

## ВАРИАНТИ ЗА ВНЕДРЯВАНЕ НА ТЕХНОЛОГИЯТА НА ЛАЗЕРНОТО СКАНИРАНЕ ЗА НУЖДИТЕ НА ПЪТНАТА ИНФРАСТРУКТУРА

Стефан Спасов<sup>1</sup>, Иван Марианов<sup>2</sup>

## OPTIONS FOR IMPLEMENTATION OF LASER SCAN TECHNOLOGY FOR THE NEEDS OF ROAD INFRASTRUCTURE

Stefan Spasov<sup>1</sup>, Ivan Marianov<sup>2</sup>

### Abstract:

*A summary of the problems of the road infrastructure in the Republic of Bulgaria has been made. The main road network maintenance activity has been presented. The methods for examination and assessment of their condition have been considered. Mobile ground-based laser scanning is considered in detail as a geodetic method. The main advantages have been paid attention in the context of transport construction. The possibilities for implementation of mobile laser scanning as a main method for surveying the road infrastructure during maintenance and repair activities have been presented.*

### Keywords:

*Мобилно лазерно сканиране, пътна инфраструктура, повреди, пътна безопасност*

### 1. ВЪВЕДЕНИЕ

Поддръжката на пътната инфраструктура е в основата на експлоатационната годност на трасетата при осигурена непрекъснатост на трафика и високи параметри на елементите за пътна безопасност. Това е комплексен процес, който включва обследване на текущото състояние на пътя с прилежащите му съоръжения и принадлежности, оценка на постъпилите данни и мерки за възстановяване на повредите и щетите, които са констатирани. Оптимизирането му трябва да е насочено към достигане на по-кратки срокове за получаване на входната информация и повишаване на нивото на прецизиране на информационната база с данни от заснетото състояние на експлоатационните показатели на пътищата. Това предполага внедряване и съчетаването им на методи, които са базирани на съвременни технологии и предоставят високи нива на точност, мобилитет и безопасност при провеждането на процедурите по контрол и оценка.

---

<sup>1</sup> Стефан Спасов, студент, Строителен факултет, Университет по архитектура, строителство и геодезия, бул. „Хр. Смирненски“ №1, stefan.spasov1996@gmail.com

<sup>2</sup> Иван Марианов, студент, Факултет по транспортно строителство, Университет по архитектура, строителство и геодезия, бул. „Хр. Смирненски“ №1, tetati@abv.bg..

## 2. ГЕОДЕЗИЧЕСКО ЗАСНЕМАНЕ

### 2.1. Заснемане с технологията на лазерното сканиране

От геодезическите методи, лазерното сканиране предоставя система от измервания, запис и обработка на резултатите, която е технологично най-обезпечената. Практически почти напълно автоматизирано, за всяка заснета повърхност, тя предоставя много подробни облаци от характерни точки, представени чрез пространствените им координати. Измерванията се осъществяват чрез стационарна база (наземно сканиране) или чрез подвижен носител (мобилно или въздушно). Приложения на лазерното сканиране в строителството, които илюстрират широкия обхват от възможности, са дадени в [1, 2].

### 2.2. Мобилно лазерно сканиране

Мобилно наземно лазерно сканиране (MTLS) и в частност мобилните мултисензорни картографиращи системи (MMS) предоставят механизъм за бързо и в голям обем получаване на данни за местоположение, геометрия, единични размери и други характеристики на елементите от транспортната инфраструктура [3].

Мобилните скенери могат да се монтират на основните видове превозни средства – автомобил, железопътна мотриси, кораб, като заснемането може да се извърши в хоризонтална или вертикална позиция на устройството (фиг. 1) [3, 4, 5].



Фигура 1. Лазерен скенер, върху автомобилно шаси, локомотивна мотриси и мобилна лаборатория [3, 4, 5].

