



Получена: 31.05.2019 г.

Приета: 01.07.2019 г.

## ПЪРВИЯТ КОМБИНИРАН СТОМАНО-СТОМАНОБЕТОНЕН МОСТ С КУТИЕОБРАЗНО СЕЧЕНИЕ В БЪЛГАРИЯ

Ем. Пампулов<sup>1</sup>, Ст. Иванов<sup>2</sup>

*Ключови думи:* пътен мост, комбиниран, стомано-стоманобетонен, монтаж, натурно изпитване

### РЕЗЮМЕ

Статията представя подробна информация за първия проектиран, построен и въведен в експлоатация, комбиниран стомано-стоманобетонен мост с кутиеобразно сечение в България. Основно внимание в нея е отделено на връхната конструкция на моста, като е описан и методът на монтаж. В заключение са представени някои подробности от проекта за изпитване на съоръжението, с цел въвеждането му в експлоатация, както и сравнителен анализ с числен модел.

### 1. Въведение

Първият проектиран, построен и въведен в експлоатация мост с комбинирана носеща конструкция в България, състояща се от стоманена греда с кутиеобразно затворено сечение и стоманобетонна плоча, свързани за съвместна работа, се намира в резиденция „Бояна“. Резиденция „Бояна“ е архитектурно-парков комплекс, служещ за официална резиденция на президента, вицепрезидента и правителството на Република България. Тя е разположена на 10 километра южно от центъра на София, в подножието на Витоша, и се огражда от следните улици: ул. „Околовръстен път“, ул. „Даскал Стоян Попандреев“, ул. „Александър Пушкин“, ул. „Симеон Радев“, ул. „Габровница“, и ул. „Витошко лале“

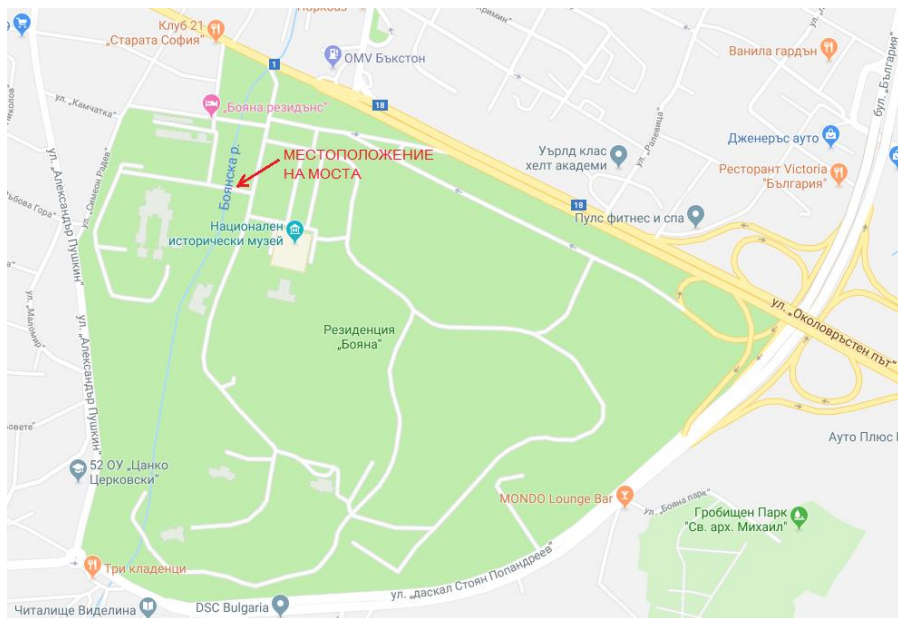
---

<sup>1</sup> Емилиан Пампулов, гл. ас. инж., кат. „Метални, дървени и пластмасови конструкции“, (в периода от 1972 – 1995 г.) УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: pamroulov.em@t-online.de

<sup>2</sup> Стоян Иванов, гл. ас. д-р инж., кат. „Метални, дървени и пластмасови конструкции“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: sdenkov\_fce@uacg.bg

(вж. фиг. 1). Заобиколена е от обширен вътрешен парк с водни каскади, езера и редки видове растения. През района протича Боянска река, над която е изградено и мостовото съоръжение, свързващо (сегашната) Резиденция (Дом № 2) с останалата част.

