



Получена: 11.06.2024 г.

Приета: 25.06.2024 г.

## ВЪЖЕНИ МОСТОВЕ В БЪЛГАРИЯ. ХАРАКТЕРНИ КОНСТРУКТИВНИ РЕШЕНИЯ

Л. Георгиев<sup>1</sup>, М. Лепоев<sup>2</sup>, Л. Здравков<sup>3</sup>, Ст. Иванов<sup>4</sup>, Е. Богданова<sup>5</sup>,  
И. Башева<sup>6</sup>, М. Ангелова<sup>7</sup>

*Ключови думи:* мост, въжсе, окачвач, стълб, възел, закотвяне

### РЕЗЮМЕ

В България са построени множество въжени пешеходни мостове. Много често те преобладават малки и средно широки водни препятствия. Поради тези причина голяма част от тях са изпълнени без проект, с подръчни материали. Налични са и голямоотворни съоръжения, като мостовете при с. Лисиците, при гара Подкова, над Водното огледало в Кърджали, с отвори достигащи до 260 m. Не трябва да се пропускат и висящите мостове при гр. Момчилград и при с. Еровете, които от една страна са голямоотворни, а от друга – по тях могат да преминават леки коли. Всички те са подчинени на една глобална конструктивна идея, но се различават по нейната детайлна реализация.

<sup>1</sup> Лазар Георгиев, доц. д-р инж., кат. „Пътища и транспортни съоръжения“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: [lazar\\_fte@uacg.bg](mailto:lazar_fte@uacg.bg)

<sup>2</sup> Милчо Лепоев, проф. д-р инж., кат. „Железници“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: [mlepoev\\_fte@uacg.bg](mailto:mlepoev_fte@uacg.bg)

<sup>3</sup> Любомир Здравков, доц. д-р инж., кат. „Метални, дървени и пластмасови конструкции“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: [zdravkov\\_fce@uacg.bg](mailto:zdravkov_fce@uacg.bg)

<sup>4</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](mailto:sdenkov_fce@uacg.bg)

<sup>5</sup> Евгения Богданова, гл. ас. д-р инж., кат. „Технология и механизация на строителството“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: [evg\\_bogdanova@abv.bg](mailto:evg_bogdanova@abv.bg)

<sup>6</sup> Ива Башева, студентка специалност „Транспортно строителство“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: [basheva22@abv.bg](mailto:basheva22@abv.bg)

<sup>7</sup> Мелани Ангелова, студентка специалност „Транспортно строителство“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: [melanierick.angelova@gmail.com](mailto:melanierick.angelova@gmail.com)

## 1. Въведение

Въжените мостове са сравнително нов клас съоръжения за България. Те се появяват в страната във втората половина на ХХ век, като причините за това са малкият разход на стомана, лекотата и скоростта на изпълнение. Те са характерни за планинските и полупланинските райони, където премостват малки и средни водни препятствия – реки и язовири. Почти всички въжени мостове в България са пешеходни. Предвид малките товари и отвори, усилията в основните носещи елементи, въжетата и пътната конструкция са малки, което е позволило голяма част от тях да бъдат построени без проект, с подръчни материали и често от самоуки майстори [1], по т. нар. стопански метод. Характерно за тези мостове е липсата на някои конструктивни системи, например хоризонталното укрепване на пътното платно, и наличието на редица дискуссионни детайли. При мостовете с повишени отвори, или предназначени за комбиниран трафик, пешеходен и пътен, вече не е могло да се мине без конструктивен проект, при което качеството е по-високо. Но понякога и те успяват да изненадат строителния инженер-конструктор с интересния избор на елементи и възли.

Всички посетени въжени мостове са подчинени на една конструктивна идея – гъвкава висяща нишка, на която е окачено всичко останало, но се наблюдават разлики в избора на материали, сеченията на елементите и решенията на възлите.

## 2. Посетени въжени мостове

В рамките на научен проект по договор БН-281/23 бяха посетени и извършени визуално обследване и частични измервания на показаните в табл. 1 въжени мостове.

