



Получена: 31.05.2019 г.

Приета: 01.07.2019 г.

ПЪРВИЯТ СТОМАНЕН ВАНТОВ МОСТ В БЪЛГАРИЯ

Ем. Пампулов¹, Ст. Иванов²

Ключови думи: пешеходен, вантов мост, монтаж, натурно изпитване

РЕЗЮМЕ

Статията представя подробна информация за първия проектиран, построен и въведен в експлоатация, пешеходен стоманен вантов мост 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 вантите и на съоръжението, с цел въвеждането му в експлоатация.

1. Въведение

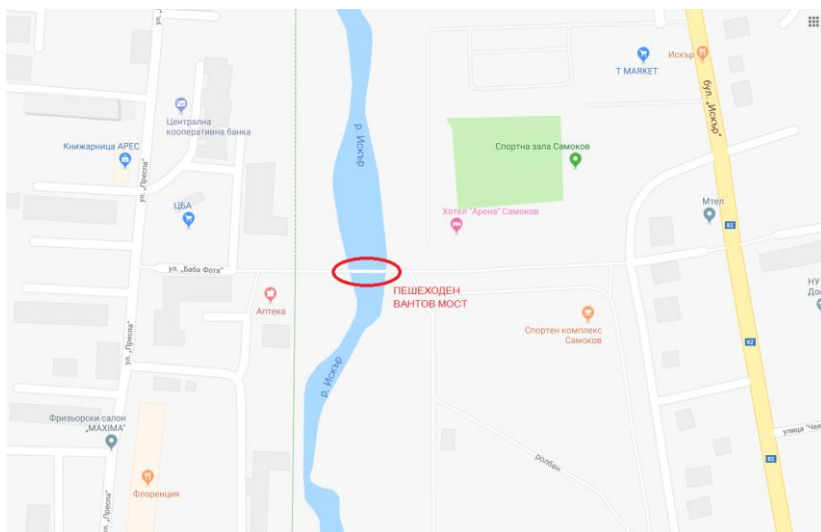
Преди 45 години, в началото на 1973 г. в И.П.П. (Институт по Проучвания и Проектиране) „Металпроект“ към Дирекция „Металстрой“ се получи задание от ГОНС гр. Самоков за проектиране и изграждане на мост над река „Искър“ при гр. Самоков.

Мостът се намираше в зоната на бъдещ парк „Лаго“ и нова спортна зала за директна връзка с жилищен комплекс, разположен от другата страна на река „Искър“ (фиг. 1). Основното му предназначение, съгласно заданието, бе за пешеходен трафик, като трябваше да позволява преминаване на сервизни возила (пожарни коли и линейки).

Ръководството на проектантския институт, с директор инж. Касабов, сформира проектантска група в състав: гл. проектант инж. Емилиан Пампулов (стоманена мостова конструкция, заготовка, монтаж и изпитване), проектант инж. Тоско Станков (стоманобетонни устои), арх. Чилев (архитектурно оформление), инж. Йоцов (озеленяване на околното пространство).

¹ 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

² 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



Фиг. 1. Местоположение на моста в гр. Самоков

Работният проект беше предаден през октомври 1973 г. В началото на 1974 г. Инвеститорът промени заданието за проектиране, като увеличи отвора на моста, поради извършени корекции на коритото на р. Искар в региона и укрепване на бреговата ивица. Коригираният работен проект бе предаден на инвеститора на 25.03.1974 г. Няколко месеца по-късно през 1974 г. бяха изготвени и работните (КМД) чертежи за стоманената конструкция.

Елементите на стоманената конструкция на моста бяха произведени от ЗМК „Карнобат“ съгласно чертежите, изготвени от проектантския колектив към ИПП „Металпроект“.

