

Diagnozowanie budynków zlokalizowanych na terenach górniczych

Na terenach działalności górniczej obiekty budowlane podlegają statycznym i dynamicznym oddziaływaniom pochodzenia górniczego.

Dawniej wzniesione budynki nie były przystosowane do przejścia tych wpływów, co skutkuje powstawaniem w konstrukcji różnego rodzaju uszkodzeń. Także w budynkach projektowanych i wzniesionych z uwzględnieniem oddziaływań górniczych nie rzadko występują uszkodzenia i stany awaryjne. Każdorazowe podejmowanie nowych – planowanych robót górniczych wymaga weryfikacji odporności zagrożonych budynków na prognozowane oddziaływania górnicze.

Coraz częstsze są potrzeby oceny budynków zlokalizowanych na terenach górniczych, nie tylko z uwagi na bezpieczeństwo konstrukcji, ale także w aspekcie możliwości dalszego ich użytkowania, zgodnego z pierwotnym przeznaczeniem. Dodatkowo w budynkach tych odpowiedzialność za szkody wywołane eksploatacją kopalni wymaga określenia przyczyn występujących uszkodzeń, z dokładnym rozważeniem skutków oddziaływań górniczych.

Wszystkie te zadania wiążą się z koniecznością wykonywania ocen diagnostycznych budynków, w których szczególnego rozpatrzenia i analizy wymagają zagadnienia wynikające z występowania oddziaływań górniczych.

Przedmiotem artykułu jest ocena diagnostyczna budynków na terenach górniczych, z nawiązaniem do normy PN-EN 1990 [9] w zakresie sprawdzenia konstrukcji, co jest związane także z przygotowaniem aktualizacji instrukcji [3].

Schemat postępowania diagnostycznego

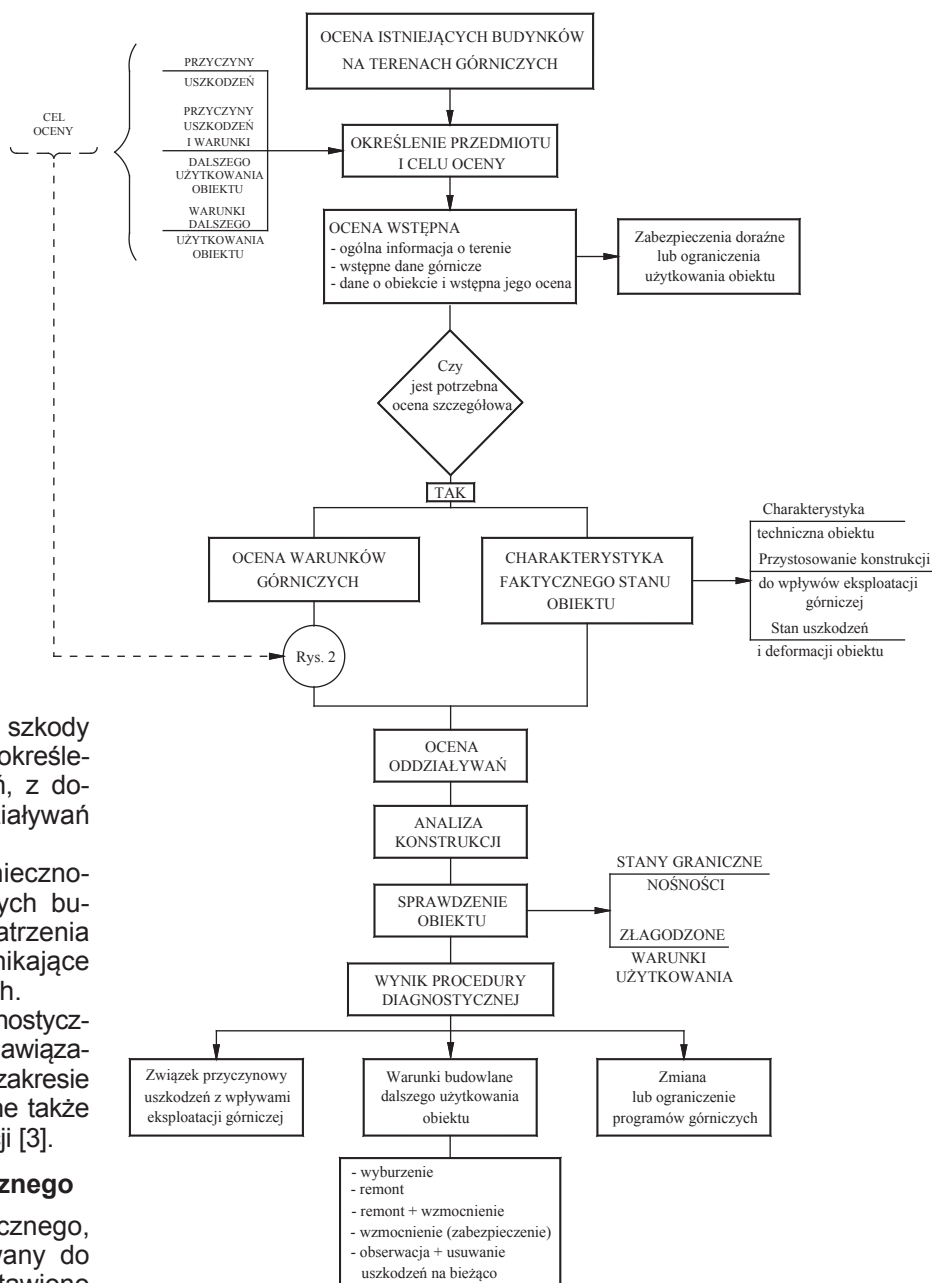
Schemat postępowania diagnostycznego, nawiązujący do normy [6] i dostosowany do specyfiki terenów górniczych, przedstawiono zgodnie z instrukcją [3] na rys. 1.

