

**Szymon Dawczyński**

## **BUDYNKI PODDANE WPŁYWOM EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ - ZAGADNIENIA PRAKTYCZNE**

### **Wprowadzenie**

Teren Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) jest obszarem silnie uprzemysłowionym i zurbanizowanym o dużej gęstości zaludnienia. Wynika to głównie z masowych migracji ludności w poszukiwaniu pracy i szybkiego rozwoju przemysłu ciężkiego w drugiej połowie XX wieku. Zlokalizowane są tu wszystkie działające obecnie w Polsce kopalnie głębinowe węgla kamiennego (z jednym wyjątkiem - LW Bogdanka S.A.). Pomimo sporych problemów ekonomicznych, będących wynikiem kryzysu w gospodarce światowej, przemysł górniczy w Polsce jest jednym z ważniejszych sektorów gospodarki. Jego strategiczna rola wynika z faktu, że cały przemysł energetyczny w naszym kraju oparty jest na elektrowniach węglowych.

Każda podziemna eksploatacja górnicza powoduje naruszenie stanu równowagi w górotworze, co w konsekwencji prowadzi do ujawniania się na powierzchni terenu dodatkowych deformacji. Z uwagi na wieloletnią praktykę i bogate doświadczenia, większość z tych negatywnych zjawisk jest stosunkowo dobrze rozpoznana (dotyczy to głównie ciągłych deformacji górniczych powstających w trakcie przechodzenia niecki obniżeniowej pod obiektem). Obecnie eksploatacja górnicza prowadzona jest na coraz większych głębokościach, ale nie wiąże się to ze zmniejszeniem jej niekorzystnych wpływów na obiekty zlokalizowane na powierzchni terenu. W praktyce stosuje się odpowiednie wytyczne do projektowania eksploatacji górniczej, dzięki którym można zmniejszyć jej uciążliwość. Jednakże ze względu na wysokie koszty z tym związane często działania te ogranicza się do minimum. Dodatkowe obciążenia wynikające z podziemnej eksploatacji górniczej, a ujawniające się na powierzchni terenu i oddziałujące na budowle, muszą być brane pod uwagę przez projektanta na etapie projektowania nowego budynku. Równie częstym zagadnieniem jest projektowanie wzmocnień (zabezpieczeń) dla budynków już istniejących, które na etapie wznoszenia nie były w ogóle zabezpieczone lub wykonane zabezpieczenia okazały się niewystarczające.

## 1. Typowe zabezpieczenia obiektów budowlanych przed wpływami ciągłych deformacji górniczych

Z inżynierskiego punktu widzenia, dla budynków o zwartej zabudowie najważniejsze są odkształcenia poziome i krzywizna terenu. Dla budynków wysokich dodatkowo w obliczeniach uwzględnia się jeszcze nachylenie terenu. Przy projektowaniu zabezpieczeń budynków nowo wznoszonych czy projektowaniu wzmocnień budynków istniejących każdorazowo powinno się uwzględniać pełne przejście niecki górniczej pod obiektem. Wynika to z faktu, że wartości ekstremalne parametrów opisujących nieckę występują w różnym oddaleniu od frontu robót górniczych.

### 1.1. Budynki nowo projektowane

Projektowanie zabezpieczeń przed wpływami eksploatacji górniczej dla nowych budynków sprowadza się nie tylko do zaprojektowania odpowiedniego zbrojenia przenoszącego siły wynikające z rozpełzania czy krzywizny terenu, ale również odpowiedniego ukształtowania wymiarów geometrycznych ustroju nośnego. Przede wszystkim konstrukcja nośna takiego obiektu powinna spełniać kilka podstawowych wymogów [1]:

- układ nośny powinien być regularny, symetryczny, o małych zmianach sztywności konstrukcji i symetrycznie rozmieszczonych elementach usztywniających,
- bryła budynku powinna mieć kształt prostopadłościanu o stałej wysokości (w przypadku zróżnicowania wysokości poszczególnych segmentów budynku zaleca się wykonanie szczelin dylatacyjnych),
- rzut poziomy budynku powinien być w kształcie wieloboku wypukłego (bez wklęsłych naroży),
- klatki schodowe powinny być sytuowane w połowie długości obiektu (z uwagi na znaczne obniżenie sztywności budynku w ich obrębie),
- wszystkie elementy konstrukcyjne (fundamenty, ściany, stropy) powinny być odpowiednio połączone ze sobą,
- kondygnacja piwniczna (o ile istnieje) powinna mieć jak największą sztywność - najlepiej w postaci zamkniętej skrzyni fundamentowej,
- obiekty, których przynajmniej jeden wymiar jest większy niż 30 metrów, powinny być dzielone dylatacjami na niezależne segmenty.