Практическото приложение на технологията се задава в широки граници на скоростта на движение на превозното средство - от 10 до 100 (110) km/h. Тъй като качеството на резултата и гъстотата на профилите, в които се получават данни е свързано с превозната скорост, за добро ниво на ефективност в [5] се препоръчват до около 50 km/h.

Системата може да се допълни с цифрова широкоъгълна камера, която да архивира изображения с висока разделителна способност и да се ползва в две направления – като допълване на облаците от точки с цветове и обем на изображенията за нуждите на обследването [3, 6] и/или да предоставят пълна визуална информация при оценката на състоянието на транспортната инфраструктура по време на нейната експлоатация [5].

В [4] се акцентира и върху необходимостта от повишаване на достъпността на технологията на МЛС като се работи основно в две посоки:

✓ Намаляване на себестойността и параметрите на софтуерното и хардуерното обслужване, с които се обезпечава автоматизираното извличане на облаците от точки в 3D модела.

✓ Оптимизиране на съхранението на същите, които са в порядъка на десетки терабайта обем - намиране на подходящи цифрови формати за натрупаните обеми от данни, за да не се изискват сървърни хранилища със значителен ресурс.

Намирането на решения по тези две основни направления е особено актуално за българския строителен сектор, при който дори началната инвестиция за закупуване на лазерните скенери изисква по-дълъг период на откупуване, най-вече поради значително

по-малкият обхват на инвестиционните проекти, респективно по-малкият финансов принос, който носят за проектирането, изпълнението и поддръжката.

В урбанизираните територии, поради въвеждането на елементи на пътна безопасност в рамките на комуникационно транспортните системи, се получават прекъсвания в пробегата на мобилната система, което понижава конкурентността му спрямо пътищата и железопътните линии от националната транспортна мрежа.

Въпреки посочените недостатъци, използването на мобилното лазерно сканиране е методика, с която може да се оптимизат процесите по контрол на експлоатационното състояние на транспортната инфраструктура и особено на пътната, защото при използването на такъв геодезически метод за изследователско заснемане, може да се разчита на съчетание между следните основни технологични предимства [7]:

- милиметрова точност;
- детайлност на снимката;
- човешкият ресурс е сведен до минимум;
- автоматизирана последваща обработка;
- минимални субективни грешки;
- повишаване на продуктивността;
- намаляване на разходите

### 3. ИКОНОМИЧЕСКИ И СОЦИАЛНИ ПРОБЛЕМИ ПРИ ПЪТНАТА ИНФРАСТРУКТУРА В БЪЛГАРИЯ

Пътищата в България, с които е обвързано социалното и икономическото ни развитие са републиканските и тези със статут на местни. Към първата група спадат автомагистралите, скоростните пътища и пътищата от първи, втори и трети клас, осигуряващи транспортни връзки от национално значение и образуващи държавната пътна мрежа. Втората голяма група са местните пътища, които са общински и частни, отворени за обществено ползване и осигуряващи транспортни връзки от местно значение.

Двата основни проблема на националната и местна пътната инфраструктура у нас са:

✓ големият процент от трасета, чиито експлоатационни показатели са в лошо или незадоволително състояние;

✓ значителният брой пътно транспортни произшествия годишно.

#### 3.1. Актуално състояние на проблема:

Съгласно записаното в „Стратегия за развитие на пътната инфраструктура в Република България 2016 - 2022 г.“ [8], състоянието на настилките по републиканската пътна мрежа, определено съгласно действащата “Методика за измерване и оценка на повредите по пътните настилки” (отчита вида и количеството на съществуващите повреди, измерени и оценени спрямо общата повърхност на трасето), е както следва:

- **Добро състояние** – с повреди по настилките < 10 %;
- **Средно състояние** – с повреди по настилките от 10 % до 30 %;
- **Лошо състояние** – с повреди по настилките на > 30 %.

Таблица 1. Таблични данни за състояние на настилките по класове пътища в километри в края на 2015, Източник: АПИ – ИПМ [8].