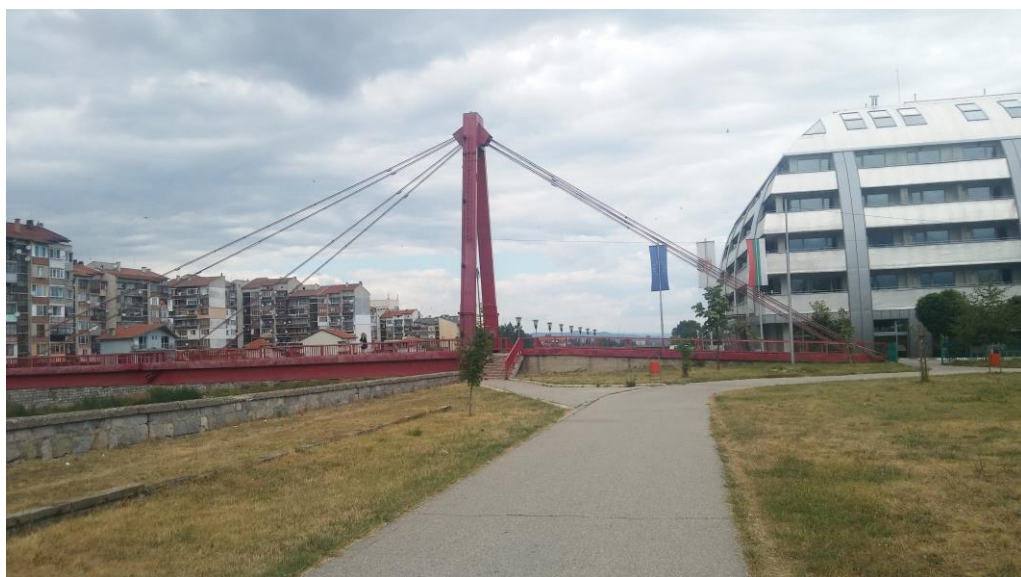
Изпълнение на проекта по закотвяне на въжетата към свързващите муфи бе възложено на „Централната изпитателна станция“ на ЗСК „Кремиковци“ с подробни указания-проект (писмо № 1312/21.X.1975 г. на „Металпроект“).

Изпитването на стоманените въжета (вантите) и свързващите муфи за моста се извърши от „Централната изпитателна станция“ на ЗСК „Кремиковци“ съгласно указанията на гл. проектант, отразени в писмо № 633/04.VII.1975 г. на „Металпроект“.

Всички стоманобетонни елементи – устои, укрепителни греди за закотвяне на ванти, рампи към устои и колектор за тръби и кабели – бяха изградени от ДСО „Софстрой“ – СУ 3. Монтажът на Стоманената конструкция на моста бе извършен от МСК „Казичене“ съгласно проект на ИПП „Металпроект“.

2. Описание на връхната конструкция

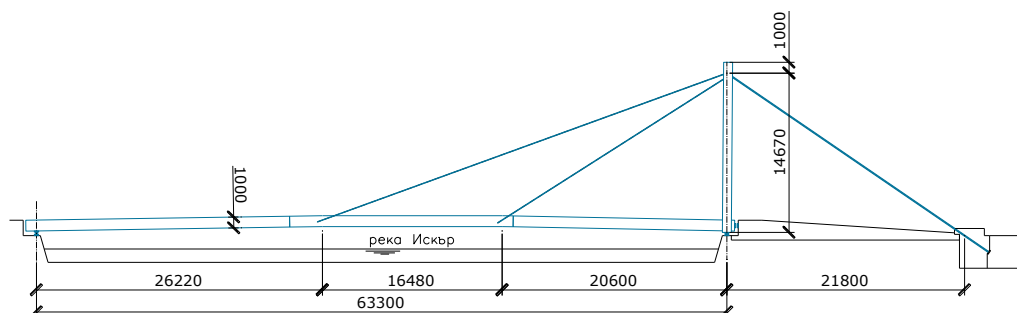
Мостовата конструкция е изцяло стоманена, несиметрична вантова с един А-образен пилон, стъпил на източния бряг на реката (фиг. 2). Главните, носещи надлъжни греди се поддържат от две двойки стоманени ванти (въжета), прикрепени към горната част на пилона. Други две двойни ванти (въжета) поемат хоризонталните усилия от пилона и ги предават в анкерен блок. Вантите укрепват пилона в надлъжно направление. Статичният отвор на моста между осите на лагерите е 63 300 mm (фиг. 2), а пълната дължина на стоманената конструкция е 64 970 mm.



Фиг. 2. Изглед на моста

Експлоатационната ширина на моста е 4 100 mm, с оформени от двете страни решетъчни парапети и ел. осветление. Осовото разстояние между двете главни надлъжни греди е 3900 mm. Те се състоят от стебло с постоянна височина 1 000 mm и променяща се дебелина 10 mm и 12 mm и долен пояс с променящи се размери – 30/400 mm и 22/400 mm. Зададено е строително надвишение от 400 mm. На нивото на долния пояс на главните греди е развита X-образна хоризонтална противоведрова връзка. Главните надлъжни (носеци) греди лягат в двата си края, при устоите на моста, върху подвижни в надлъжно направление стоманени лагери. При устоя от страната на пилона (източния бряг), в тежестните оси на главните надлъжни (носеци) греди има тангенциални лагери, служещи за поемане и предаване на хоризонталните сили от вантите.

