

## АЛТЕРНАТИВНО РЕШЕНИЕ ЗА ПЕШЕХОДЕН МОСТ НАД СОФИЙСКИ ОКОЛОВРЪСТЕН ПЪТ

Ванеса Елиас<sup>1</sup>, Цветан Георгиев<sup>2</sup>

## AN ALTERNATIVE DESIGN FOR A FOOTBRIDGE OVER THE SOFIA RING ROAD

Vanesa Elias<sup>1</sup>, Tzvetan Georgiev<sup>2</sup>

### Abstract:

*The development of urban transport infrastructure and the expansion of cities are often interdependent. This is the case with the Sofia Ring Road (SRR), which is an urban highway around the city and beyond which new residential districts are dynamically developing. This process requires the provision of safe, efficient, and aesthetic places (foot bridges) where pedestrians and cyclists can cross the road. To solve this problem in a unified way, the Sofia Municipality organized a competition for a conceptual design of a typical solution for a pedestrian overpass over the SRR in 2017, and the first such overpasses were built on the Southern Ring Road in 2021. This report presents an alternative design for a pedestrian overpass with identical dimensions. The main aspects of the new solution and the resulting characteristics of the structure's behavior and construction features are explained. A comparison is made between the realised design and the alternative solution in terms of materials used, construction complexity and dynamic characteristics of the structure related to user comfort.*

### Keywords:

*Pedestrian bridge, pedestrian overpass, integral bridge, pedestrian comfort, steel structures*

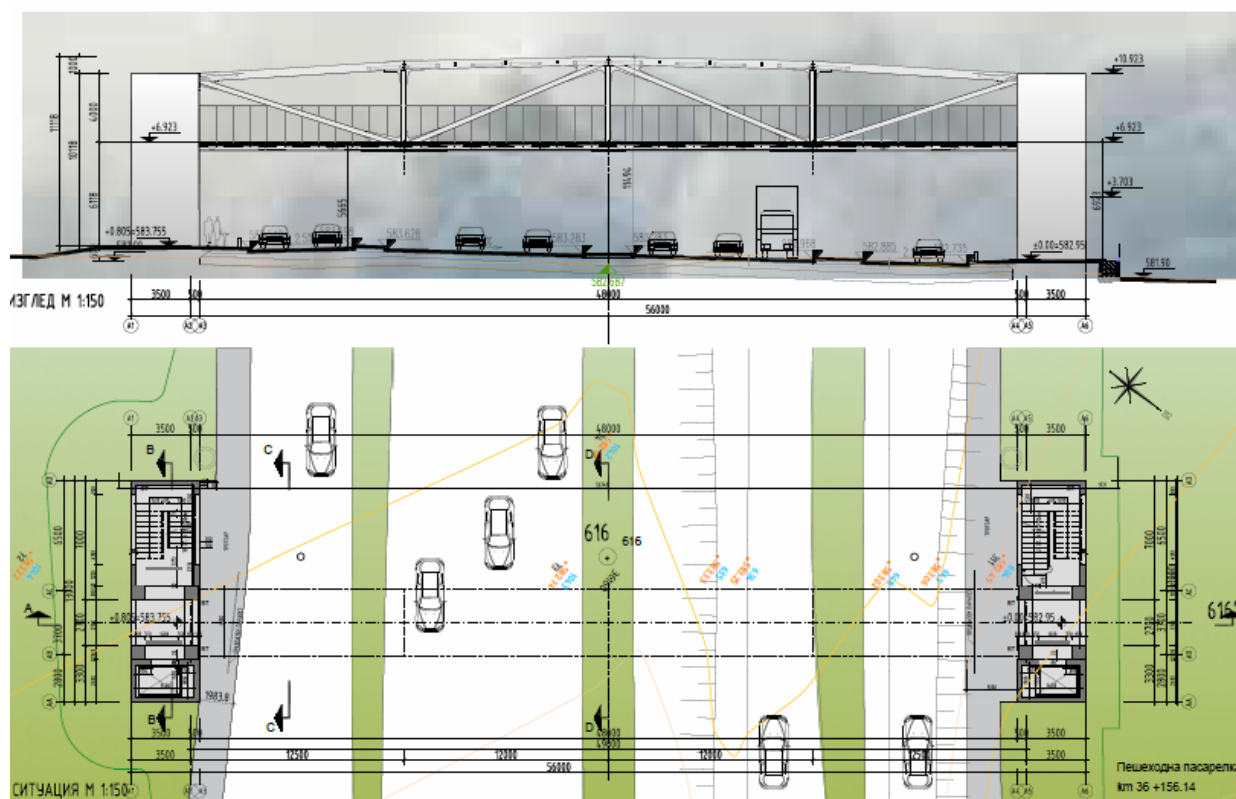
### 1. Въведение

Началото на процеса за достигане до унифицирано решение за пешеходните надлези над Софийски околоръстен път (СОП) е поставено през 2017г. с обявяването на конкурс от Столична Община, направление "Архитектура и градоустройство" за проект „ПЕШЕХОДНИ НАДЛЕЗИ НАД СОФИЙСКИ ОКОЛОВРЪСТЕН ПЪТ“ [1]. В следствие на проведения конкурс е обявен идеен проект-победител [2], който става основата за типовия първообраз на транспортното съоръжение, фиг. 1, и който трябва да се спазва при всяка следваща реализация на пешеходен надлез над СОП. По късно през 2019 година се

<sup>1</sup> Ванеса Елиас, инж., дипломант към кат. „Метални, дървени и пластмасови конструкции“, Строителен факултет, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: [vanessa1\\_elias@abv.bg](mailto:vanessa1_elias@abv.bg); Vanesa Elias, Eng., graduate student at the Dept. “Steel, Timber and Plastic Structures”, UACEG, 1 Hr. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: [vanessa1\\_elias@abv.bg](mailto:vanessa1_elias@abv.bg).

<sup>2</sup> Цветан Георгиев, доц. д-р инж., кат. „Метални, дървени и пластмасови конструкции“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: [cvgeorgiev\\_fce@uacg.bg](mailto:cvgeorgiev_fce@uacg.bg); Tzvetan Georgiev, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Steel, Timber and Plastic Structures”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: [cvgeorgiev\\_fce@uacg.bg](mailto:cvgeorgiev_fce@uacg.bg).

достига до технически проект, а през 2020 година и до работен проект [4]. Така през 2021 година на Южната дъга на СОП, в участъка от километър 35+260 до километър 41+340, са завършени и пуснати в експлоатация три типови съоръжения – фиг. 2.



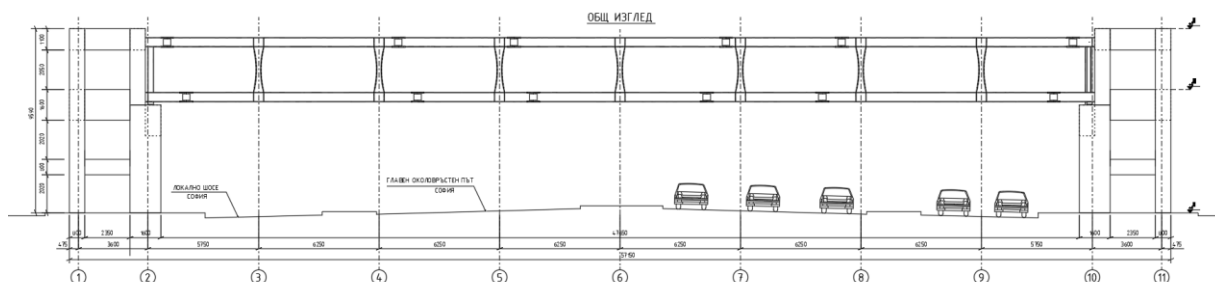
Фигура 1. Силует и план на надлезите. Изображение от конкурсен проект [2]



а) местоположение на пешеходните надлези на км 36+156.14, 36+846.12 и 37+314.75 от СОП б) изглед от надлеза на км 36+846,12

Фигура 2. Първи три реализации през 2021 година

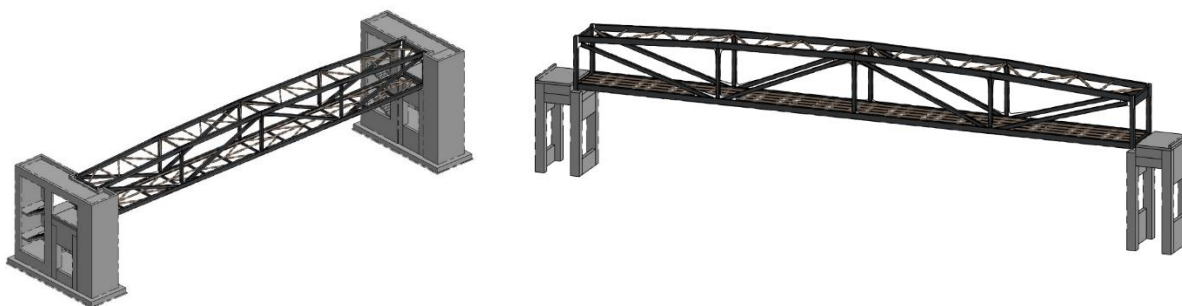
През 2025г., към катедра “Метални, дървени и пластмасови конструкции” при УАСГ е разработен алтернативен вариант на пешеходните надлези, като дипломен проект на единия от авторите [3]. Изследвана е промяна в конструктивната система на самия пешеходен мост, фиг. 3. , като проектът е разработен със същата типология и при сходни геоложки условия. Проектирането и на двете съоръжения е извършено съгласно Еврокод.



Фигура 3. Силует на пешеходен надлез от дипломен проект от 2025 г. [3]

## 2. Кратко описание на основния проект

Строителната конструкция на пешеходния надлез се състои от две основни части – стоманен пешеходен мост с отвор от 49м. и два броя стоманобетонени подхода за пешеходци и велосипедисти, включително и хора в неравностойно положение. Предвиден е път за пешеходци по долния пояс на главните ферми. С цел осигуряване на защита на пешеходците през зимата и дъждовните сезони е проектиран покрив. От двете страни на пешеходното платно са предвидени стъклени стени, които частично затварят зоната за пешеходците по протежение на моста и предпазват от вятър и навявания. Подходите са разработени като стоманобетонени ядра със стълбище и асансьор, фигура 4 а). В тях са интегрирани устоите на моста, фигура 4 б). Светлият габарит под съоръжението е 5,50 м.



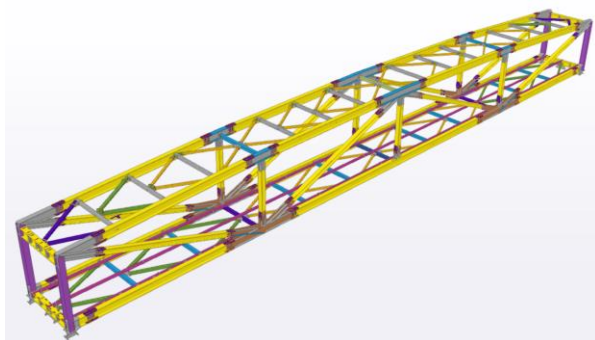
а) пешеходен надлез

б) връхна конструкция и СТБ рамка-устои на моста

Фигура 4. Общ изглед на конструкцията [4]

### 2.1. Пешеходен мост

Конструкцията на пешеходния мост е стоманена, гредова, формирана от две главни ферми с трапецовидна конфигурация на поясите и уедрена решетка (Фигура 5). Мостът е



а) СИМ [4]



изглед от вътре, ©Калин Панчев [10]

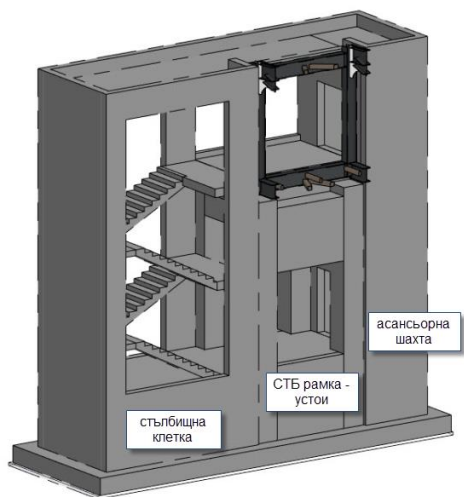
Фигура 5. Общ изглед на пешеходния мост

едноотворен, стъпил върху стоманобетонни рамки-устои, които са интегрирани към стоманобетонните подходи. Върхната конструкция се състои от две главни фермови греди, проектирани с акцент в естетизацията на формата и оформянето на възлите. Пътя за пешеходците е по долния пояс на фермите и се състои от напречни и надлъжни греди, долна противовеетрова връзка и пътна настилка тип декинг [10]. Предвид климатичните особености на страната е предпочетено решение с покрив, състоящ се от напречни греди, горна противовеетрова връзка и покривно покритие.

Пространственото укрепяване на моста и поемането и предаването на хоризонталните сили са реализирани посредством надлъжните хоризонтални укрепителни връзки по горен и долен пояс. Интегрирането на двете укрепяващи системи се извършва над опорите, където са предвидени портални рамки. Такива рамки са предвидени и по продължение на отвора на моста, в местата на вертикалите от фермите. Те изпълняват функцията на диафрагма, подобряваща поведението на конструкцията при глобални форми на загуба на устойчивост, вятър и земетръс. Мостът е решен като интегрален, като са проектирани неподвижни болтови лагери, по два броя за всяка от главните ферми (фигура 6 б).

## 2.2. Подходи

Подходите са стоманобетонни конструкции. В тях са интегрирани стълбищната клетка, асансьорната шахта, както и пространствената стоманобетонна рамка, изпълняваща ролята на устой – фигура 6а. Така изброените конструкции имат общ фундамент, но са разделени от вертикална фуга, която има за цел да осигури известна деформируемост на стоманобетонната рамка-устой и по този начин да се намалят усилията от температурно влияние във върхната стоманена конструкция.



а) основни части на стоманобетонния подход  
б) реализирано лагерно устройство тип болтова става

Фигура 6. Стоманобетонен подход и начин на лагеруване

## 2.3. Лагеруване

Лагеруването на моста е решено чрез неподвижно свързване между стоманените ферми и стоманобетонните рамки-устои. За целта са използвани четири неподвижни болтови лагера (тип болтова става), показани на Фигура 6б. Тези лагери осигуряват предаването както на вертикалните опорни реакции (натиск и опън), така и на надлъжните сили. Напречните опорни реакции се поемат от лагерни устройства (тип листови става), проектирани в средата на ригела на порталните рамки-устои (крикова греда). В същата зона

са предвидени и две места за монтаж на крикове, позволяващи повдигане на моста при необходимост от ремонт на лагерните устройства.