Мостовото съоръжение, както и целият комплекс „Правителствена резиденция „Бояна“ е въведен в експлоатация през 1974 г., за ползване от „Държавния съвет“ на НРБ.



**Фиг. 1. Местоположение на моста в комплекс „Бояна“**

Проектът за моста е изготвен през 1972 г. от проектантски колектив към И.П.П. (Институт по Проучвания и Проектиране) „Металпроект“ към Дирекция „Металстрой“ гр. София с гл. проектант инж. Ем. Пампулов (мостова конструкция, заготовка и монтаж), арх. Огнян Симеонов („Главпроект“ София) и проектант инж. Т. Станков (устои и подход към моста).

Строителството на моста е извършено от СУ „Мостстрой“, а стоманената конструкция е заготвена от завод „Хр. Смирненски“, гр. София. Цялостното завършване на строителството на мостовото съоръжение е през месец май 1974 г. На 26.07.1974 г. след пробно изпитване е съставен Протокол за годност на моста и е приет за нормална експлоатация.

## **2. Описание на връхната конструкция**

Връхната конструкция на моста в резиденция „Бояна“ в конструктивно отношение е комбинирана стомано-стоманобетонна греда, състояща се от стоманобетонна плоча, свързана със стоманена греда с кутиеобразно затворено сечение. Проектантският колектив представи три вариантни проекта в „идейна фаза“, като „Техническият съвет“ към инвеститора (УБО към „Държавен Съвет“) даде предимство на моста с комбинирана конструкция, поради неговата конструктивна компактност, естетически изчистена линия и съображения за сигурност (фиг. 2).



1974 г.

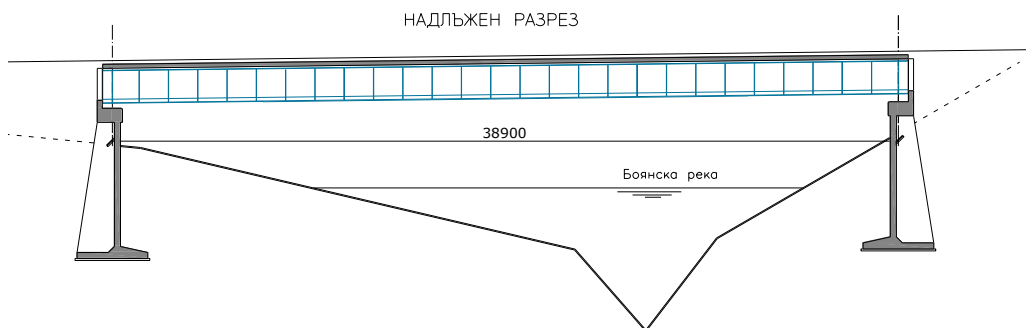


2019 г.

**Фиг. 2. Изглед на моста**

Както е известно, при този тип върхна конструкция се съчетават ефективно качествата на носимоспособност на натиск на стоманобетона и опън на стоманата.

Статическата схема на моста е проста греда с отвор 38 900 mm (фиг. 3). Мостовата конструкция предава усилията върху устоите посредством двойка подвижни лагери на източния устой и двойка неподвижни лагери на западния устой. Напречният габарит е 10 800 mm, с оформени два тротоара от по 2 000 mm и пътно платно 5 700 mm и парапети. Пътната настилка е с асфалтово покритие от два пласта по 60 mm (фиг. 4).



**Фиг. 3. Надлъжен разрез**



Всички съединения, заводски и монтажни, са чрез заварки, проверени с просветляване.

Мостът е оразмерен за следните натоварвания: постоянни товари от собствено тегло и от комуникации – 4 водопроводни тръби и кабели; подвижен товар Н-300, НК-800 и тълпа; сняг; хоризонтални товари от вятър; земетръс.