W ogólności można wyróżnić trzy podstawowe cele diagnostyki:

- 1) ocena przyczyn uszkodzeń obiektu i ewentualne rozgraniczenie uszkodzeń górniczych od uszkodzeń powodowanych przyczynami pozagórnictwymi;
- 2) ustalenie przyczyn uszkodzeń i określenie warunków dalszego użytkowania obiektu, z uwzględnieniem wpływów prognozowanej eksploatacji górniczej;

- 3) ocena konstrukcyjnej odporności obiektu na prognozowane wpływy eksploatacji górniczej oraz określenie warunków jego użytkowania w okresie ujawniania się tych wpływów (przez warunki użytkowania należy rozumieć zarówno wymagania konstrukcyjne, jak i funkcjonalne).

Ocena wstępna badań obiektu, jako wyjściowego zespołu czynności postępowania diagnostycznego,



Rys. 1. Schemat procedury diagnostycznej

wymaga wizji lokalnej, na której podstawie należy określić warunki dalszego, bezpiecznego użytkowania obiektu, do czasu opracowania końcowej diagnozy.

Jeżeli ocena wstępna wykaże potrzebę prowadzenia dalszych prac diagnostycznych, to powinny się one rozpocząć od zebrania pełnych danych o faktycznym stanie obiektu oraz o dotychczasowych warunkach jego pracy, w tym w szczególności od dokładnego rozeznania i oceny warunków górniczych.

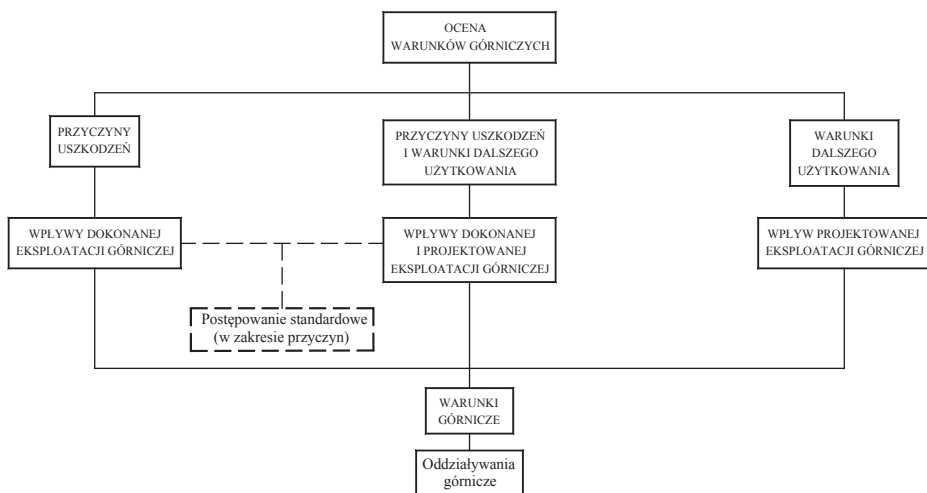
W ogólności inwentaryzacja stanu faktycznego obejmuje analogiczny zakres prac, jak w typowym programie prac diagnostycznych, lecz specyfika terenów górniczych nakazuje zwrócić uwagę na następujące zagadnienia:

