ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1985

Seria: BUDOWNICTWO z. 60 Nr kol. 841

Józef Adam LEDWOŃ

Katedra Budownictwa
na Terenach Górniczych

KATEGORIE DEFORMACYJNE I WSTRZĄSOWE DLA MIASTA BYTOMIA

Streszczenie. Przedstawiono kompleksowy układ kategorii deformacyjnych i wstrząsowych dla miasta Bytomia jako układ pilotujący dla Górnośląskiego Okręgu Węglowego. Wprowadza się zmodyfikowane i rozszerzone kategorie deformacyjne dla niecek regularnych oraz kategorie deformacji nieciągłych i wstrząsowych.

1. WPROWADZENIE

Stosowane w kraju kategorie deformacyjne odnoszące się do niecek regularnych zostały opracowane 30 lat temu i opierały się na ówczesnym stanie doświadczeń uwzględniających średnie głębokości eksploatacji i zabudowę istniejącą typu tradycyjnego.

Wprowadzenie kategorii deformacyjnych wg profesorów Budryka i Knothego [1] było pomysłem oryginalnym i przyczyniło się do ujednoliconego traktowania w górnictwie deformacji swobodnej powierzchni terenu poddanego wpływom eksploatacji podziemnej.

W niniejszym artykule przedstawia się analizę krajowych i zagranicznych układów kategorii deformacji regularnych, proponuje się ponadto podziały wielkości zapadlisk, uskoków i szczelin - tworzące kategorie deformacji nieciągłych; wprowadza się również kategorie wstrząsowe, nazywane górniczymi kategoriami sejsmicznymi.

Wprowadzane kategorie odniesiono wstępnie tylko do przypadku miasta Bytomia, aby na ich podstawie dokonywać odpowiedniego ustalenia odporności zabudowy istniejącej. Zabudowa nowo projektowana może być bowiem dostosowana do zadanych odporności odpowiednio do indywidualnych wymagań, nawiązujących do rodzaju konstrukcji obiektów.

Ogólna potrzeba wprowadzania zmienionego układu kategorii wynika właśnie z braku dostatecznej zgodności między obserwowanymi stanami zabudowy a wielkościami parametrów deformacyjnych.

Badania reologicznego zachowania się podłoża i obiektów powierzchniowych będą trwały jeszcze wiele lat.

Niezbędność ustalenia prawidłowych zakresów profilaktyki budowlanej oraz prac remontowych występuje już obecnie. Stąd ustalenia dotyczące odmiennego ujęcia kategorii deformacyjnych i wprowadzenie kategorii wstrząsowych służę aktualnym potrzebom ochrony miasta Bytomia.

2. KATEGORIE DEFOMRACJI REGULARNYCH STOSOWANE W POLSCE

Klasyfikacja stosowana w Polsce wg [1] dla ułatwienia porównań przedstawiona w tablicy 1 nie zawiera kategorii zerowej. Dletego każdy, nawet mały, wpływ może być przypisany działalności górniczej,chociaż jego przyczyny mogę pochodzić np. od wpływów termicznych lub skurczowych, albo od nierównomierności osiadań budowli nie związanych z eksploatację górniczę. Nie uwzględnia się także granic zmienności, w których są zawarte wskaźniki deformacyjne. Wielkość odchyłek od stanu deterministycznie określonego może być potrzebna przy korzystaniu z probabilistycznego obliczania niektórych konstrukcji.

Tablica 1

Kategorie wg Budryka i Knothego

Kategoria terenu	Wskaźniki deformacji terenu		
	Nachylenia T mm/m	Odkształcenia poziome δ mm/m	Promień krzywizny R km
I	< 2,5	< 1,5	> 20
II	5	3	12
III	10	6	6
IV	15	9	4
V	> 15	> 9	< 4

Jednoznacznie określone wskaźniki nie są więc przystosowane do stosowania obliczeń konstrukcji wg stanów granicznych. Również prawo zmienności przyrostu liczbowego wskaźników nie zostało sprecyzowane w nawiązaniu do rozkładów normalnych. Z tych powodów można postulować modyfikację stosowanego systemu kategorii terenów górniczych, o czym już pisano w artykule [2].

