

Błażej **BARAŃSKI**

## ZMODYFIKOWANY ALGORYTM AUTOMATYCZNEGO UKŁADANIA PRZĘŚŁA MOSTU MG-20

**Streszczenie.** Gąsienicowy most szturmowy MG-20 posiada trzy tryby układania przęsła na przeszkodzie – awaryjny, ręczny i automatyczny. W artykule omówiono wyniki wprowadzonych zmian w istniejącym algorytmie pracy układu sterowania nadzorującego proces automatycznego układania przęsła mostu MG-20 na przeszkodzie. Opisano przesłanki wymuszające modernizację dotychczasowego algorytmu. Przedstawiono wprowadzone modyfikacje w o czujnikowaniu, pozwalające na niezbędną kontrolę dodatkowych parametrów. Na wykresach zostały przedstawione poszczególne fazy układania przęsła obrazowane na panelu wyświetlacza. W podsumowaniu odniesiono się do uzyskanych wyników i zalet wprowadzonej modyfikacji.

**Słowa kluczowe:** Most szturmowy MG-20, przeszkoda terenowa, przęsło PM-20, układanie przęsła, podejmowanie przęsła, automatyczne układanie przęsła.

### 1. WPROWADZENIE

W Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Urządzeń Mechanicznych „OBRUM” sp. z o.o. od roku 2003 roku realizowany jest program opracowania na potrzeby Sił Zbrojnych RP wojskowych mostów samobieżnych na podwoziach kołowych i gąsienicowych. Program mostowy otrzymał kryptonim Daglezja i tworzy go rodzina mostów o symbolach:

- most towarzyszący [1] na podwoziu samochodowym MS-20 (Daglezja);
- most szturmowy [2] na podwoziu gąsienicowym MG-20 (Daglezja G);
- most składany [3] na podwoziu samochodowym MS-40 ( Daglezja –S).

Podstawowym wyróżnikiem wymienionych mostów jest rodzaj zastosowania zależny od warunków otoczenia (prowadzonych działań wojennych) oraz charakter i wymiar przeszkody terenowej, na której jest wymóg ułożenia przęsła mostowego.

Poszczególne wersje wykonania znajdują się obecnie na różnych etapach rozwoju konstrukcji:

- MS-20 – produkcja seryjna;
- MG-20 – partia próbna;
- MS-40 – prototyp po badaniach.

#### 1.1 Most towarzyszący na podwoziu samochodowym MS-20

Most ten opracowany i wyprodukowany w OBRUM sp. z o.o. umożliwia rozłożenie przęsła mostowego PM-20 w czasie kilku minut na przeszkodzie o rozpiętości do 20 m. Po przęsle mostowym mogą przejeżdżać pojazdy klasy MLC70/110 [4] (wg normy STANAG 2021). Ta wersja wykonania mostu pozwala na ułożenie i podjęcie przęsła w warunkach, gdzie nie są prowadzone bezpośrednio działania wojenne. Proces układania i podejmowania przęsła jest realizowany z pulpitu wynośnego przez operatora znajdującego się na zewnątrz pojazdu samochodowego, który steruje procesem jednocześnie obserwując jego przebieg. Istnieje także możliwość podłączenia pulpitu wynośnego wewnątrz kabiny. Podłączenie to dodatkowo umożliwi podgląd parametrów pracy napędów jazdy na pulpicie wynośnym.



**Rys. 1. Układanie przęsła mostu MS-20w terenie otwartym [14]**

Wykorzystanie tego typu sprzętu – mostu samochodowego umożliwia szybką i skuteczną pomoc także w akcjach ratunkowych przy wystąpieniu klęsk żywiołowych. Naczepa mostu wyposażona jest w dodatkowe napędy hydrauliczne poprawiające własności trakcyjne i umożliwia poruszanie się w trudnym, np. górzystym, terenie. Specjalna konstrukcja naczepy samochodowej pozwala na zmianę szerokości przęsła z fazy transportowej do fazy roboczej i na odwrót. Dzięki temu przęsło w fazie transportowej i cały most MS-20 mogą się poruszać po drogach publicznych bez dodatkowych dopuszczeń (pilot, uzgodnienia trasy itp.), ponieważ spełniają wymogi przepisów o ruchu drogowym.