#### 2.4. Монтаж на съоръжението

Местоположението на пешеходните мостове над СОП налага прилагането на монтажното решение, което минимизира времето за прекъсване на трафика по основната пътна артерия. Стоманобетонните подходи се изграждат предварително. Стоманената върхна конструкция се доставя на строителния обект на уедрени монтажни модули. Впоследствие се извършва обектов предмонтаж в локалното платно, като по този начин мостът е сглобен и приет в рамките на няколко работни дни, без да се спира движението. Финалният етап включва повдигане, завъртане и позициониране в проектно положение на моста над рамките-устои, което се осъществява в рамките на два часа с помощта на два синхронизирано работещи автокрана (Фигура 7б и 7в).



а) заводски пробен монтаж



б) обектов предмонтаж

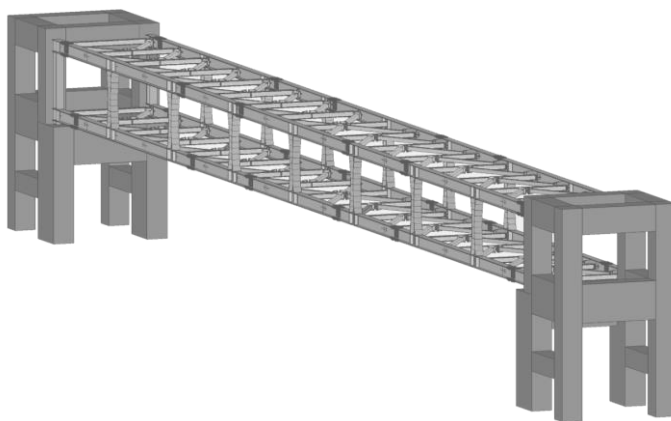


в) окончателен монтаж върху рамките-устои

Фигура 7. Етапи на монтаж осигуряващи спиране на движението само за 90 до 120 минути

### 3. Описание на алтернативното решение

Както при основния проект, така и при алтернативното решение [3], строителната конструкция на пешеходния надлез се състои от две основни части – пешеходен мост и два подхода. Габаритните размери на съоръжението са запазени. При това решение пешеходният мост е проектиран като рамков. Стоманената върхна конструкция е интегрирана към стоманобетонните рамкови устои (Фигура 8), като по този начин целенасочено е постигнато общо рамково действие между подходите и моста. Стълбищната

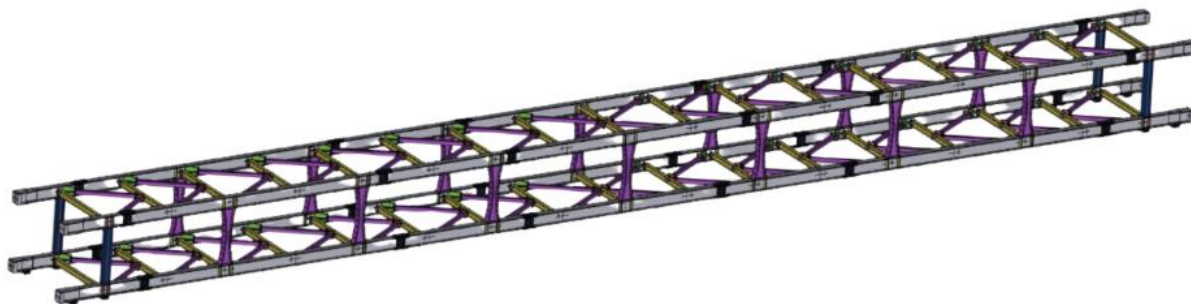


Фигура 8. Общ изглед на конструкцията на моста при алтернативното решение [3]

клетка и асансьорната конструкция са отделени с вертикални фуги от рамковите устои, но са върху общ фундамент с тях.

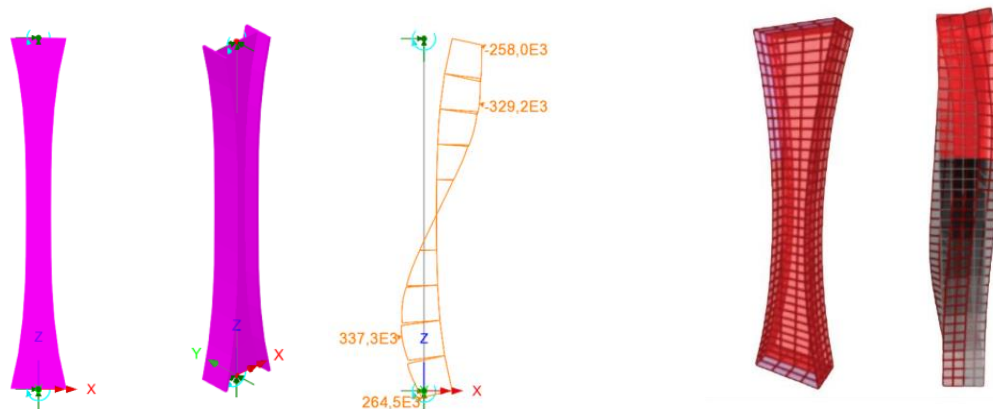
### 3.1. Пешеходен мост

Пешеходният мост от алтернативното решение [3] се състои от две главни виренделови греди, напречни греди и хоризонтални укрепителни връзки, развити в покрива и пода на съоръжението - фигура 9.