3. KATEGORIE DEFORMACJI REGULARNYCH STOSOWANE W ZSRR

Drugim krajem, w którym zaczęto stosować kategorie terenów górniczych jest Związek Radziecki [3].

W celu ułatwienia porównań przestawiono w tablicy 2 wielkości parametrów, ale w przystosowaniu do naszego podziału, czyli odwrotnie niż w ujęciu oryginalnym. Zastosowano podział tylko na 4 kategorie, bez kategorii zerowej, ale z przystosowaniem do stosowania metody probabilistycznej, gdyż parametry deformacyjne zawarte są w określonych przedziałach.

Tablica 2

Kategorie radzieckie

Kategoria terenu	Wskaźniki deformacji terenu		
	Nachylenia T mm/m	Odkształcenia poziome ε mm/m	Promień krzywizny R km
I	3-5	1-3	12-20
II	5-7	3-5	7-12
III	7-10	5-8	3-7
IV	10-20	8-12	1-3

Sam przyrost wielkości wskaźników lepiej odpowiada jednakowemu poziomowi ufności dla całego układu kategorii.

Cechą charakterystyczną tego układu kategorii jest przyjęcie dosyć wysokich wartości liczbowych dla górnych granic przechyleń i odkształceń.

Można przypuszczać, że autorzy tego układu oparli się na obserwacjach dotyczących zabudowy tradycyjnej oraz zabudowy prefabrykowanej, ale z uwzględnieniem występujących realnie odchyleń wykonawczych.

Radziecki układ kategorii jest najbliższy naszym spostrzeżeniom właśnie z rejonu Bytomia.

Układ ten milcząco zakłada istnienie kategorii zerowej, gdyż wskaźniki najniższe wynoszą:

$$\varepsilon_{min} = 1 \text{ mm/m}$$

$$T_{min} = 3 \text{ mm/m}$$

Wartości liczbowe obu wskaźników mniejsze od podanych nie mieszczą się w kategorii pierwszej, mogę więc być uznane za przynależne do kategorii zerowej.

Zmniejszenie liczby kategorii do czterech urealnia klasyfikacje i nie ma powodów pokrywania się zasięgu średnich wartości liczbowych wskaźników z odchyłkami maksymalnymi kategorii sąsiednich.

W tym sensie układ parametrów deformacyjnych przyjęty w kategoriach stosowanych w Związku Radzieckim byłby najbliższy potrzebom ochrony miasta Bytomia dla zabudowy istniejącej.

4. KATEGORIE DEFORMACJI REGULARNYCH STOSOWANE W CZECHOSŁOWACJI

W roku 1975 Czechosłowacja wprowadziła kategorie deformacyjne w układzie podobnym do stosowanego w Związku Radzieckim, z tym że przyjęto podział na pięć kategorii podobnie jak w układzie stosowanym w Polsce [4].

W tablicy 3 przedstawia się podział czechosłowacki, ale w systemie umożliwiającym łatwiejsze porównanie z naszym podziałem krajowym.

Tablica 3

Kategorie czechosłowackie

Kategoria terenu	Wskaźniki deformacji terenu		
	Nachylenia T mm/m	Odkształcenia poziome ε mm/m	Promień krzywizny R km
I	< 2	< 1	>20
II	2-5	1-3	12-20
III	5-8	3-5	7-12
IV	8-10	5-7	3-7
V	>10	>7	< 3

Zauważa się duże podobieństwo liczbowych wartości wskaźników deformacyjnych w podziale czechosłowackim do stosowanego podziału radzieckiego.

Najmniejsze wartości wskaźników wynoszę:

$$\varepsilon_{min} = 1 \text{ mm/m}$$

$$T_{min} = 2 \text{ mm/m}$$

Ogólnie układ wskaźników kategorii deformacyjnych stosowanych w Czechosłowacji odpowiada obiektom nowym, wykonywanym przy należytym spełnieniu wymagań realizacyjnych.