### **1.2. Most szturmowy na podwoziu gąsienicowym MG-20**

Rozwinięciem konstrukcji mostu MS-20 jest most MG-20. Założeniem konstrukcyjnym było zastosowanie tego samego przęsła PM-20, co umożliwiła specjalnie zaprojektowana konstrukcja układacza – kompatybilna w zakresie mocowania przęsła. Cechą wyróżniająca obydwie nośniki (podwozie samochodowe oraz podwozie gąsienicowe) jest możliwość ułożenia przęsła PM-20 na przeszkodzie terenowej przez most gąsienicowy oraz podjęcie przęsła przez most samochodowy i na odwrót. Praca mostu MG-20 w trybie pełnego automatu jest bardzo istotną cechą pozwalającą na ułożenie przęsła w trakcie działań wojennych (przy przemarszu wojsk) oraz podjęcie przęsła w innych warunkach przez np. most samochodowy. Widok mostu MG-20 pokazano na rys. 2.

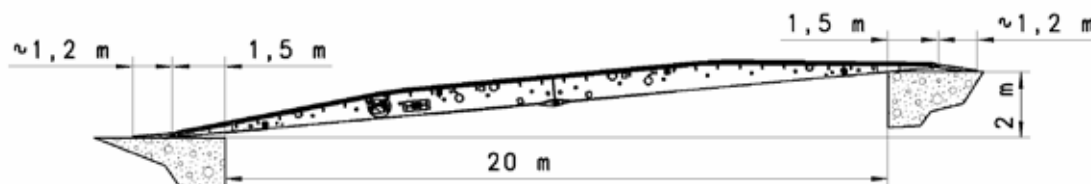


**Rys. 2. Most MG-20 [14]**

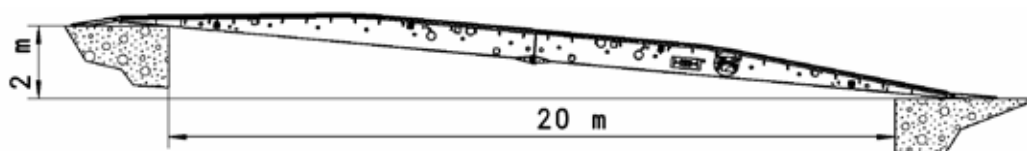
Most szturmowy MG-20 przeznaczony jest dla pododdziałów inżynierskich, wchodzących w skład oddziałów i związków taktycznych wyposażonych w czołgi. MG-20 umożliwia pracę w trudnych warunkach terenowych, podczas działań wojennych, w tym w terenach skażonych chemicznie. Most MG-20 cechuje wysoka mobilność, krótki czas układania przęsła na przeszkodzie oraz możliwość zapewnienia maksymalnej ochrony załogi. Wymagania w dokumencie [2] zawierają między innymi wymóg ułożenia przęsła przez załogę na przeszkodzie oraz jego podjęcie przy różnicy wysokości do 2 m pomiędzy brzegami przeszkody bez opuszczania wnętrza pojazdu bazowego (podwozia gaśnicowego). Jest to wymóg pracy szczególnie trudny z uwagi na brak możliwości bezpośredniej obserwacji przebiegu procesu rozkładania przez załogę. Opracowana w OBRUM sp. z o.o. konstrukcja mostu MG-20 pozwala na zrealizowanie wszystkich trzech trybów pracy (awaryjny, ręczny, automatyczny). Całość przebiegu procesów układania nadzoruje układ sterowania zrealizowany z wykorzystaniem programowanego sterownika [5] realizującego określony algorytm. Układy wykonawcze z zabudowanymi czujnikami są w stanie wykonać całą procedurę rozkładania mostu łącznie z automatycznym wypięciem przewodów hydraulicznych i elektrycznych podłączonych do przęsła, bez konieczności opuszczania pojazdu przez załogę.