– w ramach charakterystyki technicznej obiektu wymagane jest dokładne rozeznanie sposobu przystosowania (zabezpieczenia) obiektu do wpływów wynikających z górniczych deformacji terenu;

– zakres i dokładność rejestracji stanu uszkodzeń i deformacji obiektu powinny być dostosowane do celu postępowania diagnostycznego oraz uwzględniać dotychczasowe warunki górnicze, które miały wpływ na obiekt.

Ważnym elementem diagnozowania jest ocena warunków górniczych (rys. 2), które mogą zostać generalnie opisane przez trzy następujące sytuacje:

- 1) obiekt podlegał wpływom eksploatacji górniczej,
- 2) obiekt podlegał wpływom eksploatacji górniczej i będzie podlegał wpływom eksploatacji planowanej,
- 3) obiekt dotychczas nie podlegał wpływom eksploatacji, a będzie podlegał wpływom eksploatacji planowanej.



Rys. 2. Schemat procedury diagnostycznej – warunki górnicze

Na podstawie warunków górniczych oraz pozostałych warunków pracy obiektu można przystąpić do określenia oddziaływań, co w zakresie wpływów górniczych wymaga zastosowania odpowiednich modeli obliczeniowych, które umożliwią przetransformowanie na obciążenia konstrukcji [8]. Sama analiza konstrukcji następuje z wykorzystaniem metod mechaniki budowli.

Wyniki analizy obliczeniowej oraz przyjęte kryteria diagnostyczne stanowią podstawę do sprawdzenia konstrukcji. W tym względzie można uwzględnić modyfikację normowych wymagań SGU, dostosowaną do specyfiki terenów górniczych [11, 4].

Końcowy efekt badań diagnostycznych, w zależności od sformułowanego na początku celu, powinien prowadzić do określenia wniosków co najmniej w odniesieniu do jednego z następujących zagadnień:

- związku przyczynowego zaistniałych uszkodzeń z wpływami eksploatacji górniczej lub z innymi obciążeniami;
- budowlanych warunków dalszego użytkowania obiektu; zmiany lub ograniczenia programów robót górniczych.

Sprawdzenie konstrukcji

• **Zasady ogólne.** W ramach postępowania diagnostycznego jest dokonywana ocena bezpieczeństwa konstrukcji i warunków jej użytkowania. Polega ona na sprawdzeniu stanów granicznych nośności (SGN) i użyteczności (SGU), przy generalnym uwzględnieniu założeń normy PN-EN 1990 [9].

W odniesieniu do SGN należy na wstępie wyjaśnić przyjętą niezgodność sposobu sprawdzenia na wyjątkowe oddziaływania górnicze, podanego w normie [9], z uregulowaniami wynikającymi z normy [10].

Stosowana w odniesieniu do wstrząsów górotworu i nieciągłych deformacji terenu kombinacja wyjątkowa obciążeń, według PN-B-02000:1982 [10], ma postać

$$\sum_1^m \gamma_{fi} G_{ki} + 0,8 \sum_1^m \psi_{0i} \gamma_{fi} Q_{ki} + F_a, \quad (1)$$

gdzie F_a – obciążenia wyjątkowe, czyli w analizowanym przypadku oddziaływania górnicze powodowane wstrząsami (oznaczonymi dalej przez A_w) lub nieciągłymi deformacjami terenu (oznaczonymi dalej przez A_g) [4].

