

mgr inż. **Tomasz Gruszecki**¹
mł. bryg. mgr inż. **Artur Litwin**²

Przyjęty/Accepted/Принята: 18.05.2016;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 16.08.2016;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2016;

Zagrozenie pożarowe konstrukcji obiektów mostowych w świetle obowiązujących przepisów³

Fire Hazard of Bridge Structures in Light of Current Regulations

Пожарная опасность мостовых объектов согласно действующему законодательству

ABSTRAKT

Cel: Celem artykułu jest omówienie aktualnie obowiązujących przepisów przeciwpożarowych dotyczących obiektów mostowych w Polsce. Informacje zawarte w pracy kierowane są do szerokiego grona odbiorców związanych z zagadnieniami ochrony przeciwpożarowej.

Wprowadzenie: Mosty od tysiącleci stanowią bardzo ważne ogniwo w łańcuchu komunikacyjnym ludności. Mosty, zarówno te będące prymitywnymi i prowizorycznymi przeprawami, jak i skomplikowanymi przykładami zastosowania mechaniki budowli od zawsze symbolizowały jednoczenie i rozwój. W sieci dróg publicznych w Polsce znajduje się aktualnie ponad 35 tysięcy obiektów mostowych i tuneli o łącznej długości ponad 1050 kilometrów. Uszkodzenia, czasowe wyłączenia czy całkowite zniszczenie obiektu mostowego odbija się mocno na regionie i trasie komunikacyjnej, na której się on znajduje. W artykule omówiono aktualnie obowiązujące przepisy dotyczące bezpieczeństwa pożarowego obiektów mostowych (drogowych i kolejowych). W drugiej części zawarto krótkie podsumowanie rozwoju tych przepisów na przestrzeni ostatniego stulecia. Opisano podstawy, na jakich oparto dzisiejsze przepisy bezpieczeństwa pożarowego obiektów mostowych. Ostatnia część artykułu zawiera zwarty opis wpływu pożaru na konstrukcję ustroju nośnego obiektu mostowego, który może być różny w zależności od materiału, z jakiego wykonano dany obiekt. W wyniku pożaru pogorszeniu może ulec trwałość materiału i jego zdolność do przenoszenia obciążeń.

Metodologia: W artykule autorzy dokonali przeglądu obowiązujących w Polsce przepisów przeciwpożarowych. Obecny stan prawny w tej dziedzinie obejmuje kilkanaście rozporządzeń odpowiednich ministrów oraz kilka instrukcji publikowanych przez spółki państwowe zajmujące się branżą mostową, ratyfikowane oficjalnie przez ministerstwo. Przytoczono fragmenty przepisów, które zdaniem autorów należałoby doprecyzować lub zaktualizować. Przedstawiono możliwy wpływ intensywnego pożaru na konstrukcję mostową w zależności od tego, jaki jest jej główny materiał konstrukcyjny.

Wnioski: Stan przepisów dotyczących bezpieczeństwa pożarowego obiektów mostowych w Polsce autorzy uznają za zadowalający. Istnieje jednak szereg potencjalnych usprawnień istniejących zapisów prawnych, które mogłyby pozytywnie wpłynąć na bezpieczeństwo pożarowe mostów w Polsce.

Słowa kluczowe: mosty, bezpieczeństwo pożarowe, zagrożenia pożarowe, beton, stal, pożar

Typ artykułu: artykuł przeglądowy

ABSTRACT

Aim: The main purpose of this article is to provide a discourse about current regulations dealing with fire safety of bridges in Poland and share the outcome with a wider group of specialists, who are involved with fire safety issues.

Introduction: For thousands of years bridges have played a particularly important part in people's communications network. From primitive and makeshift crossings to complicated applications of structural mechanics, bridges have always been a symbol of unity and development. The Polish public road network currently contains over thirty five thousand bridge structures and tunnels with a cumulative distance of over one thousand and fifty kilometres. Damage, temporary closure or total destruction of a bridge can have a significantly negative impact on the region and part of the affected communications network. The article examines current regulations dealing with the fire safety of bridges, for road and rail networks. The second part of the paper contains a brief summary of regulatory developments in the last hundred years and provides an insight for the basis of present day regulations. The last part of the article contains a concise description of the impact that a fire can have on the superstructure of a bridge. Depending on materials used in the construction, a fire can impact on the bridge or its components, in different ways, and result in a severe reduction of its lifespan and designed load bearing ability.

¹ Politechnika Poznańska / Poznan University of Technology; tegruszecki@gmail.com;

² Komenda Miejska PSP Koszalin / District Headquarters of the State Fire Service in Koszalin, Poland;

³ Procentowy wkład merytoryczny w powstanie artykułu / Percentage contributor: T. Gruszecki – 80%; A. Litwin – 20%;

Methodology: The authors performed a review of current Polish regulations and publications dealing with fire safety. The current legal position is summarized by a range of ministerial directives and several instructions, ratified by ministers and published by state companies involved with the bridge industry. The authors identified a number of issues contained in regulations, which in their view should be clarified or updated. Additionally, the second part of the article provides a description of consequences impacting on the bridge superstructure, which, depending on the material used in construction, can result from an intensive fire.

Conclusion: Generally, the authors consider current regulations concerning bridge fire safety as appropriate. However, a number of proposed improvements would positively enhance the fire safety of bridges in Poland.