	АМ	I клас	II клас	III клас	Пътни връзки	Общо км
<b>Добро</b>	501.4	1 678.5	2 059.7	3 576.5	189.5	<b>8 005.6</b>
<b>Средно</b>	145.3	882.6	973.9	3 129.6	96.7	<b>5 228.1</b>
<b>Лошо</b>	90.3	403.5	989	4 852.4	20.2	<b>6 355.4</b>
<b>Общо</b>	<b>737</b>	<b>2 964.6</b>	<b>4 022.6</b>	<b>11 558.5</b>	<b>306.4</b>	<b>19 589.1</b>

Към 2003 г. по информация, предоставена от 225 общини (263 общо) на МРРБ, са получени следните данни за състоянието на настилките – табл. 3.

Таблица 2. Таблични данни за състояние на настилките на общинските пътища [8].

Състояние на настилките	Дължина в км
Добро	3 157
Средно	3 841
Лошо	8 748
Без трайна настилка	2 690
Обща дължина	17 169

### 3.2. Дейности по поддържане на пътната мрежа

Дълготрайността и експлоатационната годност на автомобилните пътища изискват подход на превенция и своевременно системно отстраняване на появилите се проблеми при всички елементи на пътните конструкции, изкуствените съоръжения и принадлежности, респективно запазване на всички проектни характеристики на трасето. Влошаването на състоянието им води до намалена пропускателна способност, лоша свързаност и е предпоставка за повишение на риска от настъпване на ПТП. В България превенцията основно е насочена към следните видове дейности:

- Затваряне на повърхностните пукнатини по пътното покритие
- Полагане на нов износващ пласт на покритието на трошенокаменни, паважни и асфалтобетонни пътни конструкции;
- Стабилизиране на банкети;
- Укрепване на откоси (биологично, с готови стоманобетонни елементи, със стоманена мрежа, с пръскан бетон, с геотекстилни материали и други);
- Периодични възстановителни мероприятия по конструкцията на пътните съоръжения;
- Периодични възстановителни мероприятия по конструкциите на пътните принадлежности (пътни знаци, предпазни и шумозащитни огради [25, 26], парапети, предпазни мрежи, осветление и други);

### 3.3. Методи, които се прилагат за обследване и оценка на състоянието на пътищата в България

Текущото състояние на пътната конструкция се оценява на основание на състоянието на основните ѝ транспортно-експлоатационни показатели. Основните от тях са носимоспособност на пътната конструкция, равност на пътното покритие, грапавост (съпротивление на хлъзгане), видове повреди върху пътната конструкция. Критерият „повреди“ е дефиниран за пет нива значимост според площта на повредата [9]:

- лошо > 50 % повредена площ и коловози с дълбочина > 15 mm;
- незадоволително (31 ÷ 50) % повредена площ деформации и коловози с дълбочина от 10 до 15 mm;
- задоволително (11 ÷ 30) % повредена площ, зони с мрежовидни пукнатини, коловози с дълбочина до 10 mm., слабо изразени деформации и избил битум;
- добро (1 ÷ 10) % повредена площ с отделни пукнатини и единични повреди без коловози;
- отлично 0% повредена площ;

### 3.4. Методики за обследване на състоянието на пътищата

В световната практика, това са обходи, извършвани от квалифициран персонал и заснемане, посредством методи, които се базират на вибрации (вследствие на неравности

и грапавост), визуални цифрови изображения (получени от високоскоростни камери, монтирани в зоната на автомобилно шаси) и лазерно сканиране (получаване на топографски модел на настилка и данни в подробни сечения).

В България съгласно „Технически правила и изисквания за поддържане на пътища“ от 2009 (АПИ и ЦЛПМ [10]) състоянието на настилка, пътните принадлежности, отводнителните съоръжения и другите елементи на пътя се установяват въз основа на оглед, извършен визуално или с помощта на специализирана апаратура. Като технологията може да се насочи към:

- ✓ повреди (разрушения и деформации) с голям размер и обхват;
- ✓ пукнатини от обемни изменения;
- ✓ нарушаване на целостта на пластове на конструкцията на пътната настилка – дупки;
- ✓ деформации като коловози, напречни вълни, слягане, издуване.

