

ROZBIÓRKA ŚRODKOWYCH SEGMENTÓW DŁUGICH CIĄGÓW ZABUDOWY JAKO SPOSÓB PROFILAKTYKI BUDOWLANEJ NA TERENACH GÓRNICZYCH

LESZEK CHOMACKI, e-mail: l.chomacki@itb.pl

BEATA PARKASIEWICZ

MARIAN KAWULOK

Instytut Techniki Budowlanej, Oddział Śląski

Streszczenie: Bardzo istotne dla konstrukcji budynków na terenach górniczych, w wielu przypadkach okazuje się być oddziaływanie poziomego odkształcenia o charakterze ściskania. W przypadku lokalizacji długich ciągów zabudowy w strefie oddziaływań niecki wklęsłej, istotne znaczenia ma także eksploatacja dokonana. Szczególnie zagrożone są budynki o zaawansowanym wieku i które doświadczyły już wpływów od działalności górniczej, a stan ich dylatacji budzi wiele wątpliwości. Doświadczenia pokazują, iż oddziaływanie poziomego odkształcenia podłoża o charakterze ściskania może doprowadzić do bardzo negatywnych skutków w postaci rozległych uszkodzeń, a nawet do poważnych awarii elementów konstrukcyjnych i całych budynków. W celu podjęcia odpowiedniej profilaktyki budowlanej, przed kolejną eksploatacją górniczą zaistniała potrzeba przeprowadzenia szczegółowej analizy wpływu oddziaływań poziomych odkształceń terenu ($-\epsilon$) na zabudowę. Założono kilka wariantów rozwiązań, z których najbardziej efektywnym okazało się być wyburzenie środkowych segmentów w trzech długich ciągach zabudowy. W efekcie przeprowadzonych prac rozbiórkowych, analizowana zabudowa bezpiecznie przejęła wpływy od przeprowadzonej eksploatacji górniczej.

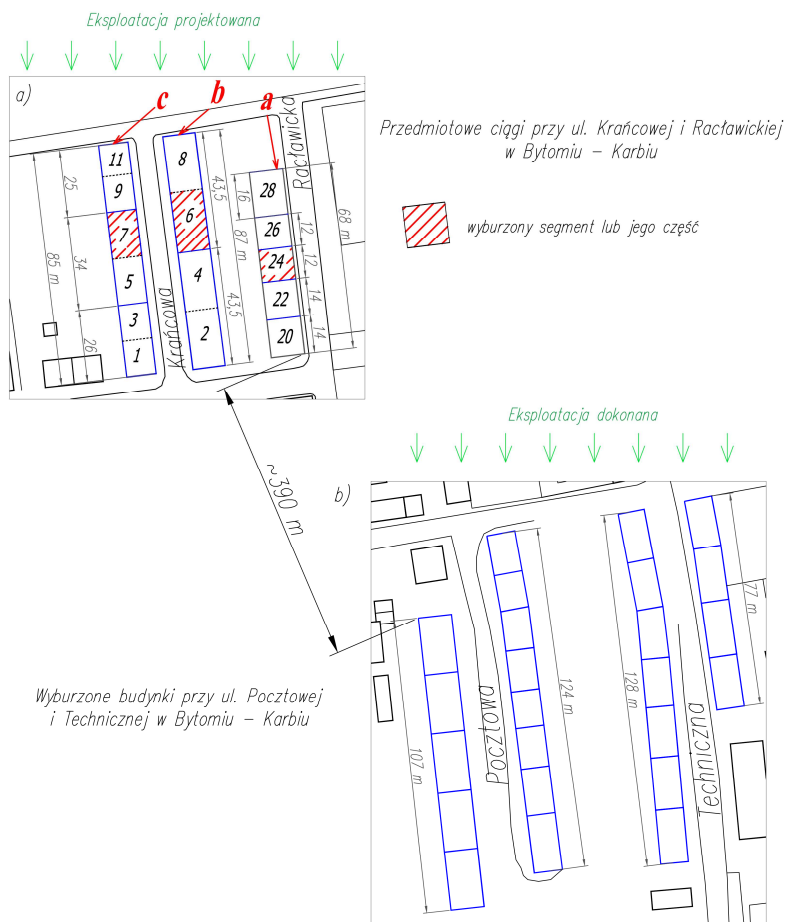
Słowa kluczowe: tereny górnicze, szkody górnicze, ochrona zabudowy powierzchni, oddziaływanie poziomego odkształcenia terenu o charakterze ściskania, profilaktyka budowlana, awaria budynków