Keywords: bridges, fire safety, fire hazards, concrete, steel, fire

Type of article: review article

АННОТАЦИЯ

Цель: Цель данной статьи – обсудить действующие в Польше правила пожарной безопасности мостов. Информация, содержащаяся в работе, предназначена для широкого круга читателей, связанных с проблемами пожарной охраны.

Введение: На протяжении тысячелетий мосты являлись очень важным звеном в транспортной цепочке населения. Все мосты, как те представляющие собой примитивные и кустарные переправы, так и сложные решения строительной механики, всегда символизировали объединение и развитие. Среди дорог общего пользования в Польше в настоящее время находится более 35000 мостов и тоннелей общей протяженностью более 1050 км. Повреждения, временный перерыв в эксплуатации или полное разрушение конструкции моста сильно отражается на регионе и на маршруте, на котором такой мост расположен. В статье рассматриваются действующие правила пожарной безопасности мостов (автомобильных и железнодорожных). Во втором разделе приводится краткое описание развития этих положений на протяжении последнего столетия. В нем описаны основы действующих правил пожарной безопасности мостов. Последняя часть статьи содержит краткое описание воздействия пожара на несущую конструкцию моста. Огонь может иметь совершенно различное влияние на дальнейшее функционирование структуры моста в зависимости от материала, из которого он был построен. Пожар может снизить его прочность и способность выдерживать нагрузки.

Методология: Авторы сделали обзор действующих в Польше правил пожарной безопасности. В настоящее время правовая ситуация в этой области включает в себя несколько распоряжений соответствующих министров и несколько руководств, изданных государственными компаниями, участвующими в мостовой промышленности, официально ратифицированных Министерством. Были указаны некоторые правила, которые по мнению авторов, следует уточнить или обновить. Вторая часть исследования представляет описание результатов интенсивного пожара конструкции моста в зависимости от того, что является его основным строительным материалом.

Выводы: Авторы считают, что настоящее законодательство относительно пожарной безопасности мостовых конструкций в Польше находится на удовлетворительном уровне. Тем не менее, существует целый ряд потенциальных усовершенствований существующих правовых положений, которые положительно повлияли бы на пожарную безопасность мостов в Польше.

Ключевые слова: мосты, пожарная безопасность, пожарные угрозы, бетон, сталь, пожар

Вид статьи: обзорная статья

1. Wprowadzenie

Zgodnie z rozporządzeniem w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty mostowe [1], przez obiekt mostowy rozumie się budowlę przeznaczoną do przeprowadzenia drogi, samodzielnego ciągu pieszego lub pieszo-rowerowego, szlaku wędrówek zwierząt dziko żyjących lub innego rodzaju komunikacji gospodarczej nad przeszkodą terenową, a w szczególności: most, wiadukt, estakadę, kładkę.

Mosty od tysiącleci stanowią bardzo ważne ogniwo w łańcuchu komunikacyjnym ludności. Od prymitywnych i prozorycznych przepraw po skomplikowane zastosowania mechaniki budowlanej zawsze symbolizowały pokonywanie przeszkód i rozwój. W sieci dróg publicznych w Polsce znajduje się aktualnie ponad 35 tysięcy obiektów mostowych i tuneli o łącznej długości ponad 1050 kilometrów [2]. Uszkodzenia, czasowe wyłączenia czy całkowite zniszczenie obiektu mostowego odbija się mocno na regionie i trasie komunikacyjnej, w ciągu której się on znajduje. Poza naturalnym starzeniem się konstrukcji obiektom mostowym zagraża też szereg czynników zewnętrznych, takich jak uderzenia pojazdów, przekroczenia dopuszczalnych obciążeń czy pożary.

W ostatnim czasie temat bezpieczeństwa pożarowego mostów nieco odżył. Głównie ze względu na niedawny pożar mostu Łazienkowskiego w Warszawie. Jest to drugi pożar, po pożarze budki służącej jako skład, w latach siedemdziesiątych, tego samego obiektu z podobnych powodów.

Zagrożenie ogniwe w przypadku mostów jest o tyle istotne, że nie stosuje się w nich warstw izolujących działanie temperatury pożarowej na konstrukcję. Zgodnie z przepisami wymagane jest stosowanie materiałów niepalnych (poza kil-

koma wyjątkami). Wpływ odpowiednio wysokiej temperatury na beton zbrojony czy stal konstrukcyjną może być bardzo negatywny. Po pożarze obiekty o konstrukcji betonowej i stalowej wymagają wymiany całych przęseł lub ich fragmentów, a obiekty drewniane najczęściej ulegają całkowitemu lub większościowemu zniszczeniu.

W dalszej części artykułu autorzy przeprowadzili przegląd aktualnie obowiązujących przepisów dotyczących bezpieczeństwa pożarowego obiektów inżynierskich w ciągu dróg publicznych i linii kolejowych. Omówiono także w podstawowym ujęciu wpływ pożaru na konstrukcję.

2. Wymagania przeciwpożarowe dla mostów w przeszłości

Od końca XIX wieku do lat trzydziestych XX wieku na terenie Polski obowiązywały przepisy pochodzące z państw zaborczych. Dopiero w latach trzydziestych powstały pierwsze przepisy dotyczące bezpieczeństwa pożarowego obiektów mostowych stworzone przez PKP i zatwierdzone przez Ministerstwo Komunikacji. Kolejne dekady wraz ze zmianami w strukturze transportu publicznego przynosiły zmiany w przepisach przeciwpożarowych dotyczących obiektów inżynierskich i ich otoczenia.

