



Получена: 29.12.2022 г.

Приета: 30.03.2023 г.

КРИТЕРИЙ ПРИ НАЧУПЕН ПРОФИЛ НА МЕХАНИЗИРАН МОСТ ТММ-3М В ГРАЖДАНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЯ

Е. Кръстанов¹

Ключови думи: военен механизирен мост, ТММ-3М, геодезия, инженерна геодезия, вертикално планиране

РЕЗЮМЕ

Автомобилният механизирен мост ТММ-3М е едно от основните средства, организирани от армията за преодоляване на разрушителните ефекти върху техническата инфраструктура, причинени от природни бедствия. Изпълнението на механизирани мостове в граждански условия изисква прилагането на съвременни геодезически технологии и средства за инструментално и практическо осигуряване. Характерна особеност при автомобилните механизирани мостове е начупената линия на горния пояс на горното строене. Нарушеният профил и вследствие на това затрудненият обзор оказват негативно психологическо въздействие върху водачите на МПС и водят до намаляване на пропускателната способност на моста. Честото регулиране на височината на опорите не винаги е възможно, тъй като е свързано със спиране на движението по моста. Това налага анализ на разликите в стойностите на наклоните за различни направления при последователни звена от моста.

Тази статия представя критерий за безопасна експлоатация в граждански условия на механизирен мост при възможен начупен профил, базиран на средствата за вертикално планиране.

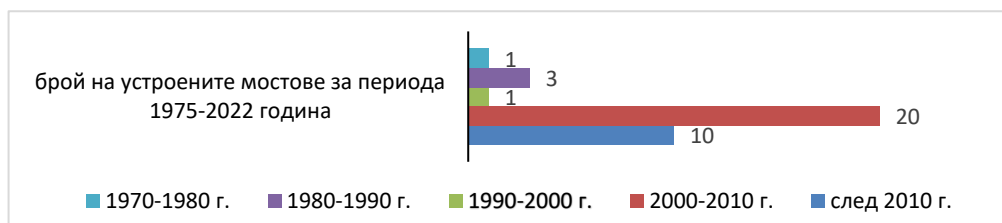
¹ Евгени Кръстанов, гл. ас. д-р инж., кат. „Приложна геодезия“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: evgenikrastanov68@gmail.com; krastan_fgs@uacg.bg

1. Устройство на военни мостове за гражданска експлоатация

В гражданската практика военни мостове се строят предимно като временни преправи при строителство или ремонт на постоянни мостове и хидротехнически съоръжения, съгласно основните задачи в мирно време на МО и българската армия, свързани с провеждането на неотложни аварийно-възстановителни работи за овладяване и преодоляване на бедствени ситуации, разписани в чл. 56 от Закона за отбраната и въоръжените сили на Република България [1].

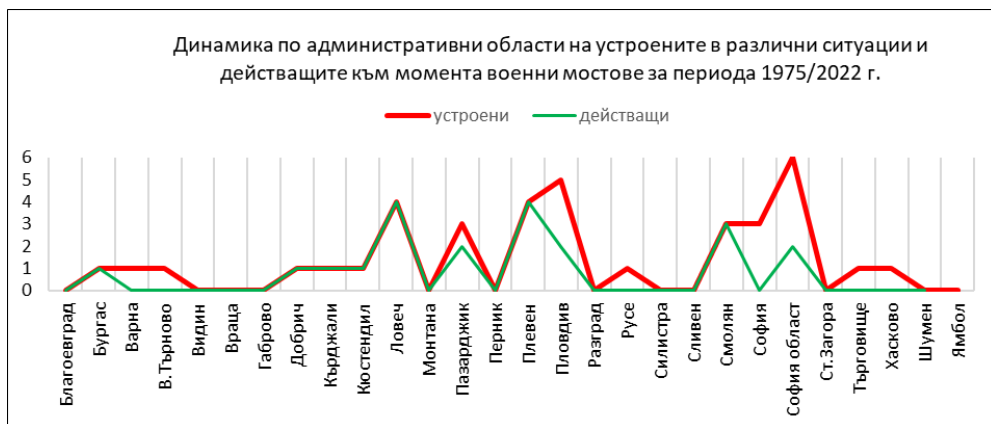
Пътно-мостовите средства, с които понастоящем разполага БА, основно са наследени от инженерните подразделения на БНА (включват новопостъпили мостове тип Bailey) и с тях могат да се устройват както нисководни, така и висоководни мостове. Техническите параметри и възможности на наличната инженерната техника отговарят на географските, топографските и хидрографските условия на Балканите. С възможности за изпълнение на аналогични временни или постоянни мостове в граждански условия разполагат също Главно управление „Строителство и възстановяване“, Държавно предприятие „Транспортно строителство и възстановяване“ и АПИ.

