

Zbigniew KAMYK

MOSTY WSPARCIA CZĘŚĆ 1 - EUROPEJSKIE MOSTY WSPARCIA O ROZPIĘTOŚCI 40 m

Streszczenie. W artykule przedstawiono europejskie rozwiązania konstrukcyjne mostów, które zaprojektowano w celu pełnienia roli mostów wsparcia, a które ponadto mogą pełnić rolę mostów logistycznych. Przedstawione konstrukcje umożliwiają budowę mostów o rozpiętości minimum 40 m pod obciążenie gąsienicowe MLC 70. Podano charakterystykę taktyczno-techniczną poszczególnych konstrukcji. Porównano je pod względem rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych zasadniczych elementów oraz stosowanych technologii montażu i systemu logistycznego odpowiadającego za transport i montaż.

Słowa kluczowe: most wojskowy, most wsparcia, układacz mostowy, przęsło, przęsło pomocnicze.

1. WPROWADZENIE

Mosty wojskowe są bardzo ważne dla zabezpieczenia mobilności armii, jak również dla gospodarki narodowej (cywili) w celu szybkiej odbudowy infrastruktury drogowej na wypadek sytuacji kryzysowych (awarie i katastrofy konstrukcji mostowych na skutek działania sił naturalnych lub terroryzmu). Zgodnie z normą obronną [1] oraz zdaniem specjalistów wojskowych większości państw, ze względu na funkcję w pokonywaniu przeszkód, mosty dzieli się na trzy podstawowe grupy:

- mosty taktyczne (Tactical Bridging - Close Support Bridges¹),
- taktyczne mosty wsparcia (Support Bridging - General Support Bridges¹),
- mosty na liniach komunikacyjnych - logistyczne (Line of Communication Bridges).

Niezależnie od pierwotnie dedykowanej funkcji mosty taktyczne mogą pełnić funkcje mostów wsparcia lub logistycznych, a mosty wsparcia i logistyczne mogą się wzajemnie uzupełniać. Jednakże dla celów wsparcia i logistyki najbardziej nadają się specjalnie dedykowane konstrukcje, które oprócz szybkości montażu zapewnią także dużą przepustowość i bezpieczeństwo przejazdu ciężkich zestawów drogowych. Rozwój mostów wojskowych ukierunkowany jest głównie na wprowadzanie zmian konstrukcyjnych i technologicznych zapewniających wzrost ich nośności i długości, przy jednoczesnym zmniejszeniu pracochłonności budowy mostu.

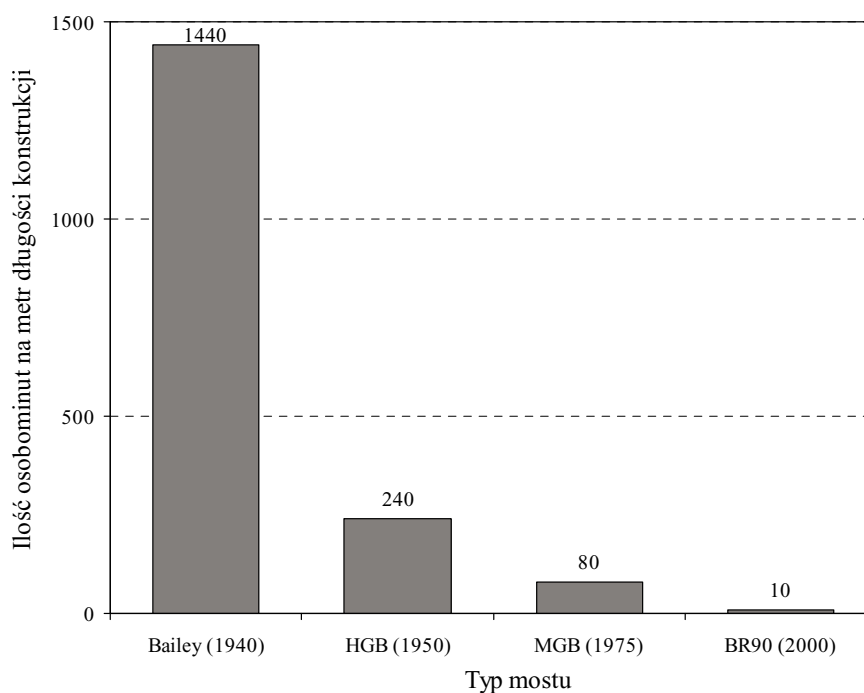
Wymagania dotyczące rozpiętości przęseł wynikają z szerokości przeszkód terenowych. Badania przeprowadzone przez armię amerykańską [2], wskazują, że za pomocą mostów 24-metrowych można przekroczyć 73% napotykanym przeszkód, a zdolność 18-metrowych mostów obejmuje 54% przeszkód. Podobnie obszar Europy, a w tym Europy Środkowowschodniej [3] charakteryzuje się dużą liczbą różnego rodzaju przeszkód naturalnych i sztucznych (rzeki, kanały, suchodoły, głębokie doliny i inne), których nie można pokonać bez zastosowania specjalistycznego sprzętu. Należy zwrócić uwagę, że w Polsce wody zajmują 8265 km², co stanowi 2,6% powierzchni kraju. Zasadnicze znaczenie

¹ Terminy: Close Support Bridges i General Support Bridges są preferowane w nomenklaturze NATO

ma również fakt, że przeszkody wodne o szerokości większej niż 10 m występują średnio co 6-7 km, spośród których 70% ma szerokość do 50 m [4].

Analizując warunki geograficzne oraz potrzeby sił zbrojnych, opracowano wymagania i plany rozwojowe dla sprzętu mostowego w poszczególnych armiach, w tym między innymi: amerykańskiej [2], kanadyjskiej [4], polskiej [5], [6] i rosyjskiej [7]. Wymagania te uwzględniają specyfikę zadań poszczególnych armii. Obecnie poszukuje się rozwiązań, które mogą spełniać rolę mostów wsparcia i zastąpić mosty składane na liniach zaopatrzenia i w czasie kryzysu w gospodarce narodowej. Klasyczne mosty składane (jak Bailey, MGB, DMS-65) są zbyt pracochłonne w budowie i wymagają licznej obsługi.