Oprócz odpowiedniego ukształtowania konstrukcji, na etapie projektu rola inżyniera konstruktora polega również na obliczeniu odpowiedniego (dodatkowego) zbrojenia żelbetowych fundamentów, wieńców oraz nadproży. Różnica w projektowaniu wzmocnień w stosunku do obiektów istniejących polega na tym, że w nowo wznoszonych budynkach dodatkowe zbrojenie może zostać umieszczone w projektowanych elementach konstrukcyjnych i nie ma potrzeby wykonywania żadnych dodatkowych elementów.

## 1.2. Budynki istniejące

W projektowaniu wzmocnień konstrukcyjnych dla obiektów istniejących można wyróżnić dwie grupy obiektów:

- budynki w ogóle niezabezpieczone przed niekorzystnym wpływem oddziaływań górniczych,
- budynki zabezpieczone przed wpływami oddziaływań górniczych na etapie projektowania i wznoszenia, ale o wartościach mniejszych niż obecnie prowadzona eksploatacja. Z taką sytuacją mamy do czynienia, gdy w trakcie długoletniego okresu użytkowania obiektu dochodzi do zmiany (intensyfikacji) sposobu prowadzenia eksploatacji górniczej.

W obu tych przypadkach wzmocnienie budynków polega na wykonaniu dodatkowych elementów konstrukcyjnych, mogących przejąć poziome siły wynikające z rozpełzania bądź krzywizny terenu. W praktyce sprowadza się to zwykle do wykonania:

- żelbetowej opaski dookoła istniejących fundamentów (w postaci spinającej łąwy fundamentowej, najczęściej o przekroju kwadratowym ze zbrojeniem ułożonym symetrycznie). W przypadku budynków o rozległym lub rozczłonkowanym rzucie poziomym oprócz zewnętrznej opaski wykonuje się również wewnętrzne żelbetowe ściągi spinające fundamenty,
- stalowych ściągów, wykonanych najczęściej z prętów zbrojeniowych, ułożonych w wykutych w ścianie bruzdach zakończonych w narożach budynków blachami kotwiącymi (rys. 1). Wzmocnienie to wykonuje się w poziomie każdego stropu i ma ono na celu spełnianie takiej samej roli jak wieniec żelbetowy.



Rys. 1. Wzmocnienie budynku w poziomie stropów międzykondygnacyjnych

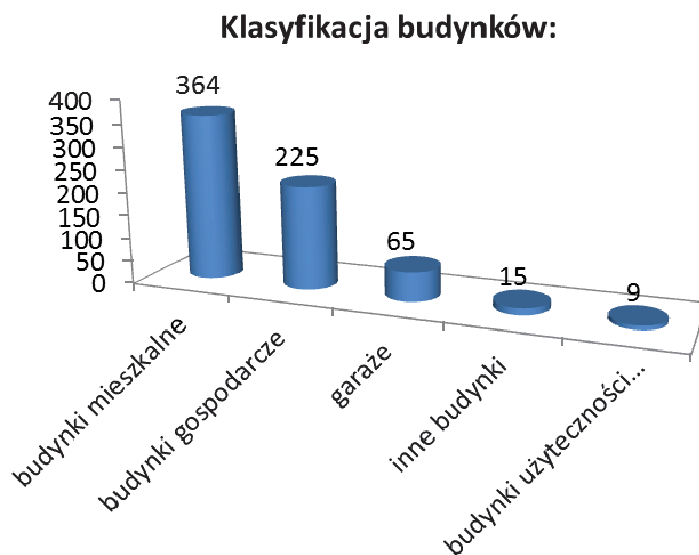
Aby wzmocnienie budynku było skuteczne, należy wykonać zarówno opaskę żelbetową wokół istniejących fundamentów, jak i stalowe ściągi w poziomie stropów. Niestety, ze względów finansowych inwestorzy najczęściej ograniczają się do wykonania wzmocnień tylko kondygnacji nadziemnych. Działanie takie nie daje pełnego zabezpieczenia budynku przed działaniem wpływów eksploatacji górniczej i należy je uznać za rozwiązanie połowiczne.