1. Wprowadzenie

Podziemna eksploatacja górnicza kopalin powoduje negatywne skutki na powierzchni terenu w postaci deformacji i wstrząsów górniczych [1]. Powstają m.in. deformacje ciągłe w formie tzw. górniczych niecek obniżeniowych, opisywanych przy pomocy szeregu wskaźników, spośród których w ostatnich latach stwierdzono szczególnie niekorzystne przypadki oddziaływania poziomych odkształceń terenu o charakterze ściskania ($-\epsilon$). Taka sytuacja jest podyktowana występowaniem coraz powszechniej zjawiska sumowania się wpływów od kolejnych eksploatacji górniczych.

Oddziaływanie poziomych odkształceń terenu ($-\epsilon$) ma istotny wpływ na długie ciągi zabudowy, w których brak jest odpowiedniego podziału na segmenty przerwami dylatacyjnymi, bądź też przerwy te są niewłaściwie skonstruowane lub zanieczyszczone [2–5]. Praktyka pokazuje, iż oddziaływanie odkształceń poziomych ($-\epsilon$) należy rozpatrywać również na budynki nowo wybudowane, bo może powodować także poważne uszkodzenia, które w dalszej konsekwencji mogą prowadzić do awarii elementów konstrukcyjnych [2].

Na Konferencji „Awarie Budowlane” w 2013 r. przedstawiono referat [3], który omawiał konieczność wyburzenia 25 budynków, usytuowanych w 4 ciągach o długości w granicach 77 do 128 m i uszkodzonych na skutek oddziaływania poziomych odkształceń terenu ($-\epsilon$) – rys. 1b. Trzeba wyraźnie powiedzieć, że sytuacja ta stanowiła pełne zaskoczenie dla wszystkich, którzy byli związani z projektowaniem tej eksploatacji.



Rys. 1. Lokalizacja omawianych ciągów zabudowy wraz z sytuacją górniczą: a) przedmiotowe ciągi zabudowy przy ul. Krańcowej i Raclawickiej w Bytomiu-Karbiu, b) wyburzone budynki przy ul. Pocztowej i Technicznej w Bytomiu-Karbiu

Budynki te wzniesione zostały w latach 30-tych XX wieku, o trzech kondygnacjach nadziemnych, z całkowitym podpiwniczeniem. Ciągi składały się z segmentów o długościach do 20 m każdy, pomiędzy którymi dylatacje były pozaciskane, niedrożne lub częściowo zamurowane. Zabudowa ta już od lat 70-tych ubiegłego wieku była pod wpływami eksploatacji górniczej i znajdowała się w strefie oddziaływania wklęsłej niecki terenu górniczego.

W tym samym rejonie, w odległości ok. 400–500 m, projektowana była eksploatacja górnicza pod trzema ciągami zabudowy o długości 68, 85 i 87 m (rys. 1a), prowadzona na podobnych zasadach. W celu uniknięcia poprzedniej sytuacji, opisanej w [3], postanowiono w tym przypadku rozważyć zastosowanie profilaktyki budowlanej, która pozwoliłaby utrzymać istniejącą zabudowę, w stanie możliwości jej użytkowania. Należy podkreślić, że oprócz aspektu czysto technicznego dawało to także szersze spojrzenie na dbałość zakładu górniczego o zachowanie warunków bytowych w tej dzielnicy. Miałoby bowiem bardzo negatywny wydźwięk społeczny, gdyby poprzednia historia została nawet w pewnym stopniu powtórzona. Rozważana profilaktyka budowlana, a następnie zastosowany sposób postępowania są przedmiotem niniejszego referatu.

2. Lokalizacja, opis budynków, stan ich uszkodzeń i sytuacja górnicza

Przedmiotowa zabudowa została wzniesiona w I połowie XX wieku, o wysokości trzech kondygnacji nadziemnych, z całkowitym podpiwniczeniem. Każdy z segmentów ma długość od ok. 12 m do ok. 44 m. Dylatacje były zaciśnięte i niedrożne (rys. 2), a nawet częściowo zamurowane.