Фигура 9. Стоманена върхна конструкция на моста от алтернативното решение [3]

Вертикалите на главната виренделова греда са проектирани с променливо напречно сечение с цел постигане на конструктивна ефективност и естетика. Относително нетрадиционната форма на вертикалите налага използването на два изчислителни модела и прилагането на Общия метод на устойчивостта (ОМУ) [6, точка 6.3.4] от Еврокод 3 [5]. При прилагането на ОМУ за определяне на  $\alpha_{ult,k}$  (резервът на носимоспособност на сечението) е разработен изчислителен модел в софтуера Lusas Bridge Plus Academic [6] (Фигура 10а). Моделирано е реалното променливо напречно сечение на елемента и са определени характерни точки от него. По този начин са отчетени нормалните напрежения и са построени техните диаграми, въпреки промяната на сечението по дължината на елемента. За определяне на  $\alpha_{cr,op}$  е необходимо да се проведе изследване за устойчивост на елемента и да се намери първата глобална форма на загуба на устойчивост. За целта е изграден изчислителен модел в SAP 2000 [7], където сечението е моделирано посредством черупкови крайни елементи със съответните геометрични размери и дебелини. Наред с това са симулирани опорните условия при присъединяването на вертикала към непрекъснатия горен и долен пояс на виренделовата греда (Фигура 10б).



а) модел на вертикала в Lusas Bridge Plus Academic [6] б) модел на вертикала в SAP 2000 [7]

Фигура 10. Изолирани модели на вертикалните елементи с променливо напречно сечение (част от главните виренделови греди)

### 3.2. Стоманобетонни подходи

Избраната конструктивна концепция в [3] налага промяна в геометрията и коравината на стоманобетонната рамка-устой в двата подхода, която вече играе ролята на стълб на рамков мост. Поради статическата схема на съоръжението и необходимостта да се реализира детайл за предаване на вътрешните сили от стоманените към стоманобетонните сечения, стоманобетонните колони от страната на автомобилния път под пешеходния мост са с двойно по-големи габаритни размери в сравнение с решението от [4]. Останалите елементи като стълбище и асансьорна конструкция остават непроменени. Трите компонента, съставляващи конструкцията на подхода, са разделени с вертикална фуга помежду си, но споделят общ плосък фундамент.

### 3.3. Оценка на ефектите от вибрации при пешеходен трафик и комфорта на ползвателя

За двете мостови съоръжения е проведен динамичен вибрационен анализ съгласно методиката на SETRA [8]. Оценено е динамичното поведение на пешеходния мост по отношение на вибрациите, предизвикани от пешеходен трафик. Направена е и оценка на нивото на комфорт за пешеходеца чрез изчисляване на вертикалните ускорения, които той усеща при преминаване по моста. Тъй като мостът е с покрив, това налага разглеждането на четири изчислителни сценария: разредена и гъста тълпа както през зимен, така и през незимен сезон. Параметрите на използваната в анализа оразмерителна тълпа са представени в Таблица 1.

Таблица 1. Параметри на оразмерителната тълпа.

№	d	Описание	Маса на един пешеходец, kg	Лин. маса, kg/m.	Пешеходци върху моста
1	0,5	Разредена тълпа (d=0,5 човека / m <sup>2</sup> )	70,0	101,5	71,05
2	1,0	Гъста тълпа (d=1,0 човек / m <sup>2</sup> )	70,0	203,0	142,10

В надлъжно направление коравината на съоръжението се формира от стоманобетонните рамкови устои, които от своя страна имат много голяма маса в сравнение със стоманената част. Следователно може да се приеме, че надлъжните вибрации не могат да бъдат източник на дискомфорт и по тази причина не са разглеждани в анализа на конструкцията. След направените изчисления се доказва, че максималните ускорения при всички изчислителни ситуации са в рамките на допустимото съгласно [9], а пешеходците биха усещали лек дискомфорт само при движение на разредена тълпа през незимен сезон (Фигура 11).

Диапазони на ускорението	0	0.5	1	2.5
диапазон 1	Макс.			
диапазон 2	↑	Среден		
диапазон 3	↓		Минимален	
диапазон 4	↓			Недопустим

0.366

а) разредена тълпа, незимен сезон

Диапазони на ускорението	0	0.5	1	2.5
диапазон 1	Макс.			
диапазон 2	↑	Среден		
диапазон 3	↓		Минимален	
диапазон 4	↓			Недопустим