Należy także zwrócić tu uwagę, że tego typu powszechnie stosowane wzmocnienia konstrukcji istniejących budynków, jeżeli nie są ukryte w warstwie izolacji termicznej ściany, są elementami mało estetycznymi i szpecącymi budynek.

## 2. Badania polowe odporności statycznej budynków

Zgodnie z polskim prawem [2, 3], każdy zakład wydobywczy przed przystąpieniem do eksploatacji podziemnych złóż musi zinwentaryzować stan techniczny obiektów na powierzchni terenu zlokalizowanych w prognozowanym zasięgu wpływów górniczych. Działanie to ma na celu określenie odporności istniejącej zabudowy na prognozowane dodatkowe oddziaływania oraz zgromadzenie informacji na temat tych obiektów.

W artykule przedstawiono fragment dużych badań polowych odporności statycznej jednorodzinnych budynków mieszkalnych oraz budynków gospodarczych wykonanych w jednej z górnośląskich miejscowości. Prezentowane dane opracowano na podstawie inwentaryzacji obejmującej łącznie 678 budynków. Na rysunku 2 przedstawiono klasyfikację budynków poddanych inspekcji.



Rys. 2. Klasyfikacja budynków poddanych kontroli

W trakcie wizji lokalnych w terenie wykonywano pomiary powierzchni i kubatury budynków, inwentaryzowano, z jakich materiałów konstrukcyjnych i w jakiej technologii poszczególne obiekty były wznoszone (szczególną uwagę zwracając na

takie elementy konstrukcyjne, jak: fundamenty, ściany, stropy, dach) oraz czy budynki te posiadają zabezpieczenia na wpływy eksploatacji górniczej. Jeżeli takie zabezpieczenia były już wcześniej wykonane, inwentaryzowano ich zakres. Bardzo ważnym elementem przeprowadzanych inspekcji było również określenie aktualnego stanu technicznego, w jakim znajdują się budynki. Trzeba bowiem pamiętać, że na obszarze, na którym przeprowadzana była inwentaryzacja, eksploatacja górnicza była prowadzona od wielu dziesięcioleci. Należało zatem odróżnić ewentualne uszkodzenia konstrukcji wynikające z naturalnego zużycia materiałów konstrukcyjnych (większość badanych obiektów to budynki ponad 30-letnie) od uszkodzeń, które ewidentnie były wynikiem dotychczasowych niekorzystnych oddziaływań górniczych.

Dla wszystkich zinwentaryzowanych obiektów wykonana została indywidualna analiza stanu technicznego i szacunkowa ocena odporności statycznej. Dla budynków mieszkalnych, gospodarczych i garaży do określenia odporności statycznej na wpływy prognozowanej eksploatacji górniczej posłużono się metodą punktową [1, 4]. Istotą tej metody jest przypisanie pewnej ilości punktów za indywidualne cechy konstrukcyjne (w zależności od materiałów, z jakich wykonano fundamenty, ściany fundamentowe, ściany wyższych kondygnacji, stropy, nadproża, dach etc.) oraz niekonstrukcyjne (np. kształt bryły i rzutu poziomego budynku, istniejące dylatacje).

Do oceny odporności statycznej dla obiektów użyteczności publicznej (szkoły, kościoły, sklepy, hale przemysłowe) nie można stosować metody punktowej, ponieważ zakres jej stosowania w zasadzie ogranicza się do małych budynków wykonanych w tradycyjnej technologii i prostym schemacie konstrukcyjnym. Dlatego też w tym przypadku do oceny odporności statycznej obiektów użyteczności publicznej zdecydowano się na zastosowanie metody indywidualnej (tzw. eksperckiej). W metodzie tej szczegółowo analizuje się stan techniczny obiektu, schematy statyczne i działające obciążenia, zastosowane rozwiązania konstrukcyjne i technologiczne, jakość zastosowanych materiałów konstrukcyjnych. Na podstawie takiej analizy, wiedzy i doświadczenia eksperta określa się odporność statyczną obiektu na wpływy eksploatacji górniczej.