Rys. 2. Przykład częściowo zaciśniętej szczeliny dylatacyjnej



Rys. 3. Deformacja otworu drzwiowego w ścianie zewnętrznej



Rys. 4. Poziome ścięcie muru poniżej stropu nad piwnicą

Budynki wykonano w technologii tradycyjnej murowanej z cegły, o podłużnym układzie nośnym. Posadowienie zrealizowano przy pomocy ław betonowych na głębokości co najmniej 1,5 m. Stropy nad piwnicami wykonano jako gęstożebrowe, Kleina i częściowo żelbetowe. W części nadziemnej zastosowano stropy drewniane lub gęstożebrowe. Klatki schodowe wykonano jako żelbetowe.

W ciągach zabudowy widoczne były skutki wieloletniej działalności górniczej, a w szczególności oddziaływania poziomego odkształcenia ($-\epsilon$). Zaobserwowane uszkodzenia i deformacje zasadniczo występują w poziomie najniższych kondygnacji budynków. Ściany poprzeczne uległy deformacjom i uszkodzeniom. Wejściowe otwory drzwiowe do poszczególnych segmentów wykazują deplanację (rys. 3), spowodowaną przerwaniem ciągłości stropów w klatkach schodowych i działaniem sił ściskających. W wyniku wpełnienia dolnych części ścian szczytowych ciągów „do środka” doszło do deformacji ścian i ich uszkodzenia. Wystąpiły również zarysowania i spękania ścian podłużnych oraz w pojedynczym przypadku ścięcie ściany zewnętrznej w poziomie poniżej stropu nad piwnicą (rys. 4). Charakter opisanych uszkodzeń był bardzo podobny do opisanego w [3], chociaż o mniejszej intensywności.

Budynki te w przeszłości znajdowały się w strefie wielokrotnych oddziaływań niecki wklęsłej, gdzie wartości poziomych odkształceń terenu występowały na poziomie kilku promili.

Zgodnie z wykonaną prognozą, planowana eksploatacja górnicza ścianami 2 i 3 w pokładzie 504 w latach 2015 i 2016, miała spowodować, iż na powierzchni terenu ujawnią się maksymalne odkształcenia ściskające na poziomie $-2,6$ mm/m.

3. Analiza obliczeniowa

Analizę obliczeniową wykonano przy użyciu programu do obliczeń statycznych Autodesk Robot Structural Analysis, który wykorzystuje metodę elementów skończonych (MES). Obliczenia prowadzone były w zakresie sprężystej pracy konstrukcji.

Do obliczeń numerycznych przyjęto dwuwymiarowe modele obliczeniowe ciągów a i b (rys. 1b) o zbliżonej do rzeczywistej zinwentaryzowanej geometrii, na które składają się podłużne ściany nośne zewnętrzne i wewnętrzne.

W poniższym artykule zaprezentowano wyniki dla ściany zewnętrznej ciągu b.

3.1. Model obliczeniowy

Z uwagi na symetrię obliczanego ciągu, do przeprowadzonej analizy przyjęto wystąpienie osi ruchów poziomych (spełzania) w połowie jego długości.

Na podstawie odkrywki fundamentowej uznano, iż w poziomie posadowienia budynków znajduje się glina w stanie twardoplastycznym o parametrach przyjętych zgodnie z normą PN-81/B-03020 [6]: $\gamma = 20$ kN/m³, $\varphi = 20^\circ$, $c = 35$ kPa.

Parametry materiałowe muru określono na podstawie badań makroskopowych ścian znajdujących się w poziomie kondygnacji piwnicznej oraz parteru budynków. Kierując się normą PN-B-03002: 2007 [7] przyjęto:

- wytrzymałość muru na ściskanie $f_k = 2,2$ MPa,
 - wytrzymałość charakterystyczna muru na ścinanie w kierunku równoległym do spoin współpracujących $f_{vk0} = 0,1$ MPa,
- oraz obliczono:

- wytrzymałość muru na ścinanie zależną od naprężenia pionowego $f_{vk} = f_{vk0} + 0,4 \cdot \sigma_d$,
- długotrwały moduł sprężystości $E_\infty = 910$ MPa.