5. ZMODYFIKOWANE KATEGORIE DEFORMACJI REGULARNYCH

W pracy [2] przedstawiono propozycje układu kategorii deformacyjnych nawiązujących do zabudowy nowo projektowanej dla średnich warunków realizacyjnych. Kategorie w tym ujęciu przedstawiono w tablicy 4.

Tablica 4

Kategorie dla budowli wielkopłytowych

Kategoria terenu	Wskaźniki deformacji terenu		
	Nachylenia T mm/m	Odkształcenia poziome ε mm/m	Promień krzywizny R km
0	< 1	< 0,5	>20
I	1-4	0,5-2	12-20
II	4-7	2-4	8-12
III	7-10	4-6	5-8
IV	10-13	6-8	2-5
V	>13	>8	< 2

Wprowadzona została wyraźnie zerowa kategoria deformacyjna dla wartości wskaźników:

$$\varepsilon_{min} = 0,5 \text{ mm/m}$$

$$T_{min} = 1 \text{ mm/m}$$

W przedstawionym podziale wzięto pod uwagę średnie warunki realizacji budownictwa prefabrykowanego. Wskaźniki przechyleń obejmują więc odchyłki realizacyjne.

W. Batkiewicz w pracy [5] uważa za najlepszy podział na kategorie deformacji regularnych dla następujących wartości:

$$\varepsilon_k = 0,4 - 1,2 - 3,6 - 10,8‰$$

$$T_k = 0,7 - 2,0 - 6,0 - 18,0‰$$

W proponowanym podziale brakuje odpowiednika trzeciej kategorii wg stosowanego podziału [1]. Wynika to z założenia, że o podziale na kategorie decydują nie tylko same wartości wskaźników deformacji, ale również ich rozproszenie statystyczne.

Ze wzrostem rozproszenia maleje niezbędna liczba kategorii. Układ - najmniej odbiegający - wg Batkiewicza - od układu stosowanego ma postać:

$$\varepsilon_k = 0,33 - 1,0 - 3,0 - 9,0‰$$

$$T_k = 0,55 - 1,7 - 5,0 - 15,0‰$$

W. Batkiewicz popiera stanowisko przedstawione w [2], że wyraźnie lepszym wskaźnikiem do oceny wielkości deformacji byłby wskaźnik T, zamiast wskaźnika ε obecnie powszechnie stosowanego.

W opracowaniu specjalistycznym dla miasta Bytomia [6] przedstawiono układ kategorii deformacyjnych dla ε według następującego szeregu:

$$\varepsilon_k = 0,5 - 2,0 - 4,5 - 8,0 - 12,0 - 18,0‰$$

6. KATEGORIE DEFORMACJI REGULARNYCH DLA MIASTA BYTOMIA

W wyniku analiz stanu zabudowy miasta Bytomia, z której wynika generalnie większa odporność obiektów budowlanych na deformacje, proponuje się wprowadzenie kategorii lokalnych odnoszących się wstępnie tylko do analizowanego rejonu. W tablicy 5 przedstawiono układ kategorii deformacji regularnych odnoszących się do miasta Bytomia.

Tablica 5

Kategorie deformacyjne dla miasta Bytomia dla zabudowy tradycyjnej

Kategorie terenu	Wskaźniki deformacji terenu		
	Nachylenia T mm/m	Odkształcenie poziome ε mm/m	Promień krzywizny R km
0	< 2	< 0,5	> 20
I	2-5	0,5-2,5	12-20
II	5-10	2,5-5	8-12
III	10-15	5-8	5-8
IV	15-20	8-12	3-5
V	> 20	> 12	< 3

Wprowadzono wyraźnie określoną kategorię zerową z granicami

$$\varepsilon_{min} = 0,5 \text{ mm/m}$$

$$T_{min} = 2 \text{ mm/m}$$

Obydwie te granice wynikają bądź z realnych dokładności wykonawczych w zakresie przechyleń, bądź też odnoszą się do wpływów odkształceń spowodowanych głównie okresowymi wahaniami temperatury.