Techniki budowy mostów wojskowych ewoluowały przez wiele lat, głównie dzięki zastosowaniu nowych materiałów i mechanizacji prac [8]. Stopniowy postęp w zmniejszaniu pracochłonności budowy mostów składanych, o rozpiętości 30 m, przedstawia rys. 1. Rozwiązania analizowane na tym rysunku powstawały na przestrzeni pierwszych osiemdziesięciu lat ubiegłego wieku. W latach 90. XX wieku i na początku XXI wieku uzyskano znaczny postęp w tempie budowy mostów wsparcia o rozpiętości około 40 m. W ostatnich sześciu dekadach nastąpiła wykładnicza poprawa sprawności konstrukcji. Wojsko Polskie nie posiada jeszcze mostu wsparcia taktycznego o rozpiętości około 40 m, a konstrukcja mostu składanego DMS-65 jest przestarzała i nie spełnia wymagań co do nośności i przepustowości.



Rys. 1. Postęp efektywności mostów o rozpiętości 30 m pod obciążenie MLC 70 [8]

Według pracy [6], współczesna konstrukcja mostów wsparcia-składanych, dla Sił Zbrojnych RP, powinna umożliwiać:

- pokonanie przeszkody o szerokości co najmniej 39 m,
- budowę mostu w czasie do 1 godziny,
- przenoszenie obciążeń większych niż MLC 70 dla pojazdów gąsienicowych i MLC 110 dla pojazdów kołowych,
- zabudowę przestrzeni pomiędzy koleinami.

W dalszej części artykułu przedstawiono europejskie rozwiązania konstrukcyjne mostów, które zaprojektowano w celu pełnienia roli mostów wsparcia i które spełniają powyższe wymagania. Dodatkowo mogą one zastąpić mosty składane wykorzystywane w logistyce na liniach komunikacyjnych. Rozwiązań innych mostów, których dodatkowym przeznaczeniem jest pełnienie funkcji mostów wsparcia nie przedstawiono.

2. PRZEGLĄD MOSTÓW WSPARCIA KLASY 40 m

2.1. Most DoFB - DORNIER

Niemiecki system DoFB jest najstarszym rozwiązaniem mostu wsparcia o wymaganej rozpiętości 40 m dla obciążenia klasy MLC 70. Pierwsze jego koncepcje powstały w ramach trójstronnego projektu (USA, W. Brytania, RFN) "Mosty na lata 80" już w latach 80. ubiegłego wieku. Na podstawie doświadczeń uzyskanych podczas realizacji tego programu firma Dornier opracowała koncepcję "DORNIER FALTBRÜCKE" (składany most Dorniera - DoFB) zwaną także "Faltfestbrücke" (FFB). Koncepcja ta została bardzo pozytywnie przyjęta przez Bundeswehrę oraz była doskonalona w latach 1984-1987 do powstania pierwszego prototypu wykonanego na zlecenie Ministerstwa Obrony RFN. Dalszy rozwój konstrukcji, przy zastosowaniu nowoczesnych materiałów [9] i metod obliczeniowych [10] oraz pozytywne testy skutkowały podpisaniem, we wrześniu 1994 r., umowy na zakup 10 zestawów mostu. Dostawa zestawów, umożliwiających budowę mostu o rozpiętości 40 m, odbyła się w latach 1998-2000. Produkcją mostu zajmuje się niemiecka firma Eurobridge Mobile Brücken GmbH z Friedrichshafen, która jest zależna od firmy Dornier GmbH, która z kolei w 2006 r. została zintegrowana z międzynarodową firmą European Aerospace and Defence Company (EADS).

Przęsło mostu DoFB składa się z modułowo zbudowanej jezdni wraz z dźwigarami nośnymi. Tworzą je segmenty najazdowe i środkowe przęsła oraz rampy wjazdowe (krótkie i długie), a także przęsło pomocnicze i belki brzegowe (podpory). Jezdnia mostu jest całkowicie zamknięta. Most o rozpiętości 40 m składa się z 4 segmentów środkowych przęsła i 2 segmentów najazdowych (rys. 2), ilość zastosowanych segmentów środkowych określa długość mostu. Przęsło pomocnicze (rys. 3), o długości 40 m, składa się również z 4 odcinków środkowych i 2 odcinków najazdowych przęsła pomocniczego.

Przęsło pomocnicze o przekroju prostokątnym jest elementem umożliwiającym wysuwanie konstrukcji nośnej mostu na przeszkodę. Musi więc być stosunkowo lekkie. Dlatego też do jego wykonania zastosowano materiały kompozytowe.



Rys. 2. Montaż mostu DoFB, segment najazdowy w trakcie podnoszenia i układanie segmentu na przęśle pomocniczym

Przęsło zasadnicze składa się z dwóch dźwigarów o przekroju skrzynkowym (rys. 2), otwartym od dołu i usztywnionych poprzecznymi przeponami, połączonych zawiasowo ze środkowym pasem jezdni. Do transportu oba dźwigary składają się pod pas jezdni, tworząc prostopadłościan o wymiarach $(2,75 \times 1,0 \times 7,0 \text{ m})$. Elementy nośne przęseł i belek podporowych wykonane są ze stopów aluminium łączonych poprzez nitowanie i na śruby.

Segmenty mostowe nakładane są na przęsło pomocnicze w stanie rozłożonym (rys. 2), łączone są razem i następnie przy pomocy napędu mostowego przesuwane są w kierunku przeciwnego brzegu, a na końcu pasów dolnych segmentów najazdowych nakładane są na belki brzegowe. Belki brzegowe są właściwymi podporami mostu i są jedynymi elementami zetknięcia się mostu z gruntem.



Rys. 3. Przęsło pomocnicze z belką brzegową i gotowy most z najazdem [13]

Dzięki wykorzystaniu modułowej koncepcji konstrukcji nośnej i elementów pomocniczych można budować mosty o różnej rozpiętości. Kompletny most o rozpiętości 40 m przewożony jest na pojeździe układającym i czterech pojazdach transportowych. Do transportu elementów mostowych używa się standardowych samochodów ciężarowych. Pierwotnym pojazdem transportowym i podwoziem układacza był MAN A1 (8×8) o ładowności 15 t. W dostawach dla innych armii wykorzystywano inne, „miejscowe” pojazdy. Masa i wymiary pojazdu, z wyjątkiem szerokości wynoszącej 2,75 m, zgodne są z niemieckimi przepisami o dopuszczeniu do ruchu po drogach publicznych. Przekroczenie dopuszczalnej szerokości o około 10% nie stanowi jednak dla pojazdów wojskowych żadnego ograniczenia. Sprzęt ten może się poruszać po drogach publicznych również w czasie pokoju.

Firma EUROBRIDGE oferuje też zestawy o łącznej długości 54 m, umożliwiające jednoczesną budowę dwóch mostów w układach: 40 +14, 34 + 20 i 27 +27. Zestaw taki składa się z dwóch pojazdów układaczy, pięciu pojazdów transportowych o ładowności 15 t i jednego 10 t pojazdu na wyposażenie.

Możliwość budowy dwóch mostów jest także celem pozostałych mostów wsparcia opisanych w dalszej części artykułu. Wymaga to posiadania dodatkowego kompletu segmentów najazdowych przęseł oraz wystarczającej liczby ramp najazdowych. Zazwyczaj nie dubluje się pojazdów układaczy, które są najdroższe, co uniemożliwia jednoczesną budowę dwóch mostów, ale i tak zwiększa znacznie efektywność wykorzystania zestawu w terenie o dużej gęstości wąskich i średnich przeszkód terenowych.

Dzisiejsze modele DoFB umożliwiają budowę przęseł o maksymalnej rozpiętości 46 m pod obciążenie MLC 70 T i MLC 110W. Komplet DoFB o długości 46 m i szerokości jezdni 4,4 m jest układany na przeszkodzie terenowej w ciągu jednej godziny przez załogę w składzie 6 żołnierzy. Prędkość poruszania się po moście przyjmuje się do 25 km/h.

W roku 1999 armia polska była zainteresowana kupnem tego mostu. Wojskowy Instytut Techniki Inżynieryjnej opracował na zlecenie MON Wymagania techniczne [11] dla mostu oraz przeprowadził w Niemczech testy sprawdzające te wymagania [12]. Testy wypadły pomyślnie, jednak do zakupów nie doszło, a przystąpiono do prac nad rozwojem własnej konstrukcji mostu wsparcia.

Obecnie most DoFB znajduje się także na wyposażeniu armii: Hiszpanii, Austrii², Singapuru i Słowenii. Inne kraje, takie jak USA, Wielka Brytania, Szwecja, Rosja stworzyły własne systemy wykorzystujące zasadnicze założenia mostu DoFB.

2.2. Most DSB

Most wsparcia DSB (Dry Support Bridge), był opracowany i doskonalony przez angielską firmę Williams Fairey Engineering Ltd, która w 2006 r. została przekształcona w spółkę WFEL Ltd³. WFEL rozpoczęła produkcję systemów mostowych w roku 1977, po wygraniu zlecenia Ministerstwa Obrony Wielkiej Brytanii na średni most belkowy - Medium Girder Bridge (MGB). Most DSB powstawał w latach od 1997 do 2003, prace rozwojowe zakończyły się kontraktem na dostawę tych mostów dla armii USA.

DSB został pierwotnie opracowany dla armii amerykańskiej jako następca mostu MGB, zaliczanego do mostów wsparcia [14], do zabezpieczenia pokonywania przeszkód o szerokości do 40 m. Miał on oznaczenie katalogowe M18 DSB, a normalna nośność mostu dla maksymalnej rozpiętości wynosiła: MLC 70T (gąsienicowe) i MLC 96W (kołowe).

Na zlecenie US Army Tank Automotive Command Centre (TACOM), firma WFEL pracowała nad modernizacją przęsła mostu w celu zwiększenia jego rozpiętości do 46 m, bez zmniejszenia nośności. Od 2013 r. nowe konstrukcje dostarczane są do USA, a w sumie armia USA zakupiła już 108 kompletów DSB. W 2016 r. podpisano kontrakt na modernizację 97 kompletów do nowych możliwości [15].

Modernizacja obejmuje dostawę dodatkowego segmentu środkowego przęsła, nowego przęsła pomocniczego. Zestaw modernizacyjny zawiera również dodatkowe elementy wzmacniające pojazd układacza.

Każdy nowy komplet M18 DSB składa się z pojazdu układacza Oshkosh M1075 (10×10) wraz z systemem układającym, holującego przyczepę M1076 z systemem PLS (Palletized Load System) z elementami przęsła pomocniczego oraz trzech ciężarówek - Common Bridge Transporter - Oshkosh M1077 (8×8), ciągnących podobną przyczepę z segmentami przęsła i pozostałymi elementami mostu (rys. 4). Przystosowany jest również do transportu drogą powietrzną przy wykorzystaniu samolotów transportowych typu C – 17 lub C – 5.