### 3. Монтаж на стоманената връхна конструкция

През пролетта на 1973 г. бяха изградени монолитните устои на моста и фундаменти за временните опори, необходими за монтажа на връхната стоманена конструкция. Самият монтаж на връхната мостова конструкция се извърши на два етапа. Първият етап бе окрупняване на транспортираните стоманени елементи и навличането на цялата носещата стоманена конструкция до експлоатационно положение. За целта бяха изградени предварително две временни опори – стоманени П-образни рамки от стоманени тръби, пространствено укрепени със стоманени въжета. Временните опори бяха поставени в третините на отвора на моста (фиг. 5).



Фиг. 5. Временни опори за монтаж на стоманената конструкция

Отделните транспортни елементи на стоманената конструкция бяха окрупнени чрез монтажни заварки при устоя на източния бряг на реката. Предвидените в проекта надвишения при монтажните снаждания (заварки) се осъществиха прецизно чрез предварително изготвен поддържащ стенд преди навличането на конструкцията.

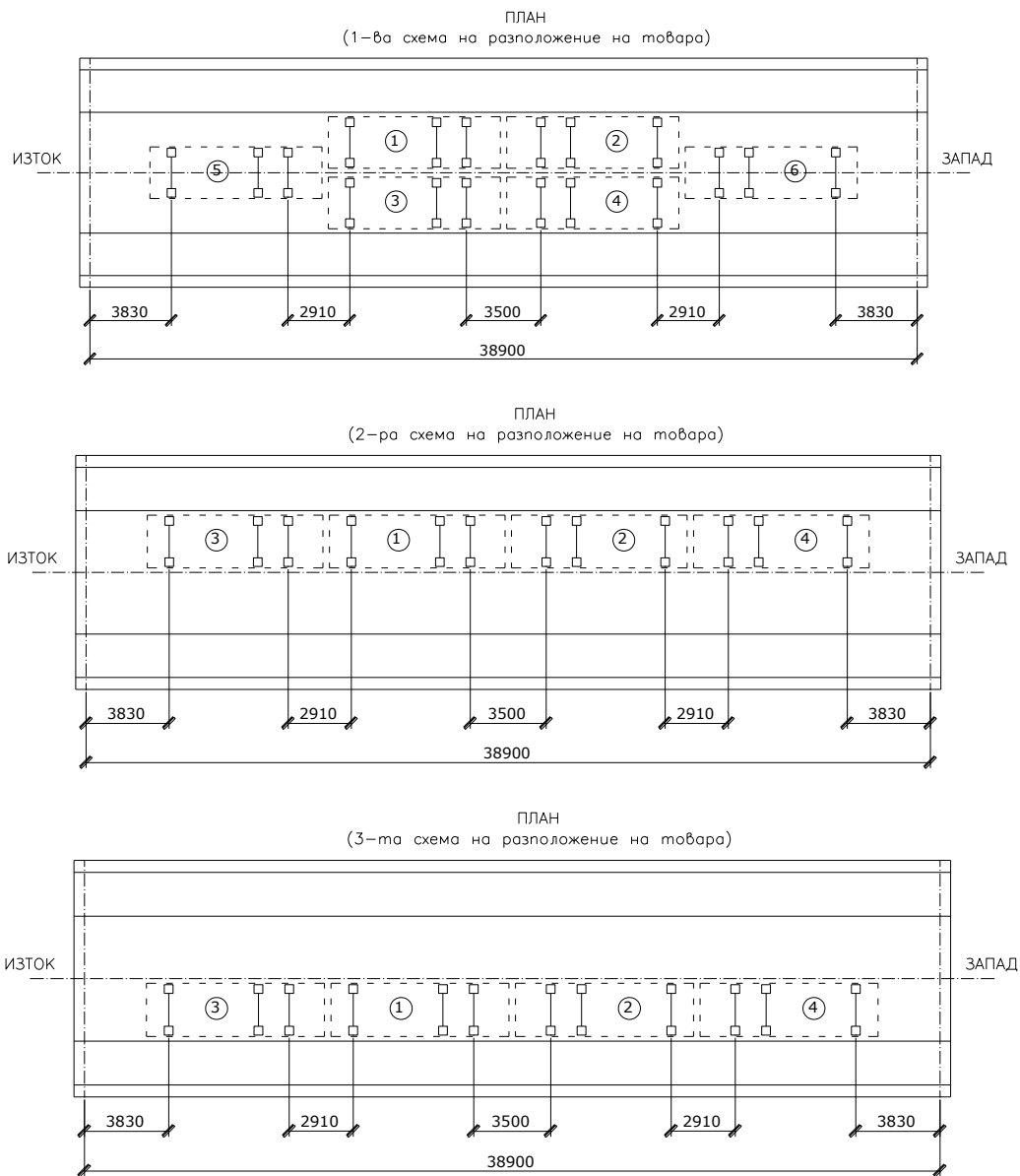
Вторият етап включваше монолитно изливане на стоманобетонната връхна плоча. За поддръжане на необходимия кофраж се използва монтираната стоманена конструкция и временните опори. Изливането на бетона за стоманобетонната плоча бе извършено през месец декември 1973 г. и поради отрицателните температури се наложи пропарването ѝ. След добиване на необходимата якост на стоманобетонната плоча се изпълниха изолациите, оформиха се тротоарите и парапетите и се положи асфалтовата настилка.