## 2. PRACA UKŁADACZA MOSTU MG-20

W trakcie wykonywania prób i testów mostu mających na celu sprawdzenie poprawności pracy wszystkich wariantów pracy układacza MG-20, zwłaszcza pracującego w trybie automatycznym, elementem wymagającym szczególnej uwagi okazała się praca mostu podczas układania na przeszkodzie, której dwa przeciwległe brzegi znajdowały się na różnej wysokości. Wymagania dotyczyły zarówno pracy gdy ułożenie przęsła realizowane było przy przeciwległej krawędzi znajdującej się powyżej (rys. 3) poziomu pojazdu i układacza, jak również w przypadku odwrotnym (rys. 4).



Rys. 3. Przeciwległa krawędź powyżej poziomu układacza [10]

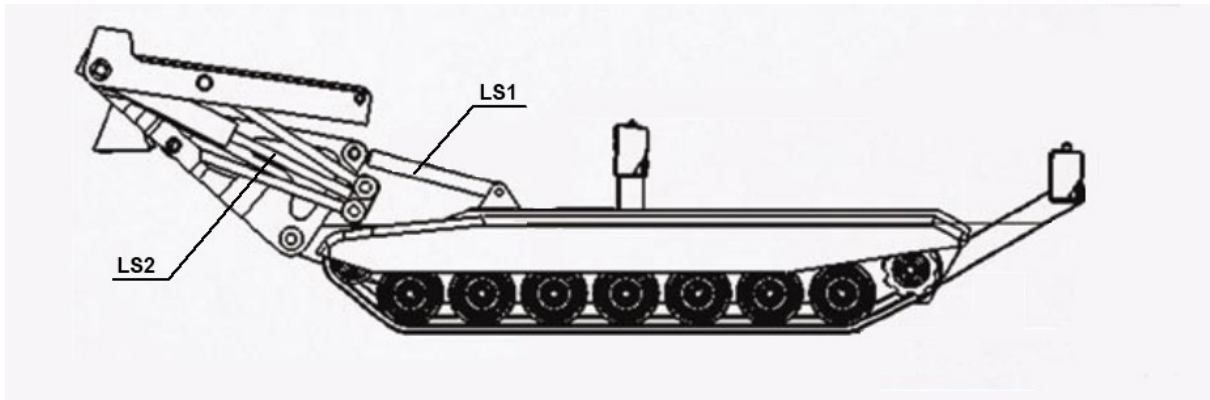


Rys. 4. Przeciwległa krawędź poniżej poziomu układacza [10]

Doświadczenia i uwagi pozyskane w trakcie badań prototypu pozwoliły na opracowanie/napisanie zmodyfikowanego oprogramowania, które posiada dodatkowe zabezpieczenia przed nieprawidłową pracą układu hydraulicznego, uniemożliwiająca odpowiednie rozłożenie przęsła mostowego. Napisana nowa funkcja w programie automatycznego rozkładania przęsła oblicza na bieżąco stosunek rozwarcia przęsła do wysunięcia siłownika LS2 (rys. 5). Umożliwia nie tylko rozłożenie przęsła na odpowiedniej wysokości, lecz również zabezpiecza przed niewłaściwą pracą siłownika LS2 (rys. 5) oraz