Таблица 1. Основни параметри на посетените и обследвани въжени мостове

№	Местоположение	Предназначение	Отвор, mm	Ширина, mm	Пилон	2 × главен кабел	Пътно платно
1	с. Пасарел	пешеходен	68 000	1 500	ІРЕ	Ø34	дъски
2	гр. Нови Искър	пешеходен	47 300	1 500	ІРЕ	Ø28	дъски
3	с. Вл. Тричков	пешеходен	47 000	1 550	релси	Ø26,5	дъски
4	с. Реброво	пешеходен	54 650	1 500	НЕА	Ø 24	дъски
5	гр. Своге – стадион	пешеходен	41 250	2 340	релси	2Ø26+Ø33,9	дъски
6	гр. Своге	пътен	–	–	ферми	–	–
7	с. Лакатник – до жп гара	пешеходен	39 000	2 090	ІРЕ	Ø41,67	рифел
8	с. Лакатник – до пещерата	пешеходен	54 600	1 485	ІРЕ	4Ø20	дъски
9	с. Зверино	пешеходен	55 300	1 800	ІРЕ	Ø38	рифел
10	с. Зверино – спирка Оселна	пешеходен	66 700	1 370	ІРЕ	Ø46	дъски
11	с. Черепиш	пешеходен	52 200	1 143	ІРЕ	Ø46	рифел
12	гр. Кърджали	пешеходен	236 000	1 980	стоманоб.	3Ø27,67	дъски
13	гр. Кърджали – язовирна стена	пешеходен	60 000	1 160	релси	Ø35	дъски
14	с. Лисиците	пешеходен	260 000	1 530	стоманоб.	20Ø14	дъски
15	гр. Момчилград	пътен			стоманоб.		стоманоб.
16	с. Еровете	пътен	117 500	2 330	стоманоб.	12Ø14,3	стоманоб.
17	гара Подкова	пешеходен	260 000	1 420	стоманоб.	16Ø14	стоманоб.
18	с. Рибарица	пешеходен	29 960	1 070	релси	Ø30	дъски
19	с. Рибарица	пешеходен	32 000	1 150	ІРЕ140	Ø13	дъски
20	с. Рибарица	пешеходен	29 700	1 350	релси	Ø24	дъски
21	с. Ненково	пешеходен	70 200	-	ІРЕ	–	скара
22	с. Сухово – яз. Кърджали	пешеходен	184 000	1 500	стоманоб.	16Ø14	ст.б.
23	с. Загорско над р. Върбица	пешеходен	210 000	1 420	стоманоб.	12Ø14	ст.б.
24	с. Великденче над р. Върбица	пешеходен	121 550	1 420	стоманоб.	6Ø11	ст.б.
25	с. Нареченски бани над р. Чепеларска	пешеходен	26 400	1 300	стомана	Ø27,6 (скъсани телове при анкерен блок до Ø15)	рифел

### 3. Конструктивни елементи

#### 3.1. Главни кабели

Използваните въжета за главни кабели на висящите мостове са от отворен или от затворен тип. Всички те представляват снопове от спиралнозавити високоякостни телове. Разликата е в това, че при въжетата от затворен тип външната повърхност е гладка, с минимални прозирки между теловете, вж. фиг. 1б. Това се постига чрез трапецовидна форма на последните. Целта е осигуряване на по-висока устойчивост на въжетата на атмосферните въздействия чрез ограничаване на проникването на корозионни реагенти между високоякостните телове.



*а) от отворен тип*



*б) от затворен тип*

**Фиг. 1. Използвани въжета за главни кабели**

С цел предпазване на стоманените телове от корозия върху някои от въжетата е нанесено галванично покритие. Само при един от мостовете са забелязани едновременно два от общо четири [2] способа за защита – въжетата са от затворен тип и е налично галванично покритие. По-често са влагани въжета от затворен тип, които са боядисани, макар че последната форма на защита е дискуссионна.

