

Stanisław DUŻY, Grzegorz DYDUCH
Politechnika Śląska, Gliwice

WPLYW CZYNNIKÓW ŚRODOWISKOWYCH NA ZUŻYCIE TECHNICZNE KONSTRUKCJI OBUDOWY BUDOWLI PODZIEMNYCH

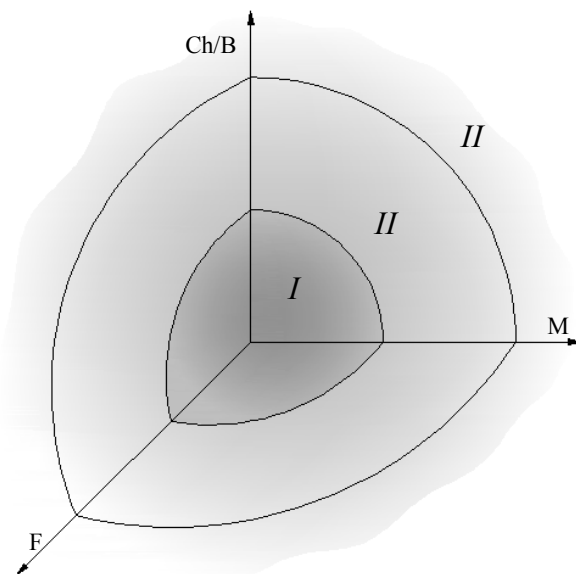
Streszczenie. Zużycie techniczne konstrukcji to zużycie wynikające z wieku, trwałości zastosowanych materiałów, jakości wykonawstwa, sposobu użytkowania i warunków eksploatacyjnych, wad projektowych, wykonywanych przebudów oraz wzmocnień itp. Wpływ warunków środowiskowych na zużycie techniczne konstrukcji przedstawiono na przykładzie obudowy betonowej szybu oraz odrzwi stalowej obudowy podatnej wyrobiska korytarzowego.

THE INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE UNDERGROUND BUILDINGS SUPPORT CONSTRUCTION TECHNICAL WEAR

Summary. The construction technical wear is an effect of age, durability of the used materials, the quality of workmanship, the manner of usage and exploitation conditions, project defects, reconstructions and strenghtenings etc. The influence of environmental conditions on the construction technical wear is presented on the example of the shaft concrete support and heading steel yielding timber set.

1. Wprowadzenie

Zgodnie z definicją, konstrukcja podziemna to taka konstrukcja, która służy do obudowy wyrobiska podziemnego [6]. Zarówno konstrukcja jako całość, jak i jej poszczególne elementy są narażone na oddziaływanie otaczającego ją środowiska. Oddziaływanie to przyjmuje zazwyczaj złożony charakter, powodując uszkodzenia poszczególnych elementów oraz stopniową degradację samej konstrukcji (rys. 1) [10].



Rys. 1. Schemat przestrzeni oddziaływań na materiał w konstrukcji: Ch/B – oddziaływania chemiczne i biologiczne, M – oddziaływania mechaniczne, F – inne oddziaływania fizyczne, I – obszar poprawnego działania, II – obszar występowania lokalnych uszkodzeń, III – obszar zniszczenia [4, 10]

Fig. 1. Scheme of spaces of influence on the material in the construction: Ch/B – chemical and biological influences, M – mechanical influences, F – other physical influences, I – area of proper working, II – area of local damage occurrence, III – damage area [4, 10]

Oddziaływanie środowiska na konstrukcje podziemne może mieć charakter bezpośredni (ciężar własny, obciążenia od górotworu itp.) lub pośredni (środowisko agresywne, temperatura, wilgotność, następstwa deformacji czy wybożenia), a w zależności od czasu trwania i sposobu działania może mieć formę stałą (np. ciężar spękaną strefy skał otaczających konstrukcję), zmienną (np. obciążenia użytkowe i termiczne, dynamiczne oddziaływanie maszyn i urządzeń) oraz wyjątkową (np. wstrząsy, uderzenia, wybuchy).

