

MAIN HIGHLIGHTS IN CONDITION ASSESSMENT OF BRIDGES IN BULGARIA

**ОСНОВНИ АКЦЕНТИ ПРИ ОЦЕНКА СЪСТОЯНИЕТО НА МОСТОВЕ В
БЪЛГАРИЯ**

Kiril Dobrev¹

Dept. "Road Construction and Transport Facilities",
University of Architectural and Civil Engineering and Geodesy, Sofia

Кирил Добрев²

Катедра „Пътища и транспортни съоръжения“,
Университет по архитектура, строителство и геодезия, гр. София

Abstract:

The report reviews progress in drafting quality specifications for Roadway Bridges, standardized at European level. Highlight of the main accents and cases arising from the lack of regulations determining the processes related to the management of Bridges on a local level. Recommendations given for improvement and optimization of the process of maintenance of bridges of Bulgaria.

Keywords:

Bridge assessment and maintenance

Резюме:

В доклада е ревизиран напредъкът в изготвянето на спецификации по качеството на пътни мостове, стандартизирани на Европейско ниво. Маркирани са основни акценти и казуси възникнали, вследствие липса на нормативни документи регламентиращи процесите свързани с управлението на мостове на местно ниво. Дават се препоръки за подобряване и оптимизация на процеса по поддръжката на мостовете в България.

Ключови думи:

Оценка и поддръжка на мостовете

1. ВЪВЕДЕНИЕ

През последните 15 години се работи активно по проблемите свързани с поддръжане на мостовете. Всеки един собственик на пътна. транспортна инфраструктура търси най-добрия, и най-бързия начин за определяне състоянието на

¹ Kiril Dobrev, Eng. Doctoral Student of Dept. „Road Construction and Transport Facilities”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1164, e-mail: eng.kido83@gmail.com

² Кирил Добрев, инж. Докторант към кат. „Пътища и транспортни съоръжения“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ №1, 1164 София, e-mail: eng.kido83@gmail.com

транспортните съоръжения, с помощта на който да предприеме най-рентабилните мерки относно тяхното поддържане.

При икономически по-развитите държави този процес е значително напреднал, изразяващо се в изграждане на система за управление на мостовете (Bridge Management System – „BMS“). Една такава система обобщава в себе си база данни свързани с инвентара, софтуер подпомагащ в процеса на систематизация, анализ и вземане на решение относно състоянието на инвентар. Също така включва в себе си голям набор от ръководства, добри практики, изследователски и окончателни доклади в помощ на процеса. Поради голямото разнообразие от системи за управление на мостове, се е стигнало до решението за създаване на единна система, извличаща най-добрите практики от всички системи за управление на мостове в световен мащаб, и изграждаща ръководство с правила и указания, приложими за всеки един участник в проекта. В крайната си фаза този проект би трябвало да изглежда като системата „Еврокод“, която регулярно да се обновява и надгражда, с оглед използване на най-новите технологии, материали и практики. Тази задача е трудна за постигане, поради огромното разнообразие от конструктивни схеми, материали и експлоатационна околна среда, но в рамките на 10 години е възможно да бъде поставено началото на една такава Европейска система, регламентираща и даваща насоки относно поддържането и управлението на мостове.

Организацията, която основно работи по тази задача, е „ COST Action TU 1406“ [1], като с голям принос към процеса се присъединява и „JCSS“ (Joint Committee on Structural Safety), който е комитет, развиващ своята дейност в областта на рисковете при конструкциите и тяхната надеждност, като обединява работата на още шест международни професионални асоциации:

„IABSE“ (International Association for Bridge and Structural Engineering) е международна асоциация за мостово и строително инженерство.

„CIB“ (International Council for Building) е международен съвет за изследвания и иновации в строителството.

„ECCS“ (The European Convention for Constructional Steelwork) е европейска конвенция за строителни стоманени конструкции.

„FIB“ (The International Federation for Structural Concrete) е международна федерация за конструктивен бетон.

„RILEM“ (Reunion Internationale des Laboratoires et Experts des Matériaux) е международна среща на експертите по лаборатории и материали.

„IASS“ (The International Association for Shell and Spatial Structures) е международната асоциация за черупкови и пространствени структури.