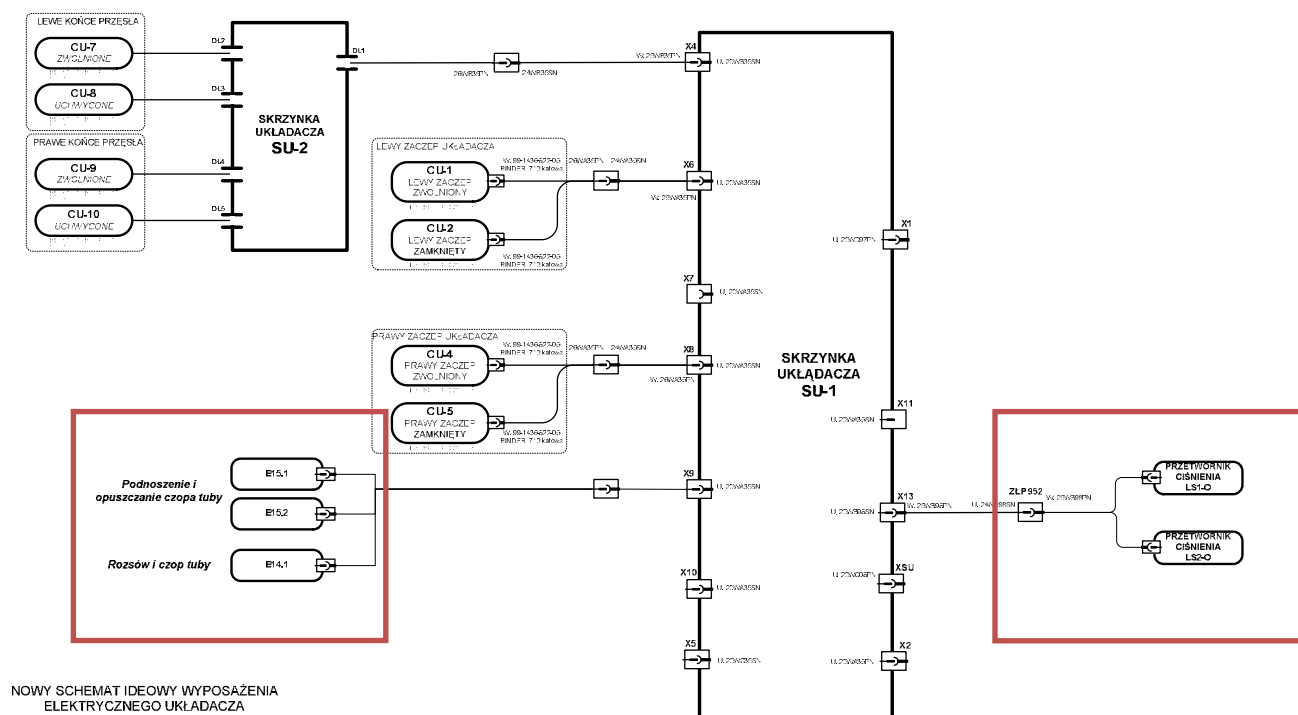
siłowników rozwarcia przęsła zabudowanych w przęśle. Skutkami błędnego algorytmu nie zawierającego wymienionych zabezpieczeń mogłyby być: zbyt szybkie rozwarcie przęsła i przewrócenie mostu lub uderzenia o podłoże nieotwartego przęsła i jego uszkodzenie.

Kluczowe w oprogramowaniu układu sterowania były również dwa inne etapy procedury rozkładania. Pierwszy polegał na trudności wykrycia (w zależności od pochylenia brzegu, na którym znajdował się most szturmowy MG-20) punktu, w którym przęsło mostowe jeszcze złożone znajduje się kilka stopni przed pozycją pionową w stosunku do podłoża. Wykrycie tego punktu umożliwia poprawne rozpoczęcie procedury rozwierania przęsła. Drugi kluczowy moment dotyczył wykrycia oparcia już rozłożonego przęsła o drugi brzeg przeszkody. Modyfikacja realizowanych funkcji układacza wymagała wprowadzenia do układu sterowania dodatkowych czujników, które zostały zabudowane w siłownikach odpowiadających za wykrycie skoku ciśnienia w wyżej opisanych sytuacjach w siłownikach LS1 oraz LS2 (rys. 5). Pracę siłowników nadzorują czujniki ciśnienia Trafag CMP [6] oraz czujniki wysunięcia Balluff BTL5 [7].



**Rys. 5. Siłowniki układacza – LS1 oraz LS2 [9]**

Układ automatyki (sterowania), w tym zaimplementowane czujniki pracują na bazie magistrali CAN [8], co pozwala na jej modyfikację i wprowadzenie kolejnych czujników bez koniecznych, głębokich zmian. Różnice w schematach elektrycznych układacza pokazują modyfikację magistrali CAN (rys. 6). W układzie wbudowane są dwa dodatkowe czujniki ciśnienia i trzy elektrozawory wykorzystywane do regulacji wysokości czopów znajdujących się na tubach wysuwanych podtrzymujących przęsło w pozycji transportowej.



Rys. 6. Schemat ideowy wyposażenia elektrycznego

### 3. MODYFIKACJA ALGORYTMU

W celu eliminacji możliwych do wystąpienia nieprawidłowości w procesie układania przęśla zmodyfikowany został dotychczasowy algorytm pracy układacza.