Възприетата методика на „Институт по пътища и мостове“ [10] е получаване на бази с информация чрез заснемане и обработка на данните от видеоматериал в цифров вид. Стандартно се използват две цифрови видеокамери, монтирани върху тавана на купето на лек автомобил. По време на движението първата заснема фронтално обекта, а другата странично. Паралелно с визуалното заснемане, данните за състоянието се записват от оператор. За да е възможно, проследяването, превозното средство се движи с ограничение на скоростта около 30 km/h. При инвентаризацията трябва да съберат данни за състоянието на пътната конструкция, отводняването, пътните принадлежности и сервитута на пътя.

#### **4. ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ВНЕДРЯВАНЕ НА ТЕХНОЛОГИЯТА МЛС В ТРАНСПОРТНОТО СТРОИТЕЛСТВО [7]**

Системата предоставя възможности за практически – приложен характер при оценката на състоянието на редица елементи на транспортната инфраструктура.

Такива са геодезическо и полско измервателни работи при практически случаи на:

##### **4.1. Изпълнение, съгласно изискванията на техническа документация за текущо поддържане на участъци от РПМ и общински, местни, селскостопански пътища. Това включва дейности като:**

✓ Заснемане на текущото положение на съществуващи трасета в ситуация в обхвата на пътя, включително елементи на пътното платно (настилки, банкети/ тротоари, включително бордюри), отводнителни елементи (окопи/канавки), водостоци, принадлежности на пътя (ограничителни системи, вертикална сигнализация, шумозащитни и други прегради), пътни пресичания (връзки, зауствания, кръстовища), предпазни и укрепителни съоръжения (подпорни и джоб-стени, противосрутищни тунели), комуникации на друг тип линейна инфраструктура в обхвата на пътното тяло [11].

✓ Пикетаж на подробни точки – напречни профили в табличен вид.

✓ Определяне на надлъжни и напречни наклони по съществуваща настилка.

✓ Констатиране на текущото състояние на покритията, заснемане на геометричен обхват на повреди със значителна площ и/или дълбочина в пътната конструкция, разрушения на банкети, обрушвания на откоси и други. Конкретни задачи са установяване на повреди и деформации с цел остойностяване на вида и обема на ремонтно-възстановителните дейности (фрезование на асфалтови пластове, изкърпване на дупки, запълване на коловози, отстраняване на неравности, вълни и слягания) в рамките на обхвата на текущото поддържане [12, 13, 14, 16].

Инспекцията трябва да се осъществява при максимална безопасност на екипите, спрямо трафика и в кратки срокове. МЛС може да допълни валидирането на данните,

получени по възприетата методика на ИПМ, като измерването се извършва бързо и безконфликтно.

Съставянето на допълнителна база с данни за текущото състояние на настилките по пътищата и особено тези то РПМ ще улесни системата от процедури по управление на пътната мрежа В [13] е представен експеримент, с който в рамките на действителен профилен участък се оценява информацията, която се предоставя при използване на MSL. Съществен недостатък се е оказало, че пътната маркировка се разпознава като повреда и предварително трябва да бъде отчетено нейното местоположение и площ.

Според изследването в [14] високата плътност на измерванията, проведени на тестови пътен участък, МЛС може да се използва за повишаване на точността при определяне на обемите на фрезования асфалт. За повишаване на точността на данните авторите препоръчват съгъстяване на сеченията и закрепване на скенера на нивото на автомобилното шаси.

#### **4.2. Определяне на технико-експлоатационни показатели на пътни настилки (равност, грапавост, други).**

В [15] е направена оценка на състоянието на сфалтобетонна настилка, респективно получаване на индекс на равност (International Roughness Index) на пътното покритие, чрез лазерен скенер, монтиран на автомобил.