Należy zauważyć, że oddziaływania stałe G i zmienne Q występują w tej kombinacji z częściowymi współczynnikami bezpieczeństwa γ_f . Zatem przyjmuje się, że po zaistnieniu górniczych oddziaływań wyjątkowych w budynku mogą wystąpić uszkodzenia wykończenia architektonicznego lub/i elementów drugorzędnych, czyli lokalne przekroczenia stanów granicznych użyteczności.

W tym stanie budynek może jednak pełnić nadal swoją funkcję zgodnie z pierwotnym przeznaczeniem, po ewentualnym wykonaniu stosownych prac naprawczych. Taka zasada projektowania sprawdziła się w długoletniej praktyce w zastosowaniu do wyjątkowych oddziaływań górniczych. Jest ona jednak niezgodna z normą [9], w której kombinacja wyjątkowa uwzględnia wszystkie rodzaje oddziaływań, bez współczynników bezpieczeństwa. To z kolei oznacza, że norma [9] dopuszcza powstanie uszkodzeń konstrukcji, a więc lokalne przekroczenia stanów granicznych nośności, niegroźących jednak poważnymi konsekwencjami dotyczącymi bezpieczeństwa budynku.

Uwzględniając to, że norma [9] w ogóle nie dotyczy terenów górniczych, skorzystano z postanowienia jej punktu 1.1(3), w którym stwierdzono, że norma ta *może być stosowana przy projektowaniu konstrukcji...poddanych innym oddziaływaniom niż podane w PN-EN 1991 do PN-EN 1999*. Przyjmując, że zapis ten może dotyczyć także oddziaływań górniczych, odstąpiono jednak od szczegółowych uregulowań PN-EN 1990, które są niezgodne z praktyką projektowania budynków na terenach górniczych w Polsce [1].

• **Stany graniczne nośności – postanowienia ogólne.** Sprawdzenia wymagają następujące stany graniczne nośności, spowodowane oddziaływaniami górniczymi:

a) **EQU**: utrata równowagi statycznej konstrukcji lub jakiegokolwiek jej części uważanej za ciało sztywne;

b) **STR**: zniszczenie wewnętrzne lub nadmierne odkształcenie konstrukcji bądź elementów konstrukcji, w których przypadku decydujące znaczenie ma wytrzymałość materiałów konstrukcji;

c) **GEO**: zniszczenie lub nadmierne odkształcenie podłoża (które ma istotny wpływ na nośność konstrukcji bądź wówczas, gdy istotny wpływ na tę nośność ma deformacja podłoża).

• **Stany graniczne nośności – zasady sprawdzania.**

W celu sprawdzenia równowagi statycznej konstrukcji (EQU) należy wykazać, że

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stb}, \quad (2)$$

gdzie:

$E_{d,dst}$ – wartość obliczeniowa efektu oddziaływań destabilizujących,

$E_{d,stb}$ – wartość obliczeniowa efektu oddziaływań stabilizujących.

Równowagę statyczną konstrukcji należy sprawdzić, gdy następuje:

– w przypadku oddziaływania ciągłych deformacji terenu znaczące wychylenie konstrukcji T_b lub jej części na skutek nachylenia terenu T ;

– w przypadku oddziaływania nieciągłych deformacji terenu i wstrząsów górniczych następuje zagrożenie stateczności konstrukcji lub jej elementów.

W celu sprawdzenia stanu granicznego zniszczenia lub nadmiernego odkształcenia przekroju, elementu konstrukcji lub połączenia (STR) i/lub podłoża gruntowego (GEO) należy wykazać, że:

$$E_d \leq R_d, \quad (3)$$

gdzie:

E_d – wartość obliczeniowa efektów oddziaływań, takiego jak siła wewnętrzna, moment lub wektor, reprezentujący kilka sił wewnętrznych lub momentów,

R_d – wartość obliczeniowa odpowiedniej nośności.