0.349

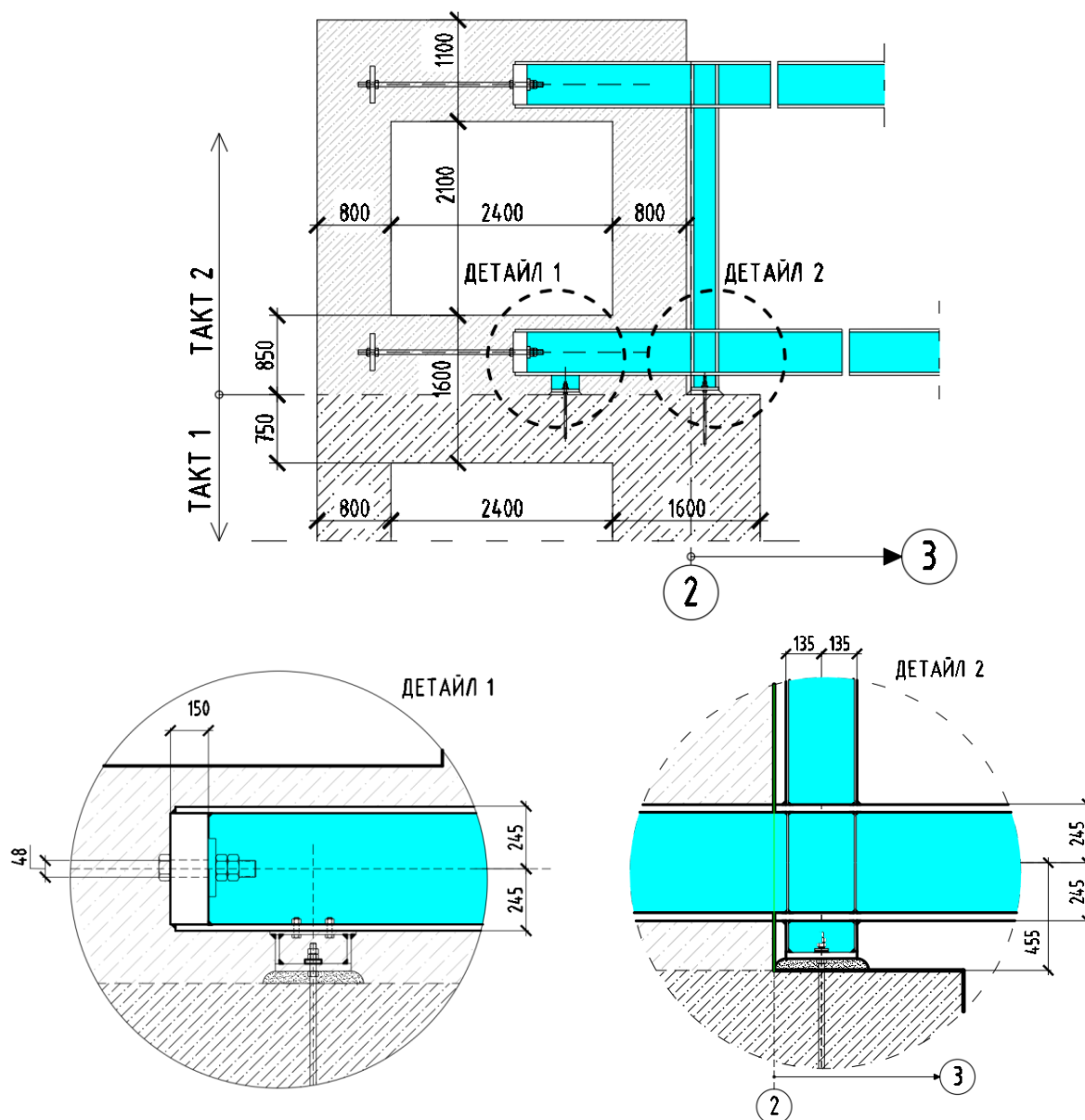
б) гъста тълпа, незимен сезон

Фигура 11 – Максимални ускорения  $m/s^2$  за вертикални вибрации, при алтернативното решение [3]