Formy oddziaływania mogą przyjmować różny charakter w zależności od czynników je wywołujących [10]. Czynniki te można podzielić na trzy grupy:

- chemiczne i biologiczne – związane z oddziaływaniem agresywnego środowiska kopalnianego i/lub organizmów żywych (grzyby, bakterie) na elementy konstrukcji,
- mechaniczne – spowodowane przez różnego typu uszkodzenia będące następstwami deformacji, wstrząsów, wibracji, przemieszczeń itp.,
- fizyczne – obejmujące czynniki o charakterze losowym, których nie można zakwalifikować do dwóch poprzednich grup.

Oddziaływanie środowiska prowadzi do zmian fizykomechanicznych zachodzących w poszczególnych elementach składowych konstrukcji, które powodują stopniowe obniżanie

jej własności wytrzymałościowych i/lub użytkowych. Wielkość i charakter tych zmian określa się mianem zużycia technicznego konstrukcji.

2. Metody oceny zużycia technicznego konstrukcji

Zużycie techniczne to zużycie wynikające z wieku konstrukcji podziemnej, trwałości zastosowanych materiałów, jakości wykonawstwa budowlanego, sposobu użytkowania i warunków eksploatacyjnych, wad projektowych, wykonywanych przebudów oraz wzmocnień itp. W literaturze spotyka się wiele metod oceny zużycia technicznego, które można podzielić na [5, 7, 8, 9, 11, 14, 15]:

- metody czasowe,
- metody wizualne (średniej ważonej),
- metody stanów granicznych,
- metody wskaźników ekonomicznych,
- metody sztucznych sieci neuronowych,
- metody zużycia naturalnego z uwzględnieniem czynników losowych.

Najbardziej rozpowszechnione i najczęściej stosowane są metody czasowe, mogące przyjmować różne postaci w zależności od stopnia utrzymania obiektu. Taka forma oceny zużycia technicznego może mieć jednak charakter szacunkowy i dotyczyć ogólnego trendu wyrażanego najczęściej dla grupy obiektów o podobnym wieku i konstrukcji niż być miarodajnym wyznacznikiem ich rzeczywistego zużycia. Opracowane formuły nie uwzględniają bowiem możliwości zróżnicowanego zużycia poszczególnych elementów obiektu ani wykonywania konstrukcji etapami przez pewien okres czasu, co utrudnia precyzyjne określenie jej wieku. Również przewidywany całkowity okres użytkowania obiektu ma charakter indywidualny i może się różnić od okresu zakładanego w projekcie.

W celu nieco bardziej precyzyjnej oceny zużycia pojedynczych obiektów czy też ich niewielkiej grupy, stosuje się metodę wizualną, zwaną metodą średniej ważonej [5, 7, 8, 9, 14, 15]. Polega ona na indywidualnej ocenie zużycia poszczególnych elementów konstrukcji, a następnie (przez zadanie im odpowiednich wag) ustalenie ważonej wielkości zużycia całego obiektu:

$$S_z = \sum_{i=1}^n \frac{u_i \cdot S_{ei}}{100}, \quad (1)$$

gdzie:

u_i – waga udziału kosztu odtworzenia danego elementu w strukturze kosztu odtworzenia całego obiektu, %,

s_{ei} – zużycie danego elementu, %,

n – liczba ocenianych elementów w obiekcie.

Zasadniczą zaletą metody wizualnej jest jej stosunkowo duża dokładność wynikająca z określania zużycia poszczególnych elementów konstrukcji, co daje precyzyjny obraz zużycia technicznego całego obiektu. Jest to metoda o nieco większym stopniu pracy i czasochłonności, pozwala jednak na wyznaczenie z dużym prawdopodobieństwem rzeczywistego zużycia konstrukcji. Wadą tej metody jest wspomniana praca i czasochłonność oraz konieczność dokonywania oceny elementów obiektu przez doświadczonego specjalistę lub rzeczoznawcę.