### 4. Натурно изпитване на моста

Изпитването на моста бе насрочено от инвеститора (УБО – „Държавен съвет“) със Заповед № 3657 / 19.07.1974 г. на „Института по пътища“. Изпитването се извърши на базата на изготвена програма от гл. проектант на моста (инж. Ем. Пампулов) и изпълнено от „Лаборатория за натурни изпитвания на мостове“ при „Института по пътища“.

Изпитването на съоръжението има за цел да установи поведението на цялостната мостова конструкция при експлоатационни условия и да се получат данни за действителната му статическа работа при въздействие на пробни натоварвания, при което в основните носещи елементи се достигат усилия, съвпадащи с (близки до) оразмерителните.

Пробното натоварване и необходимите измервания се извършиха на 25.07.1974 г. при сравнително подходящи атмосферни условия. Пробният товар се състоеше от общо 6 бр. самосвали КрА3-256, натоварени с предвиден товар и претеглени на всяко колело. Измерванията бяха направени за три различни схеми на натоварване, като се търсеше най-неблагоприятното усилие за всеки отделен елемент на моста (фиг. 6).

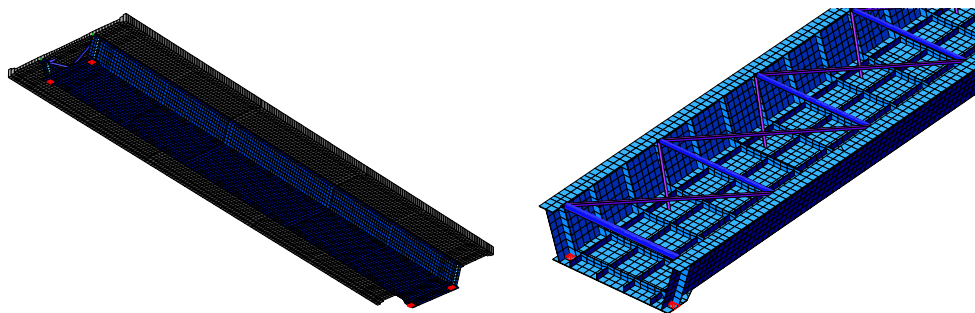


**Фиг. 6. Различни схеми на разположение на самосвалите КрА3-256**

Заклучението на комисията за извършване на пробното натоварване на съоръжението бе, че поведението и състоянието на моста при натоварванията е без видими дефекти и изменения, както и съпоставката на резултатите при замерванията и предварителните теоретични изчисления са сходни и мостът може да се включи в експлоатация.

## 5. Сравнителен анализ на резултатите от пробното натоварване с тези от числен модел

Оригиналните чертежи на моста са използвани за създаване на триизмерен числен модел на връхната конструкция. Характеристиките на материалите, използвани в модела, са според предписаните в проекта. Визуализация на стоманената конструкция от модела е показана на фиг. 7.



