its consequences. The circles that deal with the issue concerning the impact of mining shocks on buildings, technical infrastructure and people (collieries, mining supervision, research units, designers and construction experts, investors, court experts) should use the same terminology. The authors believe that the standardization of documentation of the terminology constitutes a prerequisite for further development of the scale, improvement of its reliability and universal acceptance.

Słowa kluczowe:

wstrząsy górnicze, powierzchnia terenu, skutki, definicje, standaryzacja dokumentowania

Keywords:

mining shocks, land surface, effects, definitions, standardization of documentation

1. Wprowadzenie

Podziemna eksploatacja węgla w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym indukuje aktywność sejsmiczną, co potwierdzają prowadzone od ponad 50 lat obserwacje sejsmologiczne i sejs-

smometryczne (Stec 2007). Początki obserwacji sejsmologicznych związane były z zagrożeniem tąpnięciami występującym w kopalniach, a ich wyniki wykorzystywano w profilaktyce tąpniowej. Skutki wstrząsów (tąpnięcia) w wyrobiskach podziemnych były i są niewspółmiernie większe od uszkodzeń powstających na powierzchni terenu. Wraz z rozwojem aparatury i metod pomiarowych, zaczęto zwracać coraz większą uwagę na aspekt oddziaływania wstrząsów górniczych na infrastrukturę powierzchni i na odczuwalność ich przez ludzi.

*) Polska Grupa Górnicza sp. z o.o. w Katowicach

**) Becker-Warkop sp. z o.o. w Świerklanach

Wieloletnie pomiary i badania wskazują na bimodalność wstrząsów górotworu, tzn. na występowanie wstrząsów o charakterze czysto eksploatacyjnym oraz wstrząsów o charakterze tektonicznym, nazywanych powszechnie regionalnymi. Wstrząsy eksploatacyjne, lokalizowane w stosunkowo bliskim otoczeniu wyrobisk górniczych, związane są z naprężeniami eksploatacyjnymi. Wstrząsy o charakterze regionalnym są generowane przez naprężenia tektoniczne związane z budową geologiczną, a naprężenia wywołane eksploatacją górnictw są jedynie "wyzwalaczem" energii zgromadzonej w strukturach geologicznych (Marczak, Mutke 2013). W zależności od mechanizmu i energii wstrząsów obserwujemy różne intensywności ich oddziaływania na powierzchni terenu.

Poważny problem związanym z oddziaływaniem wstrząsów na powierzchnię terenu, w latach 2004 – 2006, wystąpił w mieście Rydułtowy i związany był z eksploatacją KWK Rydułtowy-Anna pod jego centrum. Prowadzonej eksploatacji towarzyszyła duża aktywność sejsmiczna w zakresie wstrząsów o energiach 10^6 - 10^8 J. Duży oddźwięk społeczny spowodowany odczuwalnością tych wstrząsów przez mieszkańców i przyjmowane wówczas kryteria oddziaływania wstrząsów na powierzchnię terenu praktycznie uniemożliwiły kopalni planowe kontynuowanie eksploatacji. Sytuacja ta skłoniła ówczesną Kompanię Węglową S.A., w strukturach której znajdowała się KWK Rydułtowy-Anna, do podjęcia szeregu działań mających na celu ograniczenie występującej aktywności sejsmicznej.

Do 2006 roku intensywność drgań wywołanych wstrząsami górnictw próbowano opisywać skalami adaptowanymi z obserwacji trzęsień ziemi (Drzeźła i in. 2001, Miedwiediev in. 1964) (powszechnie stosowana była skala MSK-64). Wstrząsy wywołane robotami górnictw w podziemnych kopalniach węglowych istotnie jednak różnią się charakterystyką drgań od klasycznych trzęsień ziemi (nawet tych słabych) i dlatego skale makrosejsmiczne dedykowane trzęsieniom słabo korelują się ze skutkami drgań obserwowanymi po wstrząsach górnictw.

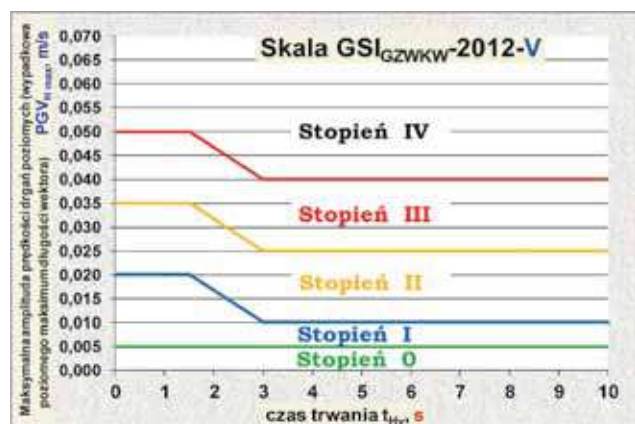
W 2006 roku Kompania Węglowa S.A. podjęła działania o charakterze badawczym, pionierskie w skali górnictwa węgla kamiennego, które uwieńczone zostały opracowaniem w 2007 roku przez Główny Instytut Górnictwa – we współpracy z KW S.A. – „Górnictwej skali intensywności drgań GSI-GZWK_{KW} do oceny skutków oddziaływania wstrząsów indukowanych eksploatacją złóż węgla kamiennego w zakładach górnictw Kompanii Węglowej S.A. na obiekty budowlane i na ludzi” (Dubiniński i in. 2008, Mutke i in. 2006/2007).

W 2012 r. dokonano weryfikacji skali GSI-GZWK_{KW} w wyniku której opracowano obecną wersję skali GSI_{GZWKW}-2012 (Mutke i in. 2012). Weryfikacji dokonano na podstawie wyników pomiarów zjawisk sejsmicznych i obserwacji ich skutków w obiektach budowlanych, położonych w rejonach prowadzenia obserwacji sejsmometrycznych, w obszarach działania podziemnych zakładów górnictw Kompanii Węglowej S.A. (Barański, Mutke 2008). Jest to skala empiryczno-pomiarowa opracowana na podstawie danych uzyskanych z pomiarów drgań oraz obserwacji skutków drgań w zabudowie powierzchniowej.

2. Oddziaływania wstrząsów na powierzchnię terenu i ich skutki w ujęciu górnictwej skali intensywności drgań GSI_{GZWKW}-2012

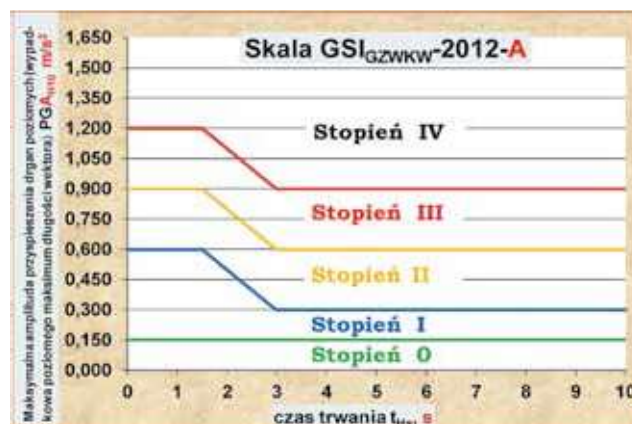
Górnictwa skala intensywności drgań GSI_{GZWKW}-2012 służy do oceny intensywności oddziaływania wstrząsów górnictw na budynki, infrastrukturę techniczną i na ludzi. Wykorzystuje ona wieloletnie badania, pomiary i obserwacje, które pozwoliły na sformułowanie tezy, że amplitudy prędkości drgań gruntu wywołanych wstrząsami górnictw, przy dodatkowym uwzględnieniu czasu ich trwania (intensywność drgań), dobrze korelują ze skutkami drgań obserwowanymi w obiektach budowlanych na powierzchni terenu (Dubiniński i in. 2008, Mutke i in. 2006/2007, Mutke i in. 2012). Odkształcenia i naprężenia występujące podczas wstrząsu w poszczególnych elementach budynku są proporcjonalne do amplitudy prędkości drgań i dlatego prędkościowa wersja skali GSI daje lepszą korelację danych pomiarowych z makrosejsmicznymi. Amplituda prędkości drgań poziomych gruntu ($PGV_{H_{max}}$) w połączeniu z czasem ich trwania (t_{HV}) to intensywność drgań w wersji prędkościowej skali GSI_{GZWKW}-2012-V (rys. 1).

Drugim parametrem, przy pomocy którego można opisać intensywność drgań, jest amplituda przyspieszenia drgań poziomych gruntu, w paśmie częstotliwości do 10 Hz (PGA_{H10}) oraz czas ich trwania (t_{Ha}). Trzeba jednak pamiętać, że skala przyspieszeniowa GSI_{GZWKW}-2012-A (rys. 2) charakteryzuje się gorszą korelacją danych pomiarowych i makrosejsmicznych niż skala prędkościowa GSI_{GZWKW}-2012-V i dlatego powinna być stosowana, jako skala pomocnicza (dla archiwalnych danych pomiarowych i wykonanych wcześniej prognoz opartych na maksymalnych amplitudach przyspieszenia drgań w paśmie do 10 Hz). Skala GSI_{GZWKW}-2012 wyróżnia 5 stopni intensywności drgań (rys. 1, 2).



Rys. 1. Stopnie intensywności skali GSI_{GZWKW}-2012-V (Mutke i in. 2012)

Fig. 1. Levels of the intensity scale GSI_{GZWKW}-2012-V (Mutke i in. 2012)



Rys. 2. Stopnie intensywności skali GSI_{GZWKW}-2012-A (Mutke i in. 2012)

Fig. 2. Levels of the intensity scale GSI_{GZWKW}-2012-A (Mutke i in. 2012)

Górnicza Skala Intensywności GSI_{GZWKW} -2012 pozwala na przybliżoną ocenę wpływu oddziaływania wstrząsów górniczych na budynki, w zakresie od drgań nieszkodliwych, przez drgania powodujące uszkodzenie elementów wykończeniowych, aż do wystąpienia uszkodzeń w elementach konstrukcyjnych. Skala odnosi się do budynków w dobrym i w złym stanie technicznym, o konstrukcji: tradycyjnej, murowej, szkieletowo-murowej, szkieletowej, wielkoblokowej, wielkopłytowej, o wysokości do 12 kondygnacji.