#### 4. Специфични решения при алтернативния проект

##### 4.1. Реализиране на рамково действие между стоманения мост и стоманобетонните устои

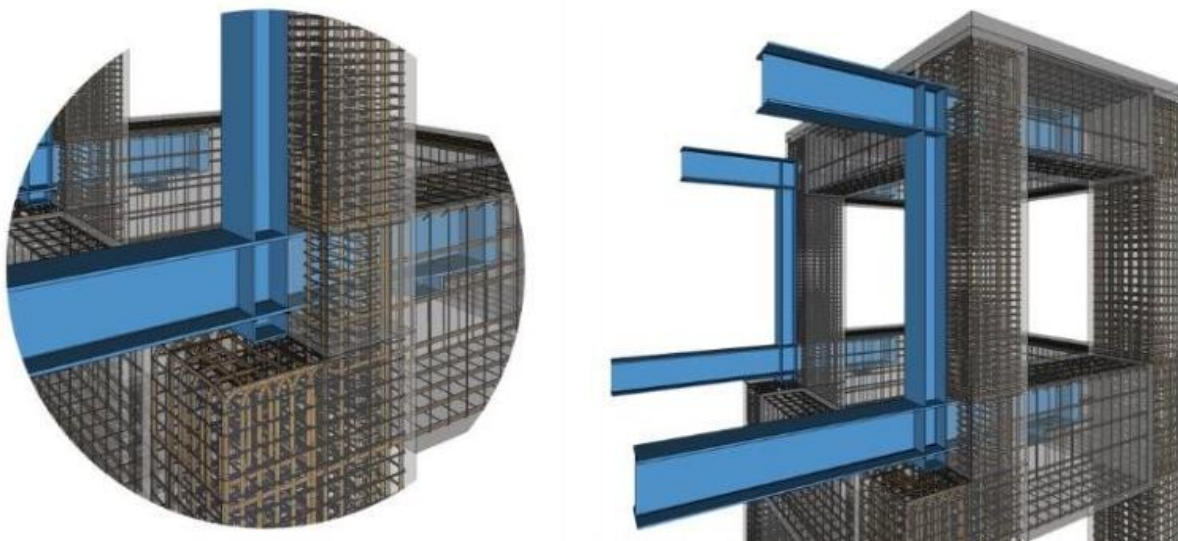
Една от целите на алтернативния проект е изследването на възможността за реализиране на рамково действие и оценка на ефекта от него върху поведението на конструкцията, както и начините за неговата реализация. При присъединяването на връхната към опорната конструкция е постигнато разделно предаване на усилията. Силите на опън и натиск от поясите на виренделовата греда се предават чрез анкерни устройства, вбетонирани в стоманобетонния рамков стълб. Срязващото усилие от главната стоманена греда се предава посредством опорния вертикал, който е стъпил върху издадената част на вътрешната (към пътното платно) стоманобетонна колона (Фигура 12).



Фигура 12. Реализиране на кораво свързване между връхна стоманена конструкция и опорна стоманобетонна конструкция. Разделно предаване на вътрешните сили.

#### 4.2. Армиране на стоманобетонния рамков стълб

Навливането на продължението на поясите на вренделовите греди в стоманобетонния рамков стълб не позволява прилагането на класическия начин на армиране. Това налага използването на BIM технологии в проектирането за избягване на сблъсъци между армировъчните пръти и стоманените сечения (Фигура 13). Реализирането на рамково действие между връхната и опорната конструкция логично води до по-големи разрезни усилия в стоманобетонните рамки и съответно – до по-голямо вложено количество армировка в елементите съставляващи устоя на моста.



Фигура 13. Прилагане на BIM технологии за проектиране на рамковия възел

#### 4.3. Технология на монтаж

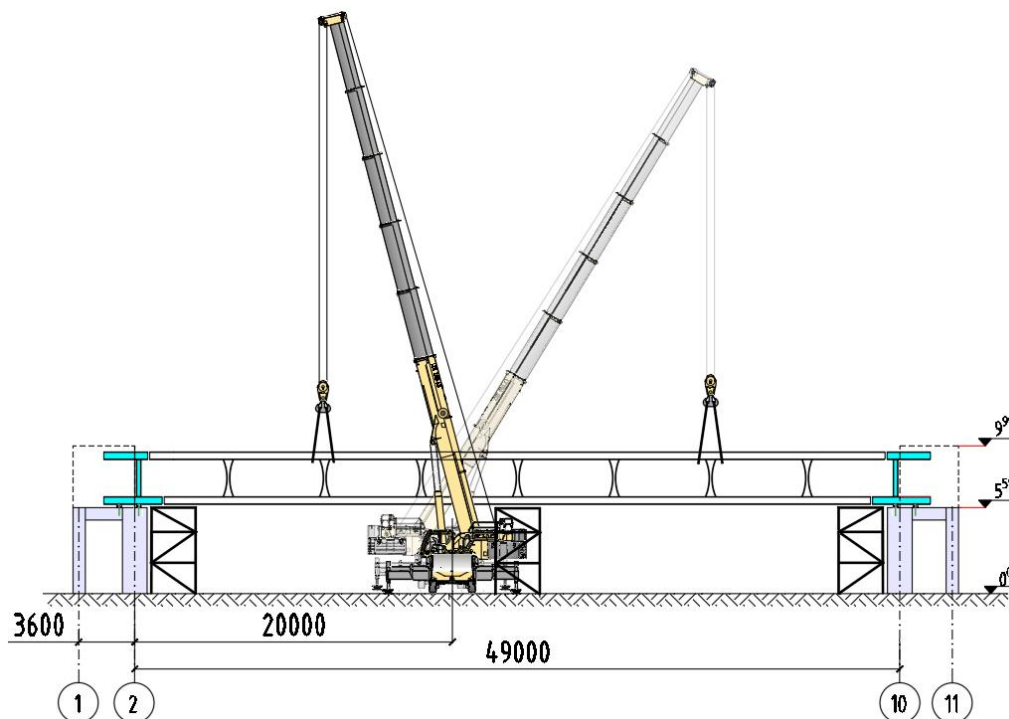
Приетото конструктивно решение се реализира чрез следната технология за монтаж на съоръжението. Тя е разработана с цел минимално прекъсване на трафика по Софийски Околоръстен Път (СОП). Основните етапи включват:

- Обектово сглобяване (предмонтаж) на отделните монтажни елементи в локалното платно на СОП.
- Изпълнение на два етапа на бетониране за стоманобетонните рамкови стълбове.
- Предварително позициониране на опорната монтажна марка, която остава вбетонирана в рамковия стълб.
- Монтаж на връхната конструкция върху три временни монтажни кули, разположени в тротоарите пред подходите и в средния разделителен остров на пътното платно.
- Демонтаж на временните кули и достигане до експлоатационната статическа схема на моста.