Wspomniane instrukcje wydane nakładem Polskich Kolei Państwowych zostały ratyfikowane przez Ministerstwo Komunikacji w 1931 roku [3]. Wprowadzały m.in. zakaz palenia na drewnianych mostach, ustawianie przed obiektami znaków nakazujących zredukowanie iskrzenia w parowozie czy konieczność sprawdzania obecności iskier i płomieni na pomoście po przejeździe pociągu.

Rozporządzenia z roku 1934 [4-5] zdefiniowały, jakie konstrukcje wolno było wznosić w sąsiedztwie linii kolejowej oraz narzuciły obowiązek tworzenia pasów przeciwpożarowych. Te wydzielone wzdłuż trasy ścieżki (dróżki) pełniły funkcję bufora pomiędzy roślinnością lub budynkami a linią kolejową. Idea pasów przeciwpożarowych wynika z niebezpieczeństwa, jakie niosły za sobą ulatujące z przejeżdżających parowozów iskry. Zjawisko iskrzenia może towarzyszyć także gwałtownemu hamowaniu.

W 1961 roku wprowadzono przepisy o utrzymaniu mostów, wiaduktów i tuneli drogowych, które podtrzymały zakaz używania otwartego ognia oraz wprowadzały konieczność wyposażenia obiektu mostowego w osprzęt ułatwiający doraźną walkę z ewentualnym pożarem. Dopiero w latach siedemdziesiątych pojawiła się instrukcja będąca załącznikiem do rozporządzenia [6], która po raz pierwszy narzuciła wymogi m.in. co do niepalności materiałów konstrukcyjnych zarówno samego obiektu, jak i prowadzonych na nim rurociągów czy kabli. Wprowadziła też wiele do dziś obowiązujących wymogów, co czyni ją bardzo ważnym krokiem w rozwoju przepisów bezpieczeństwa pożarowego mostów w Polsce.

XX wiek przyniósł duże postępy w dziedzinie bezpieczeństwa pożarowego. Poprzez zastosowanie pasów przeciwpożarowych wprowadzono filozofię ochrony terenu i budynków przylegających do linii kolejowych i dróg publicznych. Nawet po zaniechaniu korzystania z parowozów i w dobie pociągów spalinowych i elektrycznych pasy przeciwpożarowe okazują się być potrzebnym elementem infrastruktury. Wprowadzono także wymagania dotyczące materiałów i parametrów konstrukcji, które obowiązują również w dzisiejszych przepisach.

3. Wymagania przeciwpożarowe w świetle aktualnych przepisów

Aktualnie obowiązuje szereg przepisów właściwych dla konstrukcji mostowych poruszających kwestię bezpieczeństwa pożarowego. Regulacje te można podzielić na te opisujące wymagania wobec mostów kolejowych, mostów drogowych oraz budowli w ujęciu ogólnym.

Wspólnym mianownikiem w tym zakresie są wymogi dotyczące pasów przeciwpożarowych wzdłuż tras kolejowych i dróg publicznych, w tym wzdłuż obiektów mostowych.

3.1. Mosty drogowe i kładki dla pieszych

Najważniejszym dokumentem wprost odnoszącym się do drogowych obiektów inżynierskich jest rozporządzenie w sprawie warunków, jakim powinny odpowiadać drogowie obiekty inżynierskie i ich usytuowanie [1].

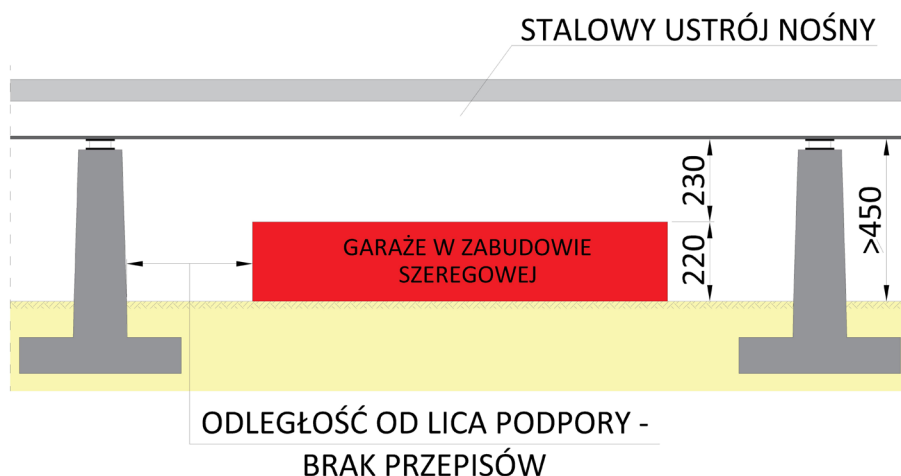
Podstawowym wymogiem stawianym drogowym konstrukcjom mostowym jest ich wykonanie z całkowicie niepalnych materiałów. Dotyczy to zarówno samej konstrukcji, jak i urządzeń umożliwiających dostęp do elementów mostu i urządzeń przeprowadzanych przez obiekt. Z wymogu całkowitej niepalności materiałów wyłączone są kładki, które można projektować z użyciem materiałów trudno zapalnych.

Pod obiektami inżynierskimi oraz w ich konstrukcji zabrania się umieszczania rozdzielni, stacji energetycznych, transformatorów oraz pompowni cieczy i gazów palnych. Ponadto zabrania się sytuowania obiektów zagrożonych wybuchem i obiektów, w których znajdują się materiały palne o obciążeniu ogniowym przewyższającym 500 MJ/m² bezpośrednio pod konstrukcją mostu. Wymienione obiekty powinny być wykonane z materiałów niepalnych i znajdować się w odległości minimum 6 metrów od rzutu poziomego obiektu.