2. ИЗЛОЖЕНИЕ

Една от основните цели на „TU 1406“ е да определи набор от ключовите ефективни показатели, определящи състоянието на всяка една конструкция. Поради спецификата на отделните конструкции се е обособил общ набор от ключови ефективни показатели, като за определяне състоянието на определен вид конструкция са необходими само част от този общ набор показатели. За получаването им се извлича необходимата информация на база визуална инспекция, обследване с безразрушителни методи или система за наблюдение.

Друга основна задача на „TU 1406“ е създаването на софтуерен продукт, симулиращ модели за оценка на многокомпонентен набор от ключови ефективни

показатели, като резултатите могат да бъдат представени във вид на „радарни“ диаграми.

Представените в този вид резултати могат да бъдат много лесно сравнени, с което да се улесни избора на подходяща стратегия за действие относно състоянието на съоръжението.

Ефективните показатели могат да бъдат определяни на различни нива – Елемент (Част), Система, Мрежа и могат да се разделят на две основни групи – Технически (отговарящи за състоянието на конструкцията) и Нетехнически (характеризиращи екологичната, социалната и икономическа функционалност на съоръжението). Някои от основните ефективни показатели са:

2.1 Технически ключови ефективни показатели:

- Структурна надеждност (Structural Reliability) – количествена оценка, определяща вероятността от повреда на елемент, част и/или система, отчитаща моделите на натоварване, съпротивлението на конструктивните елементи и явленията влияещи за влошаването на конструкцията;
- Структурен излишък (Structural Redundancy) – оценката показва способността на конструкцията да продължи да функционира, дори и след получаване на критична повреда в конструктивен елемент;
- Структурна здравина (Structural Robustness) – оценката показва степента на неопределеност на статическата схема на конструкцията, т.е. до каква степен може да понесе повреди по конструктивните елементи до момента преди да загуби експлоатационна пригодност;
- Структурна уязвимост (Structural Vulnerability) – с тази оценка се показва до каква степен е уязвима конструкцията, като се отчитат спецификите от детайлирането;
- Структурен риск (Structural Risk) – количествена оценка на риска от комбинирани ефекти при специфични въздействия;
- Структурна устойчивост (Structural Resilience) – оценява способността на конструкцията да запази устойчиво състояние и да остане в ремонтпригодно състояние след преминаването на особено събитие.

2.2 Нетехнически ключови ефективни показатели:

- Околна среда (Environmental) – може да се оцени целия жизнен цикъл на едно съоръжение от момента на изграждане, през поддръжката по време на експлоатационния му период, до момента на извеждането му от експлоатация и последващите мерки за неговото рециклиране. През всички тези фази от жизнения цикъл на съоръжението, е възможно да се направи количествена оценка на набор от ефективни показатели, кореспондиращи със съоръжението. Такива ефективни показатели могат да са консумация на енергия, използването на невъзобновяеми и възобновяеми ресурси, прекъсване на трафика, рециклируемост, въглероден отпечатък и др.;

- Социални (Social) – оценки за разходите на потребителя, вследствие закъснения в трафика, естетическо въздействие, историческа стойност и др.;
- Икономически (Economic) – оценява се периода на изплащане, разликата между социални ползи и разходи и др.

Подробно описание на възприетите до този момент ефективни показатели и идеята за използването им относно избор на най-рентабилна стратегия за действия както за съществуващи съоръжения, така и новопроектирани такива, са представени в доклад [2]. Същият доклад може да служи и като референция към почти всички статии и доклади, имащи принос относно поставените задачи в проекта „Спецификации по качеството на пътни мостове стандартизирани на Европейско ниво“ разработван от [1].

Процедури за определяне на ключовите ефективни показатели, са представени и в процес на разработка с вероятностният модел „Probabilistic Model Code – part I, II, III“ – „JCSS“ (Joint Committee on Structural Safety) [3, 4, 5].

Изготвени са примери, относно прилагането на някои от процедурите за определяне и анализ на набор от ефективни показатели в [6, 7, 8]. Оценката на риска е друг важен компонент, който може да внесе тежест при вземане на решение, относно избраната стратегия за действия. Тази оценка се използва както за новопроектирани съоръжения, така и за съществуващи съоръжения, нуждаещи се от ремонтни дейности.