#### 3.1 Algorytm pracy układacza MG-20

Nowy, zmodyfikowany algorytm rozkładania przęśla został podzielony na dziewięć etapów. Przejścia między kolejnymi etapami są płynne i niezauważalne dla użytkownika. Opis kolejnych etapów – faz znajduje się na rys. 7.

1. Sprawdzenie warunków początkowych. Brak kontynuacji w sytuacji, gdy przęśło jest złożone na 3 metry, nie występuje odpowiednie ciśnienie w układzie, nie jest podłączone przęśło hydraulicznie i elektrycznie, są odpięte haki.



2. Sterowanie LS1. W celu wyeliminowania możliwości uszkodzenia tub wysuwnych wprowadzono wydatek na poziomie 30% do momentu bezpiecznego podniesienia przęśla z tub. Dzięki wprowadzeniu ograniczenia wydatku uzyskujemy łagodny start przęśla z tub.

3. Sterowanie LS1. Tym razem na pełnym wydatku do chwili wykrycia równych poziomów ciśnień na LS1 oraz LS2, a co z tym się wiąże podparcia stopy o podłoże i pozycji pionowej złożonego przęsła.



4. Następny etap jest kluczowy. Zastosowany został specjalny mnożnik, który ulega bieżącej korekcji. Mnożnik obliczany jest na podstawie stosunku aktualnego rozwarcia przęsła do wysunięcia siłownika LS2. Na podstawie otrzymanej wartości steruje się wydatkami hydraulicznymi na odpowiednie sekcje bloku hydraulicznego.



5. W chwili, w której zostało otwarte przęsło w powietrzu na wysokości około dwóch metrów od podłoża na której znajduje się wóz, zmianie ulega wydatek LS2 na 30%, tak aby oparcie o brzeg nie było gwałtowne.



6. Gdy przęsło mostowe znajduje się w końcowej fazie układania (na wysokości 2 metrów od przeciwległego brzegu) haki tylne ulegają otwarciu.



7. Następnie przęsło opiera się o brzeg, co powoduje dobicie LS2 w dół, tak aby przęsło na pewno oparło się o podłoże.



8. Następnie pojawi się ikona na pulpicie sterowania osprzętem informująca o konieczności odpięcia przewodów hydraulicznych.



9. W sytuacji, w której jesteśmy pewni, że przewody uległy odpięciu (zarówno te elektryczne, jak i hydrauliczne) można kontynuować operowanie układaczem.

**Rys. 7. Zmodyfikowany algorytm pracy układacza mostu MG-20**

Zmodyfikowany algorytm pokazany na rys. 7 został zaimplementowany w sterowniku [5] układacza, którego poszczególne fazy operator kontroluje na bieżąco podczas rozkładania w trybie automatycznym na wyświetlaczu pulpitu sterowania osprzętem [10]. Wszystkie etapy rozkładania przęsła są wyświetlane na ekranie pulpitu (rys. 8) i pozwalają na bieżącą kontrolę przez operatora realizowanych faz pracy układacza.



Rys.8. Pulpit sterowania osprzętem[8]