Системният анализ на събитията, довели до използване на налични системи военни мостове за изследван период 1975 – 2022 г. [2], установява нарастване случаите на аварийно устройство през последните двадесет години (фиг. 1).



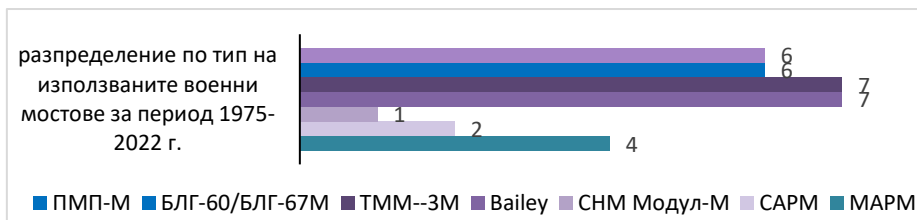
Фиг. 1. Брой на устроените мостове за изследван период 1975 – 2022 година

Динамиката по административни области на устроените в различни случаи и действащи към момента военни мостове (фиг. 2), показва прилагането им основно в Софийска, Пазарджишка, Пловдивска, Плевенска и Ловешка област [2].



Фиг. 2. Динамика по административни области на устроените и действащи към момента военни мостове за изследван период 1975 – 2022 година

В изследвания период са използвани конструкции за многократна употреба, както возими с висока степен на автономност, така и на складово съхранение с осигурено допълнително оборудване и техническа логистика [2]. Хидрографските характеристики на водните течения у нас и топографията в устройваните участъци предполагат употребата на мостове на фиксирани опори пред плаващите мостове, при съотношение 5:1 (фиг. 3).



Фиг. 3. Разпределение по тип на използваните военни мостове за изследван период 1975 – 2022 година

Четиридесет процента от монтираните мостове на фиксирани опори са механизирани мостове. Механизираните мостове (по номенклатура на [3] – ВС 0111:1982) са сглобяемо-разглобяеми мостове на твърди опори. Характерно за тях е, че мостовите ферми не само се транспортират на товарни автомобили, но и се сглобяват на място с помощта на хидравлични механизми, специално монтирани на базовата машина. В горното строене на механизирани мостове в единна пространствена схема са обединени главните греди, пътното платно, връзките и опорните части [4].

Конструкцията на мостопоставача, състояща се от транспортно шаси, оборудвано с механизми и устройства за транспорт, монтаж и демонтаж на мостови блокове, технологично трябва да осигурява повече от сто и петдесет пълни цикъла на транспортиране, поставяне и снемане. В зависимост от базовата машина мостопоставачите биват танкови (фиг. 4 вляво) с верижна и автомобилни (фиг. 4 вдясно) с базова машина тежкотоварен автомобил.