W kwestii zagospodarowania przestrzeni pod obiektami drogowymi, rozporządzenie [1] zezwala na garażowanie w tym miejscu samochodów osobowych. Warunkiem koniecznym jest jednak spełnienie wymogów co do odległości spodu konstrukcji od terenu, na którym ma być prowadzone garażowanie. Wymagana minimalna odległość pomiędzy terenem a spodem ustroju zależy od materiału, z którego wykonany jest obiekt:

- dla obiektów stalowych – nie mniej niż 4,5 m,
- dla obiektów betonowych – nie mniej niż 3 m.

Powyższe przypadki zostały zobrazowane odpowiednio na rycinach 1 i 2. Zgodnie z rozporządzeniem w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [7], wysokość garażu w świetle konstrukcji powinna wynosić co najmniej 2,2 m. Pozostawia to w skrajnym przypadku tylko 0,8 i 2,3 m odpowiednio od spodu obiektu betonowego i stalowego włącznie z wysokością elementów konstrukcyjnych garażu. Do wymagań dla garaży zawartych w rozporządzeniu [7] zaliczają się m.in. obowiązek wykonania garażu z elementów nierozprzestrzeniających ognia, niekapiących i nieodpadających pod wpływem ognia.



Ryc. 1. Minimalne odległości od konstrukcji w przypadku ustroju stalowego

Źródło: Opracowanie własne.

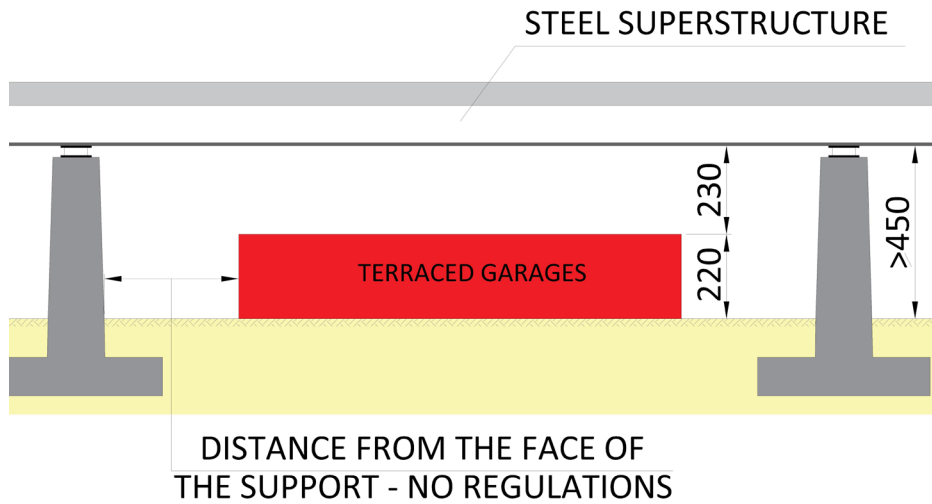
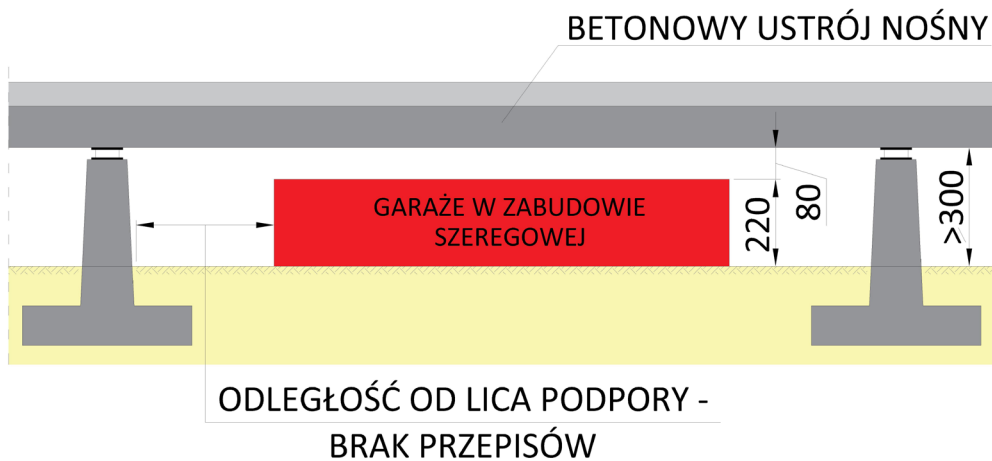


Fig. 1. Minimal distances from the construction for a steel superstructure
Source: Own elaboration.



Ryc. 2. Minimalne odległości od konstrukcji w przypadku ustroju betonowego
Źródło: Opracowanie własne.