Stan graniczny STR i/lub GEO należy sprawdzić w przypadku:

– ciągłych deformacji terenu na oddziaływanie ekstremalnych wskaźników deformacji terenu: ε_{ekstr} , K_{ekstr} oraz T_{max} ;

– nieciągłych deformacji terenu na oddziaływanie A_g określone przez nominalne wartości geometrycznych wymiarów deformacji a_{nom} ;

– wpływu wstrząsów górniczych na oddziaływanie A_w charakteryzowane przez nominalne wartości maksymalnego przyspieszenia i spektrum odpowiedzi.

• **Stany graniczne nośności – kombinacje oddziaływań.**

Do sprawdzenia konstrukcji należy stosować poniższe kombinacje, przedstawiające odpowiednie efekty oddziaływań w równaniach (2) i (3).

Kombinacja podstawowa, uwzględniająca efekty ciągłych oddziaływań górniczych ma postać

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_g Q_{k,g} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}. \quad (4)$$

Jeżeli oddziaływania górnicze $Q_{k,g}$, nie są wiodącymi oddziaływaniami zmiennymi, to powinny być rozpatrywane jako jedno z oddziaływań $Q_{k,i}$. Należy je każdorazowo określać, biorąc pod uwagę ekstremalne wartości odkształceń podłoża (ε , $K = 1/R$, T), z odpowiednią wartością

współczynnika oddziaływania zmiennego $\psi_{0,i}$, przyjmowanego według normy [9].

Kombinacja wyjątkowa uwzględnia efekty:

– równoczesnego oddziaływania wstrząsów górniczych i ciągłych deformacji terenu

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + 0,8 \gamma_g Q_{k,g} + 0,8 \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} Q_{k,i} + A_w, \quad (5)$$

– oddziaływanie wstrząsów górniczych lub nieciągłych deformacji terenu

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + 0,8 \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} Q_{k,i} + (A_w \text{ lub } A_g). \quad (6)$$

W uzasadnionych merytorycznie przypadkach wpływy deformacji terenu i wstrząsów górniczych należy superponować.

Stany graniczne nośności (SGN) muszą być spełnione w odniesieniu do wszystkich elementów (części) konstrukcji, które decydują o bezpieczeństwie budynku i użytkowników obiektów zaprojektowanych na przejęcie oddziaływań górniczych. Wszystkie elementy nośne mogą wtedy bezpiecznie przejmować obciążenia normowe i od wpływów górniczych.

Znaczenie bardziej złożona jest analiza warunków nośności obiektów nieprzystosowanych do wpływów eksploatacji górniczej. W takich przypadkach bowiem niektóre elementy konstrukcyjne mogą nie spełniać wymagań SGN. Stan ten nie musi prowadzić do zagrożenia bezpieczeństwa użytkownika obiektu (dotyczy to np. uszkodzeń fundamentów i dolnych części ścian budynków murowanych, poddanych wpływom poziomych odkształceń terenu ε). Wtedy można decydować się na rezygnację ze spełnienia wymagania wynikającego z wzoru (3), z zachowaniem kontroli możliwych deformacji i uszkodzeń obiektu w ramach sprawdzania warunków jego użytkowania.

Należy podkreślić, że równania (4), (5) i (6) są ważne do oceny dalszych warunków użytkowania obiektu, natomiast w przypadku oceny przyczyn uszkodzeń obiektu należy wszystkie współczynniki obciążenia γ_f przyjmować równe 1.

• **Stany graniczne użyteczności – postanowienia ogólne.**

W obiektach lokalizowanych na terenach górniczych należy uwzględniać tylko nieodwracalne stany graniczne użyteczności, spowodowane ciągłymi deformacjami terenu, i sprawdzać ich długotrwałe efekty.

Zaleca się, aby przy sprawdzaniu stanów granicznych użyteczności posługiwać się kryteriami dotyczącymi:

a) ugięć i wychyleń obiektów wpływających na wygląd, komfort użytkowników lub funkcje konstrukcji (w tym funkcjonowanie maszyn i instalacji), powodujących uszkodzenia wykończenia lub elementów niekonstrukcyjnych;

b) uszkodzeń wpływających negatywnie na wygląd, trwałość lub funkcjonowanie konstrukcji.