Фиг. 4. Танков механизирани мост BLG-67 и автомобилни механизирани мост ТММ-3М

2. Тежък механизирани мост ТММ-3М

За изследвания период в седем от случаите е устроен автомобилни механизирани мост ТММ-3М. ТММ-3М е представител на серията автомобилни механизирани мостове ТММ, конструирани в СССР през 60-те години на XX век и произвеждани в различни

модификации повече от тридесет години (последна обявена версия ТММ-3М1). Използван е като щатен автомобилен механизирани мост от инженерните звена в националните армии на страните членки на Организацията на Варшавския договор, Сърбия и други държави. Предназначен е за устройване на мостови преходи при състав един комплект мостопоставачи през землени или водни препятствия с ширина до 40 m и дълбочина до 3,60 m (сериозен недостатък, ограничаващ приложението във водна среда), с цел пропускане през тях на колесни и верижни товари с тегло до 60 t или 11 t на ос (фиг. 5). Приложим в голям температурен диапазон от -40° до $+40^{\circ}$ °C, включително и върху снежна покривка.



Фиг. 5. ТММ-3М на БА, с. Батулия, август 2014 г.

Постъпва на въоръжение в БА в началото на 70-те години на XX век. Един комплект ТММ включва четири мостопоставача на шаси с висока проходимост КрАЗ-255Б.

Три мостопоставача от комплекта с № 1 ÷ 3 превозват горно строене и събрана опора за един отвор, а машина № 4 само горно строене (фиг. 6).



Фиг. 6. Работен момент от полагане на автомобилен механизирани мост по технология „назад“ над р. Батулийска, с. Батулия, август 2014 г.

Мостът е от колесен тип, с ширина на колеите $2 \times 1,50$ m и 0,8 m междуколесен отвор. Ширината на конструкцията не позволява двупосочно движение. Двуколейната мостова схема от дизайна на ТММ е приложена през 2006 г. при конструирането на канадския тежък механизирани мост ERE S 80T. Пътната настилка (фиг. 7) е изпълнена от листов стомана с наварени пръти против плъзгане. Обичайна практика в граждански условия за намаляване на неудобството на водачите на превозни средства при преминаване през моста е междуколейният отвор да се покрива с платна рифелова ламарина или покривни елементи.



Фиг. 7. Пътно платно на ТММ-3М

Случаите на полагане на допълнителна настилка (фиг. 8) са изключение – след покриване на междуколейния отвор върху горното строене се полага антикорозионно покритие, чрез засипване с фракция от трошен камък, с възможност за преоформяне на напречения профил с 2 % (аналогично на полския сглобяем мост DMS-65 с вариант на пътно платно с положена битумна настилка) за отвеждане на повърхностните води. Тази практика благоприятства за предпазване на пътното платно от дъждовни води, сняг и заледяване на металните мостови ферми и увеличава експлоатационната годност на мост, но допълнително натоварва опорите.



Фиг. 8. Полагане на допълнителна настилка върху горния пояс на мост ТММ, Русия 2015 г.

Опората е телескопична ригел-козлова (фиг. 9), пространствен тип и променяща се височина – 1,7 ÷ 3,2 m, свободно опираща се върху почвата с помощта на опорни пети. Телескопичната конструкция на опората позволява изменение на височината ѝ в широк диапазон с възможност за строителство на ТММ върху прегради с разнообразни профили и с различен характер на дъното. Площта на опорната пета е проектирана за глинесто-песъчлива почва, характерна за дъното на водни прегради. Наклонът на дъното на препятствието, който може да поеме петата на опорите, е до 30°.



Фиг. 9. Ригел-козлова опора на ТММ-3М

Свързването на пътното платно с пътя се осъществява с апарелни устройства, технологично обединени с колейните блокове или влизащи в комплекта на мостовата конструкция като спомагателно оборудване.

3. Профил на горното строене на ТММ-3М

При необходимост първото и последното звено от многоотворен механизирани мост, при които се осъществява връзката с брега и няколко следващи сегмента, могат бъдат изпълнени не с равно пътно платно ($i_{\min} = 0,5\%$), а с по-голям от необходимия за отводняване, плавно качване и слизане от моста, проектен надлъжен наклон. Наклони $i_{\min} < 0,5\%$ са несъвместими с отвеждането на повърхностните води и задържането им на пътното платно – нерешен проблем и при други системи военни мостове (фиг. 10).