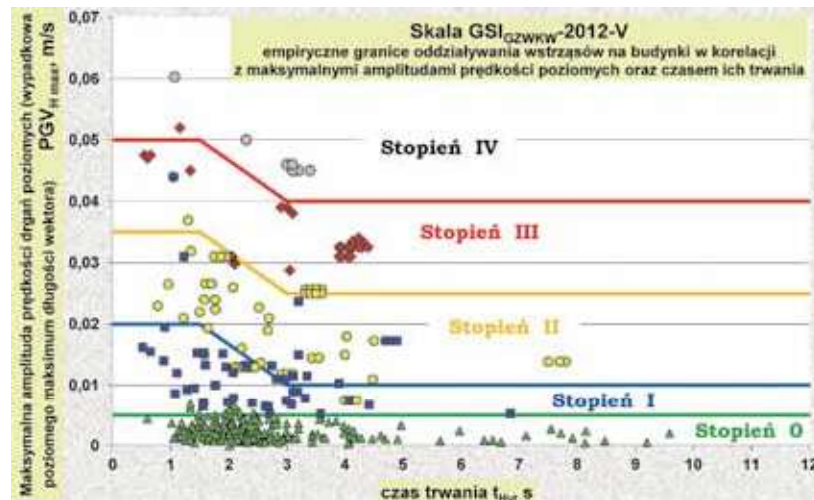
Każdemu stopniowi intensywności drgań zostały przypisane określone skutki w obiektach budowlanych, w formie opisowej, odrębnie dla budynków w dobrym i w złym stanie technicznym lub o dużym naturalnym zużyciu (tab. 1). W opisach tych rozróżnia się skutki w rozbiu na elementy konstrukcyjne i niekonstrukcyjne. Przekroczenie granicy

stopnia szkodliwości określonego przez skalę GSI_{GZWKW} -2012 oznacza, że opisane skutki mogą, lecz nie muszą wystąpić. (Dubiński i in. 2008, Mutke i in. 2012).

Przeprowadzona w ramach weryfikacji skali analiza kilkudziesięciu przypadków uszkodzeń budynków nie wykazała wpływu rozwiązań konstrukcyjnych (budynki tradycyjne i tradycyjne – ulepszone) na rodzaj uszkodzeń występujących w wyniku działania wstrząsów. Można przypuszczać, że wywołane wstrząsami parametry drgań gruntu były zbyt niskie, aby mogły ujawnić się takie różnice (wskazane są dalsze obserwacje i badania). Nawet po najsilniejszych wstrząsach, o energiach rzędu $10^7 - 10^9$ J, obserwowano prawie wyłącznie uszkodzenia elementów niekonstrukcyjnych budynków, w niespełna 5% populacji zabudowy (Mutke i in. 2012).

Tabela 1. Skutki drgań o określonych stopniach intensywności wg Skali GSI_{GZWKW} -2012 (Mutke i in. 2012)
Table 1. The effects of vibrations of particular intensity levels according to the GSI_{GZWKW} -2012 scale (Mutke i in. 2012)

Stopnie intensywności	Skutki wstrząsu	
	Budynki w dobrym stanie technicznym	Budynki w złym stanie technicznym
0	Drgania całkowicie nieszkodliwe dla wszystkich elementów konstrukcyjnych oraz niekonstrukcyjnych budynków. Drgania niepowodujące powiększania się uszkodzeń istniejących w budynkach.	Drgania całkowicie nieszkodliwe dla wszystkich elementów konstrukcyjnych oraz niekonstrukcyjnych budynków. Drgania niepowodujące powiększania się uszkodzeń istniejących w budynkach.
I	Drgania całkowicie nieszkodliwe dla wszystkich elementów konstrukcyjnych oraz niekonstrukcyjnych budynków.	Drgania całkowicie nieszkodliwe dla wszystkich elementów konstrukcyjnych. Drgania w górnym zakresie stopnia I, w pojedynczych przypadkach mogą powodować nieznaczne powiększanie się (przyrost), już istniejących w tych budynkach, uszkodzeń elementów niekonstrukcyjnych.
II	Drgania całkowicie nieszkodliwe dla wszystkich elementów konstrukcyjnych oraz nieuszkodzonych elementów niekonstrukcyjnych budynków. Drgania (w górnym zakresie stopnia II) w pojedynczych przypadkach mogą powodować nieznaczne powiększanie się (przyrost) już istniejących w budynkach uszkodzeń elementów niekonstrukcyjnych.	Drgania całkowicie nieszkodliwe dla wszystkich nieuszkodzonych elementów konstrukcyjnych. Drgania mogące powodować dalszą intensyfikację istniejących uszkodzeń elementów niekonstrukcyjnych. Drgania w górnym zakresie stopnia II, w pojedynczych przypadkach, mogą powodować pierwsze (nowe) uszkodzenia elementów (pojedynczych) niekonstrukcyjnych budynków. Drgania w górnym zakresie stopnia II, mogą powodować zwiększenie (przyrost) istniejących uszkodzeń konstrukcyjnych.
III	Drgania całkowicie nieszkodliwe dla wszystkich elementów konstrukcyjnych budynków. Drgania mogące powodować dalsze zwiększanie istniejących uszkodzeń elementów niekonstrukcyjnych – opisane w II stopniu intensywności. Drgania mogące powodować pierwsze uszkodzenia elementów niekonstrukcyjnych.	Drgania mogące powodować rozległe zwiększenie istniejących uszkodzeń elementów niekonstrukcyjnych – opisane w II stopniu intensywności. Drgania mogące powodować duże uszkodzenia elementów niekonstrukcyjnych budynków. Drgania mogące powodować pierwsze uszkodzenia elementów konstrukcyjnych budynków, niestwarzające zagrożenia dla bezpieczeństwa budynków.
IV	Drgania mogące powodować znaczne uszkodzenia elementów niekonstrukcyjnych budynków. Drgania mogące powodować pierwsze uszkodzenia (pojedynczych) elementów konstrukcyjnych – ustroju nośnego lub usztywniającego budynków, nie zagrażające jednak stateczności całego ustroju nośnego budynku.	Drgania mogące powodować zniszczenia elementów niekonstrukcyjnych budynków. Drgania mogące powodować relatywnie duże uszkodzenia konstrukcyjne ustrojów nośnych i usztywniających budynków.



Rys. 3. Skala $GSI_{GZWKW-2012-V}$ – parametry drgań a stwierdzone skutki w budynkach (wyniki weryfikacji z lat 2006-2012 (Mutke i in. 2012))

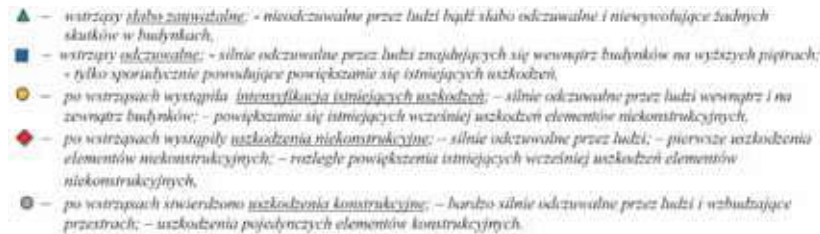
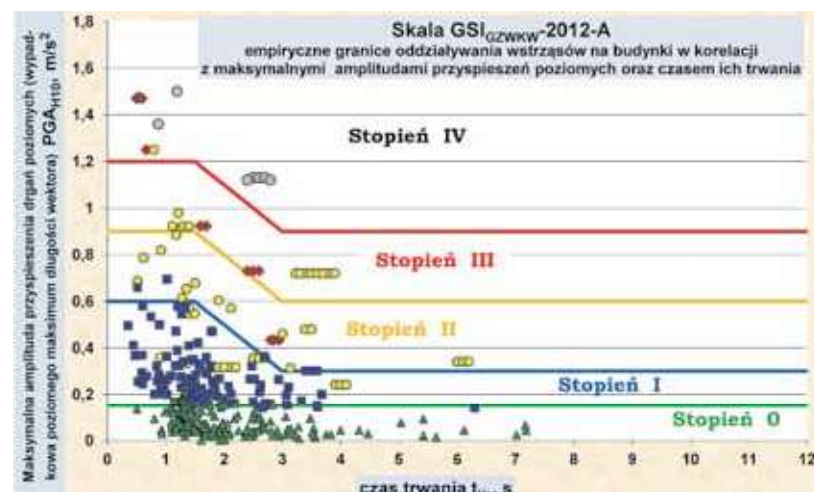
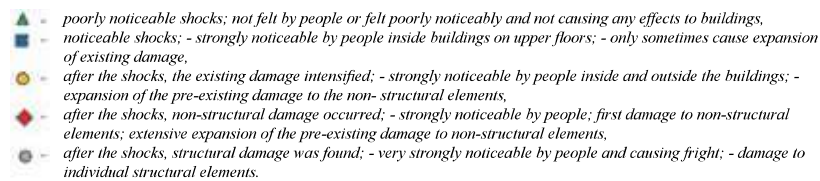


Fig. 3. $GSI_{GZWKW-2012-V}$ scale - the parameters of vibrations and the effects found in buildings (verification results from 2006-20112 (Mutke i in. 2012))



Rys. 4. Skala $GSI_{GZWKW-2012-A}$ – parametry drgań a stwierdzone skutki w budynkach (wyniki weryfikacji z lat 2006-2012 (Mutke i in. 2012))

Objaśnienia jak w rys. 3.

Fig. 4. $GSI_{GZWKW-2012-A}$ scale - the parameters of vibrations and the effects found in buildings (verification results from 2006-20112 (Mutke i in. 2012))

Explanation to Figures 3

Granice poszczególnych stopni intensywności wyznaczone w zweryfikowanej skali GSI_{GZWKW} -2012-V dają dużą gwarancję poprawnej korelacji stopnia intensywności z opisanymi dla niego skutkami w budynkach. Ocena intensywności drgań, wykonywana przy użyciu skali GSI_{GZWKW} -2012-A (przyśpieszeniowej) jest mniej wiarygodna (zwłaszcza w odniesieniu do III stopnia intensywności). Analizy dokonane podczas weryfikacji skali wskazują, że prawdopodobieństwo, iż nie wystąpią skutki (uszkodzenia) przypisane do wyższego stopnia intensywności drgań wynosi odpowiednio (Mutke i in. 2012):

dla skali GSI_{GZWKW} -2012-V
(analiza dla 390 wstrząsów o energii od 5E5 do 3E9 J)

– dla stopnia I	–	P = 98 %
– dla stopnia II	–	P = 79 %
– dla stopnia III	–	P = 94 %
– dla stopnia IV	–	P = 100 %

dla skali GSI_{GZWKW} -2012-A
(analiza dla 331 wstrząsów o energii od 5E5 do 3E9 J)

– dla stopnia I	–	P = 93 %
– dla stopnia II	–	P = 73 %
– dla stopnia III	–	P = 75 %
– dla stopnia IV	–	P = 100 %

Pomimo wykazywanej na licznych przykładach lepszej korelacji parametru amplitudy prędkości drgań (wraz z czasem ich trwania) z obserwowanymi skutkami w budynkach, to przy opracowywaniu planów ruchu kopalń nadal preferowany jest parametr przyśpieszenia. Jak widać stare przyzwyczajenia wciąż jeszcze biorą górę nad wnioskami wynikającymi z opracowań naukowych i wieloletnich wyników prowadzonych obserwacji.