Omówione metody należą do najczęściej wykorzystywanych w procesie oceny zużycia technicznego konstrukcji, nie zawierają jednak żadnych informacji o jego przyczynach i mechanizmie [11, 15]. Bardziej precyzyjny obraz zużycia technicznego obiektu można uzyskać, stosując metodę stanów granicznych. Zużycie techniczne konstrukcji można w tym przypadku ocenić na podstawie analizy utraty nośności poszczególnych elementów konstrukcyjnych w trakcie jej eksploatacji, w odniesieniu do ich nośności początkowej. Stopień zużycia pojedynczego elementu (s_{ze}) można wówczas określić z zależności [11]:

$$s_{ze} = \left(1 - \frac{P_t}{P_0}\right) \cdot 100\%, \quad (2)$$

gdzie:

P_0 – początkowa nośność elementu, MPa,

P_t – nośność elementu w okresie $0 < t < T$, MPa.

Zużycie techniczne całego ustroju nośnego będzie zatem sumą zużycia poszczególnych elementów konstrukcji, należy jednak pamiętać, że ich udział w przenoszeniu obciążeń nie jest zazwyczaj równorzędny. W związku z tym różny będzie również wpływ zużycia poszczególnych elementów (s_{zei}) na wartość zużycia technicznego całej konstrukcji. Warunek ten można zapisać w postaci:

$$s_z = \sum_{i=1}^n \frac{u_{ei} \cdot s_{zei}}{100}, \quad (3)$$

gdzie:

u_{ei} – waga udziału danego elementu w przenoszeniu obciążeń, %,

n – liczba ocenianych elementów w obiekcie.

Podejście takie wydaje się być najbardziej miarodajną metodą oceny zużycia technicznego z punktu widzenia bezpieczeństwa konstrukcji, ponieważ opiera się na mierzalnych wielkościach, a nie wyłącznie na ocenie wizualnej czy czasowej. Pewne problemy może natomiast nastęrczać ustalanie dla poszczególnych elementów konstrukcyjnych wag stanowiących ich udział w przenoszeniu obciążeń. Jest to szczególnie uciążliwe w przypadku konstrukcji wieloelementowej (duża ilość elementów konstrukcyjnych) lub przy braku możliwości precyzyjnego ustalenia udziału poszczególnych elementów w przenoszeniu obciążeń. W takim przypadku przyjmuje się zazwyczaj, że największe zagrożenie dla bezpieczeństwa konstrukcji będzie stanowiło zużycie głównych elementów nośnych, a ustalenie zapasu ich nośności traktuje się jako priorytetowe zagadnienie podczas ustalania stopnia zużycia całego obiektu [11].

Poza wyżej omówionymi, istnieje również wiele metod służących do określania zużycia technicznego w aspekcie kosztowym (metody wskaźników ekonomicznych) oraz metody o nieco bardziej indywidualnym charakterze, tj. np. metoda sztucznych sieci neuronowych, wykorzystująca teorię sieci neuronowych lub zbiorów rozmytych do oceny zużycia technicznego (stosowana najczęściej do oceny grupy obiektów o podobnych parametrach) czy też metoda oceny zużycia technicznego na podstawie zużycia naturalnego, uwzględniająca również wpływ czynników losowych na charakter i przebieg tego procesu [5, 8, 12, 14, 15].

3. Przykład zużycia technicznego konstrukcji betonowej obudowy szybu w warunkach oddziaływania agresywnych wód podziemnych