Фиг. 10. Задържане на повърхностни води по пътното платно на ТММ-3М, с. Батулия

Възможно е надлъжният профил на моста да е с по-висока средна част или чупката да бъде в най-дълбокия участък на водната преграда, като така се осигури преминаване под съоръжението на малки плавателни съдове (фиг. 11). У нас подобна ситуация е реална в средните и долните течения на Марица, Струма, Искър, Ропотамо, Камчия и други реки, по които могат да се придвижват малки плавателни съдове.



Фиг. 11. Наклонено входно звено и повдигната средна част на ТММ-3М

Характерна особеност при автомобилните механизирани мостове е възможната начупената линия на горния пояс на горното строене, получена поради ограничената възможност в стъпката за промяна на височина на опорите при наличие на неравномерен профил на дъното.

Промяната на височината на опорите става през определена стъпка. Под въздействието на пропусканите товари и собственото тегло на моста опорите и стойките в тях потъват неравномерно. Начупеният профил, затрудненият обзор и психологическото въздействие върху водачите на МПС от наличието на междуколеен отвор водят до намаляване на скоростта на движение и пропускателната способност на моста. Честата регулировка на височината на опорите не винаги е възможна, тъй като е свързана с преустановяване на движението по моста.

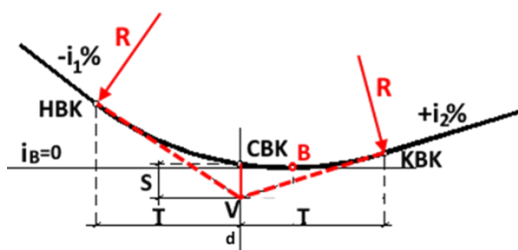
Движението по мост с начупен профил на пътното платно е свързано с увеличено динамично въздействие на подвижния товар върху конструкцията. Особено опасно е прекъсването на торсионните окачвания. Във връзка с това следва да се определят максималният ъгъл на завъртане на съседните горни строения или максималната разлика в нивата на две съседни опори. Експериментално е установено, че за осигуряване на движението на верижни товари по мост ТММ със скорост 10 – 15 km/h в непрекъснат режим, ъглите на завъртане на пътното платно не трябва да превишават 7 – 9° (12 – 16 %) или при свързване на хоризонтално разположено горно строене с наклонено, разликата във височините на съседните опори не трябва да превишава 0,7 – 0,9 m (което се равнява на 12 %), а при свързване на две наклонени в различни посоки горни строения – 0,35 – 0,45 m (за 11 метрово звено съответно 3 – 4 %) [4]. Пак там е изведено, че при равно пътното платно на част от моста по дължината на няколко отвора, наклонът не трябва да бъде по-голям от 10° (17 %). Още напречният и надлъжният наклон на дъното на преградата в местата за полагане на опорите не трябва да превишава максималния ъгъл на завъртане на петата относно стойката на опората.

Тези стойности и възприятие от водачите на превозни средства са съпоставими с наклоните на изкачване, прехода към хоризонталната част и спуска при сглобяемите или масивните автомобилни естакади с колесен отвор.

4. Въвеждане на критерий при начупен профил на горното строене на ТММ-ЗМ

Стойностите на опоменатите в предната точка критерии следва да бъдат сравними с аналогични или близки по значение показатели, отразени в [5, 6] и ползвани основно в геодезическата практика, свързана с вертикалното планиране на линейни обекти.