W stanach granicznych użyteczności należy sprawdzić, czy:

$$E_d \leq C_d, \quad (7)$$

gdzie:

C_d – graniczna wartość obliczeniowa odpowiedniego kryterium użyteczności,

E_d – wartość obliczeniowa efektów oddziaływań w jednostkach kryterium użyteczności, wyznaczona w przypadku odpowiedniej kombinacji oddziaływań.

• **Stany graniczne użyteczności – kombinacje oddziaływań.**

Do sprawdzenia stanów granicznych użyteczności należy stosować poniższe kombinacje

oddziaływań, przedstawiające wartość obliczeniową efektów oddziaływań równania (7).

Kombinacja charakterystyczna, stosowana zwykle w przypadku nieodwracalnych stanów użytkowalności ma postać

$$\sum_j G_{k,j} + Q_{g,k} + \sum_{i>1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (8)$$

Jeżeli oddziaływania górnicze od ciągłych deformacji terenu $Q_{g,k}$ nie są wiodące, to rozpatruje się je jako wartości $Q_{k,i}$, z przynależnym współczynnikiem $\psi_{0,i}$. Należy je każdorazowo określać z uwzględnieniem ekstremalnych wartości odkształceń podłoża (ε_{ekstr} , K_{ekstr} ($1/R_{ekstr}$), T_{max}).

Kombinacja quasi-stała, stosowana zwykle w ocenie efektów długotrwałych i wyglądu konstrukcji, ma postać

$$\sum_1^m \gamma_{fi} G_{ki} + 0,8 \sum_1^m \psi_{0,i} \gamma_{fi} Q_{ki} + I \quad (9)$$

Oddziaływania górnicze $Q_{g,ust}$ należy każdorazowo uwzględniać jako spowodowane ustalonymi wartościami odkształceń: ε_{ust} , K_{ust} ($1/R_{ust}$), T_{ust} , rozumianymi jako długotrwałe, a wartość współczynnika $\psi_{2,i}$ w przypadku prawie stałego oddziaływania zmiennego przyjmować według normy [9].

Jeżeli jest opracowana szczegółowa prognoza górnicza, to wartości ustalonych deformacji powinny być w niej określone. Jednak w przypadku gdy opracowuje się wyłącznie prognozę podstawową, w której są podawane tylko ekstremalne wskaźniki deformacji terenu, do sprawdzenia quasi-stałych stanów granicznych użytkowalności można przyjmować [5]

$$Q_{g,ust} = \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot \varepsilon_{ekstr} \\ 2,0 \cdot K_{ekstr} (1/R_{ekstr}) \\ 1,0 \cdot T_{max} \end{array} \right\} \quad (10)$$

Jeżeli jednak po wystąpieniu $T_{max} > 10\%$ istnieje możliwość zmniejszenia nachylenia terenu, to zaleca się podać jego ustabilizowaną długotrwałą wartość T_{ust} . W przypadku niemożności określenia T_{ust} lub utrzymywania się nachylenia terenu na poziomie wartości maksymalnej, należy przyjmować $T_{ust} = T_{max}$.

Sprawdzenie budynków z uwagi na skutki oddziaływań górniczych jest wymagane w odniesieniu do:

- wychylenia obiektu T_b od pionu,
- odkształcenia postaciowego konstrukcji ścian Θ_b lub rozwarości pojedynczych rys a_w (pęknięć) ścian budynków murowanych i betonowych (niezbrojonych).

Sprawdzenie może być przeprowadzone z uwzględnieniem ustaleń wynikających z koncepcji PSGU [7]. Wówczas do ogólnego warunku SGU (7) wartości efektów oddziaływań E_d i wartości dopuszczalne C_d są przyjmowane na omówionych niżej zasadach.