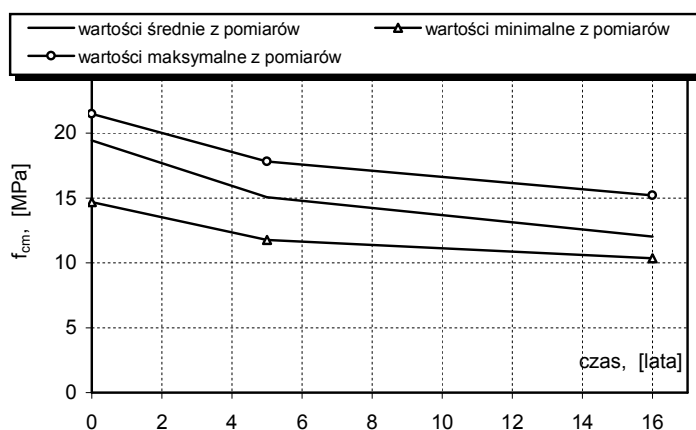
Wpływ warunków środowiskowych i procesów korozji betonu na zużycie techniczne konstrukcji obudowy przedstawiono na przykładzie szybu wydobywczego, wdechowego, o średnicy 8 m i głębokości ponad 900 m. Szyb zgłębiony został na przełomie lat 70. i 80. XX wieku [1, 2, 3]. Poza odcinkiem przypowierzchniowym obudowa szybu wykonana została jako pojedyncza z betonu o grubości 0,4 – 0,6 m.

W rejonie omawianego szybu górotwór zbudowany jest z utworów nadkładu (zawodnione piaski i gliny pylaste – utwory czwartorzędowe, twaroplastyczne i półzwarte ily – utwory trzeciorzędowe) i karbonu reprezentowanego przez warstwy orzeskie (iłowce, piaskowce, pyłowce, łupki węglowe i pokłady węgla). Nachylenie warstw karbońskich sięga 20 – 30°.

Rura szybowa przecina łącznie 16 horyzontów wodnych, z czego 3 horyzonty w utworach czwartorzędowych oraz 13 horyzontów w warstwach piaskowca karbońskiego.

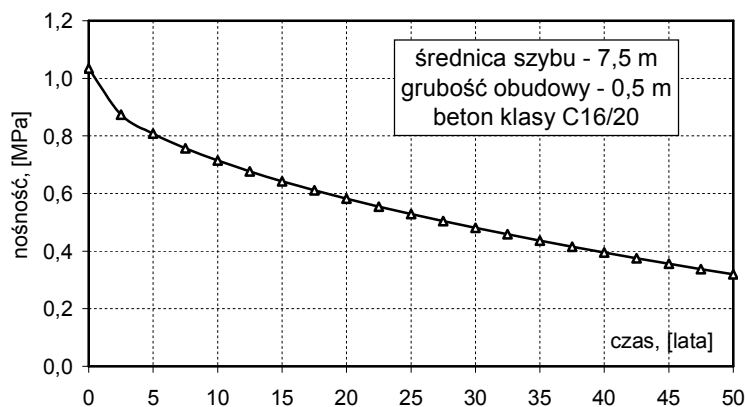
Wody z karbońskich horyzontów wodnych charakteryzują się bardzo wysoką mineralizacją, wykazują też w stosunku do betonu agresywność ługującą, magnezową i siarczanową.

Wytrzymałość na ściskanie betonu w konstrukcji obudowy określono metodą nieniszczącą (ultradźwiękową), badania przeprowadzono w pięciu liniach pomiarowych, obejmując swym zasięgiem całą dostępną głębokość szybu [2]. Do analizy przyjęto wyniki trzech cykli pomiarowych wykonanych w różnym czasie. Przyjmując jako pomiar „0” wykonany pomiar 1, pomiary następne wykonano z opóźnieniem odpowiednio 5 i 16 lat [1, 3]. Uogólnione wyniki badań przedstawiono na rys. 2.



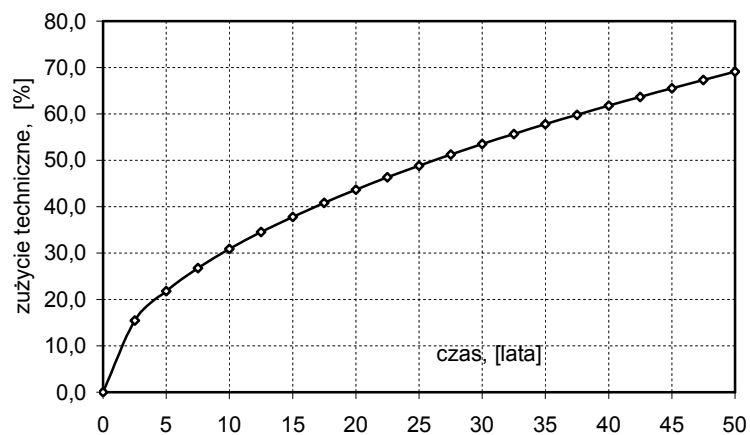
Rys. 2. Wytrzymałość na ściskanie betonu w konstrukcji obudowy szybu w funkcji czasu
Fig. 2. Shaft support construction concrete compression resistance in time