#### **4.3. Оценка на извършените ремонтно-възстановителни дейности на пътните покрития и пътните банкети/тротоари [12]**

Оценката на качеството на извършените ремонтно-възстановителни дейности съгласно Техническа спецификация на АПИ [17] може да бъде улеснена и ускорена като с МЛС се заснемат постигнатите характеристики на повърхността и геометрията на пътните трасета. Такива са равност, надлъжни и напречни наклони, оформяне на реголи, бордюри, тротоари, габарит и други.

#### **4.4. Заснемане на пътно транспортната обстановка при настъпили аварии или произшествия на пътя, с което да се подпомогне разследването на място при събирането на данни за причините, които са довели до инцидента (от към време и чрез допълващи триизмерни снимки на обекта и участниците в ситуацията).**

При случаи на ПТП разследващите органи се нуждаят от време за анализ на всички компоненти, които са оказали влияние за настъпването му. Именно при събирането на тази информация може да се прилага технологията. Първо чрез МЛС може да се направи подробна снимка на участниците в инцидента (примерно може да се отчитат деформации по купето на МПС, от които да се съди за направление и скорост на движение, и други). Второто му приложение е заснемане на проектните функционални параметри на трасето за възможно най-кратко време. Това ще редуцира препятстването трафика по отсечката от гледна точка на затваряне на ленти и като съдейства за по-бързото освобождаване на лентите, заети от катастрофиралите участници в движението. Примерно изследване за приноса на МЛС при възпроизвеждане на ПТП (моделиране на характеристиките на пътя, обхвата на видимост и заснемане на настъпилата транспортна ситуацията е дадено в [18].

#### **4.5. Оценка на видимост с цел осигуряване на непрекъснатостта на трафика и пътната безопасност [6, 12, 18].**

За целта могат да се заснемат фактическа зрителна дистанция, разстояния до пресечна трафик точка след кръстовище, пространствен геометричен обхват на видимост, налични препятствия (прегради, неравности и други, които нарушават видимостта в права, хоризонтална крива и при пътни пресичания като връзки и кръстовища).

**4.6. Контрол на геоложкия риск и подобряване на статистическата оценка за състоянието на терени, съседни на пътища и железопътни линии с предпоставки за формиране на срутищни и свлачищни зони в откосите им [19, 20].**

**4.7. Зимно поддържане по РПМ на България с акцент върху превенцията от снегонавяване [21, 22, 23]:**

✓ Геодезическо заснемане на пътя в обхвата му и на съседни терени за създаване на триизмерна теренна повърхнина на повърхността, в рамките на която се изследва снеготранспорта.

✓ Генериране на теренна повърхнина в цифров триизмерен модел, който да бъде проследен за ситуации на снеготранспорт със софтуер, базирана на ИМФ;

Поради необходимостта да се заснемат теренните повърхности в рамките на земното платно, а често и в рамките на обхвата на пътя, където част от елементите са прегради за мобилните лазерни скенери, може да се наложи използването на конвенционални геодезически методи за част от терена. Този момент не намалява значителната производителност като предимство при заснемането с МЛС технологии в рамките на пътното платно и прилежащите му окопи.

**4.8. Мониторинг на експлоатационното състояние на транспортни съоръжения – мостове, тунели, водостоци, пешеходни връзки и други [24].**

**4.9 Вертикална планировка и трайни настилки при градски транспортни комуникации, пристанищни и летищни комплекси.**

Изпълнения на задания за инженеринг, при които да се изготвят работни проекти за изпълнение на вертикалната планировка, трайни настилки и оформяне на зелени площи (включително обемна зелена маркировка, елементи на кръстовища и на пътна безопасност). Геодезически измервания, необходими, за да се обосновават проектни решения за пространственото положение (хоризонтално и вертикално) на елементите на пътните настилки. Такива са:

✓ Заснемане на съществуващ терен.

✓ Заснемане на състоянието на елементи на съществуваща пътна инфраструктура (маркировка, обемни елементи на пътна безопасност като повдигнати кръстовища и други) и пътните покрития на същата (трайни настилки на улици, пристанищна територия, складови зони, писти за рулиране и други).