Процеса за изготвяне на такава оценка се нарича управление на риска и вземането на решения, спрямо възникналите опасности, може да се разгледа в следните три етапа:

- I Етап – преди да възникне опасност – отчитане на евентуалните опасности произлизащи от условията, в които ще бъде експлоатирано съоръжението, вземане на превантивни мерки и предписване на стратегия за действия при спешни случаи;
- II Етап – по време на опасност – предприемане на мерки, ограничаващи щетите, и, съответно, последствията от тях;
- III Етап – след опасното събитие – обследване на щетите, вземане на мерки за тяхното отстраняване и, при нужда, предприемане на нови превантивни мерки.

Управлението на риска цели да бъде в помощ при вземане на решение за стратегия обхващаща набор от действия, формиращи възможно най-рентабилното решение за задачата отчитаща всички условия, които ѝ съответстват. Разработки вникващи по-детайлно във философията за управление на риска, са публикувани на сайта на „JCSS“ (Joint Committee on Structural Safety). Материалите са систематизирани в самостоятелна директория във вид на доклади, като към основния [9] са добавени допълнително още 7 части и три приложения с примери. Всички материали са изготвени от група инженери и предоставени за дискусия, като в подходящ момент ще бъдат организирани в стандартизирано ръководство на Европейско ниво.

При преглед на доклади, отразяващи опасностите за мостовете, които могат да доведат до техния отказ, се забелязва че процента на аварирани съоръжения вследствие пожар е един от най-ниските. Въпреки това е необходимо да бъде оценен този риск, и съответно да бъдат предприети превантивни мерки, във функция от вероятността за възникване на такава опасност. Превантивните мерки могат да бъдат пасивни

(конструктивно и/или геометрично детайлиране на сеченията) и активни (допълнителни системи за защита).

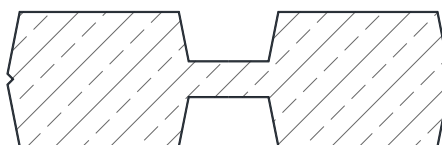
Съоръжения, при които съществува опасност от възникване на пожар са надлези, естакади и др., пресичащи път (асфалтов, железен, черен), по който преминават цистерни със запалими вещества, или са в непосредствена близост до потенциална опасност (населено място, индустриална зона) – виж Фиг. 1, Фиг. 2 и Фиг. 3.



Фигура 1: Горящи отпадъци в подмостовото пространство при река Джерман на 62-ри КМ на „АМ Струма“ – снимков материал от архивите на БГНЕС



Фигура 2: Подмостово пространство при надлез по бул. „Адам Мицкевич“ при Бакърена фабрика



Фигура 3: Схема на напречното сечение на междинните опори

Случаят, показан на Фиг. 1, е вследствие на нерегламентирано сметище, направено в подмостовото пространство на съоръжението от предприятие в непосредствена близост. Необходимо е да бъдат оценени повредите от пожара по конструктивните елементи и съответно тяхната остатъчната носимоспособност. Примери за такива процедури в съответствие с EN 1992-1-2 са представени в разработките [10, 11, 12, 13].

При такъв вид опасност от пожар, може да се предвиди като превантивна мярка, нанасяне на защитно покритие от набъбваща боя, която би могла да се комбинира и с покритието, предпазващо видимите бетонови повърхности от карбонизация.

Случаят показан на Фиг. 2 е надлез в краен квартал, при който, вследствие избор на сечение, благоприятно от конструктивна гледна точка (виж Фиг. 3), се оказва благоприятно и за негативни антропогенни действия, които могат да доведат до повреди, променящи реактивните способности на съоръжението при сеизмични въздействия. Като пасивна превантивна мярка се препоръчва, такъв тип напречни сечения да бъдат избягвани, при наличие на опасности от подобен характер. Прилагането и на активни превантивни мерки (защитно покритие от набъбваща боя), също може да е оправдано, за надлези и естакади в градска част, където подмостовото пространство много често се използва за непозволенни дейности, вследствие незнание на нарушителите. Примерна оценка на риска за цял участък от инфраструктурен обект е представена в доклад [14], която би могла да бъде полезна за бъдещи проучвания на отделни мостови съоръжения.

