

MONITORING KONSTRUKCJI STALOWYCH



Część 5

Dobór systemu do rodzaju obiektu i konstrukcji



dr inż. Stanisław Wierzbicki
Instytut Inżynierii Budowlanej
Wydział Inżynierii Lądowej
Politechnika Warszawska

Decyzja o zastosowaniu systemu monitoringu konstrukcji powinna być poprzedzona odpowiednią analizą celowości i zasadności instalowania takiego systemu.

Kryterium, które należy rozpatrzyć w pierwszej kolejności, jest znaczenie obiektu i skutki potencjalnej awarii lub katastrofy – ten aspekt został uwzględniony w zapisie w *Warunkach technicznych...* [N2] Sytuacja obiektów wymienionych w tym rozporządzeniu, tzn. obiektów użyteczności publicznej, takich jak: hale widowiskowe, sportowe, dworcowe, wystawowe, obiekty handlowe, w których może przebywać znaczna liczba osób, jest więc jednoznacznie określona – powinny być one wyposażone w urządzenia do stałego monitorowania parametrów istotnych dla bezpieczeństwa konstrukcji, takich jak przemieszczenia, odkształcenia, naprężenia.

Obiekty przemysłowe

Szerszego rozważenia wymaga podejście do budynków nieobjętych ww. zapisem, czyli innych niż obiekty użyteczności publicznej, takich jak np. hale przemysłowe, magazynowe czy magazynowo-spedycyjne. Pewnym wskaźnikiem znaczenia obiektu może tu być jego wielkość. Można przyjąć, że w przypadku obiektów, na które przepisy prawa budowlanego nakładają obowiązek przeprowadzenia dwukrotnego przeglądu

w ciągu roku, czyli budynków o powierzchni zabudowy przekraczającej 2000 m² oraz innych obiektów o powierzchni dachu przekraczającej 1000 m², monitoring konstrukcji jest godny rozważenia. W wielu przypadkach tego typu obiekty mają jednak proste rozwiązania konstrukcyjne i monitoring byłby ekonomicznie niezasadny, konieczne jest więc przeanalizowanie także innych aspektów związanych z konstrukcją, funkcją i przeznaczeniem obiektu [4]. Ważnym elementem takiej analizy jest przyporządkowanie obiektu do odpowiedniej klasy konsekwencji zniszczenia wg PN-EN 1990:2004 [N1] – im wyższa klasa, tym obiekt ma większe znaczenie i wyższe mogą być konsekwencje jego zniszczenia, a więc bardziej celowe jest stosowanie systemów monitorowania. Można przyjąć, że dla obiektów klasy CC3 i części obiektów klasy CC2 monitoring jest zasadny.

Kolejny aspekt istotny w procesie podejmowania decyzji dotyczących systemu monitoringu jest związany z wymiarami obiektu i rozpiętością elementów konstrukcyjnych. Generalnie im większe rozpiętość i wymiary, tym bardziej celowe jest stosowanie systemów monitoringu, ale konkretne uwarunkowania mogą wskazywać na potrzebę monitorowania także konstrukcji o niedużych rozpiętościach.

W rozważaniach dotyczących zasadności stosowania monitoringu konstrukcji istotny jest też typ obiektu i rodzaj konstrukcji. W przypadku klasycznych konstrukcji stalowych budynków halowych wskazaniem za celowością stosowania monitoringu mogą być złożoność i nietypowe rozwiązania konstrukcji. Monitoring powinien być także rozważany w przypadku konstrukcji niestandardowych, takich jak np. hangary o znacznych rozpiętościach, a także obiektów z konstrukcją niewidoczną i/lub niedostępną do okresowej kontroli. Dodatkowymi przesłankami przemawiającymi za monitoringiem konstrukcji mogą być nietypowe warunki oddziaływania klimatycznych (śniegu i wiatru), brak technicznych możliwości usuwania śniegu z dachu, trudne warunki posadowienia itp.

Kolejne kryterium to historia konstrukcji. Monitoring może być niezwykle użyteczny w przypadku obiektów zabytkowych, konstrukcji napra-

wianych po awariach lub katastrofach. Ważną grupą obiektów, w których przypadku monitoring konstrukcji może być bardzo przydatny, są takie, w których występują trudne lub niemożliwe do wyeliminowania niedobory nośności – wskazania systemu monitoringu mogą wtedy ostrzegać przed możliwością przekroczenia obniżonej nośności konstrukcji.

Określenie założeń do systemu

Analiza celowości i zasadności stosowania systemu monitoringu konstrukcji jest pierwszym krokiem do realizacji celu. W przypadku decyzji pozytywnej kolejnym etapem jest opracowanie założeń do systemu, a więc wymagań stawianych systemowi. Generalnie można przyjąć, że w przypadku konstrukcji złożonych i nietypowych celowe jest stosowanie rozbudowanych, hybrydowych systemów monitoringu, ale w związku z tym także kosztownych. System taki składałby się z części odpowiedzialnej za wykonywanie pomiarów w obiekcie (moduł pomiarowy) i bieżącą analizę wyników pomiarów oraz informowanie o zachowaniu się konstrukcji, w tym generowanie komunikatów i ostrzeżeń (moduł ekspercki). Druga część systemu – obejmująca analizy obliczeniowe z wykorzystaniem modelu numerycznego konstrukcji (moduł analityczno-obliczeniowy) – byłaby wykorzystywana do rozszerzonej, numerycznej analizy konstrukcji w określonych sytuacjach. W najbardziej nietypowych ustrójach moduł numeryczno-obliczeniowy mógłby być wykorzystywany na bieżąco, wspomagając tym samym decyzje generowane przez moduł ekspercki.

Konstrukcje typowych obiektów hal (np. magazynowych i przemysłowych) na ogół nie należą do zbyt złożonych i w takich przypadkach wystarczające jest zastosowanie systemu zawierającego tylko część pomiarowo-decyzyjną, czyli moduł pomiarowy i ekspercki. Rozwiązania takie są przy tym zdecydowanie tańsze niż rozbudowane systemy hybrydowe.

Zakres monitoringu

Wraz z przyjęciem generalnej koncepcji systemu monitoringu konieczne jest ustalenie, jakie parametry konstrukcji najlepiej odzwierciedlają zachowanie się ustroju i powinny być monitorowane. Najczęściej pomiary obejmują przemieszczenia/ugięcia, które dobrze opisują globalne zachowanie się zarówno pojedynczych elementów, jak i całych ustrojów konstrukcyjnych, a ponadto monitorowanie przemieszczeń jest stosunkowo proste i może być realizowane różnymi metodami. Inną wielkością, która dobrze opisuje zachowanie się elementów konstrukcji, jest odkształcenie/naprężenie. W tym przypadku otrzymujemy informację o lokalnych zmianach zachowania się konstrukcji, a sama aplikacja metod pomiarowych odkształceń jest znacznie trudniejsza i nastrocza więcej problemów. Kolejną grupę zagadnień stanowią charakterystyki dynamiczne konstrukcji, których monitoring może być konieczny w przypadku niektórych typów konstrukcji, np. ciągnowych – same metody pomiarowe nie są tu skomplikowane, ale interpretacja wyników pomiarów może być trudna. W każdym z ww. przypadków może zachodzić potrzeba prowadzenia także pomiarów temperatury, jako tej wielkości, która wpływa na zachowanie się konstrukcji, niejednokrotnie w stopniu znaczącym rzucającym na wyniki pomiarów innych wielkości. W bardziej złożonych systemach monitoringu przydatne mogą być metody wizyjne i stacje pogody.

Metody pomiarowe i liczba czujników

Rodzaj przyjętych w systemie metod pomiarowych oraz rodzaj i liczba czujników są istotnym czynnikiem wpływającym na koszty systemu. Im bardziej złożony i nietypowy konstrukcyjnie obiekt, tym zróżnicowanie metod pomiarowych i liczba zastosowanych czujników większe, a więc wyższe koszty instalacji systemu. W przypadku typowych ustrojów konstrukcyjnych i niezbyt dużych powierzchni system może się składać z ograniczonej do kilku/kilkunastu sztuk liczby typowych czujników, co wprost przekłada się na redukcję kosztów. Stopień skomplikowania systemu i liczba zastosowanych metod pomiarowych i czujników wpływają także na późniejsze koszty związane z utrzymaniem systemu, wynikające np. z przeglądów okresowych urządzeń, ich kalibracji (takich jak np.

w przypadku tachimetru), czyszczenia przyrządów optycznych, aktualizacji oprogramowania, wymiany baterii czy też trudnień w funkcjonowaniu obiektu wynikających z potrzeby zapewnienia dostępu do zainstalowanych na konstrukcji urządzeń. Na koszty wpływają też procedury uruchamiania systemu i związane z tym wskazania do testowych obciążeń konstrukcji, służących kalibracji niektórych typów czujników. Koszty mogą być także związane z awariami urządzeń i koniecznością ich napraw, a nawet wymiany. Zawsze celowe jest więc takie optymalizowanie systemu, aby z jednej strony osiągnąć cel – wiarygodną informację o zachowaniu się konstrukcji, a z drugiej strony ograniczyć do niezbędnego minimum koszty konserwacji i utrzymania systemu w dłuższym okresie jego eksploatacji.

Koszty instalacji i utrzymania systemu monitoringu zależą także od sposobu komunikacji i zasilania czujników wykorzystywanych do pomiarów. Istnieją możliwości takiego rozwiązania urządzeń pomiarowych, aby zarówno komunikacja, jak i zasilanie odbywały się bezprzewodowo [1, 2, 3]. Rozwiązanie takie jest bardzo korzystne z punktu widzenia instalacji systemu – brak konieczności rozprowadzania przewodów znacznie upraszcza i przyspiesza ten proces. Nie bez znaczenia jest też kwestia użytkowania obiektu – ponieważ czujniki systemów monitoringu są często instalowane w miejscach oddalonych od tras kablowych, to wszelkie związane z nimi przewody stanowią utrudnienie w eksploatacji obiektu. W systemach bezprzewodowych do komunikacji może być wykorzystana np. radiowa transmisja danych, a do zasilania mogą być użyte baterie lub akumulatory. W przypadku komunikacji bezprzewodowej ważne jest wykrzestanie takiej częstotliwości, aby nie wystąpiły interakcje z innymi sieciami pracującymi w obiekcie. Jeżeli chodzi o baterie, to problemem jest konieczność ich okresowej wymiany – w optymalnie rozwiązanych systemach, z odpowiednio skonfigurowaną częstotliwością pomiarów i dobrymi źródłami zasilania, wymiana ta może być ograniczona do około dwóch–pięciu lat.

Mając powyższe na względzie, należy zauważyć, że w przypadku typowych systemów monitoringu technicznego najczęściej stosowane są pomiary przemieszczeń [2, 3, 5]. Z jednej strony są to wielkości, które w wiarygodny sposób opisują zachowanie się konstrukcji, z drugiej strony do tych pomiarów można zastosować czujniki konkurencyjne cenowo zarówno w fazie instalacji i uruchamiania, jak i w późniejszym okresie eksploatacji.

Wybór miarodajnych elementów i miejsc wykonywania pomiarów

Kolejnym etapem, po przyjęciu metody monitoringu, jest wybór elementów konstrukcji, które będą podlegały monitorowaniu, oraz lokalizacji miejsc wykonywania pomiarów w obrębie tych elementów. Te aspekty systemu monitoringu są w znacznym stopniu zależne od mierzonych wielkości i przyjętej metodyki pomiarów, w każdym jednak przypadku pomiary należy wykonywać w miejscach, w których spodziewamy się wyników reprezentatywnych dla ustroju konstrukcyjnego.

W przypadku systemów monitoringu mierzących wielkości statyczne, bazujących na przemieszczeniach lub odkształceniach, pomiary powinny być prowadzone dla tych elementów konstrukcji, które są możliwie najbardziej reprezentatywne dla ustroju nośnego i jednocześnie najbardziej wyťažone tak, aby uzyskane wyniki jak najlepiej charakteryzowały zachowanie się całej konstrukcji. W szczególności należy tu wziąć pod uwagę takie aspekty, jak:

- rodzaj układu konstrukcyjnego (ustroje przestrzenne, ciągle, jedno-przęsłowe, ramowe, kratownicowe itp.),
- układ konstrukcyjny dachu (dachy z płatwiami jedno- i wieloprzęsłowymi lub bezpłatwiami, schemat statyczny blach poszycia itp.),
- występowanie na dachu elementów wpływających na rozkład obciążeń śniegiem i wiatrem (attyki, urządzenia dachowe),
- usytuowanie obiektu w stosunku do sąsiadujących budynków, szczególnie o większej wysokości, np. przyleganie do wyższych budynków skutkujące powstawaniem koszy śniegowych czy zmianą charakterystyki oddziaływania wiatru,

- sposób zagospodarowania i użytkowania obiektu, np. usytuowanie stałych lub ruchomych elementów wyposażenia przerywających wiązkę lasera wykorzystywaną przez urządzenia pomiarowe,
- występowanie elementów wpływających na mierzone wielkości niezależnie od oddziaływań klimatycznych, np. transport wewnętrzny.