### 9.1. Przęsło w pozycji transportowej – etap sekwencji 1-2



9.2. Przęsło oparte na stopie podporowej – etap sekwencji 3

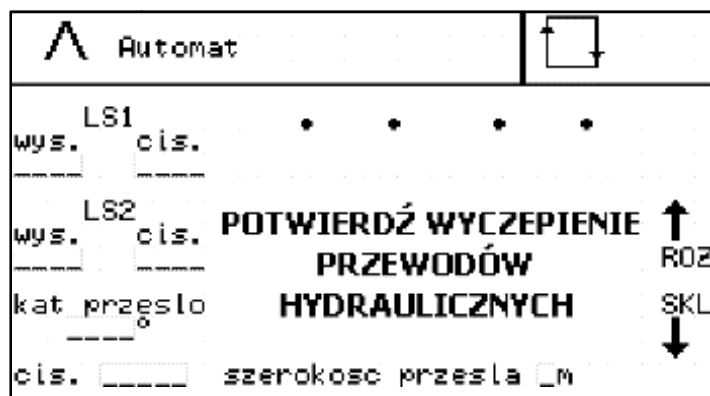


9.3. Przęsło rozwierane – etap sekwencji 4-6



9.4. Przęsło rozwierane – etap sekwencji 7





### 9.5. Oczekiwanie na potwierdzenie odpięcia przewodów etap sekwencji 8



### 9.6. Przęsło odłożone, składanie układacza etap sekwencji 9



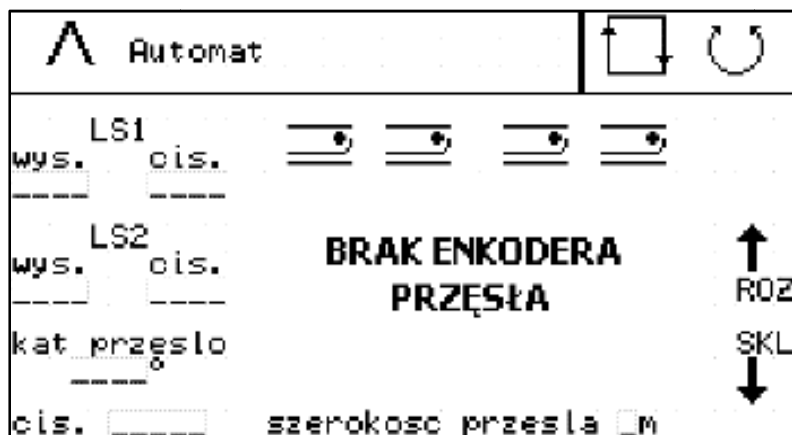
### 9.7. Układacz w pozycji transportowej. Koniec sekwencji

Rys. 9. Widoki ekranów faz pracy układacza i pojawiających się komunikatów rozkładania mostu w trybie automatycznym

### 3.2 Dodatkowe funkcje zabezpieczające

Realizując modyfikacje algorytmu pracy, wprowadzono kilka nowych, dodatkowych zabezpieczeń.

Na bieżąco prowadzona jest kontrola pracy enkodera. Na ekranie pulpitu sterowania osprzętem (rys. 8) wyświetlana jest informacja o awarii lub braku komunikacji z enkoderem. Komunikat ten pokazuje rys. 10.

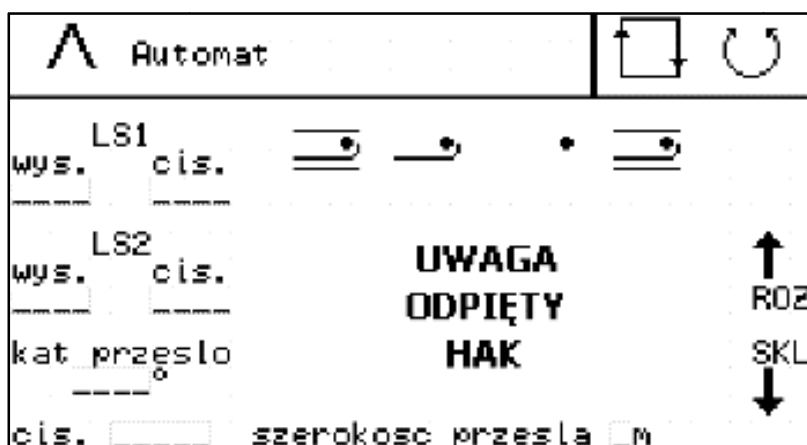


Rys. 10. Kontrola pracy enkodera

Kolejnym elementem zabezpieczającym jest kontrola odchylenia osi symetrii przęsła od płaszczyzny pionowej przechodzącej przez oś symetrii mostu MS-20. Odchylenie to nie może przekraczać kąta większego niż  $5^\circ$ .

Gdy wóz jest przechylony, w pierwszej kolejności włącza się sygnał dźwiękowy, a następnie pojawia się w prawym górnym rogu wyświetlacza ikona informująca o zaistniałej sytuacji. Gdy przechylenie wozu przekracza dopuszczalną wartość w trakcie procesu automatycznego rozkładania, proces zostaje przerwany, a operowanie przęsłem możliwe jest wyłącznie w trybie ręcznym.