Zachowano podział na 6 kategorii, wliczając w to kategorię zerową ze względu na przeważającą eksploatację z podsadzką płynną, umożliwiającą utrzymywanie deformacji w węższych znacznie granicach niż przy eksploatacji z zawałem stropu. Promienie krzywizn niecki zostały wprowadzone ze

względu na ich stosowanie w obliczeniach szerokości szczelin dylatacyjnych. Przedstawione kategorie odnoszą się do terenu w powiązaniu z zabudową istniejącą typu tradycyjnego. Dla zabudowy nowo projektowanej wskazane jest stawianie wyższych wymagań w dokładności realizacji i dlatego zaleca się wówczas stosowanie układu wg tablicy 4 w odniesieniu do odporności.

Układ kategorii wg tablicy 5 spełnia również lepiej wymagania wynikające z rachunku prawdopodobieństwa przy zachowaniu stałego poziomu ufności dla każdej z kategorii.

7. KATEGORIE ZAPADLISKOWE

Chcąc wprowadzić konsekwentnie takie kategorie dla terenów zagrożonych zapadliskami w formie lejów można nawiązać do modułu budowlanego, który wynosi 3,0 m. Siatka układów konstrukcyjnych w planie jest więc wielokrotnością 3,0 m. Z tego powodu uznaje się za wystarczające dokonanie podziału zapadlisk w nawiązaniu do modułu budowlanego.

W tablicy 6 przedstawiono proponowany podział, przedstawiony już uprzednio w pracy [8].

Tablica 6

Kategorie zapadliskowe

Kategoria	Średnica zapadliska m
0	< 1
1	1 - 3
2	3 - 6
3	6 - 9
4	9 - 12
5	>12

Wskazane jest także wprowadzenie kategorii zerowej, aby nie każda zapadlisko uważać za zagrożenie dla budowli.

Przyjęcie dosyć małych wartości dla wysokich kategorii wynika z faktu, że na terenach górniczych następuje dosyć gęste dylatowanie obiektów budowlanych, na ogół wynoszących 24,0 m.

8. KATEGORIE USKOKOWE

Budowania na terenach uskokowych nie znajduje jeszcze zastosowanie, mimo że można przedstawiać rozwiązania konstrukcyjne przystosowujące budynki i budowle do wznoszenia na terenach uskokowych.

W tym przypadku kategoria zerowa nie może być liczbowo duża, aby nie wywoływać zginania na progu uskoku.

Zastopniowanie wysokości budynków wynosi na ogół 250 mm. Można by więc przyjęć zastopniowanie terenu odpowiadające zestopniowaniu budowli.

Propozycję podziału przedstawiono w tablicy 7.

Tablica 7

Kategorie uskokowe

Kategoria	Wysokość uskoku mm
0	< 50
1	50 - 250
2	250 - 500
3	500 - 750
4	750 - 1000
5	>1000

Wprowadzenie kategorii uskokowych nie jest zabiegiem praktycznie pilnym z uwagi na brak doświadczeń z budowania na terenach uskokowych.

9. KATEGORIE SZCZELINOWE

Dla uwzględnienia wielkości szczelin występujęcych na terenach górniczych proponuje się mniejsze wartości liczbowe niż dla uskoków.

Zastopniowanie przedstawiono w tablicy 8.

Tablica 8

Kategorie szczelinowe

Kategoria	Szerokość szczeliny mm
0	< 5
1	5 - 25
2	25 - 50
3	50 - 75
4	75 - 100
5	>100

10. GÓRNICZE KATEGORIE SEJSMICZNE DLA MIASTA BYTOMIA

Wstrząsy obserwowane na terenie miasta Bytomia wynikają głównie z działalności górniczej i objawiają się w postaci tąpań pokładowych lub też pęknięć twardych skał w nadkładzie. Z ogólnych danych sejsmologicznych [7] wynika, że w obszarze Bytomia były już obserwowane naturalne wstrząsy tektoniczne o intensywności 5° w skali MSK-64.