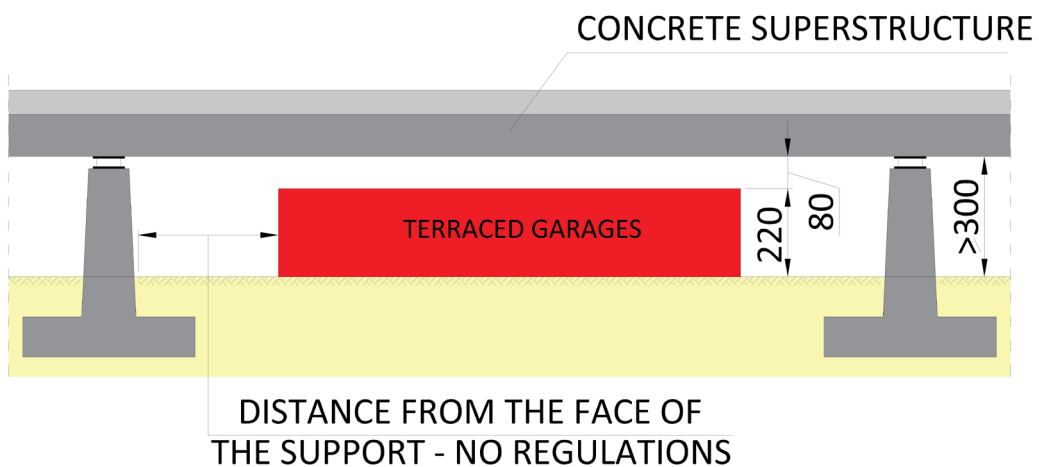


Fig. 2. Minimal distances from the construction for a concrete superstructure
Source: Own elaboration.

Nietrudno jednak wyobrazić sobie sytuację zagrożenia trwałości i nośności obiektu mostowego w wyniku pożaru garażu znajdującego się w tak niewielkiej odległości jego ustroju nośnego.

Warto także zauważyć, że przepisy nie regulują minimalnej odległości garażu od podpory obiektu. Ze względu na charakter rozprzestrzeniania się ognia bliskość garażu nie przekłada się bezpośrednio na zagrożenie podpór masywnych – betonowych lub kamiennych. W przypadku podpór stalowych istnieje ryzyko odkształcenia i uszkodzenia podpory, zwłaszcza w bliskim sąsiedztwie ognia i przy sprzyjającym wietrze. Otwarty ogień w pobliżu łożysk i innych elementów wyposażenia obiektu w okolicy podpory może skutkować poważnymi konsekwencjami.

Brakuje także regulacji w sprawie składowisk pod istniejącymi obiektami. W niedawnym pożarze mostu Łazienkowskiego w Warszawie doszło do uszkodzenia części ustroju nośnego w okolicach podpory pośredniej w wyniku zapalenia się pod nim składowiska desek. Rozporządzenie [1] podaje takie regulacje wprost jedynie dla obiektów tymczasowych.

Rozporządzenie dopuszcza, poza garażowaniem, inne wykorzystanie przestrzeni pod obiektem jedynie za zgodą Państwowej Straży Pożarnej i przy zapewnieniu dróg ewakuacji i dojazdu.

Dodatkowo w odległości mniejszej niż 30 m od skraju toru kolejowego lub drogi publicznej, z wyjątkiem drogi o nawierzchni nieutwardzonej, pozostawianie w szczególności gałęzi, chrustu, nieokrzesanych ściętych drzew i odpadów poeksploatacyjnych jest zabronione [8].

Potrzebne są dodatkowe regulacje w sprawie roślinności znajdującej się pod mostami drogowymi i kładkami i w ich najbliższym sąsiedztwie. W przypadku dużego zagrożenia pożarowego na terenie leśnym (np. suszy) roślinność w najbliższym otoczeniu mostu w przypadku pożaru spowoduje szybkie rozprzestrzenianie się ognia wokół obiektu.

Do innych wymagań stawianych obiektom drogowym należy nieumieszczanie przewodów elektrycznych i gazowych we wspólnych kanałach przy przeprowadzaniu przez most, sytuowanie zaworów odcinających niebezpieczne substancje minimum 25 metrów poza obiektem, zapewnienie swobodnego dostępu do kanałów i włazów inspekcyjnych na moście i w jego obrębie. Ponadto przewody i kable umieszczane na moście powinny spełniać warunek nierozprzestrzeniania ognia.

Odrębnym wymaganiom powinny odpowiadać obiekty tymczasowe, stosowane na przykład w przypadku przebudowy czy remontu istniejącego mostu. Zgodnie z rozporządzeniem obiekty tymczasowe przewidziane na okres dłuższy niż 3 lata powinny być wykonane z materiałów co najmniej trudno zapalnych. Obiekty tymczasowe przewidziane na okres mniejszy niż 3 lata i wykonane w całości lub częściowo z materiałów palnych (np. drewniane) powinny być wyposażone w skrzynie z suchym piaskiem oraz odpowiednie beczki z wodą, w zależności od całkowitej długości obiektu. Pod obiektami tymczasowymi zabrania się także sytuowania zabudowań i składowisk.

W ostatnim czasie powstała propozycja nowelizacji ustawy [1], która zamiast określenia „materiały niepalne” wprowadza zgodne z aktualnymi normami klasy reakcji na ogień i odporności ogniowej – co najmniej klasę reakcji na ogień A2, d0.

3.2. Mosty kolejowe

Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać kolejowe obiekty inżynierskie [9], nie odnosi się w żaden sposób do kwestii bezpieczeństwa pożarowego tych budowli.

Warunki techniczne dla kolejowych obiektów inżynierskich, a więc instrukcja Id-2 [10] uchwalona przez zarząd PKP jest dodatkowym dokumentem, rozszerzającym wymagania stawiane kolejowym obiektom inżynierskim. Ze względu na zabezpieczenia pożarowe instrukcja ta wymaga przede wszystkim wykonania z materiałów niepalnych wypełnień jezdni między szynami tocznymi lub odbojnicowymi, urządzeń obcych, pomostów służących do wykonywania robót utrzymaniowych oraz konstrukcji służących do przeprowadzania urządzeń obcych. Podobnie jak w przypadku mostów drogowych, zabrania się instalowania pod przęsłami rozdzielni i stacji energetycznych, transformatorów oraz pompowni cieczy i gazów. Ponadto stawiane są im wymagania dotyczące dostępności, rozmieszczenia i oznakowania włazów do kanałów instalacyjnych.