Wykorzystując wyniki badań wytrzymałości na ściskanie betonu w konstrukcji obudowy szybu, dla jej wartości średnich określono zmiany nośności konstrukcji, gdzie jako nośność rozumie się maksymalne obciążenie, jakie może przejąć obudowa bez osiągnięcia stanu granicznego nośności (rys. 3).



Rys. 3. Zmiana nośności obudowy szybu w czasie
Fig. 3. Changes of the shaft lining supportability in time

Traktując zużycie techniczne konstrukcji jako spadek jej nośności, na podstawie wzoru (2) określono ilościowo zużycie techniczne obudowy szybu, wyrażone w procentach (rys. 4).



Rys. 4. Kształtowanie się zużycia technicznego konstrukcji obudowy betonowej szybu
Fig. 4. Shaping of shaft concrete support construction technical wear

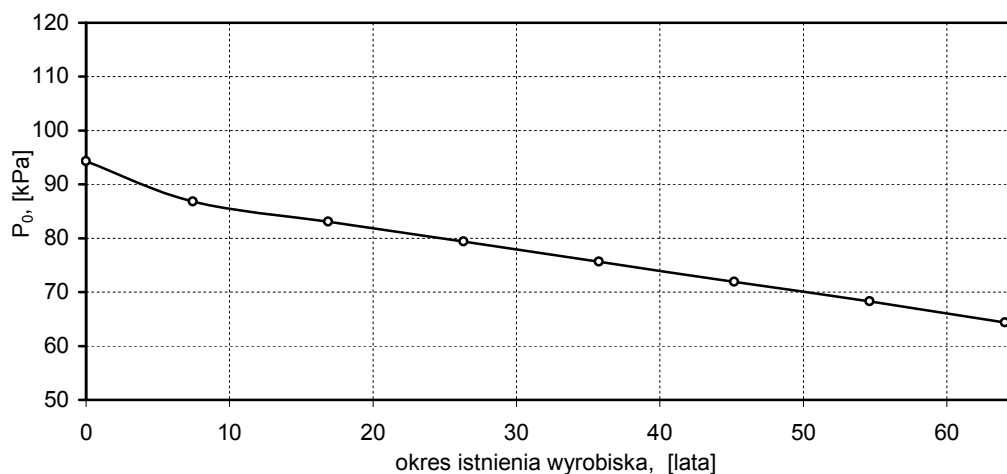
4. Przykład zużycia technicznego odrzwi stalowych obudowy wyrobiska korytarzowego

Podstawowym elementem konstrukcyjnym decydującym o nośności obudowy stalowej są odrzwia wykonane z tzw. profili górniczych. Nośność odrzwi stalowych obudowy podatnej zależy od nośności kształtownika i nośności złączy.

Wynikiem agresywnego oddziaływania środowiska na konstrukcje stalowe jest postępująca korozja materiału, która w ekstremalnych przypadkach może prowadzić do zniszczenia obudowy wyrobiska. W przypadku postępującego procesu korozyjnego nośność złączy jest trudna do określenia z uwagi na zmianę ich parametrów geometrycznych i mechanicznych, co może prowadzić do całkowitego zablokowania złączy i usztywnienia obudowy. Przyjęto zatem, że analiza odrzwi obejmie stan ich usztywnienia, a głównym kryterium decydującym o ich nośności będzie kryterium nośności kształtownika.