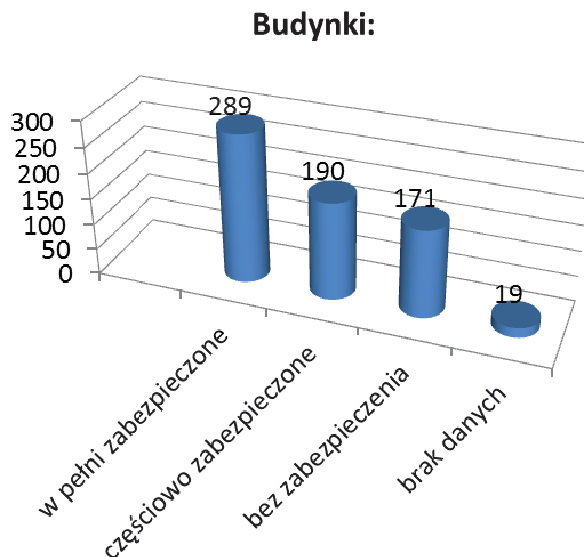
### 3. Analiza wyników

W artykule przedstawiono opis budynków i opracowane wyniki badań stanu technicznego (łącznie z punktową oceną odporności statycznej) dla obiektów tylko z jednej miejscowości - łącznie dla 669 budynków (9 budynków użyteczności publicznej ocenianych metodą ekspercką nie wchodzi w zakres tego artykułu). Na rysunku 3 zestawiono wszystkie budynki z tej miejscowości, w zależności od zakresu zastosowanego zabezpieczenia na wpływy eksploatacji górniczej (lub jego braku).

Za budynki w pełni zabezpieczone uznano te budynki, które na etapie projektu miały przewidziane zabezpieczenia przed wpływami eksploatacji górniczej oraz



te budynki istniejące, dla których w późniejszym okresie wykonano żelbetową opaskę wokół fundamentów wraz ze ściągnięciami na poziomie każdej kondygnacji. Obiekty częściowo zabezpieczone to te, które posiadały tylko zabezpieczenie w postaci ściągnięć (nie zawsze w poziomie wszystkich kondygnacji).



Rys. 3. Klasyfikacja budynków z uwagi na zabezpieczenia na wpływy eksploatacji górniczej

Analizując stan techniczny tych wszystkich obiektów wraz z oceną odporności statycznej wykonaną według metody punktowej, można stwierdzić, że wykonanie pełnego zabezpieczenia w postaci żelbetowej opaski wokół fundamentów i ściągnięć w poziomie wszystkich stropów jest zabiegiem wystarczającym, aby budynek był wystarczająco zabezpieczony przed wpływami eksploatacji górniczej. Wśród wszystkich 289 budynków w pełni zabezpieczonych aż 219 (czyli 76%) to budynki nowo wybudowane, co oznacza, że zabezpieczenia przed wpływami eksploatacji górniczej zostały wykonane już na etapie projektowania tych obiektów. Zaledwie 70 istniejących budynków (24%) to obiekty starsze, w których wykonano pełne zabezpieczenie w trakcie ich użytkowania. Pomijając obiekty nowo wybudowane, wśród wszystkich obiektów, w których wykonano jakiegokolwiek wzmocnienia i zabezpieczenia przed wpływami górnictwami, zaledwie w 27% obiektów zastosowano zabezpieczenia pełne. Postępowanie takie wynika głównie z przyczyn ekonomicznych. Dużo łatwiej i taniej jest zrealizować tylko ściągnięcia w poziomie stropów niż wykonać odkrywki fundamentów całego budynku i żelbetową opaskę dookoła nich. Jak wskazują wyniki inspekcji, brak żelbetowej opaski wokół fundamentów był główną przyczyną typowych uszkodzeń budynków spotykanych na terenach objętych eksploatacją górnictwami (tj. pęknięć i zarysowań w strefach otworów okiennych i drzwiowych). W algorytmie, który został wykorzystany do oceny stanu technicznego, brak opaski żelbetowej powodował obniżenie kategorii odporności statycznej danego obiektu co najmniej o jedną kategorię (najczęściej o dwie kategorie) w pięciostopniowej skali.

## Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonej inwentaryzacji w postaci określonych indywidualnie dla każdego obiektu kategorii odporności statycznej zostały naniesione na mapach sytuacyjno-wysokościowych. Zestawienie tych wyników z zasięgiem wpływów górniczych od projektowanej eksploatacji pozwoliło inwestorowi na oszacowanie kosztów oraz zakresu ewentualnych napraw i niezbędnych wzmocnień istniejących budynków.

Po wykonaniu oceny stanu technicznego tak dużej liczby obiektów (łącznie skontrolowano prawie 2500 obiektów budowlanych) oraz przeanalizowaniu otrzymanych wyników można stwierdzić, że:

- budynek może uzyskać wysoką kategorię odporności statycznej na wpływy eksploatacji górniczej tylko w przypadku wykonania pełnego zabezpieczenia w postaci wzmocnień w poziomie wszystkich stropów i wzmocnienia fundamentów,
- wzmocnienia częściowe tylko w poziomie stropów (najczęściej spotykane w praktyce inżynierskiej) są niewystarczające z punktu widzenia spełnienia wymagań stanu granicznego użyteczności,
- dla budynków istniejących najbardziej efektywnym zabezpieczeniem przed wpływami eksploatacji górniczej jest wzmocnienie fundamentów.

Na terenach objętych wpływami eksploatacji górniczej użytkowanie obiektów budowlanych wiąże się z wieloma niedogodnościami. W trakcie inspekcji mieszkańcy wielokrotnie skarżyli się na pojawiające się zarysowania (pęknięcia) ścian i stropów. W większości przypadków były to uszkodzenia warstw wykończeniowych (tynków, gładzi gipsowych, powłok malarskich), ale zdarzały się również poważne uszkodzenia elementów konstrukcyjnych budynków (gdzie przekroczone były wartości stanu granicznego zarysowania).

Obszar Górnośląskiego Zagłębia Węglowego jest silnie zurbanizowany, dlatego nie można prowadzić eksploatacji tak, aby nie wpływała ona na budynki na powierzchni terenu. Zatem jeżeli nie da się wyeliminować wpływów górniczych, należy dążyć do minimalizacji ich uciążliwości dla mieszkańców. Stąd tak ważne jest prawidłowe zabezpieczanie i wzmacnianie budynków, co bezpośrednio przełoży się na polepszenie ich wartości użytkowych.

## Literatura

- [1] Kwiatek J. i in., Ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych, Wydawnictwo Głównego Instytutu Górnicztwa, Katowice 1999.
- [2] Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze, DzU 2011.163.981.
- [3] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 lutego 2012 r. w sprawie planów ruchu zakładów górniczych, DzU 2012.372.
- [4] Kwiatek J., Obiekty budowlane na terenach górniczych, Wydawnictwo Głównego Instytutu Górnicztwa, Katowice 2007.

### **Streszczenie**

W artykule przedstawiono część szeroko zakrojonych badań polowych istniejących budynków. Na obszarze, gdzie podziemna eksploatacja górnicza była prowadzona przez wiele lat, setki budynków jednorodzinnych, gospodarczych i budynków użyteczności publicznej poddanych zostało kontroli. Głównym celem tego badania było określenie rzeczywistego stanu technicznego budynków w celu identyfikacji ewentualnych wad i uszkodzeń oraz oceny efektywności zastosowanych wzmocnień. Szczegółowe wyniki badań przedstawiono w artykule. Przeprowadzone analizy wskazują, że najbardziej efektywne zabezpieczenie istniejących budynków na wpływy górniczych deformacji terenu powinno uwzględniać specjalne wzmocnienie fundamentów.

**Słowa kluczowe:** deformacje górnicze, wzmocnienia budynków, ocena odporności statycznej, metoda punktowa

### **Buildings subjected to mining deformation - practical issues**

#### **Abstract**

The paper presents a part of wide field investigations of existing buildings. The area where underground mining operation was carried out for many years, hundreds of single-family houses, outbuildings and some public buildings were subjected to inspection. The main objective of such a technical survey was to determine the actual technical condition of the buildings in order to identify possible defects and damage and assess the effectiveness of structural members strengthening. Detailed results of the investigations are presented in the paper. Performed analyses indicate that the most effective protection of the existing buildings on the influence of mining deformation area should include special strengthening of concrete foundations.

**Keywords:** mining deformations, strengthening of buildings, evaluation of static resistance, point method