Przed stałymi obiektami inżynierskimi o długości większej od 10 m z torem na mostownicach oraz przed wszystkimi obiektami tymczasowymi w odległości 200 m muszą być ustawiane wskaźniki W12 informujące o konieczności zakropienia i zamknięcia popielnika przed wjazdem na most.

Poza wspomnianymi zakazami umieszczania m.in. transformatorów, instrukcja nie odnosi się do zagospodarowania terenu pod obiektami w podobny sposób, jak rozporządzenie dotyczące mostów drogowych.

W przypadku mostów i wiaduktów kolejowych dodatkowym aspektem bezpieczeństwa pożarowego są pasy przeciwpożarowe sytuowane wzdłuż linii torów kolejowych na terenach zalesionych, umieszczane zgodnie z rozporządzeniem [11] dotyczącym m.in. odległości i warunków sytuowania drzew i krzewów oraz pasów przeciwpożarowych w sąsiedztwie linii kolejowej. Przy linii, na której prowadzony jest ruch kolejowy, pasy przeciwpożarowe powinny być urządzone i utrzymywane jako jedna równoległa do linii kolejowej bruzda o szerokości co najmniej 4 m, usytuowana w odległości od 2 m do 5 m od dolnej krawędzi nasypu lub górnej krawędzi przepokopu linii kolejowej. Bruzda ta powinna być oczyszczona z wszelkiej roślinności do warstwy mineralnej, a na gruntach torfiastych – posypana warstwą piasku o grubości od 0,01 m do 0,02 m. Bruzdę może stanowić inna powierzchnia pozbawiona materiałów palnych.

Ponadto podobnie jak dla obiektów drogowych, zastosowanie ma zasada oczyszczenia sąsiedztwa linii kolejowej w odległości 30 m z gałęzi, chrustu, nieokrzesanych ściętych drzew i odpadów poeksploatacyjnych.

4. Wpływ pożaru na obiekt mostowy

Oddziaływanie termiczne jest bardzo niebezpieczne dla wszystkich rodzajów konstrukcji. W przypadku mostów najczęściej spotykanymi materiałami używanymi do wykonania ustroju nośnego jest stal (konstrukcyjna lub zbrojeniowa) oraz beton, w różnych konfiguracjach.

Obiekty mostowe są zagrożone pożarami w stopniu znacznie mniejszym niż budynki, obiekty użyteczności publicznej czy budynki hal produkcyjnych. Uszkodzenie, zmniejszenie trwałości czy ograniczenie zdolności przenoszenia obciążeń obiektu inżynierskiego w ciągu ruchliwej drogi krajowej czy magistrali kolejowej niesie za sobą ogromne konsekwencje finansowe, społeczne, a nawet gospodarcze w zakresie regionalnym. Ze względu na ich znaczenie strategiczne, mostom należy stawiać szczególnie wysokie wymagania w kwestii bezpieczeństwa pożarowego.

Oczywiście pożar w obrębie mostu czy wiaduktu może mieć zupełnie różne konsekwencje w zależności od miejsca jego wystąpienia, zakresu i czasu trwania. Najniebezpieczniejsze dla mostów są pożary pojawiające się pod ustrojem nośnym i w jego wnętrzu, które bezpośrednio mogą przełożyć się na jego nośność. W wyniku konwekcji i radiacji ciepła

przekazywane jest do głównych elementów nośnych, co przy wysokich zakresach temperatur ma ogromny wpływ na dalszą pracę całego układu i trwałość konstrukcji.

Dużym zagrożeniem są czynniki zewnętrzne – wypadki komunikacyjne z rozległymi pożarami, kanały i kable znajdujące się w obrębie obiektu, sąsiedztwo budynków z materiałów łatwopalnych, składów i parkingów, zgromadzone w pobliżu mostu śmieci oraz roślinność porastająca przestrzeń pod mostem. Bardzo często czynniki generujące zagrożenie pożarowe znajdują się w otoczeniu obiektu wbrew obowiązującym przepisom. Częściowo wynika to oczywiście z wciąż aktualizowanych regulacji, częściowo z zaniedbań i lekceważenia. Do pożarów najczęściej dochodzi na mostach tymczasowych (ze względu na stosowane elementy drewniane), podczas budowy nowych obiektów oraz przebudowy, rozbiórki lub remontu istniejących (łatwopalne elementy wyposażenia budowy, składowiska materiałów w pobliżu konstrukcji, spawanie, cięcie elementów).

O odporności ogniowej obiektu mostowego decyduje przede wszystkim materiał konstrukcyjny, a także w pewnym stopniu nawierzchnia i wyposażenie.

Autorzy artykułu opisali właściwości stali i betonu jako najbardziej rozpowszechnionych obecnie materiałów konstrukcyjnych w budownictwie mostowym. Tematyka zagrożeń pożarowych i wpływu temperatury na konstrukcję jest bardzo szeroka i nie sposób podsumować jej jednym artykułem. Warto jednak pamiętać o obiektach w całości lub częściowo drewnianych, dla których pożar oznacza najczęściej całkowite zniszczenie.