Skala GSI_{GZWKW} -2012 jest skalą otwartą, gdyż dotychczas na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego nie rejestrowano drgań powodujących duże uszkodzenia lub awarie ustrojów nośnych i usztywniających budynków, nawet po najsilniejszych wstrząsach o energiach $10^8 J \div 10^9 J$ (Stec, Mutke 2016). Stwierdzenie to odnosi się do obserwacji skutków wstrząsów z obszaru kopalń dawnej Kompanii Węglowej S.A. – autorzy, w trakcie opracowywania artykułu, nie dysponowali danymi z analiz uszkodzeń budynków po wstrząsach z lat 2014-2015 o energiach $10^8 J \div 10^9 J$ z obszaru kopalń Wujek i Janina.

Teoretycznie skala GSI powinna być skalą 6-stopniową, obejmującą stopnie intensywności drgań od 0 do V (drgania

odpowiadające V stopniowi intensywności mogą powodować duże uszkodzenia ustrojów nośnych i usztywniających budynków), co potwierdzają pomiary i obserwacje z terenów górniczych spoza obszaru Polski (Mutke i in. 2015a), jak również opisy uszkodzeń budynków w rejonie miejscowości Nowe Bojszowy po wstrząsie zaistniałym w 1992 r. w ówczesnej kopalni „Czczcott” (brak pomiaru drgań gruntu w strefie stwierdzonych uszkodzeń). Odwołując się do skali intensywności sejsmicznej MSIS-2015 – opracowanej w ramach międzynarodowego projektu COMEX (Mutke i in. 2015b) – można w przybliżeniu określić granice V stopnia intensywności drgań (rys. 7 i 8) i podać syntetyczny opis skutków oddziaływań drgań na budynki (tabela 2).

3. Wykorzystywanie skali GSI_{GZWKW} -2012 w praktyce ruchowej kopalń

Ocena oddziaływania wstrząsów na powierzchnię terenu dokonywana jest z wykorzystaniem:

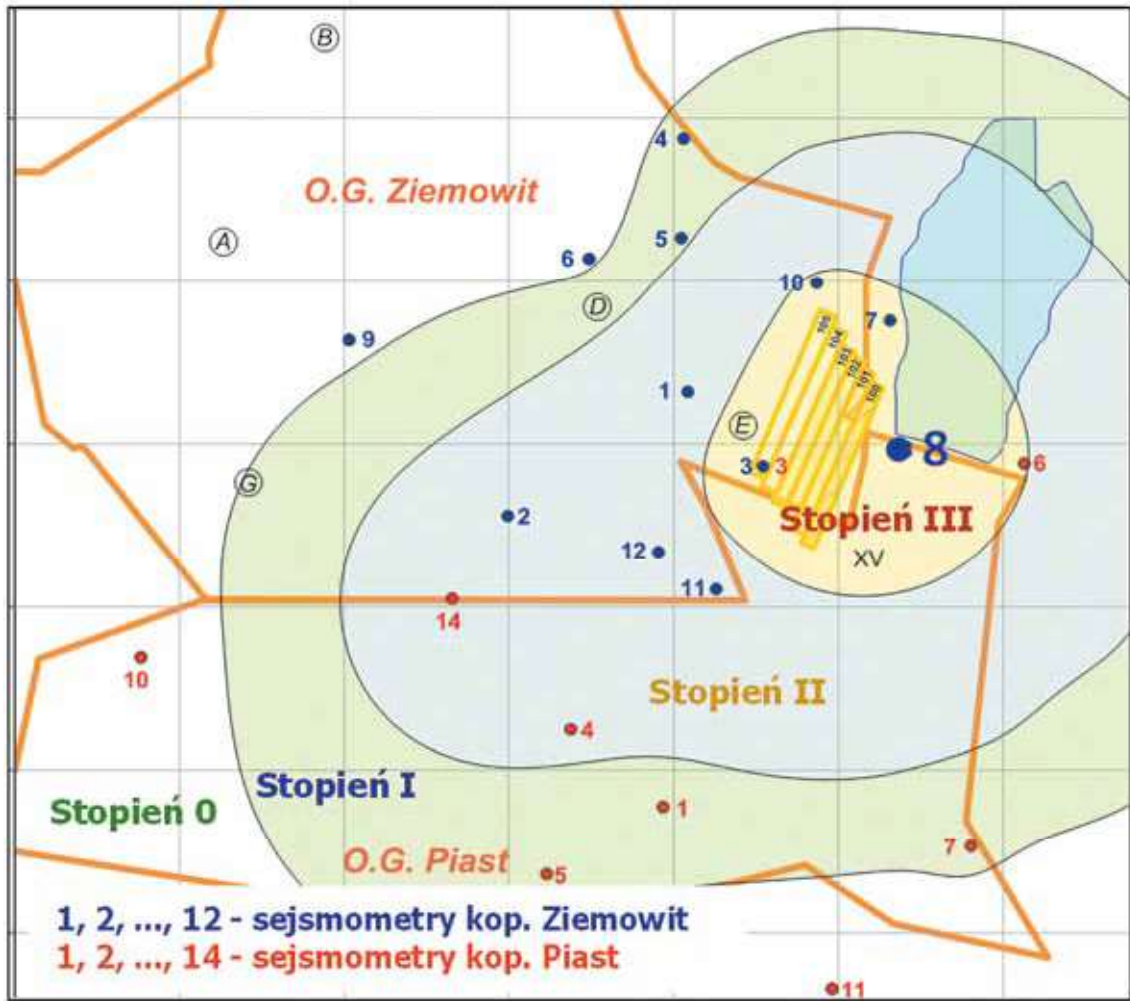
- powierzchniowych systemów obserwacji sejsmometrycznych do rejestracji parametrów drgań gruntu umożliwiających określenie zasięgu oddziaływania z podziałem na poszczególne stopnie intensywności skali GSI_{GZWKW} -2012,
- wyników oględzin zgłoszonych po wstrząsie uszkodzeń w budynkach i infrastrukturze technicznej,
- analiz związku przyczynowo-skutkowego (analiza wielkości i zasięgu parametrów drgań, przy uwzględnieniu pozostałych oddziaływań górniczych oraz wyników przeprowadzonych oględzin uszkodzonych obiektów).

Istota prognozowania oddziaływań sejsmicznych dla projektowanej lub prowadzonej eksploatacji górniczej polega na określeniu rozkładów wartości parametrów drgań gruntu, jakie mogą być wywołane przez wstrząsy górotworu prognozowane dla określonej eksploatacji. Wyliczone rozkłady wartości parametrów drgań gruntu stanowią podstawę do sporządzenia rozkładów intensywności drgań, które na mapach powierzchni terenu nanoszone są jako izolinie prognozowanych stopni intensywności drgań – zgodnie z kwalifikacją skali GSI_{GZWKW} -2012 (rys. 5). Znajomość zasięgu poszczególnych stopni intensywności drgań przed rozpoczęciem eksploatacji ma podstawowe znaczenie dla podejmowania wyprzedzających działań, mających na celu zapewnienie przez zakład górniczy należytej ochrony powierzchni terenu, a w szczególności bezpieczeństwa obiektów budowlanych i bezpieczeństwa ich użytkowników.

Tabela 2. Skutki oddziaływania drgań na budynki w hipotetycznym V stopniu skali GSI_{GZWKW} na podstawie skali MSIS-15 (Mutke i in. 2015a)

Table 2. Effects of the impact of vibrations on buildings in a hypothetical V level of the GSI_{GZWKW} scale based on MSIS-15 scale (Mutke i in. 2015a)

Stopień intensywności	Skutki wstrząsu	
	Budynki w dobrym stanie technicznym	Budynki w złym stanie technicznym
V	Drgania mogące powodować znaczne uszkodzenia wielu elementów niekonstrukcyjnych budynków, do ich zniszczenia włącznie. Drgania mogące powodować uszkodzenia elementów nośnych i struktur usztywniających w wielu niewzmocnionych budynkach murowanych (np. pęknięcia w wielu ścianach budynku) – nie stanowiące zagrożenia dla stabilności całej konstrukcji nośnej budynku.	Drgania mogące powodować zniszczenia bardzo wielu elementów niekonstrukcyjnych budynków. Drgania mogące powodować bardzo duże uszkodzenia konstrukcyjne ustrojów nośnych i usztywniających budynków – niezagrożające jednak całej konstrukcji nośnej. Zniszczenia pojedynczych, najbardziej wyężonych elementów konstrukcyjnych.

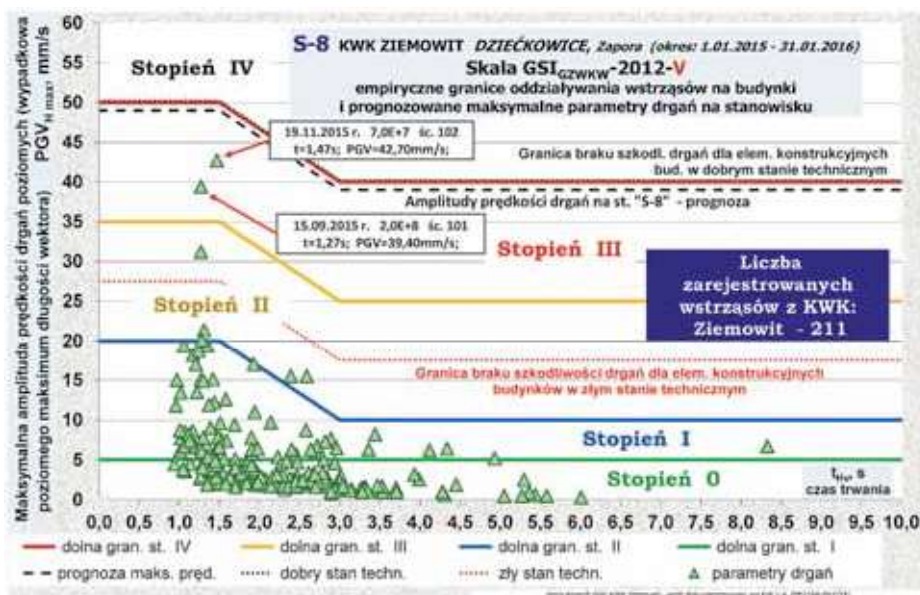


Rys.5. Mapa prognozowanych intensywności drgań dla eksploatacji w KWK Ziemowit

Fig. 5. Map of forecasted intensities of vibrations with regard to mining operations of Ziemowit colliery

Wyniki zarejestrowanych na danym stanowisku parametrów drgań nanoszone są na wykresy, których „podkładem” są empirycznie wyznaczone granice stopni intensywności oddziaływań wstrząsów na budynki (skala GSI), maksymalne

prognozowane parametry drgań na stanowisku pomiarowym i zaznaczona granica braku szkodliwości drgań dla elementów konstrukcyjnych – oddzielnie dla budynków w dobrym i złym stanie technicznym (rys. 6).