Do analizy przyjęto beton łąw fundamentowych klasy B15, który zgodnie z normą PN-B-03264:2002 [8] charakteryzuje się następującymi parametrami:

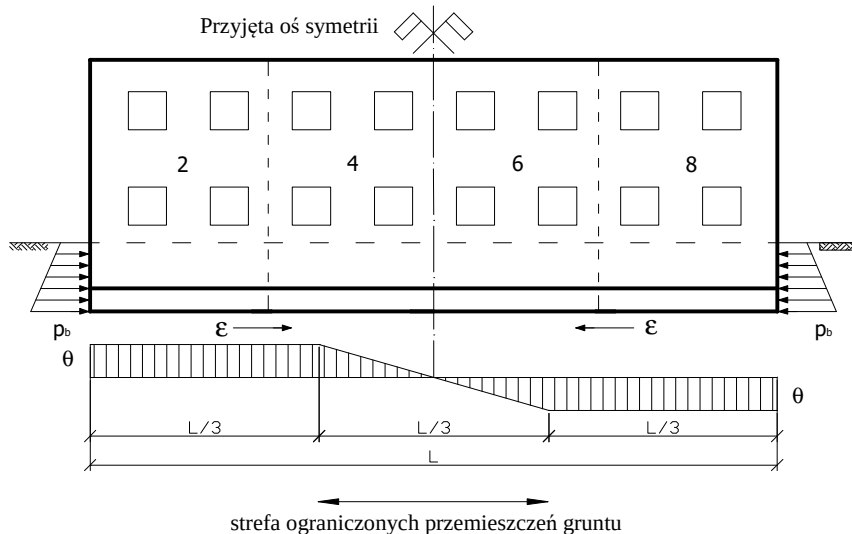
- wytrzymałością obliczeniową na ściskanie $f_{cd} = 8,0$ MPa,
- modułem sprężystości $E_{cm} = 27,0$ GPa

Model obliczeniowy budynku został podparty wzdłuż dwóch krawędzi: dolnej poziomej, gdzie uniemożliwiono ruch w płaszczyźnie pionowej, a także pionowej prawej (w osi symetrii), gdzie został zablokowany ruch w płaszczyźnie poziomej.

Z uwagi na zróżnicowanie konstrukcji stropów analizowanych budynków – występowały też drewniane - nie uwzględniono ich współpracy z konstrukcją ścian.

3.2. Schemat obciążenia

W obliczeniach konstrukcji ciągów uwzględniono obciążenia stałe i użytkowe wyznaczone na podstawie odpowiednich norm [9, 10]. Do modelu przyłożono obciążenia pochodzące od prognozowanych poziomych odkształceń terenu o charakterze ściskania ($-\epsilon$), które wyznaczono zgodnie z instrukcją ITB nr 416/2006 [11] oraz z uwzględnieniem doświadczeń prof. Kwiatka [1]. W obliczeniach pominięto wpływ krzywizny terenu (K) oraz wychylenia budynków (T_b). Schematyczny rozkład obciążeń od prognozowanej eksploatacji górniczej przypadających na ławę podłużną przedstawiono na rys. 5.



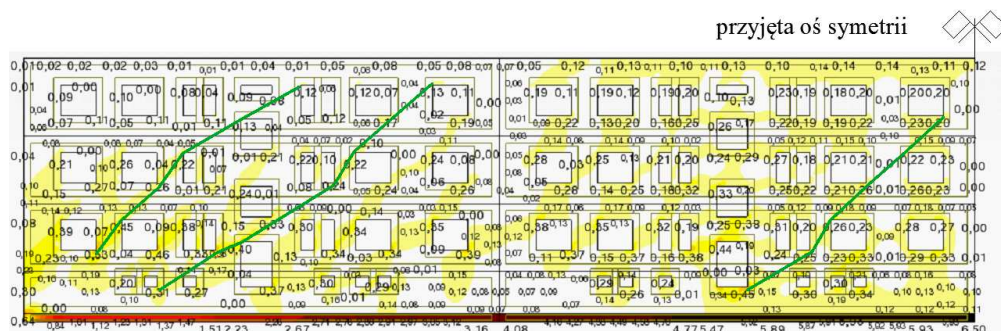
Rys. 5. Schemat obciążenia ław podłużnych

3.3. Wyniki obliczeń

Wyniki z przeprowadzonych obliczeń numerycznych analizowano pod kątem możliwych do wystąpienia naprężeń ścinających oraz poziomych naprężeń ściskających. Dla map naprężeń ścinających wyznaczono kilkanaście pasm prawdopodobnego przebiegu zarysowań, analogicznych do przedstawionych w opracowaniu [3]. W niniejszym artykule przedstawiono wybraną mapę naprężeń dla stanu rzeczywistego (rys. 6) z zaznaczonymi trzema wybranymi pasmami.