3. ИЗВОДИ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Неяснотите относно състоянието и поведението на всяко едно съоръжение са много и могат да бъдат първични (заложи в процеса на изграждане) и вторични (придобити вследствие на събития в експлоатационния период). Реалното отчитане на всички тези неясноти може да се направи със стохастични модели, които дават твърде неконтролируеми резултати. Основната цел е по-голямата част от тези неясноти да бъдат заменени със стойности получени чрез Байесовия вероятностен подход, и определена плътност на използваните функции, което свежда задачата до използване на детерминистични подходи. Освен за определяне стойностите на ключовите ефективни показатели, Байесовият подход се използва и за избора на най-рентабилна стратегия за действия. Основната посока, в която се развива процеса по създаване на спецификации по качеството на пътни мостове стандартизирани на Европейско ниво, е изработване на ръководства и софтуерни продукти, използващи модели за многокомпонентен анализ на набор от ключови ефективни показатели, и съответно избор на най-рентабилното решение относно стратегия за действия. Идеологията на поставената задача е, да замени конвенционалното използване на числени модели по МКЕ за анализ на конструкцията с вероятностен модел за многокомпонентна оценка на ефективните показатели, с които се характеризира всяка една конструкция. Този метод би увеличил скоростта за цялостен анализ и вземането на решение със задоволителна точност, предвид избрани условия. Много ефикасен ще бъде за страни с добре развита икономика, предполагащо и сериозен инвентар от съществуващи транспортни съоръжения, от които и голям брой със значителни размери на структурата. Проекта под ръководството на „TU 1406“ все още е в процес на разработка, дискусия и надграждане. Цялата информация, свързана с него, може да се използва за експериментални постановки, подобряващи неговата обективност. Едва когато този

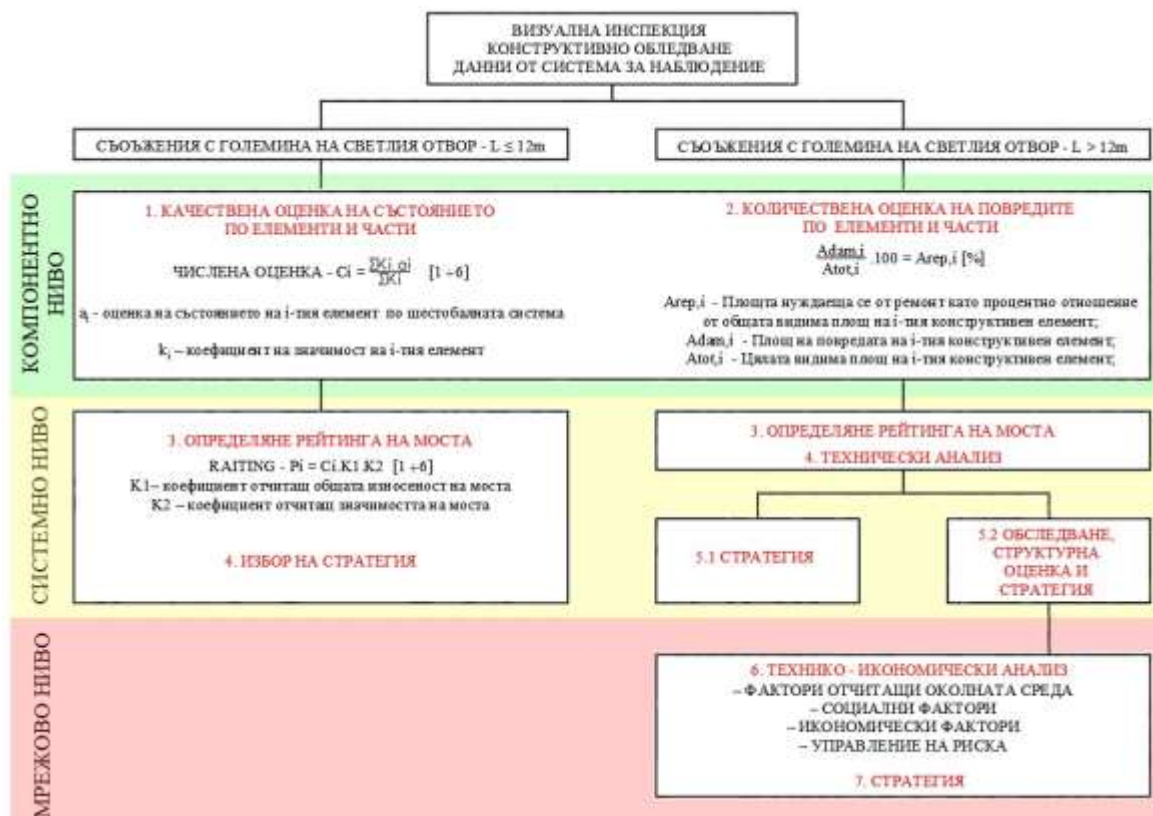
проект достигне фаза на достатъчна обективност на предложените процедури и алгоритми (т.е. са проведени достатъчно на брой експериментални постановки с предложения ресурс за управление на мостовете), ще бъде систематизиран и публикуван във вид на ръководства и софтуерни приложения. Публикуване на първата част от спецификацията на европейско ниво се очаква в рамките на това десетилетие, което ще бъде в помощ на всички Европейски участници (собственици на пътна транспортна инфраструктура), да синхронизират съществуващата си нормативна уредба чрез национални приложения.