Właściwości materiałów stosowanych na konstrukcje są zawarte w przepisach Eurokodów 1993-1-2 (dla stali) [13], 1992-1-2 (dla betonu i żelbetu) [15], 1994-1-2 (dla zespolonych stalowo-betonowych) [16]. Podano w nich również zasady analizy konstrukcji w warunkach pożaru.

Obiekty o ustroju nośnym stalowym

Właściwości stali węglowych, wykorzystywanych najczęściej jako konstrukcyjne, ulegają obniżeniu w temperaturach powyżej 400°C [13]. Do tej wartości efektywna granica plastyczności materiału nie ulega zmianie, o ponad 50% zmniejsza się jednak wartość granicy proporcjonalności, wyznaczającej zakres sprężystej pracy materiału. Dodatkowo w temperaturze 400°C moduł sprężystości stali spada o około 30%. Oznacza to, że już w takiej temperaturze sposób pracy konstrukcji może zmienić się diametralnie, zwłaszcza w obiektach o dużych i dynamicznych obciążeniach, jakimi są mosty. Przy takim i dalszym wzroście temperatury zmianie ulec może mechanizm zniszczenia konstrukcji, np. w wyniku zwłóknienia belki (ogólna utrata stateczności) lub wybrzuszenia środnika (miejscowa utrata stateczności), zanim dojdzie do powstania przegubu plastycznego [12].

Jak już wspomniano, możliwe efekty dużego przyrostu temperatury ustroju nośnego to m.in. niebezpieczne odkształcenia i nadmierne ugięcia, lokalne deformacje przekrojów i globalne odkształcenia elementów nośnych, degradacja materiału i trwałe spadki własności mechanicznych. Aktualnym przykładem tej klasy uszkodzeń może być pożar mostu Łazienkowskiego w Warszawie, podczas którego po zaproszeniu ognia w składowanych przy podporze deskach, doszło do uszkodzenia pomostu stalowego i w konsekwencji wiązało się z koniecznością jego częściowej wymiany.

Obiekty o ustroju nośnym betonowym

Decydującą rolę w analizie termicznej elementów żelbetowych pełnią właściwości betonu [14]. Przewodność cieplna betonu może być przyjmowana zgodnie z normami europejskimi [15] jako zależna od temperatury elementu. Z zależno-

ści podanej w normie wynika, że im wyższa jest temperatura elementu betonowego, tym trudniej przyjmuje on ciepło. Wpływ na nagrzewanie betonu ma ilość zawartej w nim wody, jednak parametr ten ma znaczenie tylko do około 200°C. Do tej wartości większa ilość wody w betonie oznacza większe jego ciepło właściwe, a więc trudniejsze przyjmowanie ciepła. Właściwości stali w analizie termicznej mają znaczenie drugorzędne, a nawet pomijalne. Jej właściwości mechaniczne są jednak kluczowe w procesie analizy nośności przekroju i elementów. Jako bezpieczną górną granicę pracy stali zbrojeniowej przyjmuje się około 500°C, przy której to temperaturze odnotowuje się około 20-procentowy spadek wytrzymałości charakterystycznej na rozciąganie. W Eurokodzie [15] i [16] podano zalecane grubości otuliny zbrojenia w zależności od wymaganej odporności ogniowej oraz szereg innych zaleceń w tym zakresie.

Podstawowym zagrożeniem konstrukcji żelbetowych jest więc spadek zdolności stali zbrojeniowej do przenoszenia obciążeń. Dodatkowo możliwe jest tzw. odpryskiwanie betonu oraz jego odpadanie. Pierwsze zjawisko jest efektem bardzo szybkiego nagrzewania w wyniku oddziaływania bardzo intensywnego pożaru. Woda uwięziona w porach betonu pod wpływem temperatury zamienia się w parę wodną i pod dużym ciśnieniem próbuje znaleźć ujście z jego porowatej struktury. W rezultacie może dojść do rozsądzania betonu i małych odprysków na jego powierzchni. Do zjawiska tego dochodzi jednak tylko w sytuacjach bardzo intensywnego nagrzewania, co w przypadku obiektów mostowych jest mało prawdopodobne. Drugim zjawiskiem jest odpadanie betonu, które może pojawiać się w późniejszej fazie oddziaływania pożaru. Dotyczy takich miejsc jak naroża słupów i belek oraz niewielkich, mocno nagranych fragmentów płaskich powierzchni betonowych. Polega ono na odpadaniu fragmentów betonu i odsłanianiu prętów zbrojenioowych. Efekt spowodowany jest zróżnicowaną odkształcalnością termiczną kolejnych warstw betonu i powstającymi tam siłami tnącymi [14].

5. Podsumowanie i wnioski

W artykule autorzy podjęli próbę przybliżenia czytelnikom kwestii bezpieczeństwa pożarowego obiektów mostowych. Tematyka ta jest poruszana nieczęsto, jednak powraca za każdym razem, kiedy zdarzy się przypadek podobny do pożaru mostu Łazienkowskiego w Warszawie.

Stan przepisów techniczno-budowlanych dotyczących mostów w polskim prawie w kontekście bezpieczeństwa pożarowego jest zdaniem autorów wystarczający. Wymaga jednak wprowadzenia istotnych zmian, które w oczywisty sposób pomogłyby ulepszyć zapisy w rozporządzeniach oraz częściowo je unowocześnić. Kwestię konieczności zmian i niedoskonałości w aktualnych przepisach podnoszą także autorzy publikacji [17] i [18], którzy wyrażają znacznie mniej optymistyczne podejście do aktualnego stanu przepisów.