Do analizy wyników obliczeń przyjęto następujące kryteria:

- przekroczone główne naprężenia ścinające τ_{12} decydują o możliwości powstania ukośnego zarysowania konstrukcji murowej (rys. 6),
- poziome naprężenia ściskające σ_{xx} narastające w stronę przyjętej osi symetrii, decydujące o możliwości zwiększenia się rozwartości rys występujących w konstrukcji muru, a powstałej na skutek naprężeń ścinających.



Rys. 6. Mapa głównych naprężeń ścinających dla rzeczywistej ściany zewnętrznej wraz z usytuowaniem wybranych pasm [MPa]

Otrzymane wartości naprężeń wskazywały możliwość powstania wielu uszkodzeń w miejscach przekroczenia naprężeń ścinających. W związku z powyższym podjęto decyzję o przeprowadzeniu ponownych obliczeń dla trzech wariantów zastosowania profilaktyki budowlanej

3.4. Warianty profilaktyki budowlanej i kryteria wyboru wariantu do realizacji

Obliczenia wykonano dla trzech wariantów profilaktyki budowlanej:

- I – konstrukcja ciągu ze zredukowanym o 50% parciem na ścianę szczytową budynku, co ma na celu symulację zachowania się budynku po wykonaniu transzei kompensacyjnych równoległych do szczytowych ścian ciągów.
- II – konstrukcja ciągu po wzmocnieniu podłużnych ścian ciągu za pomocą żelbetowych belek o wysokości 0,6 m i szerokości 0,4 m, które miałyby zostać wykonane przy podłużnych ścianach piwnic w poziomie posadzki, w celu przejścia podłużnych sił ściskających.
- III – konstrukcji ciągu po wyburzeniu środkowego segmentu ciągu, co pozwoliłoby zmniejszyć długość ciągu do dwóch krótszych budynków o maksymalnej długości $L/2$.

Dla każdego z zaproponowanych wariantów uzyskano redukcję głównych naprężeń ścinających τ_{12} oraz poziomych naprężeń ściskających σ_{xx} . Wartości naprężeń ścinających w analizowanej ścianie dla wariantu I w dalszym ciągu w wielu pasmach przekraczają lokalną wytrzymałość muru na ścinanie, natomiast dla wariantów II i III nie przekraczają tej wytrzymałości, co oznacza, że w budynkach nie powinny wystąpić rysy ukośne.

Wytrzymałość na ściskanie betonowych ław fundamentów można szacować na 8 MPa, a wartość naprężeń ściskających σ_{xx} w betonie nie przekroczyła jego wytrzymałości jedynie dla wariantu z wyburzeniem (wariant III).

W tej sytuacji najbardziej skuteczny okazał się wariant III, dla którego dla zewnętrznej ściany budynku otrzymano wartości naprężeń ścinających nieprzekraczające wytrzymałości zarówno konstrukcji murowej jak i betonowego fundamentu.

Wyniki otrzymane dla innych modeli obliczeniowych tj. ściany wewnętrznej ciągu b oraz ścian ciągu a, wskazują na możliwość przekroczenia wytrzymałości konstrukcji, lecz wartości naprężeń dla wariantu III są najmniejsze spośród wszystkich trzech wariantów.

Z uwagi na małą efektywność transzei kompensacyjnych (wariant I), skomplikowanie i trudności w wykonaniu wzmocnienia w postaci żelbetowej belki (wariant II) oraz otrzymanie najkorzystniejszych wyników analizy obliczeniowej dla wyburzenia środkowych części ciągów (wariant III), podjęto decyzję o rozbiórce środkowych części ciągów (rys. 1a).

4. Realizacja wariantu

Przed ujawnieniem się największych wpływów od eksploatacji górniczej, wykonane zostały prace wyburzeniowe (rys. 7) w ramach trzech ciągów (a, b i c) zgodnie z rys. 1a. Podział został przeprowadzony również w poziomie fundamentów. Po zakończeniu prac rozbiórkowych ściany szczytowe wyremontowano i wykonano dla nich przypory (rys. 8).