Като критерии за безопасна експлоатация на автомобилни механизирани мостове могат да се въведат известните елементи при проектиране на вертикални кръгови или квадратни параболи криви – показател на пречупване (m) и минимална стойност на бисектрисата (s) – фиг. 12.



$$m = I_1 - I_2, \quad \text{показател на пречупване}$$

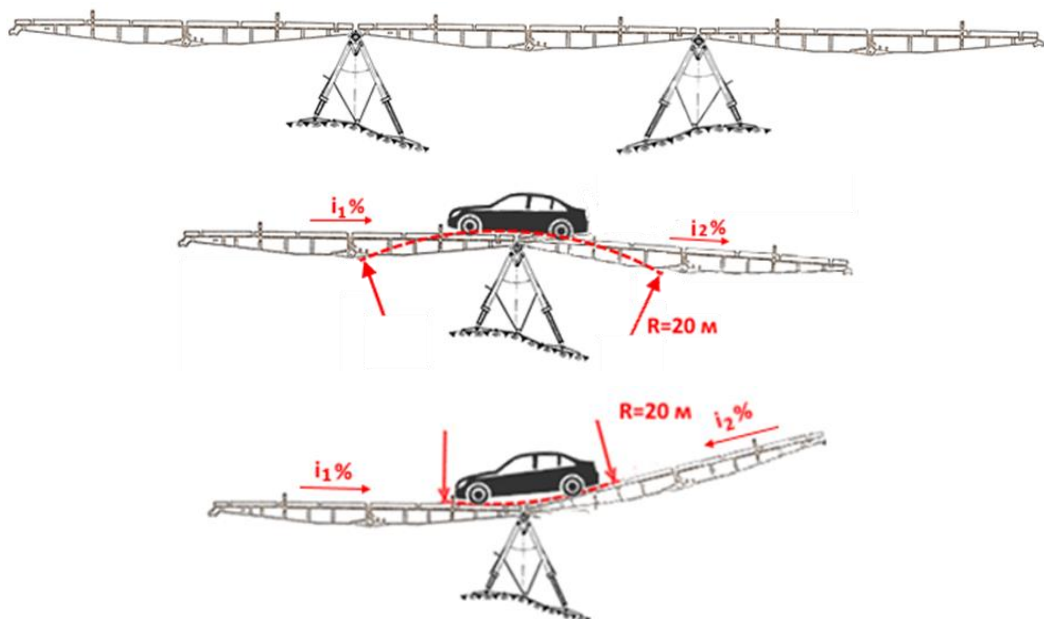
$$T = \frac{1}{2} |R \cdot m|, \quad \text{тангента}$$

$$s = \frac{T^2}{2 \cdot R} = R \cdot \frac{m^2}{8}, \quad \text{бисектриса}$$

$$d = 2 \cdot T, \quad \text{дължина на вертикалната крива}$$

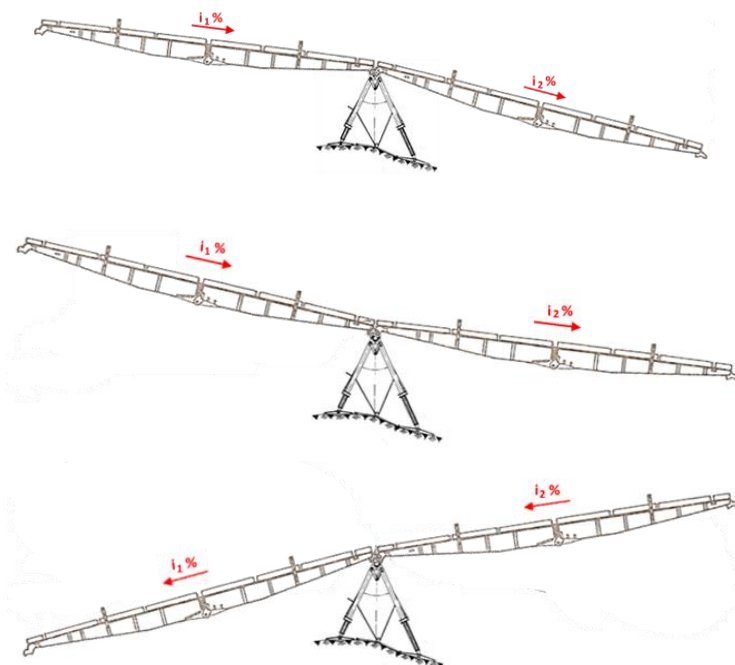
Фиг. 12. Вертикална крива квадратна парабола – елементи