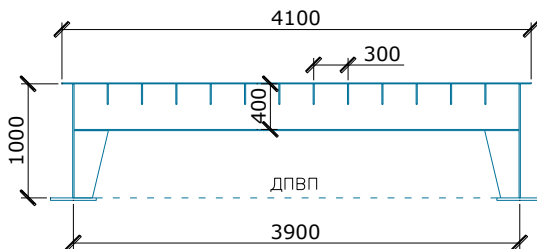
Пътната конструкция представлява ортотропна стоманена плоча на ниво горен пояс на главните греди. Тя се състои от стоманена плоча с дебелина 8 mm, надлъжни ребра 10/180 mm през 300 mm и напречни ребра Т-образни през 2 060 mm със стебло 10/400 mm и долен пояс 10/100 mm (фиг. 4). Настилката на моста е 60 mm асфалтово покритие върху специално нанесена изолация върху стоманената ортотропна плоча.



Фиг. 3. Монтажна схема

Пилонът е с А-образна форма, с височина 14 670 mm от ниво лагери до ос закотвяне на ванти (обща височина 15 670 mm); осово отстояние между двата „крака“ при стъпките на лагерите към устоя е 6000 mm. Двете стойки (крака) на пилона са конструирани с кутиеобразно, правоъгълно, затворено сечение 340/820 mm (по две стебла 10/800 mm и по два пояса 10/340 mm). Двете наклонени стойки (крака) на пилона стъпват върху устоя на два неподвижни лагера, позволяващи завъртане в равнината му. В най-горната част на пилона „главата“, където се събират краката, се прикрепят и вантите със специални муфи и система от планки. В експлоатационен режим на работа пилонът е наклонен към брега (изток) на реката със 120 mm отстояние във върха от вертикална права.

Вантите (въжетата) са с диаметър 51 mm от спирално усукани телчета, запечатани (закрити) с един слой клиновидна нишка и втори слой z-образна нишка в последните два външни слоя по ГОСТ 7675-55 ($R = 1400 \text{ MPa}$; $F = 1725 \text{ mm}^2$; сила на скъсване 2415 kN). Вантите се анкерират във фундаменти посредством муфи към закотвящо устройство, предварително забетонирано; към пилона и главните носещи греди те се прикрепят чрез муфи и система от планки.



Фиг. 4. Напречен разрез

Особеност при приетата мостова конструкция е, че местата на закрепване на вантите към главните носещи греди не могат да се разглеждат като корави опори за нея. Същото се отнася и за пилона, който е свързан във върха си с ванти (въжета) по надлъжната ос на моста и в двете посоки.

3. Носещи въжета (ванти)

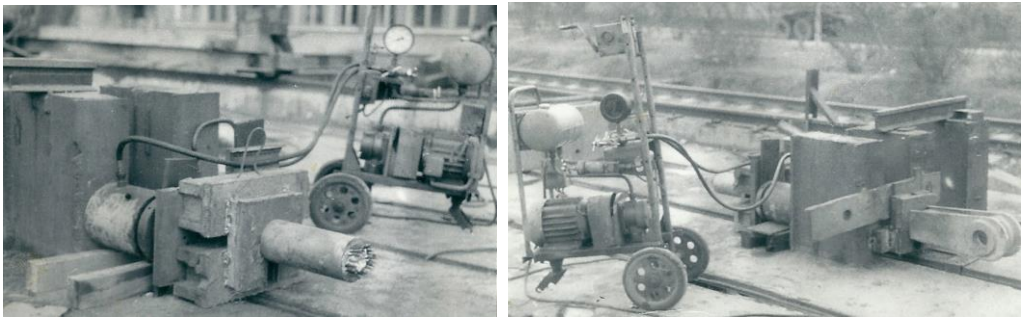
За определяне на допълнителното усилие, с което следва да се напрегнат вантите, се изходи от следните четири условия:

- 1) максималният огъващ момент в гредите да бъде лимитиран до 3700 kNm;
- 2) усилията във вантите да не надхвърлят определените допустими граници;
- 3) опънните усилия във вантите откъм моста да са еднакви;
- 4) да няма провисване на вантите (въжетата) при експлоатационно състояние на моста (усилията в тях да бъдат винаги „опън“).