## **5. НАУЧНИ ПОДХОДИ ЗА ВНЕДРЯВАНЕ НА МЛС В ПРОЦЕДУРИТЕ ПО СТРОИТЕЛСТВО И ПОДДРЪЖКА НА ПЪТНАТА ИНФРАСТРУКТУРА**

Имплементирането на съвременни технологии за заснемане на състоянието и елементите на транспортната инфраструктура, предполага възможности за дефиниране на принципни правила за методическа последователност, с която да се прецизират дейностите, с които се гарантира експлоатационната годност на пътищата и непрекъснатостта на трафика им. С внедряването на пакет от принципи може да се допълни възприетата към момента методика на „Института по пътища и мостове“ ([9]), която включва заснемане и обработка на данните чрез извършена инвентаризация от видеоматериал, заснет с цифрови камери и обработени от определен софтуер.

Обобщаването на комплекс от практически приложима процедурна последователност, включваща съвременни „безконтактни“ геодезически методи в инвестиционните процеси по поддръжка на пътищата и пътно-транспортната безопасност, би трябвало да доведе до съкратени срокове на оценка и изпълнение с минимален човешки ресурс. Като тези резултати ще са носители на висока прецизност на заснемането при запазване на непрекъснатостта на трафика. Очаквано съчетаването на тези предимства

би трябвало да допринесе най-вече в себестойността на обектите, защото направените разходи за мониторинг и възстановяване на отсечките ще бъдат оптимизирани в посока на намаляване на вложените финансови средства.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторите на статията изказват благодарности на ЦНИП при УАСГ за оказана финансова подкрепа за осъществяването на анализа по научна тема: „Принципна методология за проследяване на експлоатационните показатели на пътната инфраструктура чрез внедряване на съвременни технологии в геодезията (MTLS)“ [7].

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] СГ Господинов, СВ Шайтура, Лазерное сканирование в строительстве и архитектуре, Славянский форум бр. 4, 2016, 63-71.
- [2] Марианов И., Спасов Ст., Възможни приложения на лазерното сканиране в строителството, Сборник с доклади, I Младежка научна конференция с международно участие „Проектиране и строителство на сгради и съоръжения“, 4-5 ноември 2021 г., ISSN 2738-7887 (online); ISSN 2738-7879 (CD-ROM), 2021.
- [3] Воронцов М., Мобильное лазерное сканирование, <https://geostart.ru/post/783> [посетен на 31 август 2021 г.].
- [4] Henry Dana, Lasers on Wheels: How Mobile Terrestrial LiDar Scanning Helps Fix U.S Infrastructure, <https://www.trafficsafetystore.com/blog/mobile-terrestrial-laser-scanning/>, 12.07.2013, [посетен на 31 август 2021 г.].
- [5] МТРФ (ФАУ «РОСДОРНИИ»), Отчет о научно-исследовательской работе, Сопоставительные испытания систем мобильного лазерного сканирования и передвижных дорожных лабораторий. Участок автомобильной дороги А-146 Краснодар – Верхнебаканский, км 109 + 500 - 113 + 100 (первый этап), Москва, 2019.
- [6] Стерева К., Постоловский А., Шайтура С. В., Использование мобильного лазерного сканирования при ремонте и аудите безопасности дорог, 248-257
- [7] Господинов Сл. и колектив, Предложение за научно изследване на тема „Принципна методология за проследяване на експлоатационните показатели на пътната инфраструктура чрез внедряване на съвременни технологии в геодезията (MTLS)“, 2021.
- [8] МРРБ и МТИТС, Стратегия за развитие на пътната инфраструктура в Република България 2016-2022, 2016.
- [9] ИП, Методика за оценка и измерване на повредите по пътните настилки, 1985.
- [10] НАПИ, Технически Правила и изисквания за поддържане на пътища, 2009.
- [11] Алтынцев М., Автоматизированное определение характерных линий автомобильных дорог по данным мобильного лазерного сканирования, УДК 528.4, 2016.
- [12] Schwarzbach F., Road Maintenance with an MMS, Accurate and Detailed 3D Models Using Mobile Laser Scanning, 2014, <https://www.gim-international.com/content/article/road-maintenance-with-an-mms> [посетен на 17 юни 2021 г.].
- [13] B. B. van der Horst, R. C. Lindenbergh, S. W. J. Puister, Mobile laser scan data for road surface damage detection, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W13, 2019.