Фиг. 7. Числен модел

В числения модел е въведен подвижният товар самосвал КрА3-256, разположен според схемите, представени на фиг. 6. Резултатите за получените напрежения в средното сечение на моста от числения модел са сравнени с определените от експерименталното изпитване за въвеждането на моста в експлоатация. Сравнението е представено в табл. 1 Таблица . Последната колона от таблицата показва разликата, в проценти, на изчислените от числения модел напрежения, спрямо измерените.

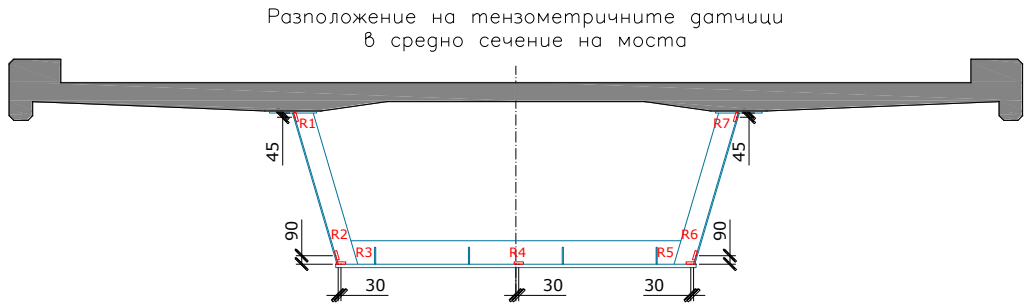
Таблица 1. Сравнение на напреженията в средно сечение

Тензометричен датчик	Напрежение от изчислителния модел, [MPa]		Напрежение от изпитването, [MPa]		Разлика, [%]	
	1-ва схема	2-ра схема	1-ва схема	2-ра схема	1-ва схема	2-ра схема
R1	-7,86	-4,98	-7,60	-2,90	+3,4	+71
R3	40,37	26,55	43,50	24,80	-7,2	+7,1
R5	40,38	21,60	34,50	19,40	+17,0	+11,3
R7	-7,89	-3,99	-7,10	-3,70	+11,1	+7,8

Разположението на тензометричните датчици в средното сечение на моста е показано на фиг. 8.

Теоретично определеното провисване в проекта за изпитване, от 1-ва схема на разположение на пробното натоварване, е 26,3 mm, отчетеното от числения модел е

24,24 mm, а измереното при изпитването е 24,60 mm (крайна стойност) и 20,80 mm (еластично провисване = крайната стойност – остатъчното провисване след разтоварване).



Фиг. 8. Разположение на тензометричните датчици

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 6713-53 Сталь углеродистая горячекатаная для мостостроения. Технические условия. 1954.
2. ГОСТ 380-71 Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки и общие технические требования. 1971.
3. БДС 1050-64 Товари подвижни за изчисляване на пътни мостове. София, 1964.
4. Временен правилник за проектиране на бетонни и стоманобетонни пътни мостове. ГУП при МТ, издателство „Техника“, София, 1973.

## THE FIRST STEEL-CONCRETE COMPOSITE BRIDGE WITH BOX CROSS-SECTION IN BULGARIA

E. Pampulov<sup>1</sup>, St. Ivanov<sup>2</sup>

*Keywords: road bridge, steel-concrete composite, construction, on-site testing*

### ABSTRACT

The paper presents detailed information about the first steel-concrete composite bridge with closed (box) cross-section that has been designed, constructed and put into operation in Bulgaria. The main focus is put on the bridge superstructure, for which the assembly and construction method is also described. In the end, details from the on-site testing of the bridge are reviewed, as well as a comparative analysis with a numerical model is presented.

<sup>1</sup> Emilian Pampulov, Chief Assistant Prof. Eng., Dept. “Metal, Timber and Plastic Structures”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046 (from 1972 to 1995), e-mail: pampoulov.em@t-online.de

<sup>2</sup> Stoyan Ivanov, Chief Assistant Prof. Dr. Eng., Dept. “Metal, Timber and Plastic Structures”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: sdenkov\_fce@uacg.bg