Rys. 6. Wyniki rejestracji prędkości drgań gruntu na powierzchni (PGV_{Hmax}) na stanowisku S-8 KWK Ziemowit (Dzieńkowice - Zapora)

Fig. 6. Effects of recording the velocity of surface vibrations (PGV_{Hmax}) within S-8 Ziemowit colliery (Dzieńkowice - Zapora)

W ten nieskomplikowany sposób można ocenić skalę zjawiska wstrząsów oraz trafność wykonanej prognozy. Rys. 5 i 6 ilustrują przykład zgodności prognozy z danymi rzeczywistymi.

Kompania Węglowa S.A. rozpoczęła stosowanie skali GSI_{GZWKW} od 2006 r. w kopalniach rybnickich (Rydułtowy, Anna, Marcel, Jankowice i Chwałowice). W kolejnych latach rozszerzono jej stosowanie na pozostałe kopalnie. Sukcesywnie rozbudowywano sieci nowoczesnych systemów obserwacji sejsmometrycznych obejmujących aktualnie wszystkie aktywne sejsmicznie rejony eksploatacji kopalń Polskiej Grupy Górniczej sp. z o.o. w skład której obecnie wchodzi kopalnie byłej Kompanii Węglowej S.A. i Katowickiego Holdingu Węglowego S.A.

Analizy wieloletnich materiałów obserwacyjnych i doświadczenia uzyskane w okresie stosowania skali wskazują na potrzebę, a w zasadzie na konieczność, standaryzacji wielu pojęć, definicji i sposobu dokumentowania zjawiska wstrząsów i jego skutków. Wszystkie środowiska zajmujące się problematyką oddziaływań wstrząsów górniczych na budynki, infrastrukturę techniczną i na ludzi (kopalnie, nadzór górniczy, jednostki naukowo-badawcze, projektanci i eksperci budowlani, inwestorzy, biegli sądowi) powinny posługiwać się jednolitą terminologią. Bez spełnienia tego warunku nie będzie możliwym obiektywne ustalenie poziomu istotności wpływów wstrząsów górniczych na obiekty powierzchniowe i na ludzi.

W dalszej części artykułu autorzy przedstawiają propozycje definicji pojęć i zasad standaryzacji dokumentowania skutków wstrząsów w budynkach i infrastrukturze technicznej na powierzchni terenu, będące wynikiem analiz dotychczasowych obserwacji i nowych wymagań zawartych w przepisach prawa geologicznego i górniczego, w zakresie ochrony obiektów budowlanych.

3.1. Zagadnienie ochrony obiektów budowlanych przed wstrząsami w przepisach prawa geologicznego i górniczego

Przepisy prawa geologicznego i górniczego (ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. i rozporządzeń wykonawczych wydanych na jej podstawie) nakładają na przedsiębiorcę obowiązek prowadzenia i projektowania ruchu zakładu górniczego w sposób zapewniający należyłą ochronę powierzchni terenu, w szczególności bezpieczeństwo obiektów budowlanych i bezpieczeństwo ich użytkowników. Cytowana ustawa wymaga, aby plan ruchu zakładu górniczego określał szczegółowo przedsięwzięcia niezbędne w celu zapewnienia bezpieczeństwa powszechnego, ochrony obiektów budowlanych, zapobiegania szkodom i ich naprawy (art. 108). Przedsiębiorca ma obowiązek rozpoznawania zagrożeń związanych z ruchem zakładu górniczego i podejmowania środków zmierzających do zapobiegania i usuwania tych zagrożeń (art. 117). Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 16 lutego 2012 r. w sprawie planów ruchu zakładów górniczych w planie ruchu dla podziemnego zakładu górniczego należy przedstawić zamierzenia w zakresie zapobiegania i ograniczania szkód wyrządzonych ruchem zakładu górniczego. W zakresie oddziaływań wstrząsów górniczych, obowiązują następujące wymagania:

- sporządzenie zestawienia obiektów budowlanych oraz infrastruktury technicznej o kategorii odporności równej lub niższej od kategorii terenu górniczego w zasięgu wpływów projektowanej eksploatacji, z uwzględnieniem odporności dynamicznej na wstrząsy górnicze,
- wykonanie prognozy:
 - drgań gruntu,
 - szkód w obiektach budowlanych oraz w infrastrukturze technicznej,

- określenie sposobu przeciwdziałania i usuwania skutków projektowanej eksploatacji, ze szczególnym uwzględnieniem ochrony: powierzchni ziemi, sieci hydrograficznej, obiektów budowlanych oraz infrastruktury technicznej.

Na mapie sytuacyjno-wysokościowej powierzchni wymagane jest przedstawienie sytuacji i zagospodarowania powierzchni w granicach terenu górniczego, z naniesieniem m.in.:

- sejsmicznej prognozy drgań gruntu,
- miejsc lokalizacji stanowisk do pomiaru drgań gruntu,
- obiektów o równej lub niższej odporności dynamicznej od prognozowanych drgań gruntu (wartości przyspieszeń drgań lub prędkości).

W porównaniu do poprzednio obowiązujących przepisów dotyczących planu ruchu obecne zdecydowanie mocniej akcentują problem oddziaływań na obiekty budowlane wstrząsów górotworu indukowanych działalnością górniczą. Zagadnienie odporności dynamicznej obiektów budowlanych, z uwagi na te nowe wymagania przepisów, rodzi obecnie chyba najwięcej pytań i kontrowersji w praktyce ruchowej zakładów górniczych.

3.2. Standaryzacja w zakresie dokumentowania parametrów oddziaływania wstrząsów i skutków w zabudowie

Analiza zjawiska jest możliwa tylko w oparciu o zgromadzone dane na temat: czasu wystąpienia wstrząsu, położenia ogniska wstrząsu, lokalizacji obiektów, w których zgłoszono uszkodzenia, konstrukcji obiektu, parametrów drgań zarejestrowanych na powierzchni terenu, uzupełnione szczegółowym opisem stwierdzonych uszkodzeń. Dane powinny być gromadzone w sposób odpowiednio usystematyzowany, z zastosowaniem ujednoczonych pojęć opisujących skutki odnotowywane w obiektach budowlanych, zgodnych ze słownikiem zamieszczonym w *Zasadach stosowania* zweryfikowanej „Górnictwej skali intensywności drgań GSI_{GZWKW}-2012 do oceny i prognozy oddziaływania wstrząsów indukowanych eksploatacją złóż węgla kamiennego w zakładach górniczych Kompanii Węglowej S.A. na budynki, infrastrukturę techniczną i na ludzi” (Mutke i in. 2012) (zestawienie definicji podstawowych pojęć załączono na końcu artykułu w punkcie 5. - Suplement).

Dotychczasowa praktyka pokazuje, że służby techniczne kopalń nie zawsze przywiązują należyłą wagę do właściwego dokumentowania wstrząsów, co później utrudnia prawidłową interpretację i analizę zjawiska, przeprowadzaną chociażby w celu zbadania związku przyczynowego pomiędzy wstrząsem a zgłaszanymi przypadkami uszkodzeń obiektów powierzchniowych.

Skala GSI jest instrumentem nowym, wciąż jeszcze wymagającym kolejnych weryfikacji, które możliwe będą tylko w oparciu o zbierane na bieżąco dane pomiarowe i opisy skutków wstrząsów. Jakość zgromadzonych danych wpłynie na wynik przyszłej weryfikacji skali, a tym samym na wiarygodność skali. Stąd należy zadbać by we wszystkich kopalniach obowiązywał jednolity sposób gromadzenia danych, zaś dane opisowe były tworzone przy użyciu jednakowo przez wszystkich rozumianych pojęć. Dziś zdarza się, że to samo uszkodzenie raz opisywane jest na przykład jako spękanie tynku, innym razem jako spękanie ściany, w dodatku bez zaznaczenia czy dotyczy to ściany konstrukcyjnej, czy działowej (co w skali GSI ma zasadnicze znaczenie przy ocenie wstrząsu z uwagi na jego skutki).

Należy w tym miejscu zwrócić uwagę na pewien istotny aspekt. Otóż służby kopalniane nie są ukierunkowane na naukowe podejście do zjawiska wstrząsów. Ich zadaniem jest

ustalenie czy zgłaszane uszkodzenia obiektów budowlanych mogą mieć związek przyczynowy z ruchem zakładu górniczego, który to związek przesądza o odpowiedzialności przedsiębiorcy za następstwa prowadzonej przezeń działalności górniczej. W tym przypadku rozróżnienie czy zarysowania lub pęknięcia powstały w elementach konstrukcyjnych, czy w elementach wykończeniowych, ma znaczenie drugorzędne, jedne i drugie są bowiem szkodą w rozumieniu przepisów prawa, którą należy naprawić, o ile zostanie potwierdzony związek między tą szkodą a ruchem zakładu górniczego. Pomimo tego autorzy uważają, że przy zachowaniu pewnej staranności i przy niewielkim dodatkowym nakładzie pracy ze strony służb kopalnianych możliwym jest gromadzenie danych w sposób, który umożliwi ich wykorzystanie w celach badawczych, dla lepszego rozpoznania zjawiska oddziaływań dynamicznych na obiekty budowlane i dla doskonalenia skali GSI.

Określenie rzeczywistych skutków wstrząsów górniczych, które wystąpiły w budynkach, jest zadaniem trudnym. Skutki wstrząsów górniczych nakładają się zazwyczaj na uszkodzenia obiektów będące efektem oddziaływania górniczego w postaci deformacji podłoża, a w wielu przypadkach także różnych czynników pozagórniczych (np.: atmosferycznych, hydrogeologicznych, błędów w sztuce budowlanej, itd.). Z powyższych względów istotną rzeczą jest ustalenie zakresu i sposobu obserwacji obiektów budowlanych na terenach sejsmiczności górniczej, umożliwiających właściwą identyfikację skutków drgań podłoża w obiekcie budowlanym. Po wykazaniu związku przyczynowo-skutkowego pomiędzy wstrząsem a szkodą, poprawne opisanie skutków jest niezbędne dla ustalenia odpowiedzialności przedsiębiorcy i określenia sposobu usunięcia powstałej szkody.