Заданията за изготвяне на технически проект, за основен ремонт, изискват подробен конструктивен анализ. За такъв тип анализ на съоръжение е необходимо отчитането на реалното му състояние и поведение, нивото на антисейсмична уязвимост, проверка по носимоспособност на избрани детайли, като се отчита очакваният трафик за остатъчният експлоатационен живот на структурата, и др. Нормативни документи регламентиращи, изискванията относно методологиите, по които да се извършват всички тези проверки все още липсват в България. Тази сериозна празнота в нормативната ни база принуждава проектантите и контролни органи да вземат отговорни решения, на основание личен опит и разбиране, което не винаги води до оптимални резултати. С проблеми от същото естество са се сблъскали и други автори в своите разработки [15, 16, 17] и са достигнали до аналогични заключения.

4. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ЗА ОПТИМИЗАЦИЯ НА ПРОЦЕСА ПО ПОДДЪРЖАНЕ И УПРАВЛЕНИЕ НА МОСТОВЕТЕ В БЪЛГАРИЯ

За да се подобри процеса по управлението на мостове в България, е необходимо да бъдат създадени нормативни документи, регламентиращи и даващи насока относно поддържането и стратегиите за ремонт на мостове. Докато бъде развит, приет и адаптиран проекта на „TU 1406“ за управление на мостове в България, е възможно да бъдат предприети мерки за подобряване на процеса по поддръжка и ремонт на мостовете, непротиворечащи на бъдещите планове за развитие.

На Фиг. 4 е представена блок-схема, маркираща основни пунктове в процеса за управление на мостове.



Фигура 4: Блок-схема на процедура Оценка – Анализ – Стратегия

За да стартира процедурата описана в блок-схемата, е необходимо да бъде иницирана нуждата от ремонтни дейности за определена структура, съгласно доклад от проведена визуална инспекция или друг вид специализиран метод за извършено наблюдение на съоръжението.

Т. 1 и Т. 2 съгл. Фиг. 4 – вследствие резултатите от съответната инспекция се прави качествена и количествена оценка по елементи и части, относно състоянието на съоръжението. Оценката би следвало да се извърши по методология, одобрена от Възложителя и отговаряща на изискванията на актуалната нормативна уредба.

С научна цел могат да бъдат използвани и предложенията направени съответно в докладите [18, 19], в които за удобство и по-добра синхронизираност е препоръчано използването на официално приетата шестобална скала от „TU 1406“. Използваната скала не е от голямо значение, тъй като във всеки един момент може да се приравнят стойностите от едната скала към другата скала.

Т. 3 съгл. Фиг. 4 – на база получената качествена оценка за цялото съоръжение (Системно ниво), може да се изчисли и рейтинга на моста. В случая е прието, рейтингът на моста да отразява неговата оценка, вземаща предвид общата износеност на съоръжението и неговата значимост чрез коефициенти – K_1 и K_2 .