#### 3.2. Окачвачи

Окачвачите са тези вертикални елементи, които свързват носещите въжета с пътната конструкция. При тях разнообразието на използвани елементи е по-голямо. При визуалния оглед на мостове бяха констатирани окачвачи от:

а) горещовалцуван кръгъл прокат, вж. фиг. 2а;

б) армировъчни пръти от стомана А-III, вж. фиг. 2б;

в) изцяло нарязани стоманени шпилки от стомани за болтове, вж. фиг. 2в. Въпреки показаното изпълнение на „ухо“ чрез заваряване на армировъчен прът към шпилката, заваряването на бързорезни стомани за болтове (гайки, шайби) не се препоръчва;

г) високоякостни въжета, вж. фиг. 2г. Тук, за да може въжето да се захване към гредата на пътното платно, към гилзата в долния му край е заварена шпилка. Това решение от една страна облекчава монтажа и позволява фино регулиране на дължината на окачвача. От друга – отново стои проблемът със заваряването на стомани за болтове и в зоната на високоякостните телове.



*а) кръгъл прокат*



*б) оребрени арматурни пръти*



*в) шилки*



*г) високоякостни въжета*

**Фиг. 2. Видове окачвачи**

### **3.3. Пътно платно**

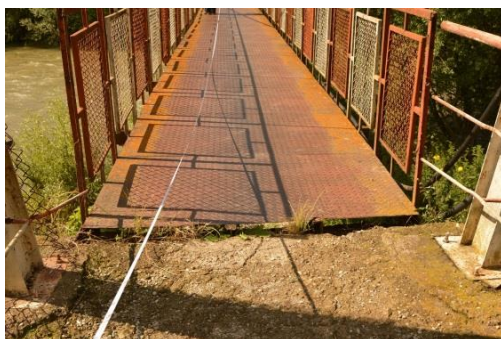
Покритието на пътното платно може да се класифицира като:

а) леко – от дъски, рифелна ламарина и поцинковани скари, вж. фиг. 3а-в. Това решение намалява опънните усилия във въжетата и окачвачите, но пък влиянието на небалансираните временни товари от хора върху моста е по-голямо;

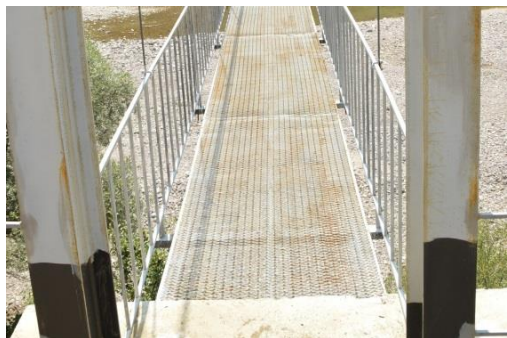
б) тежко – от стоманобетон, положен върху профилирана ламарина, вж. фиг. 3г. Тук, в сравнение с по-горе, местата на положителните и отрицателните ефекти са разменени.



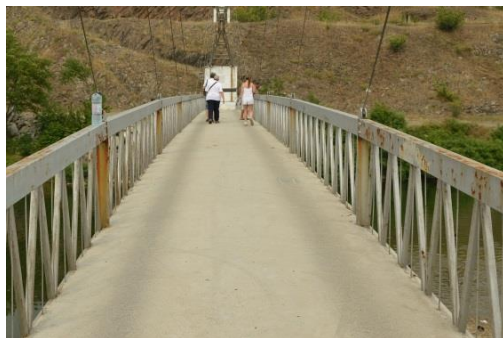
*а) дъски*



*б) рифелна ламарина*



*в) поцинковани скари*



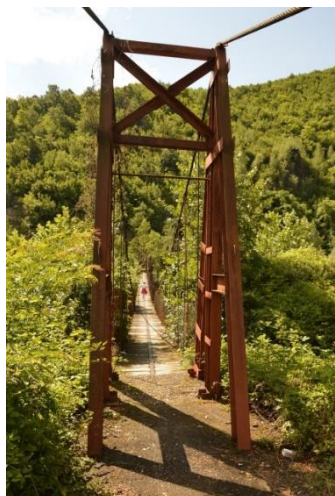
*г) стоманобетон*

**Фиг. 3. Конструкция на пътното платно**

### **3.4. Стълбове**



**Фиг. 4. Отделни конзолни стълбове от релси**



*а) стоманени профили*



*б) стоманобетон*

**Фиг. 5. Стълбове**

При въжени мостове с малки отвори, респективно с малки височини на стълбовете, последните са стоманени, вж. фиг. 5а. Използваните профили са най-разнообразни – I, U, L, нерядко са наблюдавани и жп релси. При някои от стълбовете дори няма хоризонтална греда в горния край на профилите, която да ги обедини в напречна рамка, вж. фиг. 4. Явно е работено на принципа „каквото има подръка“.

При голямоотворните въжени мостове, като тези при с. Лисиците, при гара Подкова, над Водното огледало в Кърджали, при Момчилград, стълбовете са от стоманобетон, вж. фиг. 5б. Това решение е наложено от необходимостта от по-голяма височина и от големите натискови усилия в тях.

### 3.5. Хоризонтално укрепване на пътното платно

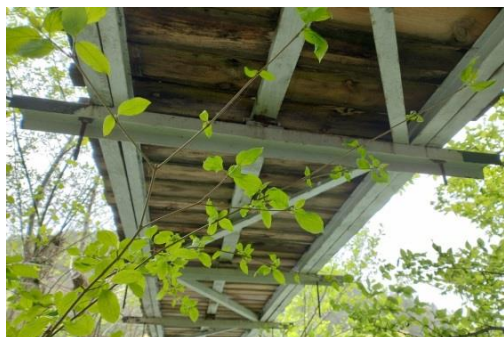
Дали поради незнание или с цел икономия, укрепването на пътното платно срещу хоризонтални товари е най-често липсващата конструктивна система, виж фиг. 6а. С нарастване на отворите започват да се появяват различни варианти за хоризонтално стабилизиране на пътното платно, но някои от тях са доста спорни. В редица случаи пътната конструкция е с ниска хоризонтална и усувателна коравина, поради което значителна част от обследваните конструкции не могат да покрият нормативните изисквания по отношение на аеродинамичната устойчивост.



а) без хоризонтално укрепване



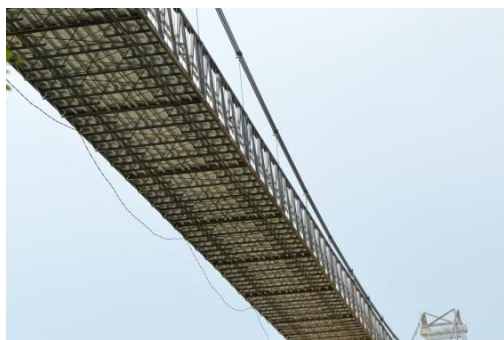
б) с непълно хоризонтално укрепване



в) чрез хоризонтални връзки



г) чрез настилката от рифелна ламарина



д) чрез стоманобетонната настилка

е) чрез заковвени към терена вертикални въжета

**Фиг. 6. Хоризонтално укрепване на пътното платно**

Очевидно има подценяване на необходимостта от осигуряване на достатъчна коравина на висящите мостове в напречно хоризонтално направление. Това е потвърдено от случилите се аварии на моста при с. Широко поле [1].

## **4. Възли**

При реализираните възли за снаждане на конструктивните елементи се наблюдава голямо разнообразие. Тук най-ярко се е проявил „творческият гений“ на строителите на стоманени мостове.

### **4.1. Връзка главен кабел – окачвач**

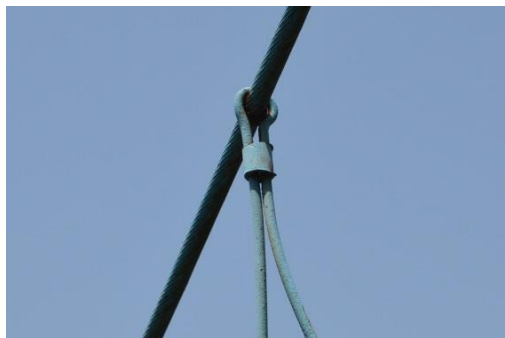
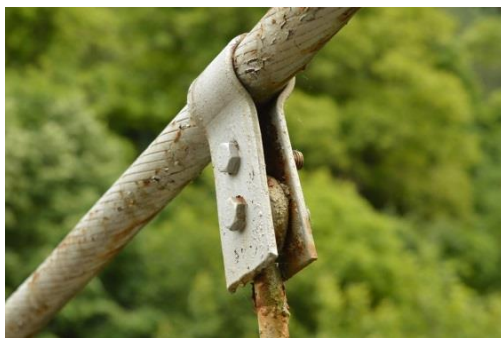
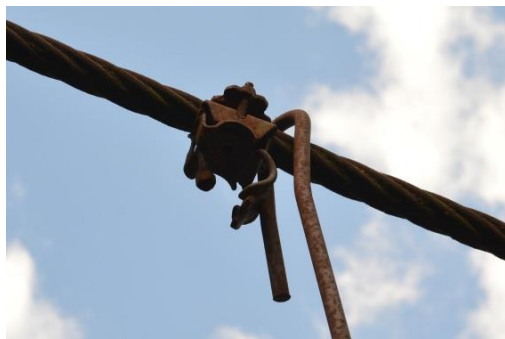
Както е видно от фиг. 7, в редица случаи използваните конструктивни детайли на връзка между главния кабел и окачвачите не могат да осигурят надеждно предаване на хоризонталните надлъжни сили и се създава възможност за разместване при динамично натоварване – например при средно силен и силен вятър.