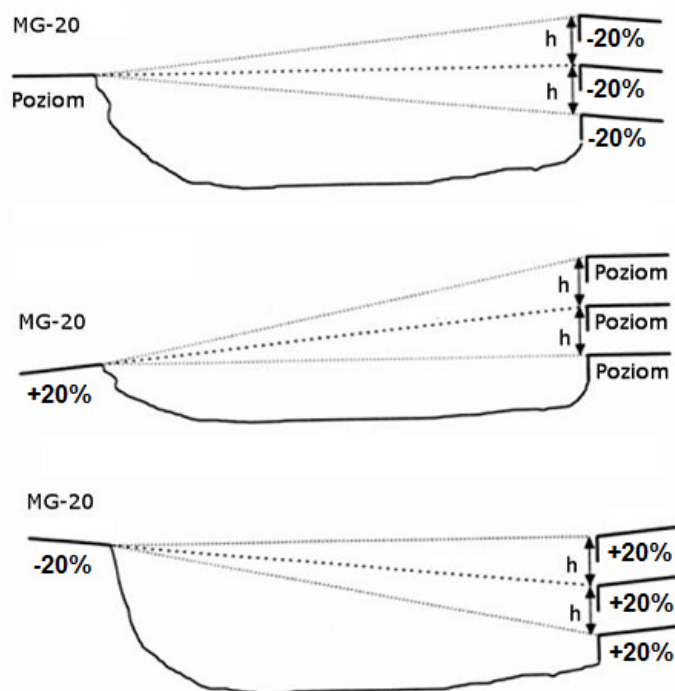
Oprócz zabezpieczeń przed nieprawidłową pracą enkodera oraz przechyleniem wozu zaimplementowane zostało również zabezpieczenie kontrolujące niezapięcie haków. Gdy tylko zniknie sygnalizacja o zapiętym haku na ekranie w strefie niebezpiecznej (kąt układacza między  $15^\circ$ - $170^\circ$ ) załączona zostaje syrena oraz pojawia się na pulpicie sterowania osprzętem specjalny komunikat (rys. 11).



Rys. 11. Ostrzeżenie o odpiętym haku

Innym istotnym problemem było ustalenie momentu pozwalającego na rozpoczęcie procedury rozwierania przęsła.

Przyjęte warunki eksploatacji [2] dopuszczają odchylenie poziomu nachylenia brzegu, na którym znajduje się MG-20 do 20% (rys. 12). Poprzez wykonane próby określono zależność optymalnego położenia stopy podporowej na przechylnym brzegu. W tym położeniu ciśnienia w siłownikach LS1 i LS2 (rys. 5) zrównywały się wartościami. Zaobserwowany fakt wykorzystano w opisaney modyfikacji algorytmu automatycznego układania przęsła mostu MG-20.



**Rys. 12. Niekorzystne przypadki rozkładania mostu szturmowego MG-20 [10]**

Docelowe, zmodyfikowane oprogramowanie sterujące procesami układacza ma także dodatkowe zabezpieczenia przed warunkami termicznymi oraz na bieżąco kontroluje wydatki w poszczególnych sekcjach układu hydraulicznego.

#### 4. WNIOSKI

Doświadczenia zdobyte podczas badań prototypu oraz prób i testów egzemplarza partii próbnej pozwoliły na zmiany w opracowanym oprogramowaniu. Dzięki wprowadzonym modyfikacjom i korektom dotychczasowego algorytmu pracy układacza uzyskano:

- poprawę pracy układacza w trybie automatycznym;
- skrócenie czasu układania przęsła na przeszkodzie;
- zapewnienie w pełni bezpiecznego procesu rozkładania przęsła (w warunkach jak na rys. 12) poprzez zastosowanie funkcji autokorekcji wysunięcia siłownika LS2 (rys. 5);
- możliwość dodatkowej kontroli przez operatora wybranych parametrów układacza.

Wprowadzone zmiany w algorytmie pracy układacza pozwoliły uzyskać poprawę bezpieczeństwa i niezawodności użytkowania mostu gąsienicowego MG-20, zwłaszcza

podczas pracy układacza w trybie automatycznym, przy załodze znajdującej się wewnątrz pojazdu gaśnicowego.