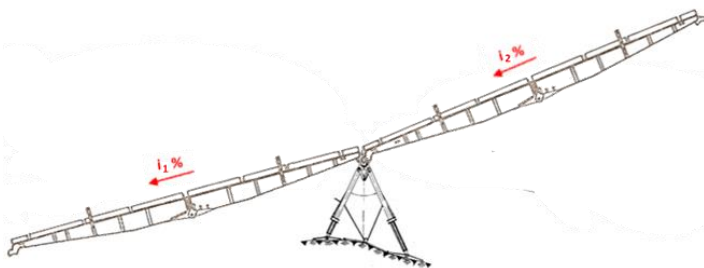
За нормално движение показателят на пречупване m при последващи противоположни по посока надлъжни наклони i_1 и i_2 (фиг. 13) следва да приема стойност съгласно изискванията за нивелетата при надлъжни профили в [5] приложими във вертикалното планиране, която осигурява плавно преминаване на цивилни колесни превозни средства между последователните съставни звена на механизирания мост.



Фиг. 13. Вертикална крива квадратна парабола – елементи

Освен варианти с противоположни наклони са възможни случаи с последователни наклони при разлика в техните стойности:





Както е известно, вертикални криви се проектират при бисектриса $s > 0,05$ m, изчислена с минимален радиус съобразно вида на кривата. При изчисляване на бисектрисата е подходящо да се използва радиус 20 метра, съпоставим със стойността, въведена в [6] и отнасяща се до закръгляване на рамките към подземни или надземни гаражи. В наредба № РД-02-20-2 от 20.12.2017 г. на ЗУТ, [7] радиусите за изпъкнали криви са приети 15 m, а за вдлъбнатите 20 m и разлики в наклоните на последователни прави участъци 8 %.

В таблици 1 и 2 са представени с известно презастраховане стойностите на (m) и (s) при плавно (x,xx), вероятно плавно ($x,xx/x,xx$) и затруднено преминаване (x,xx) през механизирани мост при начулен профил на пътното платно.

Таблица 1

критерий $i_1\%$	$m = (I_1 - I_2) \% \quad R_0 = 20 \text{ m} \quad S < 0,05 \text{ m}$												
	$i_2\%$	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,5	0,01	0,015	0,03	0,035	0,05	0,055	0,06	0,07	0,08	0,09	0,105	0,12	0,13
	0,01	0,015	0,03	0,035	0,05	0,055	0,06	0,07	0,08	0,09	0,105	0,12	0,13
1	0,015	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13
	0,015	-	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11
2	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14
	0,03	0,01	-	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12
3	0,035	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
	0,035	0,02	0,03	-	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13
4	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16
	0,05	0,03	0,04	0,05	-	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14
5	0,055	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17
	0,055	0,04	0,05	0,06	0,07	-	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
6	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18
	0,06	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	-	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16
7	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19
	0,07	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	-	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17
8	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,2
	0,08	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	-	0,15	0,16	0,17	0,18
9	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,2	0,21
	0,09	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	-	0,17	0,18	0,19
10	0,105	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,2	0,21	0,22
	0,105	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	-	0,19	0,2
11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,2	0,21	0,22	0,23
	0,12	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	-	0,21
12	0,13	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,2	0,21	0,22	0,23	0,24
	0,13	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,2	0,21	-

Таблица 2

m	0,01	0,015	0,02	0,03	0,035	0,04	0,05	0,055	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,105
S [cm]	0	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,2	1,6	2,0	2,5	2,75
m	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24
S [cm]	3,0	3,6	4,2	4,9	5,6	6,4	7,2	8,1	9,0	10,0	11,0	12,1	13,2	14,4

Заявените и възприети показатели за възможни разлики във височинното положение на две и повече последователни мостови ферми на ТММ могат да се приемат и в случаи на устройване на комбинирани мостове, схемата на които включва ТММ като максимални стойности на деформация, след превишаването на които конструкцията губи устойчивост (фиг. 14).