Dodatkowym celem obserwacji skutków wstrząsów górniczych w budynkach usytuowanych na terenach górniczych kopalń należących do Polskiej Grupy Górniczej sp. z o.o. jest stworzenie podstaw empirycznych do dalszej weryfikacji i aktualizacji skali GSI_{GZWKW}-2012. Podstawą taką powinien być odpowiednio liczny zbiór danych empirycznych, tworzony wg jednolitych zasad, wiernie odwzorowujący rzeczywisty zakres uszkodzeń powstających w budynkach w wyniku drgań o znanej intensywności, I_{GSI} . Ilość przypadków wstrząsów i gromadzonych przez kopalnie danych jest na tyle duża, że nawet po wyeliminowaniu danych wątpliwych, do wykorzystania w celach strictly badawczych pozostanie bogaty zasób usystematyzowanych informacji.

Z myślą optymalnego spożytkowania wyników wizji lokalnych, wykonywanych w budynkach bezpośrednio po wystąpieniu wstrząsów górniczych, określono i doprecyzowano, w trakcie analiz wykonywanych w 2015 roku, niezbędny zasób informacji, który winien być gromadzony, niezależnie od szczegółowego opisu powstałych w wyniku wstrząsu uszkodzeń. Zasób ten obejmuje dane charakteryzujące objęty przeglądem obiekt budowlany oraz dane dotyczące wpływów górniczych, które oddziaływały na rozpatrywany obiekt. Dla ujednoczenia nazewnictwa i możliwości bezpośredniego wykorzystania informacji o budynkach, zinwentaryzowanych pod kątem oceny ich odporności na deformacje ciągłe podłoża, dla opisu charakterystycznych cech budynku zastosowano podział i nazewnictwo identyczne, jak stosowane w metodzie punktowej oceny odporności statycznej budynków (Mika 2011). Do dokumentowania skutków wstrząsów w obiektach budowlanych służy zestaw tabel podzielony na trzy grupy (tab. 3.0, 3.1 i 3.2):

Tabela 3.0. Zgłoszenie szkody – zawierające jeden arkusz (3.0.1)

Table 3.0. Damage report - including one sheet (3.0.1)

3.0.1		Zgłoszenie uszkodzenia w budynku (obiekcie) - po wstrząsie w dniu-.....-..... Reporting damage in a building (object) - after the shock on-.....-.....												
L.p.	Indywidualny numer identyfikacyjny budynku (lub nr wniosku - sprawy)	Data zgłoszenia	Data oględzin	Data wstrząsu, któremu przypisane są powstałe w budynku uszkodzenia	Liczba obiektów budowlanych, której dotyczy zgłoszenie pod numerem w kolumnie 1	Uwagi								
						Rodzaj obiektu	czy budynek znajduje się pod wpływami deformacji ciągłych	czy szkoda uznana	Jeśli szkoda uznana - to z uwagi na:					
									Uszkodzenia powstałe w wyniku wstrząsu	Uszkodzenia powstałe w wyniku deformacji ciągłych	Uszkodzenia powstałe w wyniku wstrząsu i deformacji ciągłych			
						tak	nie	tak	jeśli tak – wpisać 1	jeśli nie – wpisać 0	jeśli tak – wpisać 1	jeśli nie – wpisać 0	jeśli tak – wpisać 1	jeśli nie – wpisać 0
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
1	70/20	d-m-r	d-m-r	d-m-r	1	budynek mieszkalny	nie	nie	0	0	0			

Tabela 3.1. Informacja o budynku – zawierająca pięć arkuszy (3.1.1 – 3.1.5)
Table 3.1. Information about the building - including five sheets (3.1.1. – 3.1.5.)

3.1.1		Lokalizacja budynku Location of the building									
l.p.	indywidualny numer identyfikacyjny (lub numer wniosku - sprawy)	Adres budynku			Rodzaj obiektu			pkt.*	współrzędne		Teren górniczy kopalni
		miejscowość	ulica	nr	Budynek mieszkalny				X	Y	
					Zabudowania gospodarcze (komórki, chlewy, stodoły itp.)						
					Zabudowania przeznaczone na czasowy pobyt ludzi (warsztaty, magazyny, garaże itp.)						
					Budynki użyteczności publicznej (stałe lub czasowe dla dużych grup ludzi)						
Budynki o wrażliwym na wpływy eksploatacji wykończeniu lub wyposażeniu (muzea itp.)											
0	1	2	3	4	5			6	7	8	9

* - zgodnie z metodą punktową oceny odporności budynków (Mika 2011)

3.1.2		Geometria budynku Geometry of the building									
indywidualny numer identyfikacyjny (lub nr wniosku - sprawy)	dlugość [m]	pkt*	szerokość	kształt budynku	pkt*	posadowienie budynku	pkt*	podłoże budynku	pkt*	liczba kondygnacji nadziemnych	wysokość kondygnacji [m]
	do 10	2		rzut prosty, bryła zwarta	0	na stałym poziomie	0	grunty nieskaliste z wyjątkiem gruntów kamienistych	0		
	do 15	4		rzut prosty, bryła wydłużona	2						
	do 20	7		rzut słabo rozczłonkowany, bryła zwarta	4	zmienny poziom	5	grunty nasypowe	4		
	do 30	15		rzut słabo rozczłonkowany, bryła wydłużona	6				warstwa amortyzacyjna	6	
	do 50	25		rzut silnie rozczłonkowany, bryła zwarta	8	posadowienie z nieopodpiwniczoną bramą przejazdową	8	grunty nieskaliste kamieniste i skaliste z wyjątkiem skały litej i słabo spekanaj	10		
	do 100	50		rzut silnie rozczłonkowany, bryła wydłużona	10						
1	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

3.1.3		Konstrukcja budynku Building structure												
indywidualny numer identyfikacyjny (lub nr wniosku - sprawy)	fundamenty	pkt*	ściany piwnic	pkt*	strop najniższej kondygnacji (lub nad piwnicą)	pkt*	nadproza	pkt*	inne elementy konstrukcyjne	pkt*	ściany kondygnacji nadziemnych	stropy kondygnacji nadziemnych	dach	
	żelbetowe	0	betonowe	0	żelbet, Akerman,DMS, DZ z wieńcem żelb.	0	belkowe	0	łuki w ścianach konstrukcyjnych o rozp. L>1,5m bez ściągów przy f/L>1/5	4	betonowe	żelbet, Akerman, DMS, DZ z wień. Żelbet	konstr. drewniana	
	betonowe	2	murowane z cegły, bloczków lub pustaków betonowych	1	bet. lub żelb. płaski na dźwig. stal Kleina	1	cegłane płaskie	2	łuki w ścianach konstrukcyjnych o rozp. L>1,5m bez ściągów przy f/L<1/5	8	murowane z cegły, bloczków lub pust. bet.	bet. lub żelbet., płaskie na dźwig. stal. Kleina		
	murowane z cegły	3	murowane z kamienia, pustaków żelbet lub PGS	3	odcinkowy na dźwig. stal. przy f/L>1/10	2	łukowe przy f/L>1/5	3			zróżnicowana wysokość budynku	2		odcinkowy na dźwig. stal. przy f/L>1/10
	kamienne	4			odcinkowy na dźwig. stal. przy f/L<1/10	4	łukowe przy f/L<1/5	5	zróżnicowany poziom stropów	3				odcinkowy na dźwig. stal. przy f/L<1/10
					drewniany, belkowy	3								drewniany, belkowy
					sklepienia bez ściągów przy f/L >1/5	4								sklepienia bez ściągów przy f/L >1/5
				sklepienia bez ściągów przy f/L <1/5	8					sklepienia bez ściągów przy f/L <1/5				
1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	

70/20	żelbetowe	0	betonowe	0	bet. lub żelb. płaski	1	belkowe	0	zróżnicowana wysokość budynku	2	murowane z cegły	żelbet płaskie	konstr. drewniana
-------	-----------	---	----------	---	-----------------------	---	---------	---	-------------------------------	---	------------------	----------------	-------------------

3.1.4 Zabezpieczenie budynku przed wpływami górnictwymi Protection of the building against mining effects							3.1.5 Stan techniczny budynku Technical condition of the building										
indywidualny numer identyfikacyjny (lub nr wniosku - sprawy)	przed wpływami wstrząsów			przed wpływem deformacji podłoża			stopień naturalnego zużycia (opisowo lub %)	uszkodzenia konstrukcji przed wystąpieniem wstrząsu	pkt*	ogólny stan techniczny	pkt*	Elementy wykończeniowe lub konstrukcyjne znajdujące się w innym stanie niż „dobry”					
	złożone ap przysp. projektowe	złożony stopień intensywności wg skali: GSI/GZWKW	rodzaj zabezpieczeń (opisowy)	złożona kategoria terenu	rodzaj zabezpieczeń budynków	pkt*								brak uszkodzeń	0	dobry	0
					zabezpieczony w poziomie fundamentów i stropów	0											
					zabezpieczony w poziomie fundamentów i niektórych stropów	2								zarysowania o rozwarości do 1 mm	2	zadawalający	1
					zabezpieczony w poziomie wszystkich stropów	8											
					zabezpieczony w poziomie niektórych stropów	10								zarysowania o rozwarości do 5 mm	5	średni	2
					zabezpieczenia fragmentaryczne	12											
mm/s ²				brak zabezpieczeń		15	pęknięcia o rozwarości do 15 mm lub wychylenia od pionu ≥ 25 mm	8	nieodpowiedni	3	element stan						
1	34	35	36	37	38	39					40	41	42	43	44	45	46
70/20			brak		zabezpieczony w poziomie fundamentów i stropów	0	15	brak	0	dobry	0						

Autorzy w pełni podzielają pogląd, że trudno przyjmować by obiekty o różnych konstrukcjach i różnej charakterystyce dynamicznej identycznie reagowały na obciążenia dynamiczne i posiadały tę samą odporność dynamiczną (Tatara 2012). Z tego też względu proponują usystematyzowanie sposobu opisywania obserwowanych skutków wstrząsów tak, by możliwym było, w oparciu o odpowiednio duży zbiór danych, ustalenie zależności pomiędzy odpornością dynamiczną obiektu budowlanego a jego cechami konstrukcyjnymi. Znajomość takiej zależności pozwoli na wypracowanie metody przeprowadzania szybkiej, a zarazem wiarygodnej, oceny odporności dynamicznych dużych populacji obiektów, czego wymagają przepisy dotyczące sporządzania planów ruchu zakładów górniczych.

3.3. Standaryzacja terminologii stosowanej w opisie zjawiska wstrząsów górnictwowych

Obok potrzeby wdrożenia standardu dokumentowania wstrząsów i ich skutków równie ważnym jest ujednolicenie występujących w przepisach prawa pojęć odnoszących się do problematyki oddziaływań dynamicznych wstrząsów górnictwowych na budynki i infrastrukturę techniczną na powierzchni terenu.