Стойностите на коефициентите, отчитащи тези параметри на съоръжението, би следвало да бъдат приети от ръководство, регламентирано в националните нормативните документ. Според нуждите, е възможно да бъдат отчетени и други характерни параметри за съоръжението и, чрез съответните корекционни коефициенти, да получим и друг модифициран рейтинг на моста, отразяващ специфична характерна черта от поведението му.

След като е получен рейтинга на моста, в зависимост от големината на отвора на съоръжението, и с цел оптимизация на процеса се препоръчва:

- При съоръженията с отвор $L \leq 12$ m, да се премине директно към избор на стратегия (Т. 4 съгл. Фиг. 4) за ремонтни действия относно състоянието на съоръжението. Примерна процедура за избор на стратегия е показана в [19];
- При съоръжения с отвор $L > 12$ m е необходимо да се направи технически анализ (Т. 4 съгл. Фиг. 4) – оценяват се уязвимостите на съоръжението, които ще ни дадат насока за избор на стратегия за действия.

Относно сеизмичната уязвимост на съоръженията е направено предложение в доклад [20] за изготвяне оценка с ускорена процедура. За целта са необходими наличните паспортни данни за съоръжението и данните от проведена основна визуална инспекция. Резултатите от проведения анализ могат да дадат ясни насоки в няколко аспекта:

- Нужди от допълнителни мерки, за подобряване на сеизмичната осигуреност;
- Нужда от допълнително обследване с цел усилване на конструктивни елементи или доказване нужда от подмяна на съоръжението с ново;
- Ориентировъчни стойности на разходите за възстановяване.

Препоръчително е този анализ да бъде направен предварително и резултатите да бъдат приложени към заданието за ремонт, с допълнителните изисквания на възложителя относно проектния габарит на пътя върху съоръжението, съобразен с концепцията на приетата стратегия в дългосрочен план за развитие на транспортната инфраструктура. Тази информация е необходима от гледна точка на това, дали се очаква повишаване на натоварването от трафик в оставащия експлоатационен период на съоръжението, който фактор би трябвало да бъде отчетен при техническият анализ.

След техническия анализ са възможни два подхода:

- Т. 5.1 съгл. Фиг. 4 – избор на стратегия при съоръжения с ниска до средна степен на очаквани повреди от сеизмично натоварване, не изискващи усилване на конструктивни елементи, но се допуска финансово оправдано влагане на допълнителни устройства, повишаващи сеизмичната осигуреност на конструкцията;
- Т. 5.2 съгл. Фиг. 4 – при съоръжения с очаквани повреди над средна степен от сеизмично натоварване, изискващи провеждане на допълнително специализирано обследване и анализ с числен модел по МКЕ. Резултатите от проведения анализ служат като основа, съгласно която се дава препоръка за стратегия. Действията предвидени в избраната стратегия е възможно да предвиждат допълнително усилване на рисковите елементи от конструкцията или обоснована препоръка за подмяна на съществуващото съоръжение с ново.

При съоръжения със значителни конструктивни размери, от национално значение или друг вид специфика, изискващи значителни ресурси за поддръжка и ремонт, е възможна нуждата от допълнителен Техничко-икономически анализ (Т. 6 съгл. Фиг. 4). При този анализ се отчитат допълнителни фактори, които биха повлияли на избора за стратегия като:

- Околна среда;

- Социални и икономически фактори;
- Управление на риска.

Този вид допълнителен анализ би бил полезен и при новопроектирани съоръжения на концептуално ниво в градска част или друг обект от национално значение. Резултатите от него, би следвало да изберат възможно най-рентабилната стратегия за действия (Т. 7 съгл. Фиг. 4), относно ремонтни дейности или ново изграждане на мостови съоръжения. В този анализ е възможно да се направи и план за целия жизнен цикъл на структурата (от изграждане до изваждане от експлоатация и рециклиране).