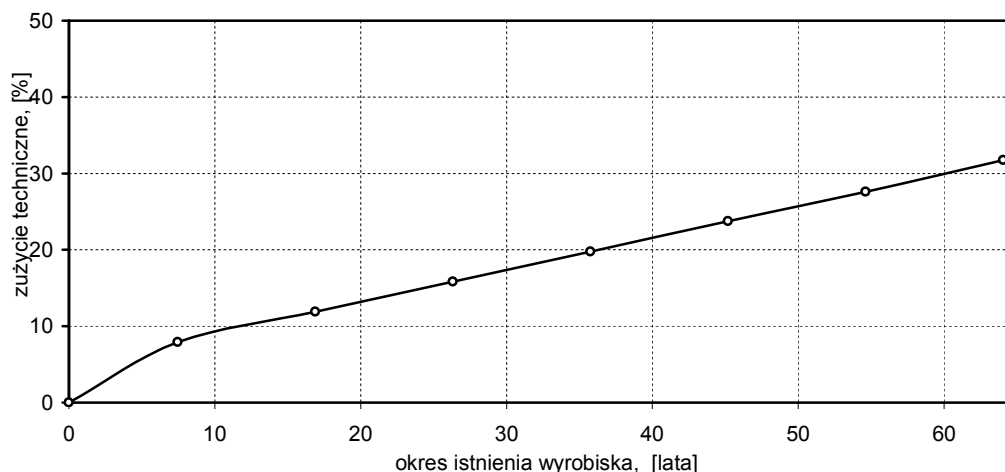
Na rys. 5, na podstawie przeprowadzonych badań [12], przedstawiono kształtowanie się nośności odrzwi obudowy ŁP-10/A/V25, wykonanych ze stali 34 GJ w funkcji czasu, z uwzględnieniem ich zużycia spowodowanego m.in. korozją.

Traktując zużycie techniczne konstrukcji odrzwi obudowy jako spadek jej nośności, na podstawie wzoru (2), określono ilościowo zużycie techniczne odrzwi obudowy wyrobiska korytarzowego wyrażone w procentach (rys. 6).



Rys. 5. Nośność odrzwi obudowy ŁP-10/A/V25 w funkcji czasu

Fig. 5. ŁP-10/A/V25 timber set load capacity in time



Rys. 6. Kształtowanie się zużycia technicznego odrzwi obudowy ŁP-10/A/V25

Fig. 6. Shaping of ŁP-10/A/V25 timber set technical wear

5. Podsumowanie

W budownictwie podziemnym, szczególnie w odniesieniu do wyrobisk górniczych, jedynymi kategoriami określającymi użyteczność wyrobiska są niezawodność i bezpieczeństwo. Posługując się taką klasyfikacją, praktycznie wyrobisko posiada dwie wartości, a mianowicie pełną przydatność lub całkowitą nieprzydatność.

W dobie traktowania wyrobisk górniczych jako nieruchomości wykonanych i utrzymywanych na określonym terenie, celowe wydaje się szacowanie ich wartości z uwzględnieniem stopnia ich zużycia, a więc i z obniżeniem ich wartości w czasie użytkowania.

Odnosząc uzyskane wyniki zużycia technicznego, w określonym przedziale czasu, konstrukcji obudowy budowli podziemnych do zużycia technicznego obiektów na

powierzchni, można stwierdzić, że obudowa budowli podziemnych wykazuje większe przyrosty zużycia technicznego niż obiekty powierzchniowe. Wynika to m.in. z intensywniejszego oddziaływania agresywnych czynników środowiskowych – np. wody zasolone.

Aby proponowana metoda posiadała pełne walory użytkowe, konieczne jest opracowanie klasyfikacji budowli podziemnych w podobny sposób jak dla obiektów powierzchniowych oraz określenie dopuszczalnych wartości zużycia technicznego.