W pierwszej kolejności należy zwrócić uwagę na kwestię zagospodarowania terenu pod garażowanie samochodów osobowych pod obiektami drogowymi. Potrzeba w tym miejscu doprecyzowania lub wyłączenia tej możliwości dla nowopowstających mostów. Drugą kwestią, na szczęście poruszoną w proponowanej nowelizacji rozporządzenia, jest kwestia materiałów użytych do budowy obiektów mostowych. Istnieje potrzeba wprowadzenia aktualnych określeń i oznaczeń obowiązujących w równoległych normach. Konieczne jest także przyjrzenie się kwestii roślinności na terenach zalesionych i dzikich, która porasta połacie pod mostami i stwarza dla ich struktury zagrożenie w przypadku pożaru. Pokrewnym zjawiskiem są składowiska w okolicach podpór i w bezpośrednim sąsiedztwie konstrukcji. Być może doprecyzowanie przepisów pozwoli uniknąć sytuacji zagrażających dalszemu użytkowaniu kilku obiektów.

Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz. U. 2000 Nr 63, poz. 735).
- [2] Podstawowe dane statystyczne o mostach w Polsce, <http://www.gddkia.gov.pl/pl/a/6610/dane-statystyczne> [dostęp: 25.04.2016].
- [3] Rozporządzenie Ministra Komunikacji z 28 marca 1931 r. w sprawie przepisów o środkach przeciwpożarowych na mostach nr D-7 (Dz. Urz. M.K. Nr 9, poz. 88).
- [4] Ustawa z dnia 13 marca 1934 r. o oddaleniu budowli, składów, zadrzewienia i robót ziemnych od linii kolejowych oraz o pasach ochronnych przeciwpożarowych i zasłonach śnieżnych. (Dz. U. 1934 Nr 28, poz. 220).
- [5] Rozporządzenie Ministra Komunikacji z dnia 7 września 1934 r. wydane w porozumieniu z Ministrami: Spraw Wewnętrznych oraz Rolnictwa i Reform Rolnych o urządzaniu i utrzymywaniu pasów ochronnych przeciwpożarowych i zasłon odśnieżnych. (Dz. U. 1934 Nr 84, poz. 759).
- [6] Zarządzenie Ministra Komunikacji z 5 stycznia 1976 r. w sprawie zabezpieczenia przeciwpożarowego obiektów mostowych (Dz. Urz. M. K. Nr 4 poz. 41).
- [7] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. (Dz. U. 2002 Nr 75, poz. 690).
- [8] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów. (Dz.U. 2010 Nr 109, poz. 719).
- [9] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10 września 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie (Dz.U. 1998 Nr 151, poz. 987).
- [10] Warunki techniczne dla kolejowych obiektów inżynierskich Id-2 (D2), załącznik do zarządzenia nr 29/2005 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 05.10.2005 r.
- [11] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 15 marca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wymagań w zakresie odległości i warunków dopuszczających usytuowanie drzew i krzewów, elementów ochrony akustycznej i wykonywania robót ziemnych w sąsiedztwie linii kolejowej, a także sposobu urządzania i utrzymywania zasłon odśnieżnych oraz pasów przeciwpożarowych. (Dz. U. 2013, poz. 435).
- [12] Turkowski P, Sulik P., *Projektowanie konstrukcji stalowych z uwagi na warunki pożarowe według Eurokodu 3*, ITB, Warszawa 2015.
- [13] PN-EN 1993-1-2:2007 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych Część 1-2: Reguły ogólne. Obliczanie konstrukcji z uwagi na warunki pożarowe.
- [14] Woźniak G., Turkowski P., *Projektowanie konstrukcji z betonu z uwagi na warunki pożarowe według Eurokodu 2*, ITB, Warszawa 2013.
- [15] PN-EN 1992-1-2:2008/Ap1:2008, AC:2010 Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-2: Reguły ogólne i reguły dla budynków. Projektowanie z uwagi na warunki pożarowe.
- [16] PN-EN 1993-1-2:2008. Eurokod 4: Projektowanie zespolonych konstrukcji stalowo-betonowych. Część 1-2: Reguły ogólne – projektowanie z uwagi na warunki pożarowe.
- [17] Król P.A., Nowak A.S., *O problemach oceny bezpieczeństwa pożarowego mostów stalowych na podstawie postanowień europejskich przepisów techniczno-budowlanych i norm projektowania*, w: *Mosty – Tradycja i Nowoczesność*, A. Podhoreckie, A.S. Nowak, J. Sobczak-Piątki (red.), Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, Bydgoszcz 2016.
- [18] Król P. A., *Efektywność transportu i skuteczność działań ratowniczo-gaśniczych w kontekście bezpieczeństwa pożarowego liniowych obiektów drogowych*, „Logistyka” 2015, 4, 7747-7756.

* * *

mgr inż. Tomasz Gruszecki – studia magisterskie ukończył na macierzystej uczelni w 2014 roku i od tego czasu jest aktywny zawodowo w dziedzinie projektowania konstrukcji mostowych. Od roku doktorant na Politechnice Poznańskiej w Zakładzie Budowy Mostów. Główne pola zainteresowań to konstrukcje zespolone, technologie sprzężania oraz modelowanie i analiza konstrukcji mostowych.

mł. bryg. mgr inż. Artur Litwin – pracownik sekcji ds. kontrolno-rozpoznawczych w Komendzie Miejskiej Państwowej Straży Pożarnej w Koszalinie.