Възприетата технология на монтаж за алтернативното конструктивно решение [3] е представена графически на Фигура 14.

### 5. Сравнение между представените варианти за решение

В таблица 2 е представен сравнителен анализ на разглежданите варианти за решения на пешеходните надлези. Използвани са обобщени показатели характеризиращи сложността на строителството, експлоатационни характеристики на съоръжението, особености на поддръжката и ефекта върху спиране на трафика по СОП при строителство.



Фигура 14. Технология на монтаж с временните монтажни кули и работа на два крана

Таблица 2. Сравняване на спецификите на двата проекта.

Показател	Основен проект [4]	Алтернативно решение [3]
Общо	По-традиционно решение	По нетрадиционно решение
Вид на главни конструктивни елементи	Ферма. Постигане на изчистена визия чрез главна трапецовидна ферма	Виренделов ригел. По-лека стоманена връхна конструкция. Акцент върху вертикалите
Конструктивна схема	Едноотворна греда с неподвижни лагери	Едноотворна рамка с корави рамкови възли
Коравина	Значителна. Осигурен комфорт на ползвателя	Значителна. Осигурен комфорт на ползвателя
Технология на изграждане	Възможност за разделно изпълнение на бетонови работи и СМР по стоманена конструкция	Съвместно изпълнение на бетонови работи и монтаж на вбетонираната секция от СК
Лагери	Няма покупни лагери. Лесна поддръжка и смяна	Няма лагерни устройства
Ремонтопригодност	Възможност за демонтаж на връхната конструкция и ремонт	Затруднен ремонт на връхната конструкция, но възможен
Скорост на монтаж	Бърз монтаж, около 2 часа	Допълнителни монтажни кули. Време за монтаж около 48 часа

## 6. Изводи и заключение

От проведеното сравнение между двата варианта за решение на пешеходни надлези над СОП могат да бъдат направени следните изводи:

- Алтернативното решение изисква влагане на по-голямо количество мека и твърда армировка в стоманобетонната конструкция на рамковите стълбове, докато основното решение предполага по-висок разход на стомана за връхната конструкция.
- И двете разработени решения осигуряват добра коравина на стоманения пешеходен мост и постигат високо ниво на комфорт при преминаване на пешеходци.
- Основният проект предполага по-лесен и по-бърз монтаж в сравнение с алтернативния.

В заключение може да се отбележи, че интегралните пешеходни мостове, при които е осигурено рамково действие между пътната конструкция и устоя, все още са нетрадиционни за България. Тези съоръжения изискват по-усложнен конструктивен анализ, но предлагат значителни предимства за малки и средни отвори. От една страна, те се отличават с липса на фуги и лагерни устройства, което води до значително намаляване на експлоатационните разходи и повишаване на дълготрайността на съоръжението. От друга страна обаче, те са по-трудни за ремонтни дейности.

Не на последно място, струва си да се подчертае, че проектирането и изпълнението на подобни пешеходни мостове в градска среда винаги трябва да отчитат и естетическото въздействие на съоръжението, както и неговото възприемане от жителите на града.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://nag.sofia.bg/Pages/Render/1032> [посетен на 11 ноември 2025 г.].
- [2] Трендафилова Св., Георгиев Цв., Христов Хр., Тинчева П., Георгиев Ст., Конкурсен идеен проект за пешеходни надлези над софийски околоръстен път, архив на проектантско бюро Иркон ООД, 2017.
- [3] Елиас В., Пешеходен надлез над Софийски околоръстен път. Дипломна работа. УАСГ, София, 2025.
- [4] Георгиев Цв., Генчев М., Митов Р., Каларев М., Технически проект и Работен проект за пешеходни надлези над Софийски околоръстен път, архив на Иркон ООД, 2019, 2021.
- [5] БДС EN 1993-1-1:2005: Eurocode 3: Design of steel structures — Part 1-1: General rules and rules for buildings. European Committee for Standardization. (2005).
- [6] LUSAS Bridge/Bridge Plus. Available online: [https://www.lusas.com/products/bridge\\_tour\\_overview.html](https://www.lusas.com/products/bridge_tour_overview.html) (accessed on 30 October 2025).
- [7] Computers and Structures, Inc. (CSI). (2024). SAP2000 (v25.1.1). Computers and Structures, Inc.
- [8] Technical guide. Footbridges. Assessment of vibrational behavior of footbridges under pedestrian loading. Setra, 2006.
- [9] БДС EN 1990:2003/A1:2006. Еврокод. Основи на проектирането на строителни конструкции. Изменение А1. София: БИС, 2006.
- [10] Панчев К., Декинг решения от ЙАФ България, <https://www.jaf-bulgaria.com/shop/deking~c829346> [посетен на 11 ноември 2025 г.].