Przedstawione w artykule przykłady dotyczą analizy jednoparametrowej, co stanowi niewątpliwie uproszczenie zagadnienia, gdyż obudowa górnicza jest konstrukcją złożoną z wielu elementów, których zużycie techniczne w różny sposób powoduje utratę użyteczności konstrukcji. Biorąc pod uwagę wartości poznawcze i użytkarne problemu, celowe wydaje się prowadzenie dalszych prac badawczych nad tym zagadnieniem.

BIBLIOGRAFIA

1. Chudek M., Duży S., Bączek A.: Nośność obudowy betonowej szybu w warunkach występowania procesów korozyjnych. *Budownictwo Górnicze i Tunelowe*, nr 3, 2005.
2. Chudek M., Duży S., Bączek A.: Ocena stanu bezpieczeństwa obudowy betonowej szybu w świetle badań nieniszczących. *International Conference „GEOTECHNIKA – GEOTECHNICS 2004”*, Štrbské Pleso, Słowacja, wrzesień 2004.
3. Chudek M., Duży S., Dyduch G., Bączek A.: Wpływ warunków środowiskowych na przebieg korozji betonowej obudowy szybu. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo*, z. 283, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2008.
4. Czarnecki L., Emmons P. H.: *Naprawa i ochrona konstrukcji betonowych*. Wydawnictwo Polski Cement, Kraków 2002.
5. Dębowski J.: Problematyka określania stopnia zużycia technicznego budynków wielkopłytowych. *Czasopismo Techniczne*, z. 9. *Architektura z. 4-A*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2007.
6. Glinicki S.P.: *Budowle podziemne*. Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok 1994.
7. Hajdasz H.: *Sposoby ustalania zużycia technicznego budynków i budowli*. Stowarzyszenie Biegłych Rzeczoznawców Budowlanych, Katowice 1991.
8. Kucharska-Stasiak E.: *Metody pomiaru zużycia obiektów budowlanych*. *Przegląd Budowlany*, nr 2/1995.
9. Lejczak W., Kiczan W., Lubas B., Stranz B., Bojarski Z.: *Zasady stosowania budownictwa zastępczego na terenach górniczych*. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1969.
10. Lichołai L. i in.: *Budownictwo ogólne, tom 3. Elementy budynków, podstawy projektowania*. Wydawnictwo Arkady, Warszawa 2008.
11. Orłowicz R., Lelęć S.: Stopień zużycia budynków murowych. *Kwartalnik „Warstwy – dachy i ściany”*, nr 2/2002.
12. Chudek M. (red.): *Optymalizacja warunków współpracy stalowej obudowy odrzwiowej podatnej wzmocnionej warstwą betonu natryskowego z górotworem w aspekcie*

- zachowania stateczności wyrobiska oraz ochrony środowiska górniczego. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2009.
13. Urbański P.: Zastosowanie sztucznych sieci neuronowych do oceny stopnia zużycia technicznego wybranej grupy budynków mieszkalnych. Statystyka i data mining w badaniach naukowych – Seminarium StatSoft, Warszawa – Kraków, październik 2004.
 14. Winniczek W.: Wycena budynków i budowli podejściem odtworzeniowym. CUTOB-PZITB, Wrocław 1993.
 15. Wodyński A.: Zużycie techniczne budynków na terenach górniczych. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2007.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Stanisław Prusek

Abstract

The construction technical wear is an effect of age, durability of the used materials, the quality of workmanship, the manner of usage and exploitation conditions, project defects, reconstructions and strenghtenings etc. The result of aggressive environment influence is progressive material corrosion, which in extreme cases may lead to the destruction of the support. The influence of environmental conditions on the construction technical wear is presented on the example of the shaft concrete support and heading steel yielding timber set.

Comparing the results of underground buildings construction technical wear in a set time frame to the surface object technical wear, it has been stated that the greater increases in technical wear occur in underground buildings support. It results inter alia from a more intensive influence of aggressive environmental factors – in example underground salted waters.

In the time of treating headings as real estates made and maintained on a set area, a purpose for estimating their value, having in mind the degree of it's wear, has been pointed. A need of developing a classification of underground buildings and determining the permissible value of it's technical wear has been indicated.