Ustalenie wartości efektów oddziaływań E_d wymaga rozważenia następujących przypadków:

- jeżeli efekt oddziaływań górniczych już w budynku wystąpił (np. jako przemieszczenie, nachylenie), to jego wartość przyjmuje się równą wartości rzeczywistej (pomiarzonej), jaka w obiekcie zaistniała, czyli $E_d = E_{d,istn}$;
- w przypadku oceny wpływu prognozowanych skutków oddziaływań górniczych na warunki dalszego użytkowania budynku, wartości E_d przyjmuje się za równe obliczonym efektom oddziaływań charakterystycznych, na zasadach stosowanych w projektowaniu [5].

Dopuszczalną wartość efektów oddziaływań górniczych C_d należy przyjmować w zależności od wymaganego

(zakładanego) poziomu właściwości użytkowych, określanych za pomocą uciążliwości użytkowania budynków. W przypadku podanych wyżej efektów oddziaływań górniczych przyjętą w tym zakresie klasyfikację [2, 7] podano w tablicy.

Uciążliwość użytkowania – wartości parametrów określających efekty oddziaływań górniczych

Skutki w budynku	Uciążliwość użytkowania			
	nieodczuwalna	mała	średnia	duża
Wychylenie T_b , ‰	≤ 10	10 – 15	15 – 20	> 20
Szerokość rys w ścianach a_w , mm	≤ 1	1 – 3	3 – 8	> 8
Odkształcenie postaciowe ścian $\Theta_b \cdot 10^3$	≤ 1	1 – 2	2 – 3	> 3

Według zasad dotyczących możliwości prowadzenia podziemnej eksploatacji górniczej z uwagi na ochronę obiektów budowlanych [2], w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej nie powinno się dopuszczać przekraczania małej uciążliwości. W przypadkach występowania skutków oddziaływań górniczych o charakterze przejściowym, można uznać za dopuszczalną średnią uciążliwość użytkowania [7]. W budynkach zaprojektowanych na przejście oddziaływań górniczych, niezależnie od czasu występowania wpływów, powinno się do odkształceń postaciowych ścian spełniać warunek $\Theta_b \leq 1 \cdot 10^3$.

W opracowaniu [3] są omówione szczegóły dotyczące zasad sprawdzania warunków użytkowania budynków w postępowaniach diagnostycznych.

Zakończenie

Na podstawie przeprowadzonego postępowania diagnostycznego należy opracować wnioski. W zależności od celu wykonanych prac diagnostycznych mogą one dotyczyć przyczyn zaistniałych uszkodzeń lub warunków dalszego użytkowania obiektu.

Później następuje wybór sposobu profilaktyki budowlanej, który powinien być dokonywany również z uwzględnieniem czynników ekonomicznych.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Cholewicki A., Kawulok M., Lipski Z., Szulc J.: Zasady ustalania obciążeń i sprawdzania stanów granicznych budynków zlokalizowanych na terenach górniczych w nawiązaniu do Eurokodów. Projektowanie według Eurokodów. ITB, Warszawa 2012.
- [2] Instrukcja nr 12: Zasady oceny możliwości prowadzenia podziemnej eksploatacji górniczej z uwagi na ochronę obiektów budowlanych. GIG, Katowice 2000.
- [3] Instrukcja nr 380/2003: Diagnostowanie budynków zlokalizowanych na terenach górniczych. ITB, Warszawa 2003.
- [4] Instrukcja nr 364/2007: Wymagania techniczne dla obiektów budowlanych wznoszonych na terenach podlegających wpływom eksploatacji górniczej. ITB, Warszawa 2007.
- [5] Instrukcja 416/2006: Projektowanie budynków na terenach górniczych. ITB, Warszawa 2006.
- [6] ISO/CD 13822. Bases for design of structures – Assessment of existing structures. 1997.
- [7] Kawulok M.: Ocena właściwości użytkowych budynków z uwagi na oddziaływania górnicze. Prace ITB. Seria Rozprawy. ITB, Warszawa 2000.
- [8] Kwiatek J. i inni: Ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych. GIG, Katowice 1997.
- [9] PN-EN 1990:2004 Eurokod: Podstawy projektowania konstrukcji.
- [10] PN-B-02000:1982 Obciążenia budowli – Zasady ustalania wartości.
- [11] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU z 2012 r., poz. 1289 z późniejszymi zmianami).