Standaryzację terminologii należałoby rozpocząć od zdefiniowania jednego z podstawowych pojęć jakim jest odporność dynamiczna obiektów budowlanych. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 lutego 2012 r. w sprawie planów ruchu zakładów górniczych posługuje się terminem „odporności dynamicznej”, nie definiując go ani nie wskazując źródła takiej definicji.

W literaturze technicznej można znaleźć różne definicje odporności obiektu budowlanego na wpływy górnictwowe. Za sprawą Wytocznych WUG w zakresie minimalnych wymogów treści planów ruchu podziemnych zakładów górniczych w aspekcie ochrony powierzchni odporność obiektów na wpływ wstrząsów górnictwowych definiowana jest jako „zdolność do przeniesienia tych wstrząsów, przy zachowaniu bezpieczeństwa użytkowania obiektu, z możliwością powstania co najwyżej uszkodzeń elementów wykończeniowych i architektonicznych, niestwarzających zagrożenia dla bezpieczeństwa jego użytkowania. Miarą odporności obiektu na wpływ wstrzą-

sów górnictwowych jest maksymalna wartość przyspieszenia (prędkości) drgań poziomych przypowierzchniowej warstwy gruntu, która może wystąpić bez spowodowania zagrożenia bezpieczeństwa konstrukcji obiektu i jego bezpiecznego użytkowania” (Wytoczne ... 2013).

Cytowaną definicję zaczerpnięto z Instrukcji nr 12 (Instrukcja ... 2000)- Zasady oceny możliwości prowadzenia podziemnej eksploatacji górnictwowej z uwagi na ochronę obiektów budowlanych - wydanej przez GIG w 2000 roku. Definicje i klasyfikacje dynamicznej odporności budynków spotykane do ok. 2010 roku w literaturze dotyczącej obiektów budowlanych na terenach górnictwowych (Kwiątek 2007, Muszyński 1993) opracowano na podstawie badań prowadzonych w ubiegłym stuleciu. W pracach tych powszechnie odnoszono się do parametrów drgań wg skali MSK-64 (Miedvediev i in. 1964), które adaptowane z trzęsień ziemi bardzo słabo korelowały się ze skutkami obserwowanymi na powierzchni terenu po wstrząsach górnictwowych. Problemy związane z oddziaływaniem wstrząsów górnictwowych na powierzchnię terenu spowodowały intensyfikację prac badawczych, w wyniku których w 2004 r. opracowano skalę GSI-2004 dla kopalń rud miedzi w LGOM, a w 2006 r. skalę GSI-GZW_{KW} dla rejonu kopalń rybnickich ówczesnej Kompanii Węglowej S.A. (w 2007 r. dla obszaru całej KW S.A.) (Mutke i in. 2006/2007).

Równocześnie z pracami nad skalą GSI-GZW_{KW} w kopalniach obecnej Polskiej Grupy Górniczej sp. z o.o. (poprzednio KW S.A.) intensywnie rozwijano nowoczesne systemy obserwacji sejsmometrycznych. Jakość i liczebność dokonanych w ostatnich latach rejestracji parametrów drgań gruntu na powierzchni terenu wywołanych wstrząsami górnictwowymi jest nieporównywalnie wyższa od rejestracji prowadzonych na przełomie wieków.

Uwzględniając wyniki rejestrowanych parametrów drgań pochodzących od wstrząsów górnictwowych i poziom uszkodzeń w budynkach przy określonych parametrach drgań, T. Tatara zaproponował wprowadzenie czterech pojęć odporności dynamicznej, odnoszących się do skali GSI-2004-A (Tatara 2012).

Zdaniem autorów, skoro odporność dynamiczna obiektu budowlanego definiowana jest poprzez jego możliwe uszkodzenia pod wpływem drgań podłoża, a Górnictwa Skala Intensywności Drgań GSI_{GZWKW}-2012 zawiera opisy uszkodzeń budynków przyporządkowane poszczególnym

Tabela 3.2. Informacja o uszkodzeniach budynku – zawierająca trzy arkusze (3.2.1. – 3.2.3.)
 Table 3.2. Information about the damage to building – including three sheets (3.2.1. – 3.2.3.)

3.2.1		Parametry charakteryzujące zaistniały wstrząs w miejscu lokalizacji budynku (obiektu) Parameters characterizing the shock occurred at the place where the building (object) is located																									
indywidualny nr wniosku sprawy (lub nr identyfikacyjny)	data wstrząsu	godzina-minuta-sekunda	energia wstrząsu [J]	współrzędne budynku (obiektu)		współrzędne ogniska (epicentrum) wstrząsu		dane stanowiska analizowanego budynku (obiektu)			odległości *			Parametry drgań zarejestrowane na najbliższej od budynku położonym stanowisku sejsmometrycznym						Parametry wstrząsu wyliczone dla współrzędnych budynku**, w którym wystąpiły uszkodzenia po wstrząsie							
				Xb	Yb	Xw	Yw	Zw	nr stanowiska			Xs	Ys	Zs	re-b	rb-s	re-s	PGV _{Hmax}	t _H	V ^{ISD}	PGV _{H10}	t _H	V ^{ISD}	PGV _{H10}	t _H	V ^{ISD}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
70/20	21.02.17	5.07.59	1,1E+0,7	40 610	29 410	38 857	30 625	-435	40 530	30865	297	1,855	1,261	1,69	7,6	2,31	1	220,9	1,47	1	2,61	3,267	0	44,74	3,267	0	

*) re-b - odległość: epicentrum - budynek
 rb-s - odległość: bud. - stanowisko rejestracji parametrów
 re-s - odległość: epicentrum - stanowisko rejestracji parametrów
 **) w przypadku gdy budynek zlokalizowany jest w odległości do 250 m od powierzchniowego stanowiska pomiarowego parametry wstrząsu dla współrzędnych budynku należy przyjmować takie jak na stanowisku rejestracyjnym

3.2.2		Uszkodzenie budynku powstałe w wyniku wstrząsu Damage to the building occurred as a result of the shock									
Lp	indywidualny numer identyfikacyjny (lub nr wniosku - sprawy)	elementy niekonstrukcyjne			elementy konstrukcyjne			stan techniczny budynku przed wstrząsem	stopień uszkodzeń wg skali GSI ^{GZ/WK/W} 2012		
		powiększenie się uszkodzeń istniejących (opis)	pierwsze nowe uszkodzenia (opis)	zniszczenia elementów duże 2+3 (opis)	zniszczenia elementów (jakich, ilu - opis)	powiększenie się uszkodzeń istniejących (opis)	pierwsze nowe uszkodzenia (opis)			uszkodzenia duże 6+7 (opis)	zniszczenia elementów (jakich, ilu - opis)
0	1	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
1	70/20	brak	brak	brak	brak	brak	brak	brak	brak	dobry	0

3.2.3	indywidualny nr identyfikacyjny budynku lub numer wniosku - sprawy	Informacje dodatkowe (deformacje ciągłe, oddziaływania dynamiczne, odporność obiektu, klasyfikacja uszkodzeń) Additional information (continuous deformations, dynamic impact, resistance of the object, classification of damage)																					
		strefa deformacji podłoża budynku przed wystąpieniem wstrząsu				Tablica kwalifikacyjna metody punktowej			Kategoria i stopień uszkodzenia obiektu (obektu) wg skali GSI _{GZWKW} -2012		Odporność obiektu (obektu) z planu ruch w odniesieniu do skali GSI _{GZWKW} -2012		Odporność dynamiczna budynku (obektu) z planu ruch w odniesieniu do skali GSI _{GZWKW} -2012		oddziaływanie wstrząsu na budynek		uwagi dodatkowe, analizy, przeliczenia itp..						
		W	T	ε	R	Kat terenu górniczego	suma pkt.	epl [mm/m]	Kat. odp. budynku	Kat. odp. obiektu (obektu) wg obliczeń eksperckich lub przyjęta z met. punktowej	Do / = D	Do / = D	IGA-A lub IGS1-V lub PGA	IGA-V lub IGS1-V lub PGV	IGA-V	V-IGSI	Stopień uszkodzeń wg skali GSI-2012	IGA-V	Odporność dynamiczna (Odo) a stopień uszkodzenia budynku SZO	Odo / =SZO	IGSI-V	analiza, przeliczenia, uwagi	
1	70/20	39	40	41	42	43	44	45	46	46a	>	<	50	51	52	53	54	>	<	55	56	57	58
		546	3,2	1,8	97,8	2	11		4	4	47	48	49	51	0	0	0						

stopniom intensywności drgań, to należałoby kontynuować myśl T. Tatary w kierunku uszczegółowienia pojęcia odporności dynamicznej, w ścisłym powiązaniu go ze skalą GSI (Barański i in. 2014).

Mówiąc o odporności dynamicznej budynków należałoby zatem mieć na uwadze nie jedną granicę (wskazywaną dziś przez *Wytyczne WUG*), a kilka stanów i granic takiej odporności, w zależności od obserwowanych i opisanych w skali GSI skutków reakcji budynku na drgania o określonym stopniu intensywności. Wydaje się, że w świetle stosowanej już od kilku lat skali GSI, zbieranych na bieżąco danych o skutkach wstrząsów górniczych, zachodzą przesłanki do rozważenia innego niż obecnie zdefiniowania pojęcia „odporność dynamiczna budynku”. Odwołując się do zaprezentowanych powyżej rozważań autorzy proponują przyjęcie następujących definicji:

Odporność dynamiczna budynku – zdolność do przeniesienia przez ustrój budynku drgań podłoża bez spowodowania utraty jego nośności i stateczności. Zdolność ta zmniejsza się wraz ze wzrostem intensywności drgań, od stanu odporności pełnej, poprzez kolejne stany: odporności częściowej (wysokiej, dostatecznej i warunkowej), aż do osiągnięcia stanu granicznej nośności konstrukcji budynku.

Stan odporności pełnej – stan, w którym w budynku nie pojawiają się żadne uszkodzenia wywołane wstrząsem.

Stan odporności częściowej wysokiej to stan, w którym po wstrząsie w budynku występują jedynie uszkodzenia elementów niekonstrukcyjnych.

Stan odporności częściowej dostatecznej to stan, w którym występują uszkodzenia elementów niekonstrukcyjnych (nawet znaczne) i uszkodzenia elementów konstrukcyjnych budynku, niestwarzające jeszcze zagrożenia dla nośności i stateczności ustroju budynku.

Stan odporności dynamicznej warunkowej to stan, w którym powstałe po wstrząsie uszkodzenia elementów konstrukcyjnych budynku rzutują na bezpieczeństwo konstrukcji budynku. Górną granicę tego stanu wyznacza stan granicznej nośności najsłabszego elementu konstrukcji.

Stan odporności dynamicznej warunkowej nie był dotychczas obserwowany po wstrząsach górniczych z obszarów kopalń byłej Kompanii Węglowej S.A. (materiały pomiarowe i opisy skutków wstrząsów, którymi dysponowali autorzy).