Możliwe jest więc występienie przyspieszeń o wielkości

$$\ddot{a} = 120 - 250 \text{ mm/s}^2$$

oraz prędkości

$$v = 10 - 20 \text{ mm/s}$$

Naturalne wstrząsy sejsmiczne o intensywności do 5 stopnia włącznie pojawiają się w dużych odstępach czasu i dlatego nie są uznawane za zagrożenie wymagające przeciwdziałań technicznych.

Jednakże, przy występowaniu wstrząsów o tej samej intensywności, ale w krótkich odstępach czasu może być niezbędne ich uwzględnianie w ocenie zagrożenia sejsmicznego niektórych budowli. Z tego powodu kategoria zerowa wstrząsów jest prowadzona dla wielkości

$$\ddot{a}_{max} = 120 \text{ mm/s}^2$$

$$v_{max} = 10 \text{ mm/s}$$

Według pracy [7] historycznie najwyższą intensywność wstrząsu naturalnego, tj. 6° w skali MSK zaobserwowano w Bytomiu w 1786 roku. Nie jest więc wykluczone pojawienie się wstrząsu charakteryzującego się parametrami

$$\ddot{a}_{max} = 500 \text{ mm/s}^2$$

$$v_{max} = 40 \text{ mm/s}$$

Zgodnie z pracą [8] przedstawiającą potrzebę wprowadzenia kategorii wstrząsowych były proponowane oprócz kategorii zerowej dalsze cztery kategorie wstrząsowe.

Nie proponuje się wprowadzenia dla Bytomia kategorii o przyspieszeniach przekraczających 1000 mm/s^2 z uwagi na to, że tak duże przyspieszenia nie były w kraju mierzone (tablica 9).

W pracy [9] nawiązano do skali MSK wprowadzając odpowiednik przyspieszenia $\ddot{a} = 120 \text{ mm/s}^2$ dla intensywności dolnej granicy 5° i energii 1.10^7J.

Tablica 9

Górnicze kategorie sejsmiczne dla miasta Bytomia

Kategoria	Energia w J	Przyspieszenia a mm/s^2	Prędkość v mm/s
0	$< 10^6$	< 120	< 10
1a	$1 . 10^6 - 5 . 10^6$	120 - 180	10 - 15
1b	$5 . 10^6 - 1 . 10^7$	180 - 250	15 - 20
2a	$10^7 - 10^8$	250 - 370	20 - 30
2b	$10^8 - 10^9$	370 - 500	30 - 40
3a	$10^9 - 10^{10}$	500 - 750	40 - 60
3b	$10^{10} - 10^{11}$	750 - 1000	60 - 80

Obniżenie energii wstrząsu do 10^6 J dla przyspieszeń 120 mm/s^2 w rejonie Bytomia wynika z potrzeby uwzględnienia stanu starej zabudowy, nie przystosowanej do przenoszenia wstrząsów o większej intensywności.

Dodatkowym czynnikiem nawiązującym do przyspieszeń 120 mm/s^2 jako wartości, od której w poszczególnych przypadkach należy rozpatrywać wpływ wstrząsów na obiekty budowlane jest przybliżone normowe obciążenie wiatrem, które przy podanym przyspieszeniu wywołuje siły poziome odpowiadające obciążeniu sejsmicznemu o tej granicznej wartości.

Podane zależności między energią w ognisku a przyspieszeniem na powierzchni o kierunku poziomym mogę podlegać dalszym uściśleniom w miarę rozbudowania zakresu pomiarów na powierzchni terenu.

Obecnie można by wprowadzić zupełnie uproszczony podział na kategorie, odnoszący się do całego kraju, gdyby przyjąć relacje podane w tablicy 10.