Практикува се стратегията да се ремонтират с приоритет съоръженията в най-тежко състояние. Мерките при този вид ремонти най-общо могат да бъдат наречени реактивни, обикновено излизат нерентабилни, тъй като най-тежките случаи на повреда, изискват най-голям ресурс за ремонт - финансов и времеви. По време на забавянето на ремонтните дейности за съоръжения с по-леки повреди е възможно някои от тях да достигнат до тежки такива и да се увеличат разходите за съответния ремонт. Този порочен кръг е безкраен и е необходимо да бъде прекъснат с адекватни мерки. Логично е, по-голяма част от средствата предвидени за ремонт да бъдат използвани за проактивни мерки (поддръжка) и реактивни мерки (ремонти), на съоръжения от леко до тежко състояние. Съоръженията в много тежко състояние могат да останат без поддръжка до момента, в който станат опасни за експлоатация и бъдат затворени и/или подменени с нови.

Друг вид проактивни мерки с обхват от дейности характерни за ремонтни работи, биха били много ефективни в дългосрочен план от гледна точка на намаляване на разходите за поддръжка, вследствие промяна в конструктивната схема на съоръжението без съществено увеличение на разходите за ремонт, но със значителни подобрения в поведението им. Такъв вид дейности са трансформирането на регулярните мостови съоръжения в интегрални или полуинтегрални конструкции [21].

Конструктивна схема, характеризираща съоръженията като интегрални или полуинтегрални, позволява уязвимостите на съоръженията да бъдат сведени до минимум, което респективно минимизира и нуждите от поддръжка, вследствие на следното детайлиране:

- Изцяло премахване или изместване на преходните конструкции извън главната носеща система на съоръжението, с което се изолира неблагоприятното влияние от възникнала повреда в преходната конструкция;
- Включване на насипа зад устоите, който поема част от напреженията породени при температурни деформации;
- Изцяло премахване или редуциране до минимум използването на лагерни устройства.

Голяма част от уязвимостите на една конструкция, се оказват неблагоприятните влияния на повредени неконструктивни, но функционални части на съоръжението, като преходни конструкции, лагери и отводнителни. Тези елементи са подложени на неблагоприятни, циклични експлоатационни условия, при които бързо достигат края на жизнения си цикъл и затова е предвидено да бъдат подменяни регулярно n-брой пъти в жизнения цикъл на структурата. Най-трудни за подмяна се оказват лагерните устройства, които понякога изискват специфичен подход, особено когато в концептуалната фаза на проектиране на съоръжението не е предвиден този момент, като такъв пример е докладван в [22]. Наблюдават се и други концептуални пропуски,

дори и при новопроектираните съоръжения, вследствие липса на официален национален регламент, даващ насоки относно допустимите габарити на структурата или части от нея, представени в [23]. Една нормативна база, даваща насоки и изисквания относно поддръжката на съоръженията и нейната пригодност за ревизия и ремонтни дейности, ще осигури правилно детайлиране на съоръженията и респективно по-ниски разходи за поддръжка и ремонт. Друг положителен ефект, който може да бъде постигнат, е при съоръженията, които разполагат със замразен запас от носимоспособност на материала, вследствие на изпълнена, неоптимална конструктивна схема. При провеждане на анализ чрез числен модел по МКЕ, е възможно да бъдат съпоставени няколко варианта, за промяна на конструктивната схема на съоръжението. Съпоставянето на тези варианти може да отличи един от тях, комбиниращ ефекти като:

- Подобряване на експлоатационните характеристики на съоръжението като намаляване на провисвания и премествания, оказващи благоприятен ефект за комфорта на движение;
- Закоравяване на системата, осигуряващо по-висока надеждност при сеизмични и особени въздействия;
- Намаляване или по-благоприятно преразпределяне на напреженията в главната носеща система чрез намаляване на нейната уязвимост и увеличаване нейната дълговечност;
- Подобряване на детайлирането на конструкцията, с цел намаляване на общата износеност на структурата и понижаване на разходите за поддръжане.

Всички представени препоръки в текущия доклад, не са част от приетата нормативна база в България и би следвало да се приемат като материали, подходящи за изследователски цели и/или помощни средства при изготвяне на официална нормативна документация.