Przedziały odporności dynamicznej dla budynków w dobrym i złym stanie technicznym w odniesieniu do stopni intensywności skali GSI_{GZWKW}-2012-V i skali MSIS-15 (Mutke i in. 2015a) przedstawiono na rysunku 7A i 7B.

Poszczególne stany odporności przedzielone są umownymi granicami, które można zdefiniować następująco:

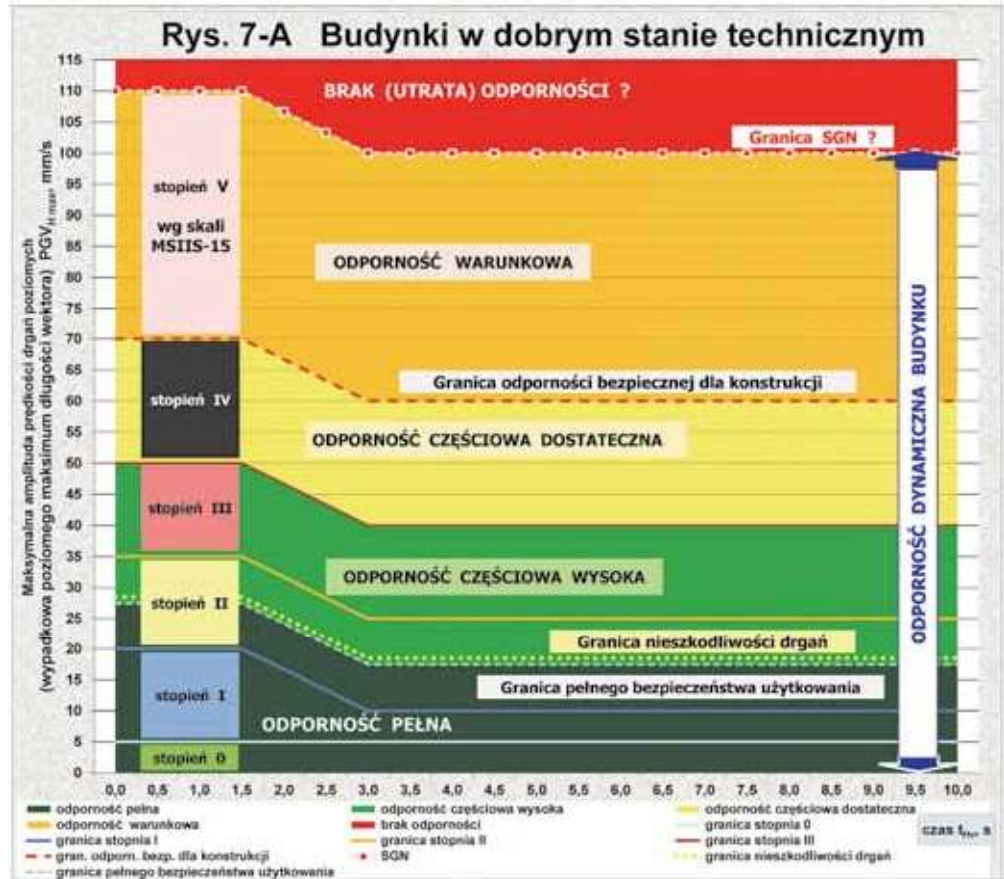
Granica nieszkodliwości drgań dla budynku – granica pomiędzy stanem odporności pełnej i odporności częściowej wysokiej, wyznaczona przez maksymalną prędkość drgań poziomych podłoża, przy której nie dochodzi jeszcze do żadnych uszkodzeń elementów niekonstrukcyjnych i konstrukcyjnych budynku.

Granica odporności dynamicznej bezpiecznej dla konstrukcji budynku – granica pomiędzy stanem odporności częściowej dostatecznej i odporności warunkowej, wyznaczona przez prędkość drgań poziomych podłoża budynku, powyżej której mogą pojawić się uszkodzenia elementów konstrukcyjnych, niegrożące jednak utratą nośności lub stateczności ustroju budynku (budynek nadal zachowuje odporność na wstrząsy z dostatecznie dużym zapasem do stanu granicznej nośności najsłabszego elementu konstrukcji).

Granica pełnego bezpieczeństwa użytkowania budynku w warunkach wstrząsów górniczych – granica wyznaczona przez prędkość drgań poziomych podłoża budynku, powyżej

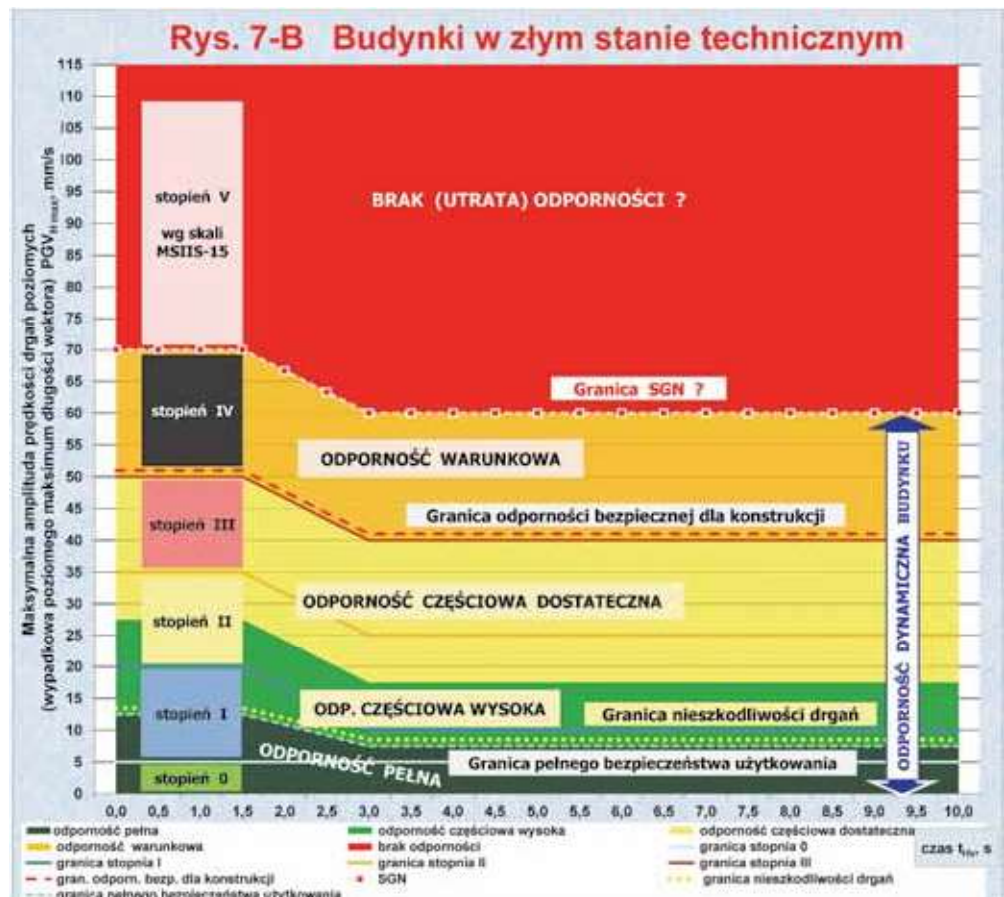
Rys. 7-A. Stopnie intensywności skali GSI_{GZWKW}-2012-V, a przedziały odporności dynamicznej dla budynków w dobrym stanie technicznym

Fig. 7-A. Intensity levels of the GSI_{GZWKW}-2012-V scale and ranges of dynamic resistance for the buildings in good technical condition



Rys. 7-B. Stopnie intensywności skali GSI_{GZWKW}-2012-V, a przedziały odporności dynamicznej dla budynków w złym stanie technicznym

Fig. 7-B. Intensity levels of the GSI_{GZWKW}-2012-V scale and ranges of dynamic resistance for the buildings in poor technical condition



której mogą pojawić się uszkodzenia elementów niekonstrukcyjnych, potencjalnie niebezpieczne dla zdrowia i życia użytkowników (np. spadające dachówki, odpadające płytki ceramiczne, fragmenty gzymsów, tynków). Granica pełnego bezpieczeństwa użytkowania budynku pokrywa się z granicą nieszkodliwości drgań.

Powyższe definicje stanowią próbę spojrzenia na zagadnienie odporności dynamicznej budynków przy wykorzystaniu opisów zachowania się budynków po wstrząsach wywołujących drgania o określonych intensywnościach. Wedle powszechnie stosowanej dziś definicji odporności dynamicznej (Mutke i in. 2006/2007) odporność ta zostaje przekroczona z chwilą powstania jakiegokolwiek uszkodzenia dowolnego elementu konstrukcyjnego. Czy przekroczenie tak rozumianej odporności rzeczywiście oznacza utratę odporności dynamicznej budynku?

W opinii autorów zagadnienia odporności dynamicznej budynków narażonych na oddziaływanie wstrząsów górniczych wymaga pogłębionej analizy od strony mechaniki budowli, z uwzględnieniem obserwowanych skutków wstrząsów górniczych.

4. Podsumowanie

Skala GSI winna być nadal rozwijana i weryfikowana, m.in. w oparciu o systematycznie gromadzone rejestracje parametrów wstrząsów oraz obserwacje ich skutków w zabudowie. W tym celu należy możliwie szybko wprowadzić do praktyki ruchowej zakładów górniczych usystematyzowany sposób katalogowania skutków oraz parametrów drgań podłoża. Proponowana przez autorów standaryzacja w zakresie dokumentowania skutków wstrząsów górniczych w budynkach i obiektach infrastruktury technicznej z uwzględnieniem:

- parametrów drgań rejestrowanych od wstrząsów i parametrów wyliczonych dla lokalizacji budynku (obiektu),
- cech budynku i jego podłoża umożliwiających ocenę jego odporności na wstrząsy górnicze i deformacje ciągłe,
- stanu deformacji podłoża budynku,
- zestawień uszkodzeń elementów budynku opisywanych przy użyciu jednoznacznie zdefiniowanych pojęć, którymi posługuje się skala GSI^{GZWKW²}
- daje możliwość stworzenia pełnej bazy danych umożliwiającej dokonywanie dalszych analiz związanych z całokształtem problematyki oddziaływania wstrząsów górniczych na powierzchnię terenu.

Oprócz uporządkowania w sferze dokumentowania zjawiska równie istotnym jest:

- przestrzeganie ustalonej procedury postępowania służb kopalnianych po wystąpieniu wstrząsu wysokoenergetycznego (dla kopalń PGG sp. z o.o. zawartej w *Instrukcji w sprawie zasad i trybu postępowania przy naprawianiu i zapobieganiu szkodom wyrządzonym ruchem zakładu górniczego* (Instrukcja ... 2016), łącznie ze sposobem dokumentowania przedstawionym w pkt. 3.2.,
- ustalenie jednolitej metodyki dokonywania ocen odporności dynamicznej budynków na wstrząsy (zagadnienie bardzo ważne z uwagi na wymagania stawiane przez przepisy).