Tablica 10

Ogólne górnicze kategorie sejsmiczne

Kategoria	Przyspieszenie mm/s^2
0	< 120
1a	120 - 180
1b	180 - 250
2a	250 - 370
2b	370 - 500
3a	500 - 750
3b	750 - 1000

11. PODSUMOWANIE

Przedstawiono w miarę pełny układ kategorii deformacji regularnych, deformacji nieregularnych oraz górniczych kategorii sejsmicznych.

Proponuje się wprowadzenie przedstawionych kategorii jako podstawy do analizy odporności istniejącej zabudowy powierzchniowej i zabudowy nowo projektowanej.

Połączenie obu zagadnień związanych z podłożem i obiektami powierzchniowymi może przyczynić się do prawidłowo prowadzonej ochrony przyjętego w przedstawionym opracowaniu - jako przypadek modelowy - miasta Bytomia przed wpływami eksploatacji górniczej.

Opracowanie dotyczące kategorii deformacyjnych i wstrząsowych stanowi wstęp do opracowania kategorii odpornościowych, by następnie przejść do skorygowanych wytycznych zabezpieczania zabudowy istniejącej i nowo projektowanej.

Niektóre przypadki szczególne zostały już przedstawione w pracy 10 .

LITERATURA

[1] Budryk W., Knothe S.: Zasady kwalifikacji terenów Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego za względu na możliwość zabudowy. PAN, Komitet ds. Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. Biuletyn nr 4. Warszawa 1956.

[2] Ledwoń J.A.: Podział terenów górniczych na kategorie. Ochrona Terenów Górniczych nr 50/1979.

[3] Gosstroj ZSRR: Ukazania po projektirowaniju zdanij i sooruženij na podrabatywajemych territorijach. Izdatielstwo Literatury po Stroitielstwie. Moskwa 1965. (Tłumaczenie polskie B. Gil i J. Ledwonia wydane przez PZITB Oddział w Gliwicach w 1967 r.).

[4] FMTIR. Typizacni smernice po stavbu po poddolevanem uzemi. Praha 1975.

[5] Batkiewicz W.: Podział terenów górniczych na kategorie ustalony na podstawie metod statystyki matematycznej. Ochrona Terenów Górniczych nr 55/1981.

[6] Greń K. i Zespół: Program rozwiązania elementów współzależnych między wpływami eksploatacji a funkcjonowaniem i rozwojem miasta Bytomia w okresie 1981-2005 r. Praca niepublikowana z 1983 r. (Opiniowana przez J. Ledwonia).

[7] Prochazkova D., Broucek I., Guterch B., Lewandowska-Marciniak H.: Macroseismic Intensities Observed in Czechoslovakia and Poland. Polish Academy of Sciences. Publications of the Institute of Geophysics B-3/122/PWN Warszawa-Łódź 1978.

[8] Ledwoń J.A.: Podział na kategorie terenów górniczych narażonych na wstrząsy i deformacje lokalne. Ochrona Terenów Górniczych nr 52/1980.

[9] Ledwoń J.A.: Górnicze kategorie sejsmiczne. Ochrona Terenów Górniczych nr 67/1984.

[10] Ledwoń J.A.: Budownictwo na terenach górniczych. Wyd. "Arkady", Warszawa 1983.

ДЕФОРМАЦИОННЫЕ И СЕИСМИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ
ДЛЯ ГОРОДА БЫТОМ

Р е з ю м е

Представлено новую, комплексную систему деформационных и сейсмических категории для города Бытом, слебующую из наблюдений,проведенных на его территории.

Целью этой системы является получение лучшего соответствия между действительным состоянием сооружений а угрозой, создаваемой воздействием горной эксплуатации.

DEFORMATION AND SEISMIC CATEGORIES
FOR THE TOWN BYTOM

S u m m a r y

A new complex system of deformation and seismic categories resulting from observations carried out on Bytom territory is presented in this paper.

Its purpose is to obtain better accordance between the real condition of buildings and threats resulting from mining exploration influence.