### **4.2. Връзка окачвач – пътното платно**

При окачвачите, завършващи с резба в долния си край, е възможна корекция на дължината им за постигане на проектната нивелета, вж. фиг. 8. Това конструктивно решение е масово.

### **4.3. Връзка между главен кабел и пилон**

При повечето реализирани възли е наблюдаван стремеж за осигуряване на плавно преминаване на главния кабел над пилона, без образуване на остри ръбове. В част от случаите радиусът на кривина на „седлото“ не е достатъчно голям, а конструктивното оформление на детайла е със съмнителна ефективност и недостатъчна носеща способност.



Фиг. 7. Варианти на връзка въжета – окачвач

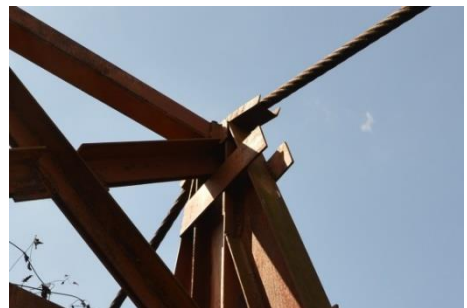


*а) под нивото на пътното платно*



*б) на ниво горен пояс закоравяваща греда*

**Фиг. 8. Варианти на връзка окачвач – пътното платно**





Фиг. 9. Връзка въже – стълб

#### 4.4. Закотвяне на главния кабел



Фиг. 9. Начини на закотвяне на въжетата

Добър подход е анкерните устройства за закотвяне на въжетата да осигуряват възможност за корекция в дължината на последните. В повечето от разгледаните случаи закотвящите приспособления и детайли са относително сложни и с трудно определима носеща способност. Често въжетата, формиращи главния кабел, са огънати под недопустимо малък радиус на огъване и закрепени със стоманени клипси, което е ненадежно за динамично натоварени конструкции, каквито са мостовете.

Закотвянето на главния кабел е детайл от първостепенно значение по отношение на цялостната носеща способност на главната конструкция. Липсата на адекватна поддръжка и приложението на дискуссионни детайлни конструктивни решения могат да доведат до сериозно намаляване на изискуемата нормативно носеща способност – фиг. 9. На фиг. 10 вдясно е представен закотвен под земята в активна корозионна среда главен кабел на мост над р. Чепеларска до Нареченски бани, при който диаметърът е намален почти наполовина от скъсани корозирали телове.



**Фиг. 10. Закотвяне на главен кабел – дефекти и локално разрушение**

## **5. Заключение**

Въз основа на извършеното визуално обследване и частични измервания на редица въжени пешеходни мостове у нас, бяха установени разнообразни решения за характерни конструктивни детайли. В редица случаи, включително при големи отвори, достигащи до 260 m, е установена липса на адекватно хоризонтално укрепване, усуквателна коравина на връхната конструкция, както и използване на детайли със сложно поведение и значителни разминавания от съвременните нормативни предписания, и добрите практики. В редица случаи са използвани подръчни материали със съмнително качество. В съчетание с описаните по-горе констатации се очаква значително разминаване на голяма част от описаните конструкции с нормативните изисквания за носеща способност и експлоатационна дълготрайност на съответните елементи. С оглед на оценка на риска по отношение на преминаващите пешеходци и/или возила е препоръчително съответните стопанисващи общински администрации да извършат дейности по оценка на носещата способност като минимум на главните носещи елементи. При конструкции с констатирани дефекти, обуславящи висока вероятност за разрушение на главната конструкция, да се дефинират намалени товари, ограничения или забраняване на преминаването на хора и/или превозни средства.