Na rozwiązanie czeka też problem określenia właściwego sposobu uwzględniania zjawiska sejsmiczności górniczej przy projektowaniu obiektów budowlanych. W szczególności do określenia pozostaje zależność pomiędzy prognozowaną intensywnością drgań a wielkością sił sejsmicznych stanowiących dodatkowe obciążenie konstrukcji obiektu. Praktyka pokazuje, że projektanci nierzadko przyjmują rozwiązania w zakresie zabezpieczeń budynku przed oddziaływaniami

dynamicznymi bazujące na ich intuicji, niż na niezbędnych obliczeniach.

Poprawne zaprojektowanie obiektu budowlanego w warunkach przewidywanych oddziaływań dynamicznych jest o tyle istotne dla przedsiębiorcy górniczego, że to on zobowiązany jest do zwrotu kosztów zabezpieczenia wznieszonego budynku przed wpływami wstrząsów górniczych, jak również ponosi później odpowiedzialność za szkody wyrządzone wstrząsami.

Działania w wymienionych kierunkach są niezbędne dla jeszcze lepszego poznania zjawiska sejsmiczności górniczej i związanych z nim faktycznych zagrożeń. Zgłębianie oraz upowszechnianie wiedzy na temat wstrząsów pochodzenia górniczego powinno być odpowiedzią środowiska górniczego i naukowego na pojawiające się społeczne obawy i protesty przeciwko działalności górniczej, i częste wyolbrzymianie problemu sejsmiczności górniczej w przekazach medialnych.

5. Suplement

Definicje terminów budowlanych występujących w dokumentowaniu skutków wstrząsów (tab. 3.1 i 3.2.) (Mutke i in. 2012).

Elementy konstrukcyjne i niekonstrukcyjne budynku:

Elementy konstrukcyjne budynku obejmują:

- elementy ustroju nośnego budynku – czyli elementy konstrukcji przenoszące głównie obciążenia pionowe budynku,
- elementy ustroju usztywniającego budynku – czyli elementy konstrukcji przenoszące głównie obciążenia poziome budynku.

Część elementów ustroju nośnego budynku jest jednocześnie elementami ustroju usztywniającego budynku.

Elementy niekonstrukcyjne budynku obejmują:

- elementy wypełniające budynek – elementy budowlane służące rozplanowaniu przestrzennemu budynek, czyli niekonstrukcyjne ściany zewnętrzne (ściany osłonowe) i niekonstrukcyjne ściany wewnętrzne (ściany działowe) budynku,
- elementy wykończeniowe budynku – elementy budowlane służące polepszeniu wyglądu i komfortu użytkowania budynku, takie jak okładziny elewacyjne, tynki i gładzie ścienne i sufitowe, powłoki malarskie, wykładziny ścienne, sufitowe i podłogowe wykonane z płytek ceramicznych, wykładzin i innych okładzin, sufity podwieszane, stolarka okienna i drzwiowa oraz pokrycie dachowe,
- elementy wyposażeniowe budynku – czyli urządzenia i instalacje techniczne zainstalowane w budynku, w tym instalacje dźwigowe, instalacje poszczególnych mediów oraz elementy umożliwiające i wspomagające korzystanie z tych mediów.

Uszkodzenia liniowe budynków

Rozróżnia się następujące rodzaje liniowych uszkodzeń elementów budynków:

- rysa, zarysowanie – uszkodzenie powierzchniowe o niewielkiej rozwarości,
- pęknięcie – uszkodzenie o niewielkiej rozwarości na całą głębokość elementu (na wskroś),
- szczelina – uszkodzenie o dużej rozwarości na całą głębokość elementu (na wskroś).

We wszystkich trzech powyższych przypadkach rodzaj uszkodzenia powinien być doprecyzowany podaniem szerokości rozwarcia tego uszkodzenia.

Budynek o złym stanie technicznym

Budynek, w którym mogą występować:

- przekroczenia wytrzymałości pojedynczych elementów nośnych, co oznacza pojawienie się pęknięć ścian, nadproży i stropów oraz połączeń elementów nośnych,
- pęknięcia ścian o rozwarości przekraczającej 5 mm oraz lokalne zniszczenia fragmentów murów i innych pojedynczych elementów budynku,
- obluźowania belek stropowych,
- duże deformacje bryły budynku,
- duże naturalne zużycie materiałów konstrukcyjnych, przejawiające się rozległą i zaawansowaną erozją murów ścian konstrukcyjnych budynku oraz rozległą i zaawansowaną korozją zbrojenia i betonu w żelbetowych elementach konstrukcyjnych budynku.

Liniowe obiekty infrastruktury technicznej

Podziemne sieci wodociągowe, gazowe, kanalizacyjne lub inne (np. tunele).

Artykuł stanowi rozwinięcie referatu wygłoszonego w trakcie XXV Szkoły Eksploatacji Podziemnej, Kraków luty 2016

Dziękujemy za dyskusję, udzielone uwagi i wkład twórczy przy opracowywaniu kolejnych wersji skali i jej weryfikacji. Autorzy pragną podziękować: prof. dr. hab. inż. J. Dubińskiemu; dr. inż. L. Kłocowi; dr. hab. inż. A. Lurce - prof. GIG; dr. inż. L. Muszyńskiemu; dr. hab. inż. G. Mutke - prof. GIG; dr. hab. inż. K. Stec - prof. GIG; prof. dr. hab. inż. T. Tatarze.

Literatura

- BARAŃSKI A., KŁOC L., KOWAL T., MUTKE G. 2014 - Górnicza Skala Intensywności Drgań GSIGZWKW-2012 w odniesieniu do odporności dynamicznej budynków. „Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie”, nr 6 i 12.
- BARAŃSKI A., MUTKE G. 2008 - Problematyka wstrząsów górniczych i skala GSI-GZWKW w kopalniach Kompanii Węglowej S.A. Materiały II Konf. Nauk.-Szkoł. nt.: „Bezpieczeństwo i ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych”. Katowice-Ustroń Zawodzie, 22-24 października 2008 r.
- DRZEŻLA B., DUBIŃSKI J., MUTKE G. 2001 - Skale makrosejsmiczne – ich istota i zasady stosowania do oceny skutków wstrząsów górniczych. „Bezp. Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie” nr 6(82)
- DUBIŃSKI J., MUTKE G., STEC K., LURKA A., BARAŃSKI A. 2008 - Zasady stosowania „Górniczej skali intensywności drgań GSI-GZWKW do oceny skutków oddziaływania wstrząsów indukowanych eksploatacją złóż węgla kamiennego w zakładach górniczych Kompanii Węglowej S.A. na obiekty budowlane i na ludzi” Kompania Węglowa S.A. Katowice, lipiec 2008 r., „Instrukcja” wewnętrzna Kompanii Węglowej S.A.
- Instrukcja GIG Nr 12 2000 - Zasady oceny możliwości prowadzenia podziemnej eksploatacji górniczej z uwagi na ochronę obiektów budowlanych. Katowice 2000 r.
- Instrukcja Polskiej Grupy Górniczej w sprawie trybu i zasad postępowania przy usuwaniu i zapobieganiu szkodom wyrządzonym ruchem zakładu górniczego. Katowice, grudzień 2016 r.
- KWIATEK J. 2007 - Obiekty budowlane na terenach górniczych, GIG Katowice, s. 319-339.
- MARCAK H., MUTKE G. 2013 - Seismic activation of tectonic stresses by mining. Journal of Seismology 2013. Vol. 17, Issue 4, pp. 1139-1148. DOI 10.1007/s10950-013-9382-3
- MIEDWIEDIEV S.V., SPONHAUER W., KARNIK V. 1964 - Skala MSK-64. Materiały Konf. UNESCO. Paryż.
- MIKA W. 2011 - Niezawodność metody punktowej oceny odporności budynków na wpływy eksploatacji górniczej. Prace Naukowe GIG: Górnictwo i Środowisko. Materiały konferencji „XI dni miernictwa górniczego i ochrony terenów górniczych”. Hucisko/k. Włodowic, 18-20 maja 2011 r.
- MUSZYŃSKI L. 1993 - Klasyfikacja dynamicznej odporności budynków. „Przeгляд Górnicy” nr 1, s. 11-13.
- MUTKE G., CHODACKI J., MUSZYŃSKI L., KREMERS S., FRITSCHEN R. 2015a – Mining Seismic Instrumental Intensity Scale MSIS-15 – verification in coal basins. AIMS 2015 - Fifth Int. Symp.: Mineral Resources and Mine Development. RWTH Aachen University. Vol 14, pp.551-560. (ISBN 978-3-941277-22-9)
- MUTKE G. i in. 2006-2007 – Skala oceny oddziaływań wstrząsów indukowanych eksploatacją złóż węgla kamiennego na powierzchnię dla obszarów kopalń Kompanii Węglowej S.A.. Dokumentacja pracy badawczej Głównego Instytutu Górnictwa Nr 58121526-120. Praca niepublikowana.
- MUTKE G. i in. 2012 – Weryfikacja Górniczej Skali Intensywności Drgań GSI-GZWKW, stosowanej w kopalniach Kompanii Węglowej S.A. od sierpnia 2008 roku, w aspekcie oceny skutków oddziaływania wstrząsów górniczych na obiekty budowlane i na ludzi”. Dokumentacja pracy badawczej Głównego Instytutu Górnictwa Nr 58127682-120. Praca niepublikowana.
- MUTKE G. i in. 2015b – Handbook for a New European mining seismic intensity scale MSIS-15. Developed within the project COMEX – Grant Agreement Number: RFCS-CT-2012-00003.
- STEC K. 2007 – Characteristic of Seismic activity of the Upper Silesian Coal Basin in Poland. Geophysical Journal International 168/2007, 757-768.
- STEC K., MUTKE G. 2016 – Mechanizm ognisk i intensywność oddziaływania na środowisko powierzchniowe wstrząsów regionalnych z obszaru Katowice-Panewniki. „Wiadomości Górnicze” nr 1, s. 11-20.
- TATARA T. 2012 – Odporność dynamiczna obiektów budowlanych w warunkach wstrząsów górniczych. Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Kraków, s. 224-229
- Wytyczne w zakresie minimalnych wymogów treści planów ruchu podziemnych zakładów górniczych w aspekcie ochrony powierzchni. WUG Katowice 2013.

Artykuł wpłynął do redakcji – czerwiec 2017
Artykuł akceptowano do druku 20.08.2017