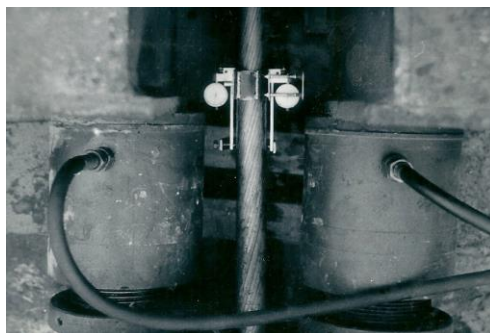
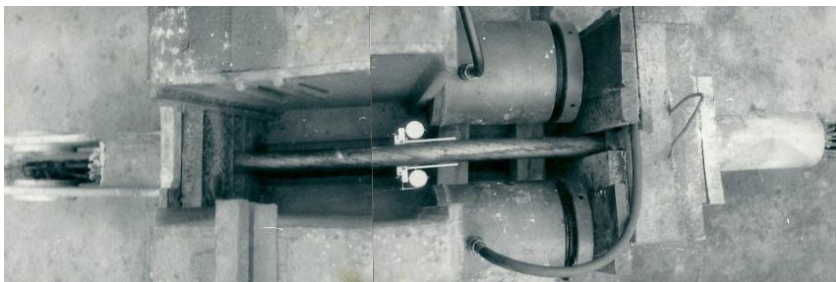
Оразмеряването на стоманената мостова конструкция бе извършено по метода на „Допустимите напрежения“ съгласно DIN (в съответствие със съществуващия по това време Български Държавен Стандарт – БДС).

Предварителни надвишения на носещите главни греди бяха направени, за да се компенсират провисванията вследствие на относителната им гъвкавост и удълженията на вантите. Надвишенията бяха зададени в местата на окачване (връзката) на главните надлъжни греди и вантите (въжетата). При по-дългата ванта (въже) надвишението е 400 mm, а при по-късата ванта (въже) е 250 mm. Пилонът бе монтиран с отклонение при върха, 120 mm в посока изток. По този начин се компенсират максималните удължения на вантите, вследствие на максимални опънни усилия в тях.

Елементите за прикрепване на вантите (въжетата) към главните греди, пилона и анкерния блок са от решаващо значение за надежността на вантовия мост. По искане на инвеститора се наложи изготвяне на специален проект за заготовката на муфите и връзката (закотвянето) на вантите (въжетата) към тях, както и за изпитването им. Приеха се конични и цилиндрични закотвящи чаши (муфи), които да се съобразят с особеностите на приетото въже с диаметър 51 mm. Изпитани бяха два вида закотвящи чаши.



Фиг. 5. Постановка за изпитване на вантите



Фиг. 6. Измерване на удължението във въжето

Всяко готово въже се изпитва още в завода производител и се издава сертификат, удостоверяващ качеството на въжето, който се предава на купувача. В случая на представяния вантов мост, за съжаление, не бе даден такъв сертификат и се наложи проектантът да изготви проект за изпитване на доставените въжета.

Изпитването бе извършено на специално конструиран и направен корав стенд (фиг. 5). За получаване на нужното усилие се използваша два маслени крика (от по 1000 kN), а за отчитане на удължението на въжето, система с точност 0,05 mm (фиг. 6).

Данните от изпитванията, оформени в официален протокол, бяха предадени на „Металпроект”, респективно на гл. проектант на 25.XII.1975 г.

4. Монтаж на моста

Транспортираните стоманени елементи бяха окрупнени в непосредствена близост до устоя на източния бряг на височина кота лагери. Използвано бе изграденото стоманобетонно „легло” за колектора, провеждащ водопроводни (инсталационни) тръби и кабели. Така бе възможно да се корегират грешките при заготвяне на отделните елементи от завода производител. Осъществено бе и предварителното надвишение на главните греди в точките на прикрепването на вантите.

За навличане на стоманената мостова конструкция първо бяха изградени две основни, монтажни (временни) опори, представляващи П-образни рамки от тръби (диаметър 400 mm), укрепени с обтяжки.