REFERENCES/ ИЗПОЛЗВАНИ ИЗТОЧНИЦИ

- [1] COST Action TU 1406 – “Final Achievement Report (16/04/2015 to 15/04/2019)”.
- [2] Zanini M., Faleschini F. and Casas J., “State-Of-Research on Performance Indicators for Bridge Quality Control and Management”, 2019.
- [3] „JCSS“(Joint Committee on Structural Safety), “Probabilistic Model Code - Part 1 - Basis of Design”, March 2001.
- [4] „JCSS“(Joint Committee on Structural Safety), “Probabilistic Model Code - Part 2 - Load Models”, Februari 2001.
- [5] „JCSS“(Joint Committee on Structural Safety), “Probabilistic Model Code - Part 3 - Materials Properties”, 10.10.2000
- [6] „JCSS”, Vrouwenvelder T., Holicky M., Markova J., “Probabilistic Model Code – Example Applications”, 2001.
- [7] Hugo Guimaraes H., Fernandes J., Matos J., Henriques A., “A new perspective for robustness assessment of framed structures”, 2016.
- [8] Bukhsh Z., Stipanovic I., Doree A., “Multi-year maintenance planning framework using multi-attribute utility theory and genetic algorithms”, 2020.
- [9] „JCSS“, Faber M.(ed.), “Risk Assessment i Engineering - Principes, System Representation and Risk Criteria”, June 2008.

- [10] Neshev H., "Bearing capacity for rectangular reinforced concrete section, subjected to biaxial bending and all-sided fire exposure according method "Isotherm 500°C" in BDS EN 1992-1-2", International Scientific and Practical Conference "WORLD SCIENCE", March 2016
- [11] Neshev H., "Influence of second order effects for determination of fire resistance of rectangular concrete columns with symmetrical reinforcement, subjected to uniaxial bending and one-sided or all-sided fire exposure, in accordance of calculation method "Isotherm 500°C", XVII International Scientific Conference on Construction and Architecture VSU, Bulgaria, Sofia, June 2017.
- [12] Neshev H., "Fire resistance determination of rectangular and T-beam concrete section subjected to uniaxial bending without axial force and fire exposure, in accordance of simplified calculation method "Isotherm 500°C", XVII International Scientific Conference on Construction and Architecture VSU, Bulgaria, Sofia, June 2017.
- [13] Neshev H., "Shear resistance of reinforced concrete slabs and beams at fire exposure in accordance with EN 1992-1-2", Scientific Conference "Topical security Issues" at V. Turnovo, Bulgaria, 2019.
- [14] Mancheva J., "Risk management model in infrastructure road project", Annual of UACEG, Sofia, 2018 – vol.51, issue 12
- [15] Nikolov, P. "Guidelines for the contents of a regulation for design of bridges in Bulgaria", Annual of UACEG, Sofia, 2019 – vol.52, issue 3
- [16] Topurova, Iv. "Normativi za sushtestvuvashti mostove" chetvurti symposium po transportni suorajenia – Transportnite suorujenia – kljuchov element na infrastrukturata" – Sofia 2015
- [17] Nikolov, P., K. Topurov "Specific aspects of the rehabilitation design of high viaducts in Bulgaria". MASE 18-th Internationale Simposium "Monitoring, assessment and design of structures". October, 2 - 5 , 2019. Ohrid, North Macedonia.
- [18] Dobrev, K., "Revision of the national requirements for maintenance of bridges in Bulgaria", Report of XIII National transport infrastructure conference with international participation, 2020
- [19] Dobrev, K., "Proposal for optimization of the process for maintenance and managemant of bridges in Bulgaria" Report of XIV National transport infrastructure conference with international participation, 2022.
- [20] Dimitrov D., Stefanov D., "Vulnerability and direct damage analysis of the road beam type bridges in Bulgaria under seismic impact", Annual of UACEG, Sofia, 2018 – vol.51, issue 3
- [21] Xue J., "Retrofit of Existing Bridges with Concept of Integral Abutment Bridge – Static and Dynamic Parametric Analyses", 2013
- [22] Nikolov P., "Replacement and maintenance of bridge bearings", Annual of UACEG, Sofia, 2018 – vol.51, issue 7
- [23] Nikolov P., "Some futures of the geometric design of bridges", Annual of UACEG, Sofia, 2019 – vol.52, issue S1