- [14] Камнев И. С., Исследование технологии лазерного сканирования при инженерно-геодезических изысканиях для ремонта автодороги, УДК 528.48, Вестник СГУГиТ, Том 22, № 2, 2017.
- [15] Середович Вл., Алтынцев М., Егоров Ал., Определение индекса ровности дорожного покрытия по данным мобильного лазерного сканирования, Вестник СГУГиТ, Том 22, № 3, 2017.
- [16] Мартинов Д., „Прецизиране на изискванията за заснемане на пътя при рехабилитация“, Годишник на Университета по архитектура, строителство и геодезия, ISSN 1310-814X – печатно издание, ISSN 2534-9759 – онлайн издание, том 52, (2), 537 - 544, 2019.
- [17] АПИ, Техническа спецификация София 2014.
- [18] Pagounis Vassilios, Tsakiri Maria, Palaskas Spiridon, Biza Barbara, Zaloumi Elizabeth, 3D Laser Scanning for Road Safety and Traffic Accident Reconstruction, TS 38 – Engineering Surveys for Construction Works I, Munich, Germany, October 8-13, 2006.
- [19] Иванов, И., Статистическа оценка на устойчивостта на скални откоси. Годишник на УАСГ, Том XLI 2004, Свитък IV., 171 – 179.
- [20] Александровна Е. Е., Инженерно-геологическое изучение деформаций сооружений на основе комплексирования методов наземного лазерного сканирования и конечных элементов, Диссертация, Томск, 2019.
- [21] Иванова, Е., Сулай, И., Кацарова, В., Митева, Д., Стайков, И., Иванова, С., Господинов, С., Бояджиева, Д., Бояджиев, С., Изследване на проблема със снегонавяването по автомобилните пътища в България. оценка на ефективността на вариантни решения на защитни конструкции с инсталация от PV-панели, Годишник том 52, брой 3, ISSN 2534-9759, София 2019, 719-737.
- [22] Иванова С., Митева Д., Изследване на проблема със снегонавяването по автомобилните пътища в България. оценка на ефективността на инсталация от PV-панели при вариантни решения на защитни непреместваеми съоръжения, Годишник том 53, брой 3, ISSN 2534-9759, София 2020, 715-731.
- [23] Иванова, Е., Марков, Д., Мижорски, С., Изследване на проблема със снегонавяването по автомобилните пътища в България. оценка на ефективността срещу снегонавяване на вариантни решения на защитни конструкции от съоръжения с инсталация от PV-панели, Годишник том 53, брой 3, ISSN 2534-9759, София 2020, 733-753.
- [24] Постоловски Ал., Димитров М., Марков М., Приложение на MTLs – технология при одит на тунелното строителство, 2017, 207-212.
- [25] Иванова Е., Д. Бояджиева, Съвременни решения за защита от транспортния шум, 2010, Трети национален симпозиум по стоманени, дървени и комбинирани конструкции, 15-16 септември 2010, Годишник на УАСГ том XLV 2010, Свитък V, ISSN 1310-814X, София 2010, 149-163, 2010.
- [26] Иванова Е., Д. Бояджиева, Зелените шумозащитни стени, добра идея как проектирането да си „партнира“ с природата, 2011, XI международна научна конференция ВСУ 02-03 юни 2011, Сборник с доклади том 2, ISSN 1314-071X, София 2011, Том III – 239-244, 2011.