## **Благодарности**

Авторите изказват своята благодарност на Центъра за научни изследвания и проектиране при УАСГ за предоставеното финансиране по проект БН-281/23.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Dulevski, E., Ivanov, St.* Assessment of the Conditions of the Pedestrian Suspension Bridges in the Rhodopes Mountain. Proceedings of Third National Conference on Design and Construction of Buildings and Facilities. Plovdiv, Bulgaria, pp. 178 – 187, 2004 (in Bulgarian).

2. BDS EN 1993-1-11:2007. Eurocode 3 – Design of steel structures. Part 1-11: Design of structures with tension components. BIS, 2008.

3. *Ivanov, S., Georgiev, L.* Service condition of several pedestrian cable-supported bridges in the Rhodopes Mountain of Bulgaria. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 1276, article 012020, 2023, DOI: [10.1088/1757-899X/1276/1/012020](https://doi.org/10.1088/1757-899X/1276/1/012020).

## THE ROPE BRIDGES IN BULGARIA SPECIFIC STRUCTURAL SOLUTIONS

**L. Georgiev<sup>1</sup>, M. Lepoev<sup>2</sup>, L. Zdravkov<sup>3</sup>, St. Ivanov<sup>4</sup>, E. Bogdanova<sup>5</sup>,  
I. Basheva<sup>6</sup>, M. Angelova<sup>7</sup>**

*Keywords: bridge, rope, hanger, pier, joint, anchorage*

### ABSTRACT

Many rope bridges have been built in Bulgaria. Very often they are pedestrian and cover small water obstacles. For these reasons, a large number of them are executed without a project, with random materials. There are also large-span facilities, such as the bridges at the village of Lisitzite, at the Podkova Railway station, over the Water Mirror in Kardzhali, the openings of which exceeds 200 m. The suspension bridges near the town of Momchilgrad and the village of Erovete, should not be missed, too. On the one hand they have wide openings, and on the other hand, they can be used by cars. All of them follow one constructive idea but differ in its realization.

---

<sup>1</sup> Lazar Georgiev, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Road Construction and Transport Facilities”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: [lazar\\_fte@uacg.bg](mailto:lazar_fte@uacg.bg)

<sup>2</sup> Milcho Lepoev, Prof. Dr. Eng., Dept. “Railway Construction”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: [mlepoev\\_fte@uacg.bg](mailto:mlepoev_fte@uacg.bg)

<sup>3</sup> Lyubomir Zdravkov, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Steel, Timber and Plastic Structures”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: [zdravkov\\_fce@uacg.bg](mailto:zdravkov_fce@uacg.bg)

<sup>4</sup> Stoyan Ivanov, Chief Assist. Prof. Dr. Eng., Dept. “Steel, Timber and Plastic Structures”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: [sdenkov\\_fce@uacg.bg](mailto:sdenkov_fce@uacg.bg)

<sup>5</sup> Evgenia Bogdanova, Chief Assist. Prof. Dr. Eng., Dept. “Construction Technology and Mechanisation”, UACEG, 1 Hr. Smirnenski Blvd, 1046 Sofia, e-mail: [evg\\_bogdanova@abv.bg](mailto:evg_bogdanova@abv.bg)

<sup>6</sup> Iva Basheva, student, Faculty of Transportation Engineering in UACEG, 1 Hr. Smirnenski Blvd, 1046 Sofia, e-mail: [basheva22@abv.bg](mailto:basheva22@abv.bg)

<sup>7</sup> Melani Angelova, student, Faculty of Transportation Engineering in UACEG, 1 Hr. Smirnenski Blvd, 1046 Sofia, e-mail: [melanierick.angelova@gmail.com](mailto:melanierick.angelova@gmail.com)