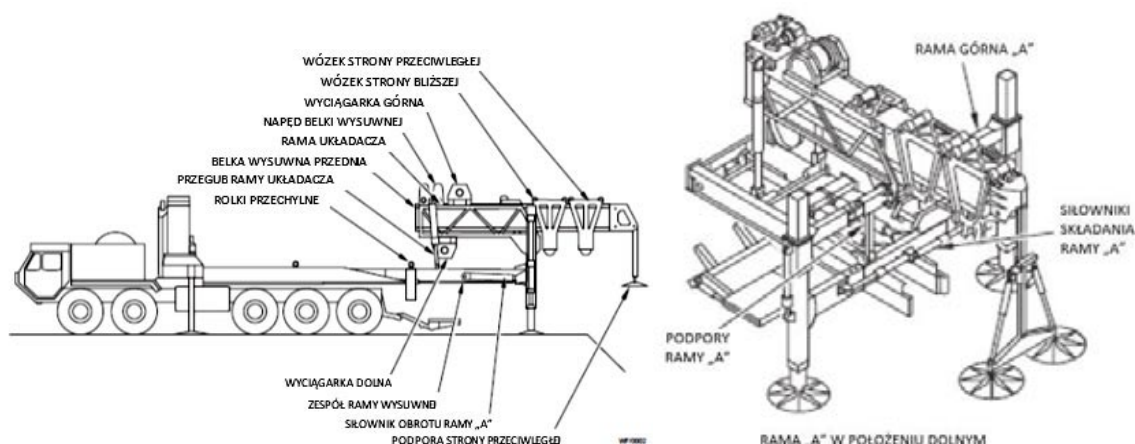


Rys. 4. Schemat kompletu mostu M18 DSB, pojazd transportowy CBT Oshkosh M1077 z przyczepą M1076 oraz pojazd transportowy IVECO 8×8 [16]

² W Austrii konstrukcja ta nosi nazwę Pionierbrücke 2000.

³ W 2012 r. firma WFL została kupiona przez niemiecką firmę Krauss-Maffei Wegmann, która produkuje między innymi mosty szturmowe Leguan.

Przęsło mostu składa się z dwóch aluminiowych dźwigarów, w kształcie odwróconej litery U, połączonych w jedną całość z płytą jezdni, tworząc jezdnię o szerokości 4,3 m. Pojedynczy moduł dźwigara mostu ma długość 6 m, wysokość 1,19 m i szerokość 4,3 m.



Rys. 5. Pojazd układacz z wysuniętą ramą montażową oraz rama montażowa [17]

Do budowy mostu wykorzystuje się pojazd układacz (Launcher), który ma za zadanie zbudować ramę montażową i wysunąć na drugi brzeg przeszkody wodnej przęsło pomocnicze z układem suwnic, służących do transportu elementów mostowych (rys. 5). Most o długości 46 m może być zbudowany przez zespół roboczy w sile 8 żołnierzy w czasie do 90 minut [17], złożenie natomiast zajmuje około 150 minut i może się odbywać z obydwu stron przeszkody wodnej.

Komplety mostu DSB znajdują się obecnie także na wyposażeniu armii: Australii, Szwajcarii i Turcji. Generalnie są to takie same konstrukcje posadowione ewentualnie na innych środkach transportu. Tylko w wersji szwajcarskiej jest możliwość wyposażenia przęsła w chodniki z poręczami (rys. 6), co podnosi bezpieczeństwo eksploatacji w warunkach wykorzystania w środowisku cywilnym podczas różnego rodzaju kryzysów.



Rys. 6. Przęsło „szwajcarskiej” wersji mostu DSB z chodnikami i poręczami z pojazdem układającym na podwoziu IVECO Trakker 10×8

2.3. Most FB 48

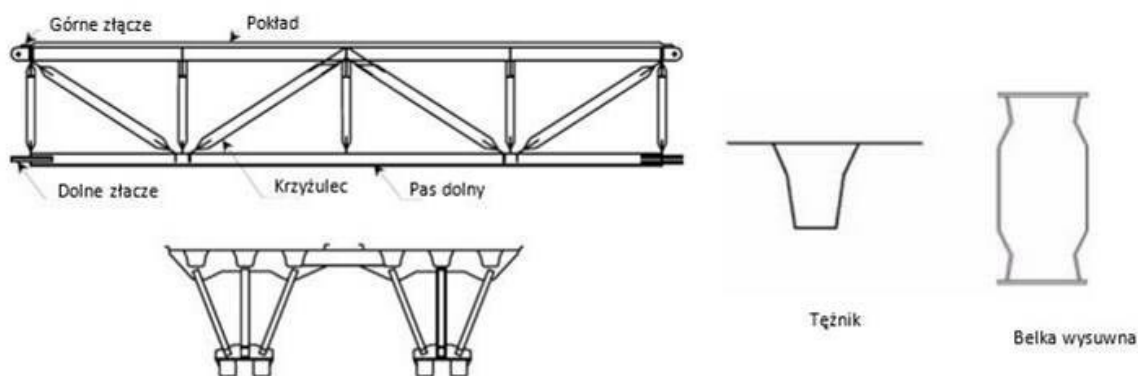
Rozwój nowego mostu wsparcia dla sił zbrojnych Szwecji został zapoczątkowany w 1986 r. we współpracy między rządową agencją zaopatrzenia armii (Försvarets

materielverk, FMV) i stocznią Karlskrona⁴. Armia potrzebowała nowego typu mostu, który mógłby pełnić funkcje mostu wsparcia i mostu składanego – logistycznego, na stosunkowo bogatym w przeszkody wodne terenie Szwecji. Według nomenklatury szwedzkiej most nazwano Krigsbro 5 (KB5), a angielskiej Fast Bridge 48 (FB 48). Rozwój projektu i testy konstrukcji nadzorowane przez agencję FMV doprowadziły do zamówienia 10 sztuk mostu w 1993 r., z opcją na kolejne 10 do 20 sztuk.

Most FB 48 posiada przęsło modułowe o maksymalnej długości 48 m, które zapewnia pokonanie przeszkody o szerokości do 46 m. Długość przęsła może wynosić od 32 do 48 m, składa się ono z czterech do sześciu sekcji 8-metrowych o szerokości 4 m i wysokości około 1,5 m. Łagodny wjazd na most zapewniają rampy o długości 15 m. Komplet mostu przewożony jest na 6 standardowych samochodach o ładowności 12 t i jednej naczepie z urządzeniem układającym. Układacz wyposażony jest w układ hydrauliczny zasilający żuraw i siłownik przepychający moduły przęsła. W czasie montażu w pierwszej kolejności na przeciwległy brzeg wysuwane jest przęsło pomocnicze. Następnie na belce ustawia się segmenty nośne, łączy je ze sobą i wysuwa na drugi brzeg (rys. 7). Całkowity czas montażu mostu wynosi 75 minut przy użyciu załogi siedmioosobowej załogi. Wymagany plac montażowy to 6×30 m.