W pierwszej kolejności rozpatrujemy monitoring głównych elementów konstrukcji nośnej, jako najbardziej reprezentatywnych i w większym stopniu wpływających na bezpieczeństwo całego ustroju nośnego. Monitoring elementów drugorzędnych, np. płatwi, powinien być rozważany głównie w przypadku, kiedy elementy te są bardziej wyęteżone niż elementy główne i/lub są obciążone w szczególny sposób, np. kosztami śnieżnymi lub urządzeniami dachowymi. Wybór konkretnych elementów jest zależny od ich lokalnej sytuacji w konstrukcji, narażenia na zwiększone obciążenia wynikające z koszty śnieżnych i/lub ciągłości elementów obciążających w korelacji z dostosowaniem ich nośności do tych zwiększonych obciążeń. W przypadku, kiedy mamy do czynienia z projektowym dostosowaniem elementów konstrukcyjnych do ww. zwiększonych obciążeń, monitoring może być zasadny zarówno w odniesieniu do tych wzmocnionych elementów, jak i do elementów pozostałych – wynika to z tego, że w kosztach śnieżnych często występują znacznie mniejsze obciążenia, niż to wynika z przepisów normowych. Jednocześnie pominięcie tych elementów w monitoringu mogłoby doprowadzić do sytuacji, w której zostałyby one przeciążone w wyniku przeniesienia przez wiatr śniegu z płaskiej połaci dachu pod atyki czy przeszkody, przy których powstawałyby kosze śnieżne.

W sytuacji systemów wykorzystujących urządzenia pomiarowe mocowane do konstrukcji w monitorowanych miejscach (np. czujniki przemieszczeń, odkształceń) ważne jest też ustalenie odpowiednich miejsc mocowania tych urządzeń do wybranych elementów konstrukcyjnych (belki, rygle, kratownice). Miejsca te powinny być ustalone tak, aby w możliwie dużym stopniu wyeliminować wpływ ewentualnych lokalnych zmian geometrii elementu na wyniki pomiarów. Z zasady urządzenia pomiarowe powinno się mocować do głównych elementów monitorowanych ustrojów konstrukcyjnych, czyli pasów kratownic (w węzłach), pasów lub środków belek, unikając mocowania do elementów drugorzędnych, takich jak np. blachy węzłowe czy stężenia. Urządzenia pomiarowe powinny być mocowane możliwie blisko osi elementów, co pozwoli wyeliminować błędy pomiarowe wynikające z ewentualnego skręcania ustroju konstrukcyjnego.

Urządzenia pomiarowe wymagające kontaktu optycznego z miejscem pomiaru (dalmierze laserowe) należy sytuować tak, aby wiązka mierząca odległość nie była przesłonięta żadnymi innymi elementami konstrukcji, instalacji i wyposażenia w żadnej fazie eksploatacji obiektu – należy więc uwzględnić zmianę geometrii wynikającą np. z uginania się konstrukcji. Punkty odniesienia, do których są wykonywane pomiary powinny być usytuowane w takich miejscach, aby możliwe było ich stałe utrzymanie w niezmiennym stanie. Analogiczne wymagania obowiązują także w przypadku stosowania pomiarów przemieszczeń przy pomocy tachimetrów – różnica polega jedynie na tym, że urządzenie pomiarowe nie jest mocowane do konstrukcji, ale w innym stabilnym miejscu. W przypadku wykorzystania metod opartych na niwelacji hydrostatycznej nieaktualny staje się problem kontaktu optycznego między urządzeniem pomiarowym a miejscem pomiaru.

Dodatkowe zagadnienia pojawiają się w przypadku pomiarów odkształceń – są one związane z usytuowaniem czujników we właściwych miejscach przekroju. Ze względu na złożone kształty przekrojów stalowych, występujące w nich złożone układy sił wewnętrznych i wynikające stąd złożone stany naprężeń, szczególnie ważne jest prawidłowe wytypowanie miejsc mocowania czujników – niewłaściwe ich usytuowanie może skutkować błędnymi i niewiarygodnymi wynikami.

Podczas planowania rozmieszczenia punktów pomiarowych należy też uwzględnić możliwość zmian mierzonych wielkości niezależnie od obciążań zewnętrznych, np. w wyniku osiadań w początkowym okresie eksploatacji, i jeżeli zachodzi taka obawa, to wskazane jest zastosowanie punktów referencyjnych umożliwiających kontrolę pomiarów i ewentualną ich korektę.

Monitoring konstrukcji jest godny rozważenia w przypadku:

1. Obiektów klasy CC3 i części obiektów klasy CC2. Im wyższa klasa konsekwencji zniszczenia, tym bardziej celowe jest stosowanie systemów monitorowania.
2. Obiektów, na które przepisy prawa budowlanego nakładają obowiązek przeprowadzenia dwukrotnego przeglądu w ciągu roku.
3. Konstrukcji niestandardowych, takich jak np. hangary o znacznych rozpiętościach, a także obiektów z konstrukcją niewidoczną i/lub niedostępną do okresowej kontroli.
4. Nietypowych warunków oddziaływań klimatycznych (śniegu i wiatru), braku technicznych możliwości usuwania śniegu z dachu, trudnych warunków posadowienia itp.
5. Obiektów zabytkowych, konstrukcji naprawianych po awariach lub katastrofach.
6. Obiektów, w których występują trudne lub niemożliwe do wyeliminowania niedobory nośności.

Nieco inne uwarunkowania występują przy pomiarach drgań. Urządzenia pomiarowe muszą być mocowane do konstrukcji w takich miejscach, aby możliwe było uzyskanie koniecznych informacji. Wyznaczenie takich lokalizacji wymaga znajomości dynamicznego zachowania się ustroju konstrukcyjnego, świadomości, jakie wpływy i zjawiska będą monitorowane (np. wpływ drgań komunikacyjnych, wpływ wiatru) i jakich danych oczekujemy od systemu monitoringu. W przypadku konstrukcji stalowych istotne z punktu widzenia monitoringu drgań są najczęściej elementy głównej konstrukcji nośnej, które najlepiej odzwierciedlają dynamiczne zachowanie się całej konstrukcji. Wybór konkretnych miejsc wynika ze znajomości dynamicznej odpowiedzi konstrukcji na impulsy wywołujące drgania. System powinien być też na tyle elastyczny, aby możliwe były praktycznie dowolne lokalizowanie czujników, a także ewentualne zmiany tych lokalizacji w czasie. Liczba czujników i ich rozmieszczenie powinny też uwzględniać skutki ewentualnej awarii jednego z nich, w kontekście zapewnienia funkcjonalności i ciągłości pracy systemu.

Przy typowaniu tych miejsc należy zwrócić uwagę na to, że prawidłowe działanie urządzeń pomiarowych (akcelerometrów) wymaga trwałego i odpornego na drgania ich zamocowania do konstrukcji. W przeciwieństwie do czujników przemieszczeń i odkształceń czujniki drgań są często lokalizowane w miejscach ogólnie dostępnych, co oznacza, że powinny być odpowiednio chronione przed umyślnymi i nieumyślnymi uszkodzeniami.

W przypadku czujników drgań należy też uwzględnić ich wrażliwość na różnego typu zakłócenia mechaniczne czy elektryczne. Bardzo czułe urządzenia mogą np. rejestrować zakłócenia powodowane uruchamianiem urządzeń wentylacyjno-klimatyzacyjnych albo nawet zamykaniem drzwi czy funkcjonowaniem wind. Oczekiwane jest

więc takie umiejscawianie czujników, aby maksymalnie ograniczyć tego typu zakłócenia.

W przypadku czujników pomiaru temperatury należy kierować się zasadą, że czujnik sytuujemy w miejscu, w którym możliwe jest uzyskanie miarodajnej informacji o temperaturze konstrukcji. Ponieważ w większości przypadków interesuje nas średnia wartość temperatury w pewnych obszarach obiektu, to wyznaczając lokalizację czujników, musimy unikać miejsc lokalnych zaburzeń temperatury powodowanych np. zainstalowanymi w obiekcie urządzeniami, świetlikami czy źródłami światła. Ze względu na doprowadzenie sygnału wskazane jest lokalizowanie czujników temperatury razem z innymi, wykorzystywanymi w systemie urządzeniami. Samo mocowanie czujników nie jest zwykle zbyt wymagające – ważne są jedynie dobry kontakt czujnika z konstrukcją i trwałość zamocowania. W praktyce istnieją nawet czujniki, które mogą być mocowane do konstrukcji dzięki magnesowi.