Фиг. 14. Комбинирани мостове, включващи автомобилен механизирен мост

5. Заключение

Наводненията през първите дни на месец септември 2022 година, причинили скъсване на пет моста в община Карлово, поставиха на дневен ред възможностите за устройване на временни военни мостове като средство за възстановяване на нарушените комуникации в бедстващите райони. Механизираните военни мостове са едно от основните средства при възстановителни дейности, строителни и ремонтни работи. В интерес на гражданата им употреба е привеждане на разписаните правила за тяхното устройване в съответствие с установените в гражданската практика норми и параметри за безопасна експлоатация.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон за отбраната и вооръжените сили на Република България. Обн., ДВ, br. 35 от 12.05.2009.

2. *Krastanov, E.* Izsledvane vazmozhostite za prilozhenie i geodezichesko osiguryavane na voenni mostove, ustroivani v grazhdanski usloviya i situaciya na prirodni bedstviya. Sofiya, Disertaciya, 2019.

3. Byuletin s voenni standartizacionni dokumenti ot m. septemvri 2005 na Direkciya "Voenna standartizaciya, kachestvo i kodifikaciya" kam MO na RB.

4. *Borisov, B., Kolev, K.* Voenni mostove. Voenni izdatelstvo, 1984.

5. *Dimitrova, R. D.* Vertikalno planirane. Sofiya, Kameya Grup, 2016, ISBN 978-619-7084-25-2.

6. *Neufert, E.* „Bauentwurfslehre“, Handbuch für den Baufachmann, Bauhren, Lehrenden und Lernenden, Wiesbaden, Vieweg, 1992.

7. Naredba № RD-02-20-2 ot 20.12.2017 na ZUT, za planirane i proektirane na komunikacionno-transportni sistemi na urbaniziranite teritorii.

8. STANAG 2021 Mileng (Edition 7) – Military Load Classification of Bridges, Ferries, Rafts and Vehicles, NATO Standardization Agency Agence OTAN de Normalisation, NSA/0634 (2014).

CRITERIA FOR A GRADE LINE PROFILE OF A MECHANIZED BRIDGE TMM-3M IN CIVIL EXPLOITATION

E. Krastanov¹

Keywords: *military mechanized bridge, TMM-3M, geodesy, engineering surveying, vertical planning*

ABSTRACT

The TMM-3M vehicular mechanized bridge is one of the main means arranged by the army to overcome the destructive effects on the technical infrastructure caused by natural disasters. The implementation of mechanized bridges in civil conditions requires the application of contemporary geodetic technologies and tools for instrumental and practical assurance. A specific feature of automotive mechanized bridges is the grade line of the upper zone of the superstructure. The grade line profile and, as a result, the difficult overview create a negative psychological impact on drivers and lead to a decrease in the throughput capacity of the bridge. Frequent adjustment of the pillar height is not always possible, as it is associated with suspension of traffic on the bridge. This necessitates an analysis of the differences in the slope values for different directions at successive links of the bridge.

This paper presents a criteria for safe exploitation in civil conditions of a mechanized bridge with a possible grade line profile, based on the means of vertical planning.

¹ Evgeni Krastanov, Assist. Prof. Dr. Eng., Dept. "Applied Geodesy", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: evgenikrastanov68@gmail.com; krastan_fgs@uacg.bg