Rys. 7. Widok wysuniętego na przeciwległy brzeg blachownicowego przęsła pomocniczego i kompletnego mostu FB 48 na przeszkodzie (między kratowymi dźwigarami przęsła pomocnicze) [18]



Rys. 8. Widok konstrukcji segmentu przęsła FB 48 i przekrój poprzeczny przęsła pomocniczego (launching beam) [19]

⁴ Stocznia Karlskrona w 1989 r. została przejęta przez firmę Kockums AB, następnie przez Thyssen Krupp Marine Systems AB, a w 2014 koncern szwedzki SAAB odkupił znajdujące się w Szwecji zakłady Thyssen Krupp Marine Systems AB.

Moduł przęsła mostu składa się z dwóch kratowych dźwigarów koleinowych ukształtowanych w kształcie litery "U" z płytą pomostu u góry. Moduł mostu, o wymiarach $8 \times 4 \times 1,5$ m, ma masę 5,5 t, a moduł przęsła pomocniczego 1,7 t. Pokład wykonany jest z płyty stalowej S1100 o grubości 5 mm, usztywnionej przez zimnie uformowane usztywnienia podłużne (rys. 8). Również dolny dźwigar wykonany jest z kształtowników zimnogiętych, natomiast krzyżulce w kratownicy wykonane są z prostokątnych kształtowników pustych S460. Elementy złączy międzysegmentowych wykonane są z 50 mm blach S960. Wszystkie zasadnicze elementy mostu wykonane są ze stali wysokowytrzymałej o granicy plastyczności 1100 MPa i udarności 40 J przy -40 °C. Ponieważ zastosowanie takiej stali nie było objęte obowiązującymi przepisami i w latach 90. było nowością, konieczne było przeprowadzenie wielu szczegółowych badań materiałowych. Przeprowadzono rozległe testy elementów dotyczących wyoboczenia lokalnego i odkształcenia. Przeprowadzono także badania zmęczeniowe i statyczne na spawanych elementach oraz sprawdzono procedury spawania. Badania te wraz z optymalizacją konstrukcji ze względu na masę, wykazały, że stal wysokowytrzymała jest materiałem konkurencyjnym względem stopów aluminium.

We wrześniu 1996 r. firma Kockums AB, jako jeden z dwóch konkurujących głównych wykonawców, otrzymała zamówienie od US Army Tank Automotive and Armaments Command (TACOM) na opracowanie mostu ciężkiego w ramach programu Heavy Dry Support Bridge (HDSB). Ostatecznie umowa na HDSB została przyznana Williams Fairey Engineering Ltd, obecnie WFEL Ltd., na opisany wcześniej most DSB.

Na początku 1994 roku, po zakończonym studium wykonalności, FMV rozpoczął dyskusję nad rozwojem konstrukcji FB 48 ze zdolnością do budowy wieloprzęsłowego mostu o długości do 200 m. Przęsło miało maksymalnie 32 m rozpiętości, pomiędzy dwusłupowymi podporami pośrednimi i zapewniało nośność do MLC 70. Program nosił nazwę Krigsbro 6 lub FB 200. Konstrukcja miała wykorzystywać zasadnicze elementy FB 48: układacz, segmenty przęsła i rampy. W ramach programu badawczego, już do 1996 r., opracowano nowy system montażu przęsła bez wykorzystania przęsła pomocniczego oraz system zintegrowanych podpór [20].



Rys. 9. Most FB 200 na przeszkodzie terenowej i widok wspornikowego montażu segmentów przęsła i podpory za pomocą specjalnego układacza [18]

Przęsło montowane jest przy pomocy typowego układacza FB 48, który podaje segmenty ze środków transportowych w miejsce budowy. Następnie nowy układacz z żurawiem, poruszając się po pasie górnym przęsła, montuje kolejne segmenty i podpory (rys. 9). Segmenty przęsła i podpory dowożone są na specjalnym wózku montażowym. W fazie montażowej przęsło stanowi wspornik montażowy dla układacza i pełni jednocześnie rolę przęsła pomocniczego jak w FB 48. Podpory zbudowane są w postaci dwóch słupów połączonych ze stopami podporowymi. Słupy podpór posiadają wysokość regulowaną hydraulicznie w zakresie od 2 do 12 m.

Pomimo pomyślnego zakończenia testów, ze względu na redukcję armii i kosztów obronnych program FB 200 nie został dokończony i wdrożony do szwedzkiej armii.

2.4. Zestaw mostu zmechanizowanego MMK

W 1998 r. biuro projektowe przemysłu maszynowego KBTM⁵ (Конструкторское бюро транспортного машиностроения) w Omsku rozpoczęło prace nad mostem zmechanizowanym pod kryptonimem „Писк”. Miał on wypełnić lukę w zdolności do pokonywania średnich przeszkód wodnych. Istniejące mosty zmechanizowane (ТММ-3 lub ТМР-6) umożliwiają szybkie bezpośrednie przekraczanie długości kilkudziesięciu metrów, jednak wymagają dodatkowych podpór. Zapewniają one pokonanie stosunkowo płytkich przeszkód, ТММ3 do 3, a ТММ6 do 5 m głębokości. Celem projektu było stworzenie mostu jednoprzęsłowego, który umożliwia tworzenie przeprawy do 40 metrów długości w różnych warunkach terenowych. Analizy projektantów KBTM zakładały, że długość taka jest wystarczająca do pokonania 87-97% przeszkód napotkanych na polu walki.