След това бяха поставени допълнителни временни опори, между устоите и двете основни монтажни опори. Те служиха за изграждане на релсов път с траверси, носени от стоманени греди. Плоскодънната река в този район, която бе почти пресъхнала през месец февруари (когато се извърши навличането), позволяваше този по-лесен начин за монтиране на стоманената конструкция. Навличането се извърши с лебедки, монтирани до устоя на западния бряг на реката. На задната страна на мостовата конструкция от източния бряг бе закачен булдозер за задържане и контролиране на движението (товара). Върху устоите и временните опори бяха поставени временни, подвижни ролки-лагери със специални ограничения за странично преместване.

Окачването и налягането на вантите (въжетата) се изпълни при следната последователност и начин:

- въжетата бяха доставени на местостроежа с точно определена дължина, указана от гл. проектант с предварително поставени анкерни муфи;
- пилонът бе предварително окрупнен и всички ванти бяха прикачени към „главата” му, след което бе монтиран върху лагерите;
- устойчивостта на пилона във всички посоки бе осигурена чрез временни укрепващи пръти и монтажни въжета, закрепени към лебедки на източния бряг на реката;
- вантите, предназначени за свързване към стоманените главни греди, бяха издърпани с монтажни въжета (западна посока) към местата на закрепване;
- прикрепени бяха първо вантите към анкерния блок, като се остави предвиденото монтажно разстояние от проектното им положение;
- пилонът се наклони в посока към реката, контролирано чрез монтажни въжета и лебедки;

- последва свързването на вантите към надлъжните, носещи стоманени греди;
- пилонът бе поставен във вертикално положение посредством система от монтажни въжета и лебедки;
- прикрепени бяха вантите към анкерния блок;
- снижиха се временните опори до отлепване на моста, със замерване на точното положение на моста (тази операция служи за предварително обиране на първичните деформации, както и за замерването им);
- отново мостът се подпря с временните опори до заемане на изходното положение;
- коригираха се дължините на всички ванти с помощта на подложни планки и преси „Фрейсине“;
- определиха се действителните усилия във вантите с помощта на пресите при отпускане на временните опори. на две от вантите се извършиха малки корекции;
- напрегнаха се дългите ванти (въжета) към моста с напругаща сила от 300 kN на въже;
- свалиха се временните опори с извършване на измервания за провисване на главните надлъжни греди и усилия във всички ванти (въжета) и се сравниха с предишните измервания и с изчислените в проекта.

След приключване на гореописаните операции и сравняване на резултатите, се направи основен преглед на закотвящите устройства, коригиране на посоката на закриващите (обсадните) тръби и запълването им с асфалтов разтвор.

5. Изпитване на моста и въвеждането му в експлоатация

Изпитването на моста бе насрочено със Заповед № 551 от 26.09.1977 на Стопанска Дирекция „Изграждане на населените места „София окръг” вследствие на Заповед № 555/26.09.1975 от зам.-председателя на ОНС – София.

В представената работна програма, от гл. проектант за изпитване на обект „Пешеходен мост над р. Искър, гр. Самоков”, критериите за годност на съоръжението бяха определени от: провисването на главните носещи надлъжни греди в точките на закотвяне на вантите (въжетата) и точка на разстояние 14 750 mm (сечението с максимален огъващ момент в гредата), мерено от лагера на западния бряг; отклонението от вертикалата на върха на пилона (оста на закотвяне на вантите към него); усилията във вантите (въжетата); поведението на устоите, лагерите и закотвящите муфи на вантите.

Резултатите се отчитаха за три различни схеми на натоварване: постоянни товари, постоянни плюс полезни товари (пълно натоварен мост), най-неблагоприятно разположение на полезния товар за вантите (въжетата).

При всяка схема мостът се намираще последователно в няколко режима на натоварване: натоварване на етапи; задържане на товара до затихване на деформациите; разтоварване; отново изчакване на затихване на деформациите. Получените резултати от трите различни схеми на натоварване на моста се съпоставиха с предварително изчислените очаквани резултати.

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”.

На 26.09.1977 г. първият стоманен вантов мост в България бе въведен в редовна експлоатация.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 7675-55. Канаты стальные. Канат спиральный закрытый с одним слоем клиновидной и одним слоем зетообразной проволоки. 1955.

THE FIRST STEEL CABLE-STAYED BRIDGE IN BULGARIA

E. Pampulov¹, St. Ivanov²

Keywords: pedestrian, cable-stayed bridge, construction, on-site testing

ABSTRACT

The paper presents detailed information about the first steel cable-stayed bridge 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 testing of the cables as well as on-site testing of the bridge are reviewed.

¹ 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

² 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