Rys. 7. Widok na wyburzany segment ciągu a



Rys. 8. Widok wykonanych przypór w ciągu c

5. Wnioski

Mając na uwadze doświadczenia [3] z eksploatacji górniczej przeprowadzonej w sąsiedztwie przedmiotowej zabudowy, podjęto decyzję o konieczności zastosowania profilaktyki budowlanej w przedmiotowych długich ciągach zabudowy mieszkalnej. Najbardziej efektywny okazał się wariant polegający na rozbiórce środkowych segmentów ciągów, który został zrealizowany.

Prowadzony przez pracowników Instytutu nadzór budowlany nad zabudową wykazał, iż w konstrukcji ciągów po przeprowadzonych wyburzeniach, praktycznie nie zaobserwowano większych uszkodzeń w wyniku oddziaływania prowadzonej eksploatacji górniczej. W większości przypadków doszło do nieznacznej intensyfikacji istniejących deformacji i uszkodzeń, które nie wpłynęły na bezpieczeństwo konstrukcji i użytkowników.

Podsumowując można stwierdzić, że wyburzenia środkowych segmentów ciągów sprawdziły się jako sposób profilaktyki budowlanej i wykazały możliwość bezpiecznego przeprowadzenia eksploatacji górniczej pod trudną i niekorzystnie usytuowaną zabudową powierzchniową.

Literatura

1. Kwiatek J.: Obiekty budowlane na terenach górniczych, Wydanie II zmienione i rozszerzone, Wydawnictwo Głównego Instytutu Górnictwa, Katowice 2007.
2. Kawulok M., Parkasiewicz B.: Skutki eksploatacji górniczej w szeregowej zabudowie mieszkalnej, Monografia AGH: Miernictwo górnicze i ochrona terenów górniczych w obecnych warunkach wydobywania złóż surowców mineralnych w Polsce, Wydawnictwo AGH, Kraków 2016, s. 35–46.
3. Kawulok M., Chomacki L., Parkasiewicz B., Słowik L.: Wyburzenie 25 budynków mieszkalnych spowodowane intensywnymi wpływami eksploatacji górniczej, Materiały XXVI Konferencji „Awaryjne budowlane”, Szczecin-Międzyzdroje 2013.

4. Chomacki L., Parkasiewicz B.: Analiza obliczeniowa ciągów budynków w Bytomiu-Karbiu z uwzględnieniem prognozowanych poziomych deformacji terenu górniczego, Przegląd górniczy, nr 3/2015.
5. Słowik L., Chomacki L., Parkasiewicz B.: Oddziaływanie na budynki poziomych odkształceń podłoża górniczego o charakterze ściskania. Materiały Budowlane, Nr 11/2015.
6. Norma PN-81/B-03020. Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.
7. Norma PN-B-03002:2007. Konstrukcje murowe. Projektowanie i obliczanie.
8. Norma PN-B-03264:2002. Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie.
9. Norma PN-82/B-02003. Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne technologiczne. Podstawowe obciążenia technologiczne i montażowe.
10. Norma PN-82/B-02001. Obciążenia budowli. Obciążenia stałe.
11. Instrukcja ITB nr 416/2006. Projektowanie budynków na terenach górniczych. Warszawa, ITB 2006.

DEMOLITION OF MID-SEGMENTS IN LONG BUILDINGS AS A WAY OF THE PREVENTION OF CONSTRUCTION IN MINING AREAS

Abstract: The impact of horizontal compression strains is very important aspect for the building structures in mining areas. When long series of buildings are in the zone of the concave basin interaction, the important thing is also the way the building is operated. Especially endangered are old buildings, structures with ineffective expansion joints, as well as these experienced the influence of mining activities. Experience shows that the impact of the horizontal compressive strain can lead to the very harmful consequences like extensive damage and even to serious failures of components or entire structure. In order avoid these events, before the next mining exploitation, a thorough analysis of the influences of horizontal deformation area ($-\epsilon$) for buildings should be conducted. Several possible variants of solutions were analyzed. The demolition of the middle segments of three long strings of buildings appeared to be the most effective. Because of the demolition of the part of the structure, the remaining part safely took over effects of mining exploration.

Keywords: mining areas, mining damages, protection of buildings' surface, the impact of the horizontal compression strain, construction prevention, failure of buildings