Prace badawcze nad nową konstrukcją zostały zakończone w 2008 r., a pierwsze egzemplarze trafiły do armii rosyjskiej w 2013 r. Nowy zestaw mostu zmechanizowanego MMK (Мостовой механизированный комплекс MMK) posiada możliwość budowy przęsła o długości 16, 22, 28, 34 lub 41 m lub dwóch mostów o łącznej długości 60 m [21]. Cały zestaw mostu składa się z czterech do sześciu pojazdów transportowych⁶ i jednego do dwóch pojazdów układacza. Podstawowa wersja, umożliwiająca budowę mostu o długości 41 m, składa się z: pojazdu układacza, czterech pojazdów do transportu segmentów przęsła zasadniczego i pomocniczego oraz pojazdu do transportu ramp najazdowych. Podwozie wszystkich pojazdów stanowi Ural-532361-1012 w układzie 8×8. Konstrukcja przęsła i pojazdu układacza została opatentowana w 2010 r. [22].



Rys. 10. Pojazd układacz (MCM) z zestawu mosty MMK [21]

⁵ W lipcu 2014 r. KBTM został połączony i przemianowany na „Омсктрансмаш”, a od roku 2010 należy do koncernu УралВагонЗавод

⁶ Różne wersje składu zestawu podaje strona producenta <http://www.kbtm-omsk.ru/node/239> i katalog koncernu właściciela http://www.uvz.ru/data/Каталог_продукции_военного_назначенияУВЗ.pdf

Pojazd układający (Мостосборочная машина – МСМ) składa się z podwozia i osprzętu roboczego (rys. 10), który obejmuje:

- mechanizm układania przęsła pomocniczego na przeszkodzie;
- żuraw ładujący;
- wciągarkę;
- agregat hydrauliczny z wyposażeniem;
- podpory stabilizujące układacz.

Montaż mostu opiera się na zupełnie innej procedurze montażowej niż dla dotychczasowych mostów rosyjskich. Procedura ta jest zbliżona do niemieckiego mostu DoFB wykorzystującego przęsło pomocnicze. W pierwszym etapie montuje się i wysuwa na przeszkodę, za pomocą wciągarki i systemu hydraulicznego, sześć segmentów przęsła pomocniczego. Następnie, za pomocą mechanizmu układania i wciągarki, sześć segmentów przęsła nasuwane jest po przęsło pomocniczym na przeciwległy brzeg (rys. 11).



Rys. 11. Widok segmentów mostu i przęsła pomocniczego w położeniu transportowym oraz montaż segmentów przęsła MMK na przęsło pomocniczym [21]

Konstrukcję nośną przęsła stanowią dwa stalowe dźwigary blachownicowe o trójkątnym przekroju poprzecznym, połączone płytą międzykoleinową. W położeniu transportowym segmenty przęsła mają szerokość 3,3 m, a po rozłożeniu na przeszkodzie - 4 m. Nośność mostu wynosi 60 ton, przy prędkości przejazdu do 20km/h, a przy ograniczeniu prędkości do 5 km/h – 80 ton. Praktyczna przepustowość mostu wynosi od 340 do 380 pojazdów na godzinę. Największą zaletą MMK jest tempo budowy, 11-osobowa załoga buduje 40 metrowy most w ciągu 60 minut.

Po raz pierwszy publicznie most został pokazany na międzynarodowej wystawie Armia 2016 w Kubince niedaleko Moskwy i zaoferowany kontrahentom zagranicznym.

2.5. Mosty wsparcia w trakcie prac rozwojowych

Siły zbrojne Wielkiej Brytanii także są w trakcie prac nad wymianą i uzupełnieniem mostów systemu BR 90, który powstawał w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku. Zwiększona masa pojazdów armii oznacza, że zestaw mostowy BR90 wymaga modernizacji przęsła oraz wymiany przestarzałych środków ich transportu. Od 2014 roku brytyjska armia pracuje nad określeniem drogi do modernizacji lub potencjalnego zastąpienia urządzeń mostowych BR90. Program ten nazwano TYRO Project, jego głównym celem jest wprowadzenie do eksploatacji nowego systemu mostowego w 2022 r. Będzie on musiał zaspokoić potrzeby armii przynajmniej do 2040 r.

Pierwszą fazę programu – analizy i oceny wstępne – realizował w 2016 r. BAE Systems, następnie w kwietniu 2017 r. ogłoszono przetarg na realizację projektu nowych mostów TYRO [23]. Wybór realizatora projektu planowany jest na 2019 r.

Projekt TYRO zakłada dostarczenie nowych mostów szturmowych (Close Support Bridge) i wsparcia (General Support Bridge) w miejsce istniejących mostów systemu, BR90. Założono także możliwość modernizacji mostów obecnego systemu ze zwiększeniem nośności mostów do klasy MLC 100 dla pojazdów gaśnicowych. Most wsparcia powinien zapewniać długość przęsła co najmniej 30 m z możliwością pokonania przeszkody 60 m z wykorzystaniem dodatkowego osprzętu [23].

Najpoważniejszym oferentem jest BAE Systems które planuje projektowanie i produkcję nowego systemu wspólnie z General Dynamics [24, 25]. W zakresie mostu wsparcia, BAE proponuje poprawę zdolności istniejącego General Support Bridge (GSB) do rozpiętości 44 m, poprzez zestaw do wzmocnienia mostu (rys. 12) oraz możliwość budowy mostów dwuprzęsłowych do 62 m, z podporą pływającą lub sztywną. Prototypy przęseł znajdują się w fazie testów [26].



Rys. 12. Budowa mostu GSB z widocznym pod przęsłem systemem wzmocniającym [26]

W Polsce prace badawcze nad projektem nowego mostu wsparcia, o rozpiętości minimum 40 m, rozpoczęto w 2008 r. Projekt rozwojowy pt. „Mobilny most składany MLC 70/110 do pokonywania średnich przeszkód wodnych i terenowych” jest realizowany przez Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Urządzeń Mechanicznych „OBRUM” sp. z o.o. [27, 28].

W ramach prowadzonego projektu opracowano zestaw mostu pod nazwą MS-40, którego zasadniczym elementem jest pojazd układacza zbudowany na specjalnej naczepie. Układacz wyposażony jest w żuraw, przeznaczony do podejmowania segmentów przęseł pomocniczych i głównych mostu, oraz mechanizm układający, przeznaczony do rozkładania oraz składania mostu nad przeszkodą. Wszystkie elementy konstrukcyjne przęseł i wyposażenia mostu transportowane są na naczepach jednego typu, kompatybilnych z ciągnikami siodłowymi naszego wojska.

