



## ИЗСЛЕДВАНЕ НА ДЕФОРМАЦИИ НА ПЪТНИ НАСТИЛКИ

**Иво Гаджов**

[office@infraconstruct.eu](mailto:office@infraconstruct.eu)

**Висше транспортно училище “Тодор Каблешков”,  
гр. София, ул. Гео Милев 158,  
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ**

**Ключови думи:** пътища, улици, измерване, изследване, деформации, оценка на пътната настилка, поддържане, ремонт, текущо състояние, база данни, пътни настилки.

**Резюме:** Основната цел на изследването на пътната мрежа е осигуряване на безопасен трафик. Целостта на пътното покритие (настилка) и неговата форма са от съществено значение за безопасността на движение. Влошаването на качеството на пътните настилки, в процеса на експлоатация е в следствие на следните фактори: трафика, недобро проектиране, недобро изпълнение на строителството и/или на ремонти, допускането на движение на превозни средства с по-голямо тегло, от предвиденото за съответния път, недобре изследвано земно легло, липса на адекватно отводняване и др. Важна част от поддръжката на пътната мрежа е изграждането и поддържането на база данни отразяваща обективно текущото ѝ състояние. Данните трябва да включват информация от проведени изследвания за деформации по пътната настилка по-големи от 5 мм, при твърди настилки и по-големи от 10 мм, при еластично-пластични настилки. Пластичните деформации по пътната настилка могат да бъдат използвани и за класификация на потенциалното движение на земната основа (земното легло) на пътя, като изчислението трябва да включва конкретните характеристики на пътната конструкция, както и проектната ѝ якост. Въз основа на различни измервания, изследвания и анализи може да бъде предложена конкретна процедура за оценка на състоянието на дадения път или улица. Резултатите от проведените измервания и изследвания, както и направените в последствие анализи са основа за вземане на различни обективни решения, за ремонти на пътя и/или за неговата поддръжка, рехабилитация, и т. н. Регулярното изследване на състоянието на пътя е в основата на избора на най-оптимален вид ремонт и най-подходящото време за неговото извършване, респективно и за приемането на най-икономични технически решения.

### УВОД

В основата на пътното дело е безопасността на движение по пътищата. Безопасността на движение е повлияна от редица фактори (предпоставки), като един от основните е състоянието на пътната настилка и пътната конструкция, като цяло. За да бъде обезпечена безопасността на движение, в значителна степен, основна роля има поддържането на пътната настилка в добро техническо състояние. За да бъде

поддържана в добро състояние, освен достатъчно финансови средства е необходимо да се разполага и с достатъчно количество информация, за текущото експлоатационно състояние на пътната настилка. До момента в България, информацията за текущото състояние на пътищата е добивана, основно от визуални огледи на място и опитни изпитвания или заснемания (в случай на необходимост), които отнемат ресурси на средства, време и експерти. В днешно време, в технологичния свят в който живеем, предвид развитите компютърни и космически технологии съществуват съвременни и иновативни методи за събиране и анализ на информация, за наземни обекти, каквито са пътищата.

## **ИЗЛОЖЕНИЕ**

Целостта на пътното покритие (настилка) и неговата форма са от съществено значение за безопасността на движение. Влошаването на качеството на пътните настилки, в процеса на експлоатация е в следствие на следните фактори: трафика, недобро проектиране, недобро изпълнение на строителството и/или на ремонти, допускането на движение на превозни средства с по-голямо тегло, от предвиденото за съответния път, недобре изследвано земно легло, липса на адекватно отводняване и др. Процесът на компрометиране на пътната конструкция, в следствие на изброените по-горе фактори, се проявява с течение на времето и бива проявяван с различна интензивност, в зависимост от сезоните и в зависимост от интензивността на нарастване на транспортното натоварване. Тези явления (компрометиране и интензивност на проява) и проявата им могат да бъдат най-добре описани (специфицