

Wybrane problemy przebudowy lub wymiany masztów antenowych. Studium wybranych przypadków

Mgr inż. Piotr Szymon Koczwar, rzeczoznawca budowlany, Gorzów Wlkp.

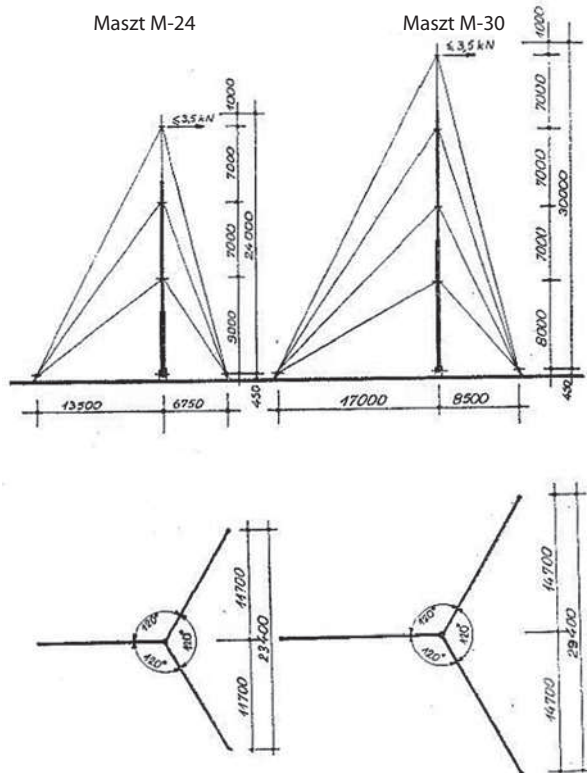
1. Wprowadzenie

Zmiany systemów łączności służb OST112 (Ogólnopolska Sieć Teleinformatyczna dla obsługi numeru alarmowego 112) lub TETRA (TERrestrial TRunked RAdio) w ostatnich latach pociągają za sobą konieczność zmiany, wymiany lub rozbudowy (powiększenia) instalacji antenowych zakończonych różnymi pod względem wymiarów urządzeniami antenowymi. Urządzenia antenowe – nazywane po prostu antenami – mając powierzchnie oporu dla działania wiatru, zwiększają oddziaływanie wiatru na konstrukcje masztów antenowych. Masztem w świetle zasad wiedzy technicznej [10] wymienionej w art. 5 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane jest budowla o konstrukcji kratowej albo pełnościennej walcowej, stabilizowana odciągami zakotwionymi w podłożu lub stałej konstrukcji. Wieżą jest budowla wspornikowa o konstrukcji kratowej albo słup pełnościenny o przekroju kołowym lub wielobocznym. W artykule przedstawiono, w oparciu o doświadczenia autora, wybrane problemy przebudowy

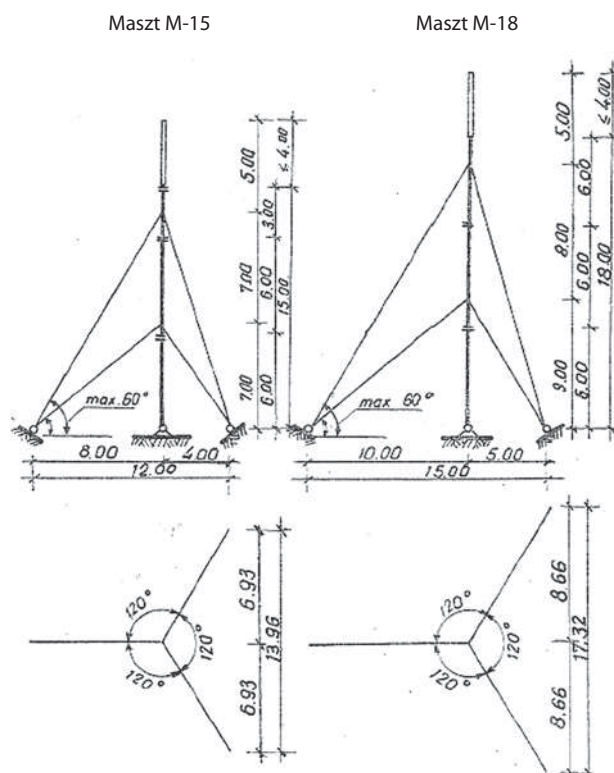
i „przywracania do życia” niewielkich masztów dla łączności policji, PSP (Państwowej Straży Pożarnej) i SRM (Stacji Ratownictwa Medycznego) zainstalowanych na budynkach lub budowlach w okresie wprowadzenia w ostatnich latach systemów łączności OST112 lub TETRA.

2. Przegląd okresów budowy masztów na obiektach budowlanych

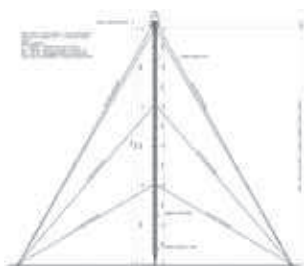
Maszy na budynkach w zakresie rozwiązań trzonów rurowych stalowych z odciągami linowymi stosowano od początku istnienia łączności radiowej. Dla łączności służb na budynkach osadzano maszty antenowe. Od początku lat siedemdziesiątych XX w. rozpoczęto wykorzystywać maszty antenowe wykonywane według projektów typowych opracowanych przez Biuro Studiów i Projektów Łączności z Warszawy. Powstał tam szereg projektów typowych na dachy płaskie nowych budynków o wysokości 6, 9, 12, 15 i 18 m przeznaczonych do instalowania anten stacji radiotelefonicznych UKF. Ponadto wspomniane



Rys. 1. Przykłady masztów naziemnych M-24 i M-30 o wysokości odpowiednio 24 i 30 nad terenem; siła pionowa z trzonu 35,00 kN ($\varnothing 133 \times 10$ mm); siła wypadkowa na kotew odciążu 31,00 kN ($\varnothing 20$ mm); odciąż: lina 13-T6 \times 19+Ao 17,30 kN, lina 11-T6 \times 19+Ao 5,6 kN, lina 19-T6 \times 19+Ao 4,6 kN



Rys. 2. Przykłady masztów dachowych M-15 i M-18 o wysokości odpowiednio 15 i 18 m; siła pionowa z trzonu 19,80 kN ($\varnothing 108 \times 8$ mm); siła wypadkowa na kotew odciążu 17,00 kN ($\varnothing 18$ mm)



Rys. 3. Przykład masztu o trzonie aluminiowym o wysokości 24 m i linach stalowych $\varnothing=4$ mm M400-24 (©BRI Scantel)



Rys. 4. Przykład masztu o trzonie aluminiowym o wysokości 16 m i linach stalowych $\varnothing=3$ mm firmy P.W.K POLBIT (fot. archiwum autora)

BSiPŁ opracowało projekty typowe dla masztów naziemnych o wysokości 12, 18, 24, 30 m. Wszystkie projekty masztów antenowych zaprojektowano dla 3 kierunków kotwienia. Projekty typowe masztów antenowych dachowych doczekały się nowelizacji w roku 1979, a projekty typowe masztów antenowych naziemnych doczekały się nowelizacji w roku 1980. Produkcja masztów dachowych oraz naziemnych nie miała charakteru przemysłowego (długie serie w wytwórni konstrukcji stalowych) i odbywała się w warsztatach ślusarskich oraz zakładach produkcji pomocniczej przedsiębiorstw budowlanych. Montaż masztów wykonywano za pomocą obrotu trzonu rurowego na dachu budynku na specjalnej podstawie z masztem montażowym roboczym ze sworzniami M24 i M30. Po 1975 r. przy nowym podziale administracyjnym kraju nastąpił żywiołowy rozwój osadzania masztów na budynkach urzędów wojewódzkich i budynkach urzędów gminnych dla telekonferencji wojewodów z naczelnikami gmin i miast. Maszty antenowe z tego okresu projektowane były zarówno przez specjalistyczne centralne biura projektów oraz nowo powstałe wojewódzkie biura projektów. Projekty techniczne wojewódzkich biur projektów opierały się na wzorach biur specjalistycznych. Na dachach stromych powstawały wtedy często maszty o 4 kierunkach kotwienia odciągów. Do usztywnienia trzonów rurowych stosowano drewniane więźby dachowe oraz wysuwane wsporniki stalowe lub wsporniki kotwione do murów ścian budynków. Po roku 2000 zaczęły pojawiać się maszty o trzonach kratowych aluminiowych oraz odciągach linowych stalowych. Potem po roku 2010 maszty te zaczęto masowo stosować przy tworzeniu sieci radioliniowych internetu. Maszty te nie znajdują szerokiego zastosowania w łączności służb. Najczęściej stosowane są przez PSP i SRM. Najrzadziej są stosowane przez policję. Sytuacja taka zdaniem autora może wynikać z posiadania przez policję profesjonalnych służb łączności, przy ich braku w PSP oraz SRM. Zauważa się ograniczenia konstrukcji aluminiowych w zastosowaniu i użytkowaniu budowli masztowych w policji.

3. Charakterystyka wad masztów o trzonach rurowych stalowych i oznaki ich zużycia

Maszty antenowe o trzonach rurowych montowane są najczęściej z kilku segmentów na połączenia kołnierzone z żebrami lub bez żeber. Odciąg linowe wykonywane są z lin stalowych.

Dla małej wysokości masztów (do 30 m) stosuje się liny stalowe tzw. miękkie o małym module sprężystości E_0 np. liny 6×19M-NFC, które są giętkie i dobrze można je zawijać na kauszach o małych promieniach. Liny 6×19M-NFC należą do lin splotowych wielozwitych. Dla masztów wysokich, nie osadzanych na budynkach, stosuje się liny twarde o małym wydłużeniu i dużej sztywności (większy moduł sprężystości liny E_0) np. liny 1×19M. Są to liny stalowe jednozwite. W doborze lin istotne jest właściwe odwzorowanie modułu sprężystości liny E_0 w obliczeniach statycznych, ze względu na wielkość sił wewnętrznych w ustroju masztowym. Miękkie liny wpływają na mniejsze wymiary przekroju trzonu, ale są mniej wytrzymałe. Przy ocenie elementów masztu istotnym jest ustalenie rodzaju liny i jej budowy, bo zdarza się, że oszczędność powoduje wybór lin twardych do niskich masztów, mimo małych promieni zagięcia lin w pętłach. Drgania wpływają na szybsze starzenie się liny, a zmiany temperatur wpływają na wyciąganie się lin. W kształtowaniu ustroju masztowego istotna jest lokalizacja napinacza odciążu linowego (śruby rzymskiej). Napinacz powinien być dostępny do regulacji odciągow (np. śruby rzymskie) należy stosować napinacze otwarte nie pozwalające na gromadzenie się wody w okresie niskich temperatur. Maszty antenowe po zapięciu górnych pętli lin oraz montażu konstrukcji wsporczych anten i drabiny wjazdowej z prowadnicą dla wózka asekuracji i bezpieczeństwa (np. drabina SOLL) osadza się na podstawie za pomocą dźwigu. Stare maszty antenowe, które obecnie znajdują się na dachach budynków służb, mają drabiny wjazdowe ze stopni spawanych do trzonu i nie mają systemów asekuracji i bezpieczeństwa. Sytuacja taka utrudnia eksploatację masztu antenowego przy poprawianiu dróg kablowych oraz dostępu do samych anten (po działaniu sił natury, tj. wiatru i oblodzenia, a także przy wymianie systemów antenowych na nowe). Każde doczepienie anteny lub kabla powoduje powiększenie oporu na wiatr oraz wzrost sił wewnętrznych w ustroju masztowym. Oznaki zużycia antenowych masztów można dostrzec zarówno na odciągach linowych, jak i trzonie rurowym. Na trzonie oznakami zużycia jest brak pionowego ustawienia (w miarę upływu czasu), wygięcia przęseł między poziomami odciągów i rdza lub jej początki. Najbardziej podatnymi miejscami na korozję są styki kołnierzone segmentów masztu. Brak pionowego położenia trzonu może być spowodowany brakiem napięcia odciągów linowych lub zbyt dużym napięciem odciągów, co może objawiać się wykrzywieniem trzonu. Widoczne wykrzywienie trzonu, jeśli nie jest sprężyste, czyli gdy po regulacji nie ustępuje, wskazuje na osiągnięcie przez stal granicy plastyczności. Oznakami zużycia odciągów linowych jest barwa wskazująca na rdzę (odcień koloru brązowego), przesunięcia kauszy w styku na podporze lub trzonie masztu, nierówny rozstaw zacisków kabłąkowych oraz brak przylegania lin w styku. O osłabieniu lin świadczą ponadto widoczne gołym okiem zerwane druty splotek lin, wyściśnięcie drutu i zmiany średnicy liny. Przesunięte i obrócone kausze pętli lin świadczą o przesuwie lin w styku. W jesienno-zimowej porze roku odciąg może stwarzać wrażenie napięcia, ale obrócone kausze wskazują na przesuw lin w pętłach (co zmienia napięcie lin i stabilizację podpór linowych) oraz

zmienia siły w trzonie masztu. Dodatkowym ważnym czynnikiem zużycia odciążu linowego jest jego rozciągnięcie, które zawsze powoduje wydłużenie odciążu. Luźny odciąg nie spełnia funkcji podpory linowej trzonu masztu, co powoduje większe naprężenia normalne w trzonie.

4. Charakterystyka wad masztów o trzonach kratowych aluminiowych i oznaki zużycia

Maszty antenowe z kratownic aluminiowych i lin stalowych są podatne na szybką korozję lin stalowych. Kontakt stali ze stopami aluminium przy działaniu opadów atmosferycznych powoduje powstanie ogniwa i szybką korozję stali. Stosowane w Polsce maszty aluminiowe nie mają rozwiązanych zabezpieczeń przed tym zjawiskiem. Zdarzało się, że po 5 latach eksploatacji napięte liny stalowe o małych przekrojach były na tyle mocno skorodowane, że wymagały wymiany. Oznakami zużycia trzonów masztów aluminiowych są odkształcenia geometrii trzonu. Stopy aluminium nie mają krzywej przejściowej w zakresie rozciągania i dlatego odkształcenia od razu mogą wskazywać na awarie trzonu. Jeżeli trzon kratowy masztu ma przekrój trójkątny i 4 kierunki odciążów linowych, to działanie wiatru powoduje skręcanie zmęczeniowe metalu ze stopów aluminium i niesygnalizowane pęknięcia. Przybliżony okres zmęczenia metalu można określić z wieku masztu. Stosowanie cienkich lin z oszczędności materiałowych nie pozwala na właściwy dobór zacisków kabłąkowych. Powoduje to brak należytego zakleszczenia lin i małe tarcie w pętli liny nie zapewniające zapięcia odciążu na podporze. Duże odległości zacisków nie zapewniają nośności pętli liny. Zaciski kabłąkowe powinny być rozstawione w odległości 1,5–3 t, gdzie „t” to szerokość szczęki zacisku. Przesuwany lin w styku na trzonie lub podporze masztu objawiają się obrotem lub przesunięciem szaki na podporze. Maszty aluminiowe o małych przekrojach trzonu nie mają drabin włączonych dla montażu i regulacji anten. Powoduje to konieczność korzystania z podnośników. Sytuacje naprężania lin przy cyklicznym działaniu wiatru powodują starzenie się lin od naciągania.

5. Wpływ awarii i katastrof masztów na sposoby przebudowy masztów antenowych

Biorąc po uwagę wcześniejsze doświadczenia wynikające z awarii i katastrof budowli masztowych na budynkach, należy przypomnieć kilka zdarzeń. Od 1986 r. roku na budynku Urzędu Wojewódzkiego w Gorzowie Wlkp. funkcjonował maszt anteny o wysokości 15 m. Maszt nadbudowano do wysokości 30,5 m bez zmiany średnic pierwotnego trzonu rurowego. Niedługo po nadbudowie w lipcu 1993 r., po zakończeniu pracy w piątek, jeden z pracowników urzędu zauważył wykrzywienie przęsła rurowych masztu. W sobotę nastąpiły silne opady deszczu i poprzedzające je porywy wiatru letniej burzy. Maszt uległ zawaleniu. Ekspertyza wykonana przez Politechnikę Poznańską wykazała ewidentny błąd projektowy obliczeń, w wyniku którego naprężenia w trzonie masztu w przęsle dolnym zostały przekroczone 12-krotnie ($N_{eff} = 12,62 \gg N_{Rc} = 1$).

Projektant nie zadbał o zwiększenie średnicy trzonu dolnego. Roboty wykonywane były na wysokości ok. 70 m nad terenem na dachu budynku na maszynie dźwigu. Stary maszt miał przęsło dolne z rury Rbs \varnothing 108 \times 8 mm, a wyższe z rury Rbs \varnothing 89 \times 5,6 ze stali gatunku R35. Odciążi wykonane były z lin o średnicy $\varnothing = 10$ mm z drutów o nominalnej wytrzymałości na rozciąganie 1570 MPa. Nowy maszt po katastrofie został wykonany o wysokości 30,5 m. Maszt ma segmenty o średnicy trzonu z rur Rbs159 \times 10 mm ze stali R35. Autor projektu nadbudowy nie wykonywał obliczeń statycznych programami dla zakresu statyki nieliniowej o przestrzennym ramowym modelu trzonu i ciągnowym modelu odciążów. Obliczenia wykonywał ręcznie według standardów zbliżonych do normy PN-B-0304:1979.

Innym zdarzeniem była katastrofa masztu antenowego typu NET.MASZTY na budynku o wysokości 2 kondygnacji, o trzonie aluminiowym kratowym o wysokości 30 m i odciążach linowych średnicy 3 mm w Izbicy Kujawskiej. Dane dotyczące tej katastrofy są skrzętnie ukrywane, nawet w Internecie, mimo śmierci 2 osób. Jedna osoba zginęła na miejscu, druga zmarła w szpitalu. W sieci są tylko 2 fotografie tej katastrofy. Można co najwyżej zidentyfikować trzon aluminiowy kratowy o boku do 500 mm. Zdarzenie miało miejsce 18.10.2010 r., w okresie bezpośrednio po zmianie definicji telekomunikacyjnych obiektów budowlanych ze względu na rozwój internetu [4]. Z uwagi na sygnały dotyczące błędów i nieprawidłowości przy projektowaniu i wykonywaniu tego typu budowli opisywane na konferencjach naukowo-technicznych, jak np. „Awarie budowlane” (2011, 2015) lub na łamach czasopisma „Inżynier budownictwa” (2016, 2017) albo na konferencji w Wałczu (2010, 2012), należałoby przyjrzeć się dokładniej masztom aluminiowym kratowym wznoszonym w tym okresie i później.

Innym przypadkiem była awaria masztu antenowego w czasie przebudowy na budynku jednej z komend Państwowej Straży Pożarnej. Na budynku o wysokości 3 kondygnacji znajdował się maszt antenowy rurowy stalowy o wysokości 16,5 m. Maszt zbudowany był z segmentów z rur stalowych o wymiarach przekrojów Rbs \varnothing 108 \times 6,3; Rbs \varnothing 88,9 \times 6,3; Rbs \varnothing 76 \times 6,3 mm ze stali R35. Maszt został wzniesiony w 1972 roku. Po przebudowie budynku w 2003 r. zmieniono odciążi linowe masztu na nowe o tej samej średnicy 8 mm (lina 6-T6 \times 19+Ao). Ze względu na wprowadzenie łączności służb OST 112 zaistniała konieczność umieszczenia na istniejącym maszcie antenowym PSP anteny kierunkowej VHLP1–38 (o średnicy 388 mm) ze wspornikiem ramiennym „L”. Istniejący maszt nie spełniał wymogów bezpieczeństwa, bo dla istniejących średnic trzonu masztu nośność jego była przekroczona. Wobec powyższego zmieniono schemat statyczny ustroju przez zwiększenie liczby przęsła masztu (tab. 1) oraz wprowadzono usztywnienia połączeń styków segmentów ze względu na zbyt cienkie blachy czołowe masztu (rys. 9). Jednak w czasie rektyfikacji masztu (pionowanie trzonu z naciąganiem wstępnym odciążów) trzon masztu uległ skrzywieniu od obrotu podstawy stalowej masztu na budynku w czasie złej pogody z opadami śniegu i spadkiem temperatury do -15°C. Zaistniała sytuacja awaryjna, braku stabilności trzonu masztu i znacznego wycięcia odciążów linowych przy montażu (przesunięcie liny



Rys. 5. Maszt o trzonie aluminiowym kratowym o wysokości 16 m; błędne napięcia lin i układu odciągów powodujących skrętną pulsację masztu przy działaniu wiatru (fot. archiwum autora)



Rys. 6. Maszt o trzonie stalowym rurowym o wysokości 16 m; maszt wyposażony w drabinkę SOLL; osadzenie masztu w miejscu masztu aluminiowego pokazanego na rysunku 5 (fot. archiwum autora)



Rys. 7. Przykład masztu o trzonie rurowym stalowym wysokości 29,5 m i linach stalowych $\varnothing=10$ mm; brak wypadku z ludźmi; straty na materiale; zdarzenie – lipiec 1993 r. (fot. archiwum autora)



Rys. 8. Przykład katastrofy masztu antenowego typu NET.MASZTY o trzonie aluminiowym wysokości 30 m i linach stalowych $\varnothing=3$ mm; zdarzenie 18.10.2010 r.; śmierć 2 osób (fot. www.woclawek.info.pl)

w odciążu środkowym – rysunek 10). Usunięto nieprawidłowości z udziałem autora tego artykułu.

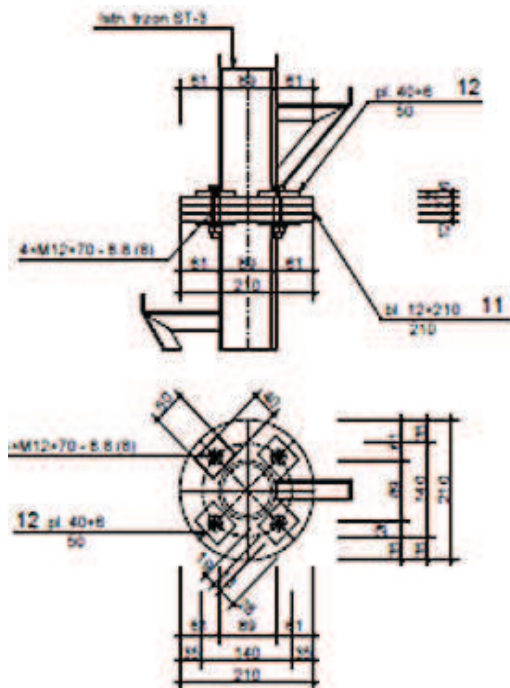
6. Przebudowy masztów antenowych do nowych celów użytkowych ze względu na zmiany systemów łączności służb w ostatnich latach

Przy wprowadzaniu w ostatnich latach systemów łączności OST 112 oraz TETRA zmieniają się instalacje antenowe z antenami. Dla odpowiedniego zasięgu anten potrzebne jest ich wyniesienie na odpowiednią wysokość. Służą do tego maszty antenowe i wieże antenowe, w tym maszty antenowe osadzone na budynkach. Dołożenie każdej anteny oraz kabla antenowego zwiększa powierzchnię oporu dla wiatru i zwiększa oddziaływanie wiatru na budowlę. Wymagane jest zatem sprawdzenie masztu ze względu na zmianę instalacji. Budynki policji, PSP, SRM, a także innych służb bezpieczeństwa publicznego wyposażone są w maszty antenowe od czasu ich budowy. Czasami jednak na tych budynkach osadza się nowe maszty antenowe zarówno o konstrukcji stalowej, jak i aluminiowej. Każda z tych konstrukcji ma swoje wady i zalety. Maszty antenowe aluminiowe kratowe na budynkach rozpowszechniły się razem z rozpowszechnieniem internetu. Są lekkie, jednak obecnie stosowane konstrukcje nie pozwalają na instalowanie na nich większej liczby anten. Wady tych masztów wynikają także z braku zgodnych z zasadami wiedzy projektów budowlanych i wykonawczych. Publikowane na konferencjach naukowo-technicznych referaty wskazują na wyjątkowe partactwo w tej dziedzinie [18], [20]. Jedyнным argumentem obrony „aluminiowej branży masztowej” sprzedającej komponenty masztów jest taniość i duża liczba masztów z tych komponentów powstałych. Jednak po bliższym przyjrzeniu się tym budowlom argument taniości upada ze względu na wymagane z zasadami wiedzy budowlanej

spełnienie wymogów nośności i stateczności konstrukcji, bezpieczeństwa użytkowania oraz trwałości z uwagi na zmęczenie i szybkość korozji lin stalowych odciągów. Tylko przekroje kratownic o większych wymiarach mają rozwiązania dla montażu drabin wjazdowych do obsługi anten i okablowania. Skoro są to konstrukcje tak dobre, to dlaczego nie stosują ich operatorzy telefonii komórkowej? Brak możliwości bezpiecznego wchodzenia na trzony kratowe bez asekuracji powoduje potrzebę stosowania podnośników. Brak stosowania podnośników daje skutki takie jak na rysunku 8. Trudno zatem mówić o możliwości wykorzystania konstrukcji przeznaczonej dla pojedynczych anten o niedużych wymiarach, bez poprawnej dokumentacji projektowej i dostosowania tych konstrukcji do nowych zadań. Wśród służb najmniej lekkich masztów aluminiowych o trzonach kratowych stosuje policja. Więcej masztów aluminiowych stosuje PSP, ale w systemach łączności PSP jest mniej anten. Zmiany systemów łączności dla wprowadzenia OST112, to najczęściej montaż na masztach antenowych anten kierunkowych z okablowaniem. Zmiany systemów łączności dla wprowadzenia systemu TETRA – to najczęściej montaż na masztach antenowych panelowych i dookólnych z okablowaniem dla różnych kombinacji. Anteny dla systemu TETRA dają większy opór na wiatr od anten dla systemu OST112. Przy przebudowach masztów stalowych należy w pierwszej kolejności odtworzyć dokumentację tych budowli, bo nie zawsze jest ona w posiadaniu właścicieli lub zarządców obiektów budowlanych. W świetle przepisów ustawy Prawo budowlane [1] maszty antenowe na budynkach są budowlami wymagającymi co najmniej zgłoszenia budowy do organu administracji budowlanej. Wcześniej budowa masztów antenowych na budynkach wymagała pozwolenia na budowę, bo wymienione były one jako telekomunikacyjne obiekty budowlane. Jednak należy zaznaczyć, że ze względu na zagrożenie bezpieczeństwa ludzi i mienia właściwy organ

Tabela 1. Tabela porównawcza nośności trzonu masztu antenowego przed przebudową masztu i po jego modernizacji

Trzon masztu 3-przęsłowego		Trzon masztu 4-przęsłowego	
Element masztu	Nośność dla stali R35	Element masztu	Nośność dla stali R35
SGN		SGN	
Segment ST-1	$N_{eff} = 1,51 > N_{Rc} = 1$	Segment ST-1	$N_{eff} = 0,67 < N_{Rc} = 1$
Segment ST-2	$N_{eff} = 0,89 < N_{Rc} = 1$	Segment ST-2	$N_{eff} = 0,88 < N_{Rc} = 1$
Segment ST-3	$N_{eff} = 2,05 > N_{Rc} = 1!!!$	Segment ST-3	$N_{eff} = 0,43 < N_{Rc} = 1$
		Segment ST-4	$N_{eff} = 0,75 < N_{Rc} = 1$



Rys. 9. Wzmocnienie połączeń pierścieniowych trzonu masztu antenowego $H = 16,5$ m przez przekładkę i podkładki pod śruby na starym trzonie rurowym masztu (fot. archiwum autora)

może nałożyć obowiązek uzyskania pozwolenia na wykonanie robót budowlanych polegających na montażu masztu antenowego. Osadzenie masztu antenowego zawsze ingeruje w budynki, bo maszt wymaga oparcia trzonu i zakotwienia odciągów linowych poprzez wykonanie słupków podstawy trzonu i kotew odciągów. Pozwolenie na budowę wymaga projektu budowlanego, a w nim schematu statycznego, założeń przyjętych do obliczeń i wyników tych obliczeń. Projekt masztu antenowego na budynku wymaga także sprawdzenia, bo zgodnie z art. 20 ust. 3 pkt 2 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo

budowlane [1], nie jest to prosta konstrukcja, a jest to ustrój statyczny, o prętowym lub kratowym schemacie trzonu i wiotkich schematach odciągów linowych. Zagrożenia pochodzące od takich ustrojów pokazano na rysunkach 7 i 8 oraz wskazano na konferencjach naukowo-technicznych [18], [19], [20], gdzie kształtowane są zasady wiedzy technicznej wskazane w art. 5 ustawy [1]. W przypadku odtwarzania dokumentacji technicznej w formie inwentaryzacji budowlanej i badania użytych wyrobów budowlanych oprócz geometrii budowli istotnym jest badanie dla celów przebudowy użytych materiałów, tj. geometrii przekrojów kształtowników stalowych lub aluminiowych z grubościami ścianek oraz gatunków stali lub stopów aluminium. Dla przebudowy można przyjąć gatunki stali rur z dokumentów odniesienia określających właściwości użytkowe zastosowanych wyrobów stalowych lub nawet z faktur czy atestów hutniczych. Przydatne może być także badanie polowe w punktach (in situ) trzonu masztu twardościomierzami do metali. Jednak przy katastrofach budowlanych niezbędne są wyniki bardziej pewne, wykonane w akredytowanych laboratoriach z pobranych próbek. Większe trudności występują przy kwalifikacji lin stalowych, co do konstrukcji liny. Od konstrukcji liny zależy możliwość stosowania rodzaju zacisków: zaciski kabłąkowe lub zaciski plastyczne. Najprostszym sposobem jest pobranie próbki z końcówki liny i pomiar średnicy oraz liczby drutów, a także pomiar średnicy całej liny w dwóch położeniach i skoku zwicia liny. Po pobraniu próbki liny należy zabezpieczyć końcówkę liny przed rozwiciem (rozkręceniem) przez zacisk plastyczny lub drut plastyczny. W obliczeniach statycznych, które dla tych niewielkich obiektów są bardzo żmudne ze względu na potrzebę określenia różnych wariantów oddziaływania wiatru i oblodzenia, należy stosować programy MES do obliczeń nieliniowych z możliwością określenia przy modelowaniu ustroju okresu drgań. Następnie należy pamiętać o właściwym określeniu odpowiedniego modułu sprężystości liny E_D , najlepiej według danych producenta liny. W tym zakresie różni się norma PN-B-03200:1990 od normy PN-EN 1993-1-11:2008. Wartość modułu sprężystości liny



Rys. 10. Widok przesunięcia pętli odciągów linowych $\varnothing = 8$ mm na maszcie antenowym 16,5 m na odciagu środkowym poza kauszę o 30 mm; widać błędne założenie zacisków (na przemian) (fot. archiwum autora)

wprowadza się do programów komputerowych najczęściej indywidualnie, a ta ma znaczący wpływ na wyniki obliczeń. Przy wyznaczaniu przemieszczeń należy pamiętać o pomijaniu wzrostu efektów przemieszczenia II rzędu. Ponadto istotnym jest ustalenie nośności kotwienia odciągów do stałych elementów budynków, takich jak mury ścian, wieńce żelbetowe, elementy drewnianych więźb dachowych. Tutaj wymagana jest wiedza o budowie budynków o różnych konstrukcjach w różnych okresach czasu oraz określenie stanu zachowania tych elementów. Przy pracach dla systemu TETRA okazało się, że trzony masztów stalowych z lat 80. ubiegłego wieku są zbyt wiotkie (przekroje rur mają zbyt cienkie ścianki). Zagęszczanie odciągów linowych dla zamiany schematów statycznych nie daje spodziewanych efektów dla możliwości doczepienia anten.

Jedną z przyczyn braku przydatności starych masztów była zmiana normy obciążenia wiatrem [6] w 2009 r. Inne przyczyny, to zużycie zmęczeniowe trzonów masztów (spoiny styków) oraz wcześniejsze błędy projektowe (np. zbyt mało śrub w styku, małe grubości blach styków – patrz rysunek 9). Zmieniły się ponadto standardy bezpieczeństwa użytkownika. Nie ma przepisu na rozstaw stopni włazowych dla budowli masztowych. W masztach antenowych nie stosowano koszy ochronnych. Obecnie są już dwa sposoby zabezpieczenia pracy na wysokości. Pierwszy to dokręcana drabina włazowa z prowadnicą na wózek bezpieczeństwa przez pełną wysokość drabiny (np. drabina SOLL) lub drugi to stosowanie linki bezpieczeństwa. Linka bezpieczeństwa to dodatkowa lina nierdzewna montowana do trzonu masztu, usztywniana w określonych rozstawach. Jednak usztywnienia linki bezpieczeństwa wymagają przepinania wózka bezpieczeństwa na usztywnieniach liny. Rozwiązanie z drabiną bezpieczeństwa typu SOLL jest droższe, ale bardziej komfortowe przy pracy na wysokości.

7. Podsumowanie

Istniejące maszty antenowe o trzonach z rur stalowych osadzone na dachach budynków w latach 70. i 80. ubiegłego wieku mają obecnie około 40 lat. Były projektowane na mniejsze obciążenia wiatrem i mniejszą liczbę anten. Są zatem zużyte zarówno od zmęczeniowego działania wiatru, jak i przez korozję. Przewidywany okres eksploatacji trzonów masztów antenowych to 50 lat. Odciągi linowe mają krótszy okres eksploatacji. W literaturze technicznej podaje się okres do 20 lat. Systemy antenowe zmieniają się szybciej niż w poprzednich okresach. Łączniki kabli z tworzyw sztucznych kruszeją po 10 latach. Należy się spodziewać wymiany tych budowli

na potrzeby nowych systemów łączności. Istniejące maszty antenowe o trzonach aluminiowych przy częstym braku zgodności ich wykonania z zasadami wiedzy technicznej, a także przy możliwości zawieszania małej liczby anten i braku zapewnienia stopni włazowych na trzonach oraz pominięcia montażu drabinek bezpieczeństwa lub linek bezpieczeństwa wykazują obniżoną przydatność do zastosowań łączności służb. Ponadto nierozwiązane pozostają połączenia styków elementów ze stopów aluminium i lin stalowych, co bardzo przyspiesza korozję lin stalowych.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ustawa z dnia 07 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz.U.2017.1332 ze zm.)
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 26 października 2005 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać telekomunikacyjne obiekty budowlane i ich usytuowanie (Dz.U.2005.219.1864 ze zm.)
- [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie
- [4] Rykaluk K., Konstrukcje stalowe. Kominy, wieże, maszty, wydanie 3, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2007
- [5] Telekomunikacja Polska S. A. Instrukcja ER-01. Eksploatacja wież i masztów. Zespół autorski pod kierunkiem dra inż. E. Sobczyk, Warszawa, 1994
- [6] PN-B-02011:1977/Az1:2009 Obciążenia w obliczeniach statycznych – Obciążenie wiatrem
- [7] PN-B-02013:1987 Obciążenia budowli – Obciążenia zmienne środowiskowe – Obciążenie oblodzeniem
- [8] PN-B-03204:2002 Konstrukcje stalowe – Wieże i maszty –Projektowanie i wykonanie
- [9] PN-B-03204:1979 Konstrukcje stalowe – Maszty oraz wieże radiowe i telewizyjne – Obliczenia statyczne i projektowanie
- [10] PN-EN 1993-3-1:2008 Eurokod 3 – Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 3-1: Wieże, maszty i kominy – Wieże i maszty
- [11] PN-EN 1993-1-11:2008 Eurokod 3 – Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 1-11: Konstrukcje cięgnowe
- [12] PN-EN 1999-1-1:2011 Eurokod 9: Projektowanie konstrukcji aluminiowych – Część 1-1: Reguły ogólne
- [13] PN-EN 1090-2+A1:2012 Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych – Część 2: Wymagania techniczne dotyczące konstrukcji stalowych
- [14] PN-EN 1090-3:2008 Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych – Część 3: Wymagania techniczne dotyczące konstrukcji aluminiowych
- [15] Koczwarą P, Remonty i przebudowy masztów antenowych (niskich) na budynkach policji – wybrane problemy konstrukcyjne i organizacyjne utrzymania budowli, Konferencja techniczna Rewitalizacja obszarów zurbanizowanych, Wałcz, 2009
- [16] Ekspertyzy techniczne 90 masztów antenowych na budynkach dla określenia możliwości remontu lub przebudowy dla policji, PSP i SRM oraz 30 projektów budowlany i wykonawczych przebudowy masztów antenowych oraz budowy nowych obiektów na budynkach wykonane przez autora referatu
- [17] Ustawa z dnia 7 maja 2010 r. O wspieraniu rozwoju usług i sieci telekomunikacyjnych (Dz.U.2017.2062)
- [18] Wichtowski B., Hałas R., Przyczyny stanu przedawaryjnego aluminiowych masztów antenowych w świetle badań, XXV Konferencja Naukowo-Techniczna Awarie budowlane 2011
- [19] Sadkowski J., Tkaczyk A., Tkaczyk Ł., Katastrofa budowlana aluminiowego masztu z odciągami, XXVII Konferencja Naukowo-Techniczna Awarie budowlane 2015
- [20] Skwarek M., Hulimka J., Katastrofa budowlana aluminiowego masztu kratowego jako efekt rażących błędów projektowych, XXVII Konferencja Naukowo-Techniczna Awarie budowlane 2015