## 5. LITERATURA

- [1] Założenia Taktyczno-Techniczne Most Samochodowy MS-20. Departament Polityki Zbrojeniowej MON. Warszawa, 2003 r.
- [2] Założenia Taktyczno-Techniczne na most samochodowy MS-40, kryptonim DAGLEZJA – S. Departament Polityki Zbrojeniowej MON. Warszawa, 2007 r.
- [3] Założenia Taktyczno-Techniczne na most towarzyszący na podwoziu gaśnicowym, kryptonim DAGLEZJA – G. Departament Polityki Zbrojeniowej MON. Warszawa, 2008 r.
- [4] Łopatka M., Zelkowski J.: Wymagania stawiane współczesnym mostom wojskowym, Szybkobieżne Pojazdy Gaśnicowe(24), nr 1/2009 (str.35-44), OBRUM sp. z o.o. Gliwice, lipiec 2009.
- [5] Mobilny sterownik, <http://www.intercontrol.de/en/off-highway-electronics/products/controller/compact-f-i-59-ios/>, (dostęp – 10.09.2019 r.).
- [6] Karta katalogowa. Miniaturowy przetwornik ciśnienia CAN Trafag CMP 8270, 10.09. 2019 r.
- [7] Czujnik wysunięcia BTL5. <https://www.balluff.com/local/pl/productfinder/product/?key=BTL01E2#/> (dostęp - 15 września 2019 r.).
- [8] Makowski T., Pawłowski S., Płatek T.: Układ sterowania mostu przewoźnego wykorzystujący magistralę CAN, Szybkobieżne Pojazdy Gaśnicowe(37), nr 2/2015 (str. 49-56). OBRUM sp. z o.o. Gliwice, czerwiec 2015.
- [9] Szafraniec A., Tomaszewski S.: Analiza możliwości przeprawy podwodnej mostu szturmowego MG-20. Szybkobieżne Pojazdy Gaśnicowe(46), nr 4/2017 (str. 15-26). OBRUM sp. z o.o. Gliwice, grudzień 2017.
- [10] Opis i użytkowanie mostu MG-20. Edycja 2017. Ministerstwo Obrony Narodowej. Warszawa 2017. (Materiały własne OBRUM sp. z o.o. - nie publikowane).
- [11] Basiura K., Płatek T.: Uniwersalność rozwiązań mostów rodziny Daglezja. Szybkobieżne Pojazdy Gaśnicowe(48/49), nr 2/3/2018 (str.85-97). OBRUM sp. z o.o. Gliwice, wrzesień 2018.
- [12] Makulski P.: Kompatybilność układaczy mostów MS-20 oraz MG-20. Szybkobieżne Pojazdy Gaśnicowe(40), nr 2/2016 (str.5-14), OBRUM sp. z o.o. Gliwice, czerwiec 2016.
- [13] <https://militarium.net/polskie-mosty-towarzyszace-daglezja/> (dostęp: 15 września 2019 r.).
- [14] <http://www.obrum.gliwice.pl> (dostęp: 15 września 2019 r.).
- [15] Enkoder TWK, <https://www.twk.de/en/products/rotary-encoders/9331/rotary-encoder-tbn50/s4-sil2>(dostęp - 15 września 2019 r.).
- [16] Karta katalogowa Hydac International PL18331-0-07-15 EVS3100.

## **MODIFIED ALGORITHM OF AUTOMATIC LAUNCHING OF THE MG-20 BRIDGE SPAN**

**Abstract.** The MG-20 assault bridge has three modes of launching over an obstacle: emergency, manual and automatic. The article discusses the results of the changes made in the existing algorithm of the operation of the control system supervising the process of automatic launching of the MG-20 bridge span over an obstacle. The reasons of modifying the current algorithm are described. Modifications were made in the sensor system to enable control of additional parameters. Charts show the individual stages of span launching depicted on the display panel. The results obtained and advantages of the modifications are summarized in conclusions.

**Keywords:** MG-20 assault bridge, terrain obstacle, PM-20 span, span launching, span retrieval, automatic span launching.