

BADANIA NIENISZCZĄCE URZĄDZEŃ TRANSPORTU BLISKIEGO

Ocena stanu technicznego suwnic



INŻ. JAN ROGALSKI

Starszy Specjalista Urządzeń Transportu Bliskiego
Dział Techniczny,
Zespół Badań Laboratoryjnych
Oddział w Łodzi
Urząd Dozoru Technicznego

Urządzenia transportu bliskiego (UTB) stanowią kluczowy element infrastruktury przemysłowej, ponieważ służą do transportu materiałów, towarów, części oraz wyrobów gotowych w obrębie zakładów produkcyjnych, magazynów czy hal przemysłowych. Niektóre rodzaje UTB przeznaczone są również do transportu osób (pracowników). W wyniku intensywnej eksploatacji narażone są one na różnego rodzaju uszkodzenia i zużycia, co może wpłynąć na ich bezpieczeństwo i niezawodność. Aby zapewnić ich sprawność i zminimalizować ryzyko awarii, niezbędna jest regularna ocena stanu technicznego konstrukcji oraz osprzętu.

BADANIA NIENISZCZĄCE (BN, ang. NDT – non-destructive testing) ODGRYWAJĄ BARDZO ISTOTNĄ ROLĘ UMOŻLIWIAJĄC DOKŁADNĄ ANALIZĘ STANU TECHNICZNEGO URZĄDZEŃ BEZ WYWOŁANIA ZMIAN ICH WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWYCH.

KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA UTB

Urządzenia transportu bliskiego zakresem definicji obejmują szeroką gamę urządzeń, takich jak wózki jezdniowe, suwnice, dźwigi, dźwigniki, podesty ruchome i żurawie. W zależności od zastosowania, UTB są zróżnicowane pod względem konstrukcji, ale ich wspólnym przeznaczeniem jest przenoszenie ładunków lub osób w ograniczonym zasięgu. W opracowaniu skupiamy się na przykładzie badań nieniszczących realizowanych w celu oceny stanu konstrukcji suwnic.

Elementy konstrukcyjne UTB to m.in. stalowe belki nośne, dźwigary, wysięgniki, platformy robocze, maszty, widły, chwytaki i haki. Z uwagi na intensywność ich użytkowania elementy te są poddawane różnym rodzajom obciążeń, a tym samym są szczególnie narażone na uszkodzenia mechaniczne i zmiany w strukturze materiału spowodowane np. przez korozję lub niesprzyjające warunki środowiskowe.

SUWNICA [1] to dźwignica pracująca w ruchu przerywanym, złożona z przemieszczającej się po torach konstrukcji nośnej i poruszającej się po niej wciągarki lub wciągnika. Przeznaczona jest do przemieszczania ładunków w pionie i poziomie w przestrzeni ograniczonej wysokością podnoszenia, skrajnymi położeniami toru jazdy wciągarki lub wciągnika oraz suwnicy.

WIBRACYJNE

W związku z pracą suwnicy, mogą występować wibracje, szczególnie podczas szybkiego podnoszenia lub opuszczania ładunków. Mogą one wpływać na stabilność konstrukcji oraz żywotność elementów mechanicznych.

STATYCZNE

Obejmują siły, które działają na suwnicę w stanie spoczynku lub przy stałym ruchu bez gwałtownych zmian. Może to być np. masa samej konstrukcji suwnicy oraz ładunku, który w danym momencie znajduje się na wózku lub hakach.

TERMICZNE

Zmiany temperatury mogą wpływać na materiały, z których wykonana jest suwnica. Wysoka lub niska temperatura może prowadzić do rozciągania lub kurczenia się materiału, co może wprowadzić dodatkowe naprężenia w elementach konstrukcji.

RODZAJE OBCIĄŻEŃ UTB – SUWNICE

Stany i rodzaje obciążeń rozpatruje się w powiązaniu z charakterem pracy urządzenia. Obserwowane zjawiska i ich skutki można ująć w kilku szczególnie wyróżniających się grupach. Oddziaływanie na konstrukcję urządzenia można posegregować na różne sposoby, zarówno ze względu na rodzaje generowanych naprężeń, jak i czynniki zewnętrzne, takie jak rodzaj ładunku lub otoczenie i obciążenia suwnic. W poniższej tabeli ujęte są powszechnie w praktyce zauważane i omawiane podczas eksploatacji oddziaływania.

UŻYTKOWE (ŁADUNKOWE)

Generowane przez podnoszony i transportowany ładunek. Mogą to być różnorodne maszyny, elementy konstrukcyjne lub inne obiekty, które wymagają transportu w obrębie hali produkcyjnej lub magazynowej. W zależności od tego, jak zamocowany lub rozłożony jest ładunek, obciążenie to może być równomierne lub nierównomierne.

WYWOŁYWANE WIATREM

Dla suwnic, które znajdują się na zewnątrz (np. na placach załadunkowych), obciążenie wiatrem może stanowić istotny czynnik. Siły wiatru mogą wpłynąć na stabilność suwnicy i jej elementów, zwłaszcza w przypadku suwnic bramowych.

DYNAMICZNE

Powstałe w wyniku ruchu ładunku, który może generować dodatkowe momenty sił i naprężenia w konstrukcji suwnicy. Obciążenia dynamiczne związane są z siłami wynikającymi z przyspieszeń, hamowań, i zmian prędkości suwnicy. Może to wpłynąć na siły działające na poszczególne elementy konstrukcji.

ZGINAJĄCE

Powstają gdy siła działająca na suwnicę powoduje jej zginanie. Jest to szczególnie istotne w przypadku belek, wsporników i dźwigarów, które muszą wytrzymać takie obciążenia.

EKSPLOATACYJNE

Związane z długotrwałym użytkowaniem suwnicy, w tym zmianami w mikrostrukturze materiałów. Występują zużycia elementów mechanicznych, takich jak łożyska lub mechanizmy podnoszenia. Tego typu obciążenia muszą być uwzględnione podczas projektowania, budowy oraz oceny stanu konstrukcji w toku eksploatacji, aby zapewnić bezpieczeństwo i trwałość.

SKRĘCAJĄCE

Występują w przypadku sił, które powodują skręcanie elementów konstrukcji suwnicy. Może to wynikać z nierównomiernego rozkładu obciążenia lub z innych czynników, jak np. zmiana kierunku ruchu.

Elementy konstrukcyjne mają bardzo zróżnicowaną geometrię, są obciążane w złożony sposób, a ich materiał nie zachowuje się w pełni zgodnie z modelem teoretycznym. Występują istotne różnice w obszarach właściwości materiału, geometrii badanego elementu, rozmiarów, kształtu i orientacji nieciągłości. Również pola naprężeń w materiale rzeczywistego elementu mogą być odmienne od założonych. Im więcej takich rozbieżności, tym większe mogą być zmienne zachowania się rzeczywistych pęknięć w konstrukcji [5].

ZAKRES BADAŃ KONSTRUKCJI SUWNIC

Eksploatowane suwnice poddawane są podczas użytkowania m.in. badaniom technicznym. Podczas tych badań można wykryć ewentualne uszkodzenia, zużycie czy inne nieprawidłowości, które mogą wpłynąć na bezpieczną eksploatację urządzenia. Weryfikowane jest wdrożenie zaleceń z poprzedniego badania. Kontroli podlegają również wszelkie oznaczenia ostrzegawcze, oznakowania, instrukcje i inne konieczne informacje. Terminy badań okresowych określone są w rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego dla UTB [2].

Przeglądy konserwacyjne UTB realizowane są w terminach i zakresach określonych w instrukcji eksploatacji. Mają na celu ocenę stanu technicznego mechanizmów i układów oraz elementów suwnicy oraz prawidłowej obsługi UTB. W ramach przeglądu konserwacyjnego według rozporządzenia [2] obowiązkiem konserwującego jest (nie rzadziej niż raz na 12 miesięcy, jeżeli w instrukcji eksploatacji nie ustalono innych terminów) wykonanie przeglądu konstrukcji nośnej, w szczególności połączeń rozłącznych i nierozłącznych.

BADANIA OKRESOWE

Kontrola wizualna konstrukcji suwnicy:

- ocena stanu ogólnego konstrukcji nośnej urządzenia (belki, ramy, słupy, podpory)
- sprawdzenie stanu połączeń rozłącznych i nierozłącznych
- ocena pod kątem ewentualnej korozji, pęknięć, wgniecień oraz innych uszkodzeń materiału.
- badania geometrii i posadowienia:
 - pomiar poziomości, pionowości oraz wymiarów poszczególnych elementów konstrukcji
 - sprawdzenie stanu i torów jezdnych, kół jezdnych i innych elementów konstrukcyjnych

PRZEGLĄDY KONSERWACYJNE

Przegląd suwnicy :

- stan techniczny mechanizmów napędowych, układów hamulcowych oraz cięgien nośnych i ich zamocowań
- działanie urządzeń zabezpieczających i ograniczników ruchowych
- działanie urządzeń sterujących, sygnalizacyjnych i oświetleniowych
- prawidłowość obsługi

RESURS

Pojęcie resursu zostało zawarte w rozporządzeniu [2] w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego w zakresie eksploatacji, napraw i modernizacji urządzeń transportu bliskiego. Resurs zdefiniowano w § 2 pkt 6 rozporządzenia.

Parametry graniczne stosowane do oceny i identyfikacji stanu technicznego, określone na podstawie liczby cykli pracy i stanu obciążenia utb w założonym okresie eksploatacji z uwzględnieniem rzeczywistych warunków użytkowania [2].

Jak wynika z definicji, pojęcie to dokładnie wpisuje się w problematykę wieku i zdatności użytkowej eksploatowanych urządzeń.

Po osiągnięciu resursu konieczne jest więc wykonanie przeglądu specjalnego w celu określenia zdatności konstrukcji urządzenia do dalszej eksploatacji.

PRZEGLĄD SPECJALNY PO OSIĄGNIĘCIU RESURSU

Wyniki oceny stanu technicznego podczas przeglądu specjalnego UTB dla których został osiągnięty resurs są istotne dla podjęcia decyzji dotyczącej dalszej ich eksploatacji lub ewentualnych działań naprawczych.

Jest to złożone zagadnienie, ale są pewne zasadnicze podejścia. Zawsze należy bowiem przestrzegać wymagań dokumentacji technicznej wytwórcy urządzenia, posilkować się wybranymi normami przedmiotowymi oraz stosować dobrą praktykę inżynierską, w oparciu o aktualny stan wiedzy technicznej [6].

Właściwie każda, nawet najmniejsza zauważona wada konstrukcji stwarza zagrożenie, które wymaga podejścia jednostkowego. Inaczej należy postępować, gdy na konstrukcji pojawiły się ślady korozji lub gdy zauważymy wyraźne pęknięcie na elemencie nośnym lub połączeniu nierozłącznym. Żadna tego typu usterka nie może być lekceważona, gdyż może doprowadzić do nieszczęśliwego wypadku lub awarii [5].

Wyniki wykonanej oceny stanu technicznego mogą wskazywać na konieczność podjęcia działań przywracających właściwy poziom bezpieczeństwa eksploatacji (np. konieczność wymiany elementu, wykonania naprawy lub modernizacji). W przypadku skrajnym mogą stanowić podstawę decyzji o złomowaniu urządzenia [5].

ZAKRES PRZEGLĄDU SPECJALNEGO

Przeglądy specjalne prowadzone są pod kątem stwierdzonych wad, zmian lub usterek powstałych np. w wyniku korozji, pęknięć, niezgodności spawalniczych, przekroczenia resursu lub innych czynników.

Badania obejmują:

- przegląd dokumentacji eksploatacyjnej i konstrukcyjnej urządzenia
- wstępne oględziny konstrukcji nośnej suwnicy (ocenę wizualną) np. stan połączeń rozłącznych, korozja, pęknięcia
- pomiary np. grubości elementów nośnych w miejscach występowania korozji lub odkształceń i odchyłek geometrii od wartości nominalnych
- **badania nieniszczące (NDT).**

Przegląd specjalny suwnicy po osiągnięciu resursu jest to kompleksowa ocena jej stanu technicznego przeprowadzana zgodnie z wymaganiami Urzędu Dozoru Technicznego (UDT) oraz normami europejskimi. Można tu wymienić m.in. serię norm PN-EN 13001 oraz normę PN-EN ISO 9927-1. Celem przeglądu jest określenie, czy suwnica może nadal być eksploatowana, czy wymaga modernizacji, naprawy lub wycofania z użytku.

ELEMENTY URZĄDZENIA PODLEGAJĄCE BADANIU

OBSZAR BADANIA	METODY OCENY	ZAKRES BADANIA
Dokumentacja techniczna	Analiza historii eksploatacji	Sprawdzenie liczby cykli pracy, remontów, napraw
Stan konstrukcji nośnej	VT, UT, AE	Ocena zmęczeniowa, wykrywanie pęknięć i deformacji (odkształceń)
Połączenia spawane	MT, PT, UT	Wykrywanie pęknięć
Mechanizmy napędowe wałów	AE, ET	Diagnostyka kół jezdnych, przekładni
Układ podnoszenia	VT, MT/PT	Ocena stanu liny, haków, łożysk, bębnow
Systemy elektryczne i sterownicze	Przegląd elektryczny	Pomiar izolacji, stan układów sterowania

BADANIA SPECJALNE W MYŚL USTAWY O DOZORZE TECHNICZNYM

Zakres, metody badawcze oraz kryteria akceptacji badań specjalnych są uzgadniane z UDT.

Zgodnie z art. 14 ust. 2 pkt 4 ustawy o dozorcze technicznym [3] w celu oceny stanu technicznego urządzenia należy wykonać badania specjalne. Są to dodatkowe metody oceny stanu technicznego urządzeń podlegających dozorowi technicznemu. Stosowane są, gdy standardowe badania (np. wizualne) są niewystarczające do oceny bezpieczeństwa urządzenia.

Organ właściwej jednostki dozoru technicznego, przed wydaniem decyzji zezwalającej na eksploatację urządzenia technicznego objętego dozorem technicznym, przeprowadza badania i wykonuje czynności sprawdzające (wg art. 13 ust. 1) oraz m.in. przeprowadza badanie specjalne ustalone w dokumentacji projektowej urządzenia lub w technicznie uzasadnionych przypadkach, na żądanie UDT.

METODY BADAŃ MATERIAŁOWYCH

Ustawa i przepisy wykonawcze przewidują różne metody badań specjalnych, w tym te wymienione niżej.

Badania nieniszczące (NDT – non-destructive testing)

- emisja akustyczna (EA) – wykrywanie aktywnych defektów w czasie rzeczywistym
- badania ultradźwiękowe (UT) – wykrywanie wad wewnętrznych materiału
- radiografia przemysłowa (RT) – analiza struktury za pomocą promieni rentgenowskich lub gamma
- magnetyczne-proszkowe (MT) – wykrywanie pęknięć na powierzchni i w pobliżu powierzchni elementów ferromagnetycznych
- badania penetracyjne (PT) – wykrywanie nieciągłości powierzchniowych
- prądy wirowe (ET) – stosowane głównie do badania przewodzących materiałów, np. rur wymienników ciepła.

Zastosowanie mogą mieć również inne metody badawcze, takie jak badania niszczące np. próby wytrzymałościowe, udernościowe lub obserwacje mikroskopowe. Wykorzystywane

Badania specjalne są wymagane przez UDT w wielu obszarach:

- weryfikacja stanu technicznego urządzeń ciśnieniowych (np. zbiorników, rurociągów)
- diagnostyka konstrukcji nośnych dźwigów, suwnic, podestów ruchomych
- zapewnienie bezpieczeństwa instalacji przemysłowych w energetyce, chemii, rafineriach.

Zakres oraz częstotliwość badań specjalnych określone są na podstawie przepisów technicznych, norm oraz oceny i decyzji wydanych przez UDT

są też inne rodzaje diagnostyki w warunkach rzeczywistej pracy urządzenia, m.in. pomiar drgań, hałasu, naprężeń, spektrometria (analiza składu chemicznego) lub pomiary twardości.

Procedura badania specjalnego

W trakcie badania specjalnego prowadzone są szerzej rozumiane czynności niż samo prowadzenie, testu badawczego:

- analiza dokumentacji technicznej i eksploatacyjnej
- przegląd wizualny konstrukcji i mechanizmów suwnicy
- wykonanie badań nieniszczących (NDT) krytycznych elementów konstrukcji
- ocena stopnia zużycia i zmęczenia materiału
- określenie dalszej przydatności do eksploatacji
- sporządzenie raportu z zaleceniami dotyczącymi naprawy, modernizacji lub wymiany elementów

Wyniki badania i decyzje eksploatacyjne

Na podstawie badań specjalnych mogą zostać podjęte różne decyzje w zależności od oceny i analizy wyników tych badań:

- dopuszczenie do dalszej eksploatacji, jeśli suwnica jest w dobrym stanie technicznym
- ograniczenie parametrów pracy, np. zmniejszenie dopuszczalnego udźwigu lub liczby cykli pracy
- remont kapitalny, tj. konieczność naprawy lub wymiany kluczowych elementów (np. dźwigarów, mechanizmów napędowych)
- wycofanie suwnicy z eksploatacji, jeśli dalsza praca stwarza zagrożenie

PROCES OCENY STANU TECHNICZNEGO

Ocena stanu technicznego suwnic polega na systematycznym przeprowadzaniu badań nieniszczących, które pozwalają na dokładne określenie aktualnego stanu elementów konstrukcji, ich wytrzymałości oraz poziomu zużycia eksploatacyjnego. Ważnym aspektem jest ustalenie częstotliwości przeprowadzania badań, która zależy od intensywności eksploatacji np. wykorzystywania urządzenia w procesie produkcyjnym lub remontowym.

Podczas badań suwnic należy uwzględnić wiele czynników i składowych.

- rodzaj urządzenia oraz jego przeznaczenie (np. suwnica ogólnego przeznaczenia/specjalna, produkcyjna/remontowa)
- wiek urządzenia i historia eksploatacji
- rodzaj i intensywność obciążeń eksploatacyjnych
- warunki pracy (temperatura, wilgotność, obecność substancji chemicznych itp.)
- wykonanie wcześniej przeprowadzonych napraw (ich wielokrotność i powtarzalność w danych obszarach) i modernizacji.

Badanie specjalne suwnicy po osiągnięciu rezerwu jest kluczowe dla oceny bezpieczeństwa i dalszej eksploatacji urządzenia. Wykorzystanie metod NDT (VT, UT, MT, PT, AE) pozwala na wykrycie zmęczeniowych uszkodzeń i jest ważne dla podejmowania decyzji o naprawie, modernizacji lub wycofaniu suwnicy z eksploatacji.

BADANIA NIENISZCZĄCE JAKO ISTOTNY ELEMENT OCENY STANU TECHNICZNEGO SUWNIC

Badania nieniszczące to zbiór metod badawczych, które umożliwiają ocenę stanu technicznego materiałów, struktur i urządzeń bez ich uszkodzania i pobierania próbek. Badania te pozwalają na identyfikację wad materiałowych, uszkodzeń mechanicznych oraz ocenę struktury wewnętrznej elementów UTB. Metody nieniszczące są klasyfikowane na różne sposoby w zależności od celu i zakresu ich zastosowania i specyfiki prowadzenia badania. Poniżej wymienione zostały najczęściej stosowane metody badań nieniszczących w kontekście ich zastosowania do oceny stanu technicznego urządzeń transportu bliskiego, w tym suwnic. Jednym ze sposobów podziału metod NDT jest ich pogrupowanie na metody powierzchniowe i objętościowe [4, 8].

METODY POWIERZCHNIOWE	METODY OBJĘTOŚCIOWE
<p>Służą do wykrywania nieciągłości, wad lub defektów zlokalizowanych na powierzchni lub tuż pod powierzchnią (MT) materiału.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Badania wizualne (VT) To podstawowa oraz bardzo ważna metoda, która pozwala na ocenę powierzchni urządzenia, sprawdzenie obecności rys, wgnieceń, odkształceń trwałych, pęknięć, korozji oraz innych uszkodzeń widocznych gołym okiem. Badanie można prowadzić bezpośrednio, np. za pomocą nieuzbrojonego oka. Może być również prowadzone pośrednio, np. za pomocą wideoendoskopu. • Badania magnetyczne-proszkowe (MT) Stosowane są głównie do wykrywania powierzchniowych pęknięć w materiałach ferromagnetycznych. Metoda polega na wzbudzeniu pola magnetycznego w materiale i badaniu zmian w polu magnetycznym spowodowanych obecnością wad. Pozwala na wykrywanie powierzchniowych nieciągłości materiału i stosunkowo dużych, położonych blisko powierzchni wad podpowierzchniowych. Badania MT zasadniczo powinny być prowadzone na powierzchniach pozbawionych powłok. • Badanie penetracyjne (PT) Metoda ta stosowana jest do wykrywania wad powierzchniowych otwartych, takich jak pęknięcia i zawalcowania, niespawy w materiałach nieporowatych. Polega na nanoszeniu cieczy penetracyjnej, która wnika w mikropęknięcia a następnie jest wydobyta po naniesieniu wywoływacza. Metoda ta opiera się na zjawisku włoskowatości, a więc na wnikanii cieczy do wąskich i trudno dostępnych obszarów i wypełnianiu ich. 	<p>Pozwalają wykryć uszkodzenia wewnątrz materiału, które nie są widoczne lub do wykrycia na powierzchni elementu.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ultradźwiękowe badania nieniszczące (UT) Umożliwiają wykrywanie pęknięć, wad materiałowych oraz zmniejszonej grubości ścianek elementów konstrukcji. Polegają na wysyłaniu fal ultradźwiękowych przez materiał i analizie odbić tych fal. Zależnie od stosowanych rodzajów fal pozwalają na wykrywanie przede wszystkim wewnętrznych, ale także powierzchniowych i podpowierzchniowych nieciągłości obiektów. Metoda ta pozwala wykryć najniebezpieczniejsze nieciągłości płaskie i wąskoszczelinowe. • Badania radiograficzne (RT) Polegają na prześwietlaniu (przenikaniu) badanego elementu promieniami rentgenowskimi (X) lub gamma (γ) i analizie obrazu radiograficznego. Podczas badania wykonuje się radiogramy badanego obiektu i opisuje zaobserwowane niezgodności powstałe w wyniku napotkania przez fale przeszkód w materiale. Do badań stosuje się zazwyczaj lampy rentgenowskie. Zapis natężenia promieniowania następuje w błonie rentgenowskiej w postaci tzw. obrazu utajonego lub na matrycy detektora półprzewodnikowego (radiografia cyfrowa). Nieciągłości lub wady w obiekcie mają zwykle mniejszą gęstość od badanego materiału i ujawniają się na radiogramach w postaci ciemnych plam, linii itp. Metoda RT ma ograniczone możliwości wykrywania wad płaskich – dla wykrycia ważna jest orientacja wad w kierunku wiązki. • Badania emisją akustyczną (AE) Ta technika diagnostyczna wykorzystywana jest do wykrywania uszkodzeń i pęknięć poprzez generowanie fal akustycznych w materiale, które są wynikiem mikroskalowych zmian w strukturze materiału. Następnie analizie poddawane są dźwięki (fale) emitowane przez elementy konstrukcji podczas obciążenia. Sygnały generowane mogą być przez powierzchniowe i wewnętrzne wady w konstrukcji. Istotna jest możliwość wykonywania badań w trakcie eksploatacji urządzeń. Metoda AE umożliwia wykrycie źródeł emisji najczęściej w postaci nieciągłości płaskich – pęknięć i ubytków korozyjnych.
<p>Podział metod na powierzchniowe i objętościowe jest niezwykle pomocny przy doborze odpowiedniej techniki w zależności od badanych materiałów oraz rodzaju spodziewanych i poszukiwanych defektów, wad lub uszkodzeń. Wybór metody zależy od rodzaju materiału, charakterystyki możliwych wad oraz wymagań dotyczących dokładności badań. Często stosuje się kombinację metod w celu uzyskania pełniejszego obrazu stanu badanego elementu.</p> <p>Celem tych badań jest zapewnienie wieloletniej pracy konstrukcji, bezpiecznej jej eksploatacji, a także zminimalizowania do minimum ryzyka uszkodzeń i awarii.</p>	

Z uwagi na charakter wykrywanych nieciągłości, metody badań nieniszczących (NDT) można podzielić na:

- a) metody powierzchniowe – pozwalające na wykrywanie nieciągłości występujących na powierzchni materiału,
- b) metody objętościowe – pozwalające na wykrywanie nieciągłości występujących wewnątrz materiału.

W ramach metod powierzchniowych możemy wyróżnić:

- a) badania wizualne,
- b) badania penetracyjne,
- c) badania magnetyczne-proszkowe,
- d) badania wiroprądowe

W ramach metod objętościowych możemy wyróżnić:

- a) badania radiograficzne,
- b) badania ultradźwiękowe,
- c) badania emisją akustyczną.

ZALETY BADAŃ NIENISZCZĄCYCH

BADANIA NDT METODAMI POWIERZCHNIOWYMI ODGRYWAJĄ KLUCZOWĄ ROLĘ W OCENIE STANU TECHNICZNEGO SUWNIC.

- **Bezpieczeństwo i niezawodność**

Wczesne wykrywanie pęknięć, nieciągłości i innych defektów pozwala na zapobieganie awariom oraz w sposób znaczący zwiększa bezpieczeństwo pracy suwnicy.

- **Nieinwazyjność**

Badania powierzchniowe nie wymagają demontażu elementów konstrukcji, co minimalizuje przestoje i obniża koszty utrzymania.

- **Wysoka skuteczność w wykrywaniu wad powierzchniowych**

Metody takie jak penetracyjna (PT) i magnetyczna-proszkowa (MT) doskonale identyfikują pęknięcia, rysy oraz inne nieciągłości na powierzchni metalowych komponentów suwnic.

- **Szybkość i łatwość wykonania**

Metody powierzchniowe są relatywnie szybkie i mogą być stosowane bez skomplikowanego sprzętu, co przyspiesza proces diagnostyki.

- **Niski koszt w porównaniu do metod objętościowych**

Badania PT i MT są tańsze w porównaniu do np. ultradźwiękowych (UT) czy radiograficznych (RT), a jednocześnie skuteczne dla wykrywania pęknięć na powierzchni.

- **Możliwość stosowania w różnych warunkach**

Niektóre techniki (np. badania magnetyczne-proszkowe) mogą być stosowane nawet w trudnych warunkach przemysłowych, środowiskowych i na dużych wysokościach.

Powierzchniowe metody NDT są więc nieocenionym narzędziem w utrzymaniu bezpieczeństwa i sprawności suwnic, szczególnie w wykrywaniu wczesnych oznak zmęczenia materiału. Metody te posiadają jednak pewne ograniczenia i dla pełnej oceny stanu konstrukcji w uzasadnionych przypadkach, wymagane jest uzupełnienie ich badaniami objętościowymi.

BADANIA NDT METODAMI OBJĘTOŚCIOWYMI SĄ NIEZWYKLE WAŻNE W DIAGNOSTYCE SUWNIC, PONIEWAŻ POZWALAJĄ NA WYKRYWANIE WAD WEWNĘTRZNYCH, KTÓRE MOGĄ PROWADZIĆ DO POWAŻNYCH AWARII.

- **Wykrywanie wad wewnętrznych**

W przeciwieństwie do metod powierzchniowych, techniki objętościowe pozwalają na identyfikację pęknięć, pustek, wtrąceń czy nieciągłości znajdujących się wewnątrz materiału.

- **Zwiększenie bezpieczeństwa eksploatacji**

Wykrycie wewnętrznych defektów które mogą prowadzić do awarii, pozwala na zapobieganie wypadkom i utrzymanie suwnicy w dobrym stanie technicznym.

- **Ocena integralności strukturalnej elementów nośnych**

Badania objętościowe umożliwiają kontrolę kluczowych komponentów suwnicy, takich jak dźwigary, czołownice, wózki jezdne i elementy spawane, zapewniając ich odpowiednią wytrzymałość.

- **Możliwość kontroli grubości i stopnia zużycia materiału**

Metody takie jak ultradźwiękowe (UT) pozwalają na pomiar grubości ścianek, co jest szczególnie istotne w ocenie korozji i zużycia materiałowego.

- **Precyzyjna lokalizacja i charakterystyka defektów**

Nowoczesne techniki, np. radiografia cyfrowa lub badania ultradźwiękowe metodą Phased Array (PAUT), umożliwiają dokładne określenie położenia i rozmiaru wady.

- **Możliwość kontroli elementów o dużych gabarytach**

Metody objętościowe są stosowane do badania dużych i masywnych konstrukcji, takich jak dźwigary suwnicy, które nie mogą być łatwo demontowane.

- **Zastosowanie w różnych fazach eksploatacji**

Badania objętościowe mogą być wykorzystywane zarówno podczas produkcji, jak i w trakcie eksploatacji czy remontów, zapewniając długą żywotność urządzenia.

Najczęściej stosowane metody objętościowe w badaniach suwnic to badania ultradźwiękowe (UT, PAUT, TOFD), które są skuteczne w wykrywaniu pęknięć, nieciągłości i pomiarze grubości materiału. Popularną metodą jest również radiografia przemysłowa (RT), która pozwala na wizualizację wewnętrznych wad, ale wymaga specjalnych warunków bezpieczeństwa. Badania objętościowe NDT są więc nieocenione w utrzymaniu niezawodności suwnic, pozwalając na dokładną analizę stanu konstrukcji i zapobieganie kosztownym awariom.

KORZYŚCI WYNIKAJĄCE Z BADAŃ NIENISZCZĄCYCH

- **WCZESNE WYKRYWANIE WAD I USZKODZEŃ**

Dzięki badaniom nieniszczącym możliwe jest wykrycie uszkodzeń konstrukcji na wczesnym etapie, zanim dojdzie do poważnej awarii.

- **BEZPIECZEŃSTWO EKSPLOATACJI**

Systematyczne badania zapewniają, że urządzenia transportu bliskiego nie stanowią zagrożenia dla operatorów, pracowników i osób postronnych.

- **OSZCZĘDNOŚCI**

Dzięki wczesnemu wykrywaniu wad można uniknąć kosztownych napraw i przestoju związanych z awarią urządzeń.

- **DŁUGOŚĆ EKSPLOATACJI**

Regularne monitorowanie stanu technicznego za pomocą badań nieniszczących pozwala na optymalizację użytkowania urządzeń i znaczne wydłużenie ich eksploatacji.

PRZYKŁADY WAD I USZKODZEŃ SUWNIC WYKRYTYCH METODAMI NDT



Rys. 1. Pęknięcie konstrukcji dźwigara



Rys. 2. Pęknięcie górnego pasa dźwigara



Rys. 3. Pęknięcie konstrukcji czołownicy



Rys. 4. Pęknięcie konstrukcji czołownicy

WYMAGANIA STAWIANE PERSONELOWI WYKONUJĄCEMU BADANIA NDT

Biorąc pod uwagę odpowiedzialność oraz złożoność konstrukcji urządzeń transportu bliskiego, w tym m.in. suwnic, oczywiste są wysokie wymagania stawiane personelowi NDT. Oprócz wysokich kompetencji personelu w każdej z wymienionych i stosowanych metod, biegłości i rzetelności, bardzo istotna jest znajomość specyfiki budowy, charakteru pracy, intensywności oraz oddziałujących na konstrukcję obciążeń.

Wymagania stawiane personelowi NDT

Ocena stanu technicznego suwnicy powinna być wykonywana przez odpowiednio kwalifikowane osoby. Wpływa to m.in. na wiarygodność wyników badań NDT. Badania urządzeń objętych dozorem technicznym powinny być wykonywane przez personel kwalifikowany i certyfikowany zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 9712 „Badania nieniszczące. Kwalifikacja i certyfikacja personelu badań nieniszczących” [7]. Norma ta jest międzynarodowym standardem stosowanym w wielu branżach, takich jak przemysł lotniczy, budownictwo, energetyka i motoryzacja. Zapewnia ona wysoki poziom kompetencji specjalistów NDT, co przekłada się na bezpieczeństwo i jakość w wykonywanych badaniach. W poszczególnych krajach mogą obowiązywać dodatkowe regulacje w tym zakresie.

ZAKRES NORMY PN-EN ISO 9712

- Poziomy kwalifikacji NDT
- Wymagania dotyczące egzaminów certyfikacyjnych
- Procesy recertyfikacji i nadzoru

Stopnie kwalifikacji personelu NDT

Proces certyfikacji zgodnie z PN-EN ISO 9712

1. STOPIEŃ

Może przeprowadzać badania zgodnie z ustalonymi procedurami. Nie ma uprawnień do interpretacji wyników.

Musi działać pod nadzorem personelu drugiego lub trzeciego stopnia. Jest odpowiedzialny za obsługę sprzętu i zbieranie danych.

2. STOPIEŃ

Może samodzielnie wykonywać badania oraz interpretować i oceniać wyniki.

Może opracowywać procedury badań.

Odpowiada za szkolenie i nadzorowanie personelu 1. stopnia.

Ma uprawnienia do zatwierdzania raportów z badań.

3. STOPIEŃ

Najwyższy poziom kwalifikacji.

Może opracowywać i zatwierdzać procedury badań NDT.

Ma uprawnienia do certyfikowania personelu NDT.

Może oceniać i zatwierdzać wyniki badań.

Posiada szeroką wiedzę z zakresu fizyki metod NDT i ich zastosowań.

Aby uzyskać certyfikat NDT, kandydat musi przejść, mieć zweryfikowane i potwierdzone następujące etapy:

- szkolenie teoretyczne i praktyczne
- (liczba godzin zależy od metody i poziomu kwalifikacji (np. UT 2. stopnia: wymagane ok. 120h szkolenia),
- doświadczenie praktyczne,
- wymagana liczba godzin pracy pod nadzorem przed przystąpieniem do egzaminu.

Przykład wymagań – badania ultradźwiękowe

1. stopień: 210 godzin praktyki,
2. stopień: 630 godzin praktyki.

Egzamin kwalifikacyjny

Składa się z części teoretycznej i praktycznej. Obejmuje m.in. znajomość norm, obsługę sprzętu i analizę wyników.

Certyfikacja

Po pozytywnym zaliczeniu egzaminu kandydat otrzymuje certyfikat ważny przez pięć lat.

Recertyfikacja

Po pięciu latach konieczne jest potwierdzenie kompetencji (np. przez ponowny egzamin lub dokumentację doświadczenia zawodowego). Co dziesięć lat wymagany jest pełny egzamin recertyfikacyjny.

Personel prowadzący badania NDT suwnic powinien posiadać niezbędne doświadczenie związane z zasadami pracy urządzeń transportu bliskiego, w tym znajomości konstrukcji, technologii wytwarzania oraz użytych materiałów. Wskazana jest znajomość przepisów i norm dotyczących UTB. Ponadto członkowie personelu powinni wykazać się umiejętnością sporządzania szczegółowych raportów z wykonywanych badań stanowiących podstawę oceny stanu UTB.

Nieodzowna jest umiejętność analizy wyników badań i formułowania wniosków dotyczących stanu konstrukcji. Personel NDT musi przestrzegać zasad BHP obowiązujących w bezpośrednim sąsiedztwie UTB. Oceniający stan konstrukcji muszą posiadać nie tylko odpowiednie kwalifikacje i doświadczenie zawodowe, ale i odpowiednio wiedzę o normach, bezpieczeństwie pracy, metodach badawczych oraz samych suwnicach.

Kompetentny, certyfikowany i doświadczony personel zapewni, że badania zostaną przeprowadzone zgodnie z najwyższymi standardami, co zminimalizuje ryzyko błędów i potencjalnych wypadków lub nieszczęśliwych zdarzeń. Eksploatujący mogą minimalizować ryzyko przestojów i awarii wynikających z niezauważonych wad materiałowych lub konstrukcyjnych.

NDT DLA BEZPIECZEŃSTWA SUWNIC

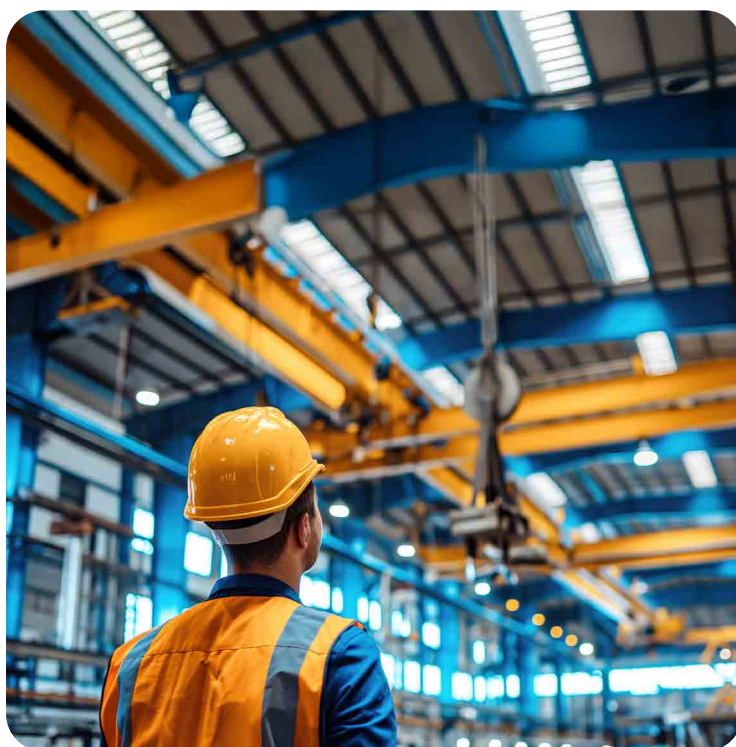
Badania nieniszczące stanowią kluczowy element w ocenie stanu technicznego urządzeń transportu bliskiego. Służą do wykrywania nieciągłości materiałowych, oceny właściwości materiałów i pomiarów wymiarów obiektów bez powodowania zmian ich właściwości użytkowych.

Badania nieniszczące dotyczą urządzeń, które podlegają ocenie stanu technicznego po osiągnięciu resursu przez urządzenie (konstrukcję nośną). Dzięki przeprowadzeniu tych badań możliwe jest skontrolowanie całego, wyznaczonego przez osobę kompetentną obszaru będącego przedmiotem weryfikacji. Dzięki nim możliwe jest skuteczne i wczesne wykrywanie uszkodzeń, co znacząco przyczynia się do zwiększenia bezpieczeństwa eksploatacji tych urządzeń. Wprowadzenie analizy wyników badań nieniszczących w procesie konserwacji UTB ma na celu nie tylko działania prewencyjne, ale także obniżenie kosztów eksploatacyjnych w efekcie końcowym.

Opracowanie nie wyczerpuje wszystkich zagadnień związanych z wykonywaniem badań NDT urządzeń transportu bliskiego, a jedynie sygnalizuje ten obszar szczególnie w odniesieniu do badań specjalnych suwnic. W skrócie omówiliśmy:

- określenie zakresu badań z uwzględnieniem specyfiki dla poszczególnych rodzajów urządzeń,
- właściwy dobór metody z uwzględnieniem zakresu, konstrukcji i warunków środowiskowych w jakich pracuje dane urządzenie,
- postępowanie z urządzeniami naprawianymi.

Każdy rodzaj urządzeń wymaga szczegółowego omówienia oraz odpowiedniego doboru postępowania i badań.



Literatura:

1. R. Prasula „Bezpieczna eksploatacja suwnic – warunki techniczne” magazyn UDT „Inspektor – Technika i bezpieczeństwo” numery 4/2021 <https://www.udt.gov.pl/inspektor-on-line> [dostęp: 3.2025]
2. Rozporządzenie Ministra Przemysłu, Handlu i Gospodarki Krajowej z dnia 30 października 2018 r. w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego w zakresie eksploatacji, napraw i modernizacji urządzeń transportu bliskiego (Dz.U. 2018 poz. 2176) <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20180002176> [dostęp: 3.2025]
3. Ustawa o dozorcze technicznym (Dz.U. z 2022 r. poz. 1514 z późn. zm.) <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20220001514> [dostęp: 3.2025]
4. T. Borth, A. Baranowski, W. Czapla, P. Rajewski, K. Dębski, Z. Pilarz „Kompleksowe Bezpieczeństwo Ustrojów Nośnych Urządzeń Transportu Bliskiego Resurs” Przewodnik UDT, Wydanie 2022 r. https://www.udt.gov.pl/images/RESURS_WCAG.pdf [dostęp: 3.2025]
5. Ocena stanu technicznego ustrojów nośnych suwnic, wydanie 2, 2021, https://www.udt.gov.pl/images/Ocena_stanu_techicznego_ustroj%C3%B3w_no%C5%9Bnych_suwnic_2021.pdf [dostęp: 3.2025]
6. Wytyczne UDT dotyczące eksploatacji urządzeń transportu bliskiego, wydanie 3, luty 2022 https://www.udt.gov.pl/images/Wytyczne_UDT_dotyczace_eksploatacji_UTB_wydanie_3_09_Luty_2022.pdf [dostęp: 3.2025]
7. Norma PN-EN ISO 9712:2022-09 Badania Nieniszczące. Kwalifikacja i Certyfikacja Personelu Badań Nieniszczących
8. A. Lewińska – Romicka „Badania nieniszczące. Podstawy defektoskopii” WNT Warszawa 2001
9. EN 15011:2020. Dźwignice - Suwnice pomostowe i bramowe.
10. Badania NDT wykorzystywane w ocenie stanu technicznego ustrojów nośnych UTB, magazyn UDT „Inspektor – Technika i bezpieczeństwo” numery 1/2021 ÷ 1/2022 <https://www.udt.gov.pl/inspektor-on-line> [dostęp: 3.2025]

KOORDYNACJA MERYTORYCZNA ARTYKUŁU:

MGR INŻ. PAWEŁ RAJEWSKI
Kierownik Wydziału Urządzeń Technicznych
Departament Techniki
Urząd Dozoru Technicznego

MGR INŻ. ROBERT CHUDZIK
Główny Specjalista ds. Rozwoju Badań Laboratoryjnych
Wydział Badań Materiałowych i Ekspertyz
Centralne Laboratorium Dozoru Technicznego
Urząd Dozoru Technicznego