Segmentowe przęsło nośne wykonane jest ze stali wysokowytrzymałej w postaci dwudźwigarowych skrzynek o przekroju trapezowym z płytą międzykoleinową. Maksymalna długość przęsła wynosi 45,5 m. Segmenty skrajne posiadają podpory i łączą się z rampami najazdowymi najazdami o długości do 12 m. Klasa nośności mostu wynosi MLC 70 dla pojazdów gąsienicowych i MLC 110 dla kołowych, przy dopuszczalnej prędkości 20 km/h. Szerokość jezdni wynosi 4,5 m, a w położeniu transportowym 3,0 m. Projekt MS-40 jest obecnie w fazie końcowych procedur odbiorczych MON, powinien on wypełnić lukę między mostami szturmowymi a przestarzonymi konstrukcjami mostów składanych typu DMS-65.

3. POSUMOWANIE

W nowoczesnych armiach zauważana jest tendencja do zacierania się różnic między klasycznymi mostami wsparcia a mostami składanymi. Przykładem takich rozwiązań są mosty wsparcia: niemiecki DoFB (Dornier Folding Bridge) i angielski DSB (Dry Support Bridge) produkowany dla armii USA, a także japoński Type 07, które posiadają przęsła o rozpiętości ok. 45 m i nośności klasy MLC 70 T. Podobną charakterystykę będzie miał polski MS-40. Zasadniczym problemem jest ciągły wzrost wymaganej nośności mostów. W ciągu ostatnich 5 lat wymaganie nośności wzrosło do minimum klasy MLC 80T, a w najnowszym angielskim programie wymaganie to osiągnęło MLC 100T [25].

Zawsze przy opracowywaniu zdolności nowego sprzętu mostowego brane są pod uwagę następujące wymagania krytyczne: mobilność (w sensie zdolności własnej do pokonywania trudno przejezdnego terenu), zdolność do transportu różnymi środkami, nośność, długość przęsła oraz zdolność do przetrwania. Wymagania te są zróżnicowane w zależności od funkcji, jaką dany most ma spełnić w zabezpieczeniu mobilności wojsk.

Most wojskowy składa się z: konstrukcji przęsłowej (ewentualnie z podporą), systemu układającego (układacza), podwozia systemu układającego oraz środków do transportu konstrukcji przęsłowej i elementów wyposażenia. Projektowanie takiego systemu mostu wojskowego jest zdecydowanie odmiennym procesem od projektowania mostów cywilnych.

Klasyczna optymalizacja konstrukcji przęsła dotyczy osiągnięcia maksymalnej nośności dla założonej rozpiętości przęsła przy minimalnym zużyciu/wykorzystaniu masy/przekroju materiału konstrukcyjnego. Przy konstruowaniu mostów wojskowych jest inaczej, ponieważ o przyszłych możliwościach eksploatacyjnych konstrukcji w znacznym stopniu decydują środki transportowe i układające konstrukcję. Wykorzystanie standardowych lub dedykowanych środków transportowych, ogranicza i narzuca gabaryty oraz masę elementów składowych konstrukcji mostowej. Podział konstrukcji na moduły montażowe musi uwzględniać nośność pojazdów transportujących oraz zdolności układacza w poszczególnych fazach montażowych.

Projektując most wsparcia, należy wziąć pod uwagę jego wymaganą nośność oraz długość przęsła. Podział konstrukcji nośnej przęsła na podłużne elementy montażowe zależy od długości środka transportowego, a sposób podziału poprzecznego - od dopuszczalnej szerokości i wysokości środka transportowego w ruchu drogowym. Dopuszczalna szerokość transportowa dla pojazdów cywilnych, wynosząca 3 m, jest zazwyczaj przekraczana, jedynie wysokość transportowa (4 m), rzadziej (np. francuski EFA - Engin de Franchissement de l'Avant - 4,09 m). W projekcie wojskowym nie powinno się ograniczać wymaganiami cywilnymi, które nie gwarantują osiągnięcia celu i uniemożliwiają powstanie rozwiązania o odpowiednim stosunku koszt - efekt. Wyjątkowość „działań i potrzeb wojennych” powinna dopuszczać odstępstwa od wymagań cywilnych na rzecz zaspokojenia funkcji militarnych sprzętu wojskowego, w tym mostowego. Przy narzuconym wzroście nośności mostów nie jest możliwe trzymanie się starych wymagań transportowych. Nawet zastosowanie nowoczesnych

stopów aluminiowych bądź kompozytów polimerowych wzmocnionych włóknami węglowymi (lub innymi) nie spowoduje znacznego zmniejszenia przekrojów elementów nośnych przęsa i układacza, koniecznych dla zaprojektowania mostu pod nowe obciążenia. Należy jeszcze raz podkreślić, że mały gabaryt transportowy to mały/krótki element konstrukcyjny, wymagający większej liczby elementów i operacji montażowych (czasu) potrzebnych do zmontowania długiego i odpowiednio wytrzymałego przęsa. Trudne i nieefektywne będzie poszukiwanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych, zapewniających dużą nośność i rozpiętość przęsa, zaprojektowanych do transportu na standardowych pojazdach z cywilnymi ograniczeniami.