Oprócz odpowiedniego rozmieszczenia punktów pomiaru monitorowanych wielkości ważna jest też ich liczba. Teoretycznie większa liczba tych punktów to większa dokładność systemu, ale też większe koszty samego systemu i późniejszej jego obsługi, a także większa uciążliwość dla użytkownika wynikająca z ograniczeń w swobodzie eksploatacji obiektu. Duża liczba wyników pomiarów to z jednej strony bardziej kompleksowa informacja o zachowaniu się obiektu, ale z drugiej strony większy problem z interpretacją tych wyników, który nasila się wraz z rozbieżnościami pomiarów. Tak więc optymalna liczba punktów powinna godzić różne wymagania i oczekiwania, powinna być dostosowana do wielkości i znaczenia obiektu, zróżnicowania i skomplikowania jego konstrukcji, rodzaju monitorowanych wielkości i celu stosowania systemu monitoringu, a jednocześnie musi uwzględniać kwestie ekonomiczne instalacji i utrzymania systemu. ■

Abstract. Monitoring of steel structures. The whole series (Monitoring of steel structures – Builder July 2016 – January 2017) describes the topic of construction design technical monitoring, including the expected results of their use, its formal and legal conditions, as well as the advantages of it. A brief overview of the measuring methods used in the monitoring systems has been described, along with the technical possibilities of their application, as well as general rules of designing monitoring systems, solutions and method adjustment to the type and complexity of a building's construction. The choice of elements and places to be monitored has been presented, as well as system configuration tips. The problem has been illustrated by construction design monitoring system examples.

Keywords: monitoring, measurement systems and devices, construction design, steel structures

Bibliografia:

- [1] Nagayama T., Spencer B.F. Jr., *Structural Health Monitoring Using Smart Sensors*. NSEL Report Series, Report No. NSEL 001, Urbana-Champaign, 2007.
- [2] Wierzbicki S., Giżejowski M., Kwaśniewski L., *Systemy „MONIT” technicznego monitorowania stanu bezpieczeństwa konstrukcji budowlanych*. Aktualne Problemy Budownictwa Metalowego, Seria: Monografie Zespołu Konstrukcji Metalowych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2014, s. 201-220, ISBN 978-83-7814-251-5.
- [3] Wierzbicki S., Giżejowski M., Stachura Z., *Structural Failures and Monitoring of Structural Health with Use of WiSeNe^{MONIT} System*. Research and Applications in Structural Engineering, Mechanics and Computation, CRC PRESS/BALKEMA: Proceedings and Monographs in Engineering, Water and Earth Sciences, 2013, p.2365-2370, full text e-book.
- [4] Wierzbicki S., *Monitoring konstrukcji jako metoda poprawy bezpieczeństwa i optymalizacji kosztów eksploatacji obiektów logistycznych*, Logistyka nr 4/2015, str. 6531–6538.
- [5] Wilde K., *Systemy monitoringu konstrukcji obiektów budowlanych*. XXVI Konferencja Naukowo-Techniczna „Awaryje Budowlane” Szczecin–Międzyzdroje, 2013, str. 123–140.

Normy, instrukcje i wytyczne:

- [N1] PN-EN 1990:2004. Eurokod Podstawy Projektowania konstrukcji.
- [N2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 marca 2009 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2009 r. Nr 56 poz. 461, §204, ust. 7).

W przygotowaniu niektórych fragmentów cyklu wykorzystano wyniki badań zrealizowanych w projekcie MONIT w zakresie monitoringu konstrukcji obiektów kubaturowych – www.monit.pw.edu.pl.



KONSTRUKCJE STALOWE

HALE PRODUKCYJNE CENTRA HANDLOWE HALE SPORTOWE
PROJEKTY INDYWIDUALNE ROZWIĄZANIA DLA PRZEMYSŁU

Kompleksowe rozwiązania w zakresie projektowania i realizacji -
- produkcji, dostawy, montażu - konstrukcji stalowych

ADMT S.A.
Bogusze 55a
16-100 Sokółka
tel: +48 85 711 30 95

www.admt.pl