



**Przemysław Więch \***  
**Wojciech Chruściel\*\***

## **FORMALNE I TECHNICZNE ASPEKTY MONITORINGU KONSTRUKCJI BUDOWLANYCH**

W roku 2009 Minister Infrastruktury nałożył na zarządców budynków użyteczności publicznej obowiązek monitorowania parametrów istotnych dla bezpieczeństwa konstrukcji, takich jak przemieszczenia i odkształcenia. W artykule opisano najistotniejsze aspekty formalne i techniczne dotyczące systemów do ich stałej kontroli oraz najczęstsze problemy wiążące się z ich wdrażaniem. Wskazano również możliwości wykorzystania w budowie systemów monitoringu konstrukcji istniejących w obiektach magistrali przesyłu danych takich jak LAN, MODBUS, czy też RS485.

W 2009 roku Minister Infrastruktury wprowadził do rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie zmianę, obejmującą między innymi dodanie w § 204 ustępu 7 o treści:

„Budynki użyteczności publicznej z pomieszczeniami przeznaczonymi do przebywania znacznej liczby osób, takie jak: hale widowiskowe, sportowe, wystawowe, targowe, handlowe, dworcowe powinny być wyposażone, w zależności od potrzeb, w urządzenia do stałej kontroli parametrów istotnych dla bezpieczeństwa konstrukcji, takich jak: przemieszczenia, odkształcenia i naprężenia w konstrukcji”.

W wymienionym ustępie znalazło się określenie „w zależności od potrzeb”. Z tego względu ustalenia w nim zawarte są przez większość zarządców objętych nimi obiektów traktowane z dużym dystansem. Postępowanie takie nosi znamiona pewnej lekomyślności – znacznej liczbie awarii bądź katastrof budowlanych można bowiem zapobiec, mając świadomość przekroczenia bezpiecznych parametrów pracy elementów konstrukcji. W przypadku zaistnienia takiego zdarzenia należy się zatem liczyć z pociągnięciem do odpowiedzialności osób, które nie zapewniły zgodnego z potrzebami opomiarowania obiektu.

---

\* dr inż. – Zakład Konstrukcji i Elementów Budowlanych

\*\* jw.

Potrzeba zapewnienia kontroli wybranych parametrów związanych z pracą konstrukcji pociąga za sobą szereg problemów, związanych z koniecznością:

- opracowania listy parametrów, które powinny w danym obiekcie podlegać monitorin-  
gowi i określenia ich wartości progowych informujących o zbliżającym się zagrożeniu,
- doboru odpowiedniej do danego obiektu techniki pomiaru i transmisji danych,
- poniesienia nakładów finansowych, związanych zarówno z kosztami odpowiednich  
opracowań i wykonania instalacji pomiarowej, jak również wynikającymi stąd ewentu-  
alnymi czasowymi utrudnieniami w eksploatacji obiektu.

Zadanie, z jakim mamy do czynienia, jest zagadnieniem interdyscyplinarnym, wyma-  
gającym pracy zespołu złożonego zarówno z inżynierów budowlanych, jak i specjali-  
stów od automatyki pomiarowej.

Rodzaj mierzonych parametrów oraz liczba i usytuowanie punktów pomiarowych  
stanowi główny element determinujący koszt instalacji pomiarowej. W praktyce spotyka-  
my się z dwoma rodzajami mierzonych parametrów: odkształceniami oraz przemiesz-  
czeniami. Pomiar odkształceń jest prostszy w realizacji, ponieważ czujniki dokonujące  
pomiaru nie potrzebują dowiązania do nieruchomego układu odniesienia. Ponadto  
otrzymane wyniki pomiarów w pośredni sposób informują o naprężeniach w badanym  
elemencie, a co za tym idzie – umożliwiają monitorowanie jego wyężenia. Prawidłowa  
interpretacja wyników pomiarów pociąga za sobą oczywiście konieczność wnikliwej  
analizy pracy konstrukcji przeprowadzonej przez osoby posiadające do tego odpo-  
wiednie kwalifikacje, przesuwając ciężar pracy w zespole opracowującym plan danej  
instalacji.

Jak już nadmieniono powyżej, bezpośredni pomiar przemieszczeń w konstrukcji na-  
potyka na problem wynikający z powiązania czujników z układem odniesienia. Prostem  
tego przykładem jest pomiar ugięcia dźwigara dachowego o dużej rozpiętości – nie jest  
możliwe bezpośrednio zastosowanie mechanicznych czujników przemieszczeń w środ-  
ku jego rozpiętości. W takiej sytuacji można zastosować różne rozwiązania, oparte  
przykładowo na układach hydraulicznych z zastosowaniem zasady naczyń połączo-  
nych. Istniejące systemy, wykorzystujące dalmierze laserowe, dla których poziom od-  
niesienia stanowi posadzka hali, nie uwzględniają natomiast:

- intensywnego ruchu ludzi i pojazdów, przesłaniającego z regularnością fragment  
posadzki wykorzystywany przy pomiarze,
  - zmiennego zagospodarowania obiektu (np. stoisk wystawowych w halach targowych).
- Nie znajdują również zastosowania przy braku odpowiedniej powierzchni odniesienia  
(np. baseny).

W trakcie eksploatacji posadzka ulega ponadto odkształceniom mogącym powodo-  
wać zafałszowanie pomiaru. W takich sytuacjach konieczne staje się stosowanie  
skomplikowanego układu dalmierzy i triangulacji. Z wymienionych wyżej powodów

bezpośredni pomiar przemieszczeń należy traktować jako ostateczność w sytuacji, gdy nie są możliwe inne rozwiązania.

Dobór czujników uzależniony jest w dużej mierze od warunków środowiskowych. W zależności od przewidywanej temperatury i wilgotności środowiska ich pracy, a także odległości pomiędzy poszczególnymi czujnikami i pozostałymi elementami systemu pomiarowego, korzystniejsze stają się czujniki strunowe, indukcyjne, tensometry elektrooporowe bądź czujniki optyczne (laserowe). Z kolei sposób transmisji danych pomiarowych zależy od infrastruktury opomiarowywanego obiektu – w niektórych przypadkach konieczna jest transmisja radiowa sygnału bądź jego przesyłanie za pomocą przewodów na dużą odległość w sposób redukujący zakłócenia transmisji (np. za pośrednictwem sygnału częstotliwościowego). W wielu przypadkach możliwe jest jednak wykorzystanie istniejących w obiekcie instalacji, w szczególności w przypadku tzw. „inteligentnych budynków”. Istniejące w obiektach magistrale danych, takie jak LAN, MODBUS, czy też nawet RS485, mogą być wykorzystane do transmisji sygnałów pomiarowych pochodzących z czujników. W ten sposób można ograniczyć koszty związane z wykonaniem dodatkowego okablowania do niezbędnego minimum.

W chwili obecnej w Instytucie Techniki Budowlanej prowadzone są prace nad systemem monitoringu opartym na zasadzie Open Hardware i komponentach powszechnie stosowanych w automatyce przemysłowej. Przechodzi on obecnie testy w rzeczywistych warunkach w hali Oddziału Mazowieckiego ITB w Pionkach. Po jego opracowaniu będzie mógł być zastosowany w większości obiektów wymienionych w cytowanym wcześniej fragmencie rozporządzenia, umożliwiając spełnienie jego wymagań, przy możliwie ograniczonych nakładach finansowych. Otwarta architektura tego systemu umożliwia ponadto jego stopniową rozbudowę o kolejne punkty pomiarowe i w odróżnieniu od zamkniętych systemów eliminuje w znacznym stopniu problemy związane z ewentualną dostępnością części zamiennych. Ostatnia cecha jest szczególnie istotna ze względu na wieloletni okres eksploatacji tego typu systemów.

W dobie powszechnie stosowanych przekryć dachowych o lekkiej konstrukcji oddziaływania klimatyczne stają się czynnikiem mającym dominujący wpływ na nośność konstrukcji. Ze względu na trudności w ich oszacowaniu, a także zmiany klimatyczne, można się spodziewać wzrastającej liczby awarii konstrukcji. Ignorowanie w tej sytuacji kwestii monitoringu konstrukcji bądź stosowanie go w sposób nieprzemysłany i mający spełnić jedynie ogólne wymagania formalne może być przyczyną katastrof i awarii budowlanych, których można by uniknąć. Należy zatem zastanowić się, czy chwilowe oszczędności warte są ryzyka wielokrotnie większych strat, będących zazwyczaj konsekwencją lekkomyślnych zaniedbań dotyczących bezpieczeństwa konstrukcji.

## FORMAL AND TECHNICAL ASPECTS OF MONITORING OF BUILDING STRUCTURES

### Summary

In 2009 Minister of Infrastructure impose on administrators of public buildings an obligation of monitoring of parameters such as deformations and displacement. The paper covers the most important formal and technical aspects of automated monitoring systems and common problems concerning their practical implementation. In addition, the potential benefits of utilization in such systems of data bases, i.e. LAN, MODBUS and RS485, which often already exist in buildings are highlighted.

*Praca wpłynęła do Redakcji 10 XII 2013 r.*