4. LITERATURA

- [1] NO-54-A200:2011 Mosty wojskowe – Klasyfikacja i terminologia.
- [2] Wagner J.L., *Military Bridging and Maneuver Warfare: Deficiencies and the Way Ahead*. United States Marine Corps Command and Staff College, Marine Corps University, Quantico. 19 February 2008 www.dtic.mil/get-tr-doc/pdf?AD=ADA499632 [online]. [dostęp: 12.11.2017].
- [3] Lach Z., Skrzyp J., Łaszczuk A.: *Geografia bezpieczeństwa państw regionu środkowoeuropejskiego*, MON, Szt. Gen. WP, Zarząd Geografii Wojskowej, Warszawa 2001.
- [4] Jałowiec T.: *Potrzeby wojsk lądowych w zakresie mostów towarzyszących. Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe* (24) nr 1, 2009 s. 29-34.
- [5] Łopatka M., Zelkowski J.: „Wymagania stawiane współczesnym mostom wojskowym”. *Biuletyn Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe*. 2009. vol. 24, nr 1 s. 35-44. ISSN: 0860-8369. OBRUM sp. z o.o., Gliwice 2009.
- [6] Kuchta W.: *Tendencje rozwojowe sprzętu przeprawowego a potrzeby wojsk lądowych*. V Konferencja Naukowo-Techniczna, Inżynieria Wojskowa, problemy i perspektywy. Wrocław, WSOWL-WITI, 2008, s. 109-118.
- [7] Ставицкий М.: *Состояние и перспективы развития возможностей оборонно-промышленного комплекса по созданию и производству средств инженерного вооружения. Оборонно-промышленный комплекс России*. Москва 2014, <http://federalbook.ru/files/OPK/Soderjanie/OPK-10/III/Stavickiy.pdf> [online]. [dostęp: 10.06.2018].
- [8] Connor R.C., Dunn I.J.: *The Move Towards Fully Automated Military Bridging Systems. Mobile and Rapidly Assembled Structures III, Vol. 47 2000*, pp.3-18 <https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/MRS00/MRS00000FU.pdf> [online]. [dostęp: 10.05.2018].
- [9] Schmidt P., Bäümel S., *The New Dornier Foldable Bridge DOFB. 6th European ISTVS Conference 4. ÖVK Symposium "Off Road Vehicles in Theory and Practice"*, Vienna, Austria September 28-30, 1994 *Proceedings Volume II* pp. 859-886 www.dtic.mil/get-tr-doc/pdf?AD=ADA288766 [online]. [dostęp: 12.05.2017].
- [10] Seeßelberg C.: *Modern Elements of Computer-aided Engineering for the Design of the Dornier Foldable Bridge. Mobile and Rapidly Assembled Structures by Computational Mechanics*, Southampton; 1996, pp. 261-270
- [11] *Kryteria techniczne wyrobu Most składany FFB*. MON, KTW-54-A329 1999 r.
- [12] *Sprawozdanie z badań Nr1 LB3/99 Most składany FFB*. WITI Wrocław 1999 r.
- [13] Eurobridge, Mobile Brücken GmbH, D-88039, Fridrichshafen, Germany, *Materiały poglądowe DoFB*.

- [14] Combined Arms Gap-Crossing Operations. Field Manual No FM 3-90.12/MCWP 3-17.1 (FM 90-13). Headquarters Department of the Army Washington, DC, 1 July 2008. [online]. [dostęp: 12.06.2018].
- [15] W FEL extends US Army contract with £30m upgrade deal. 11 Jul 2016 <https://www.wfel.com/news/wfel-extends-us-army-contract-with-gbp-30m-upgrade-deal/> [online]. [dostęp: 12.05.2018].
- [16] Dry support bridge www.wfel.com/products-and-services/dry-support-bridge/; [online]. [dostęp: 12.05.2018].
- [17] TM 5-5420-279-10, Operator's Manual for Dry Support Bridge (DSB) (NSN 5420-01-469-7479), 10 May 2004.
- [18] Mobile bridges by Kockums Naval Systems. Materiały poglądowe mostów FB 48 i FB48/200.
- [19] Höglund T. et. al.: Fast bridge 48, Svetsen Special Issue 1995.
- [20] 200-meters monterbar bro, <http://www.vhfk.se/wp-content/uploads/2016/10/Krigsbro-6.pdf> [online]. [dostęp: 10.03.2018].
- [21] ЛЮБОВ И., Преграды не страшны. Мостовой механизированный комплекс ММК. Журнал "Национальная оборона" №7/2012 С. 32-34. http://www.nationaldefense.ru/includes/periodics/defense/2012/0726/15568771/det_ail.shtml [online]. [dostęp: 12.05.2018].
- [22] Patent 2385980. Мостовой механизированный комплекс. <http://www.freepatent.ru/patents/2385980> 2008/10 [online]. [dostęp: 12.11.2017].
- [23] Project TYRO - General Support Bridge, <https://www.tenderlake.com/home/tender/12ae2f1c-3374-43f3-b854-55ed49f7c935/project-tyro-general-support-bridge> [online]. [dostęp: 15.05.2018].
- [24] Allison G.: General Dynamics and BAE partner to manufacture new military bridges. <https://ukdefencejournal.org.uk/bae-partner-general-dynamics-manufacture-new-military-bridges/> [online]. [dostęp: 15.05.2018].
- [25] Donaldson P., Combat engineering update. Military Technology 12/2017, p. 29-32.
- [26] Oakley T.: Telford tank tests prove bridge's strength <https://www.shropshirestar.com/news/local-hubs/telford/2018/01/25/telford-tank-tests-prove-bridges-strength/> [online]. [dostęp: 15.05.2018].
- [27] Raczyński Z.: Badania parametrów wytrzymałościowych przęsła mostu MS-40. Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe (36) nr 1, 2015 s. 99-113. ISSN: 0860-8369. OBRUM sp. z o.o., Gliwice 2015.
- [28] Markiewicz K., Tomaszewski S., Iluk A.: Weryfikacja konstrukcji przęsła mostu wsparcia. Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe (31) nr 3, 2012 s. 87-96. ISSN: 0860-8369. OBRUM sp. z o.o., Gliwice 2012.

SUPPORT BRIDGES

PART 1 - EUROPEAN SUPPORT BRIDGES WITH A SPAN OF 40 m

Abstract. The article presents European bridges designed to act as support bridges, which can also serve as line-of-communication bridges. The designs presented enable construction of bridges with a span of at least 40 m for MLC 70 class tracked loads. Tactical and technical specifications of the individual designs are presented. Particular attention is paid to the construction materials for essential components, structural design, assembly process, logistic systems of transport and deployment.

Keywords: military bridge, support bridge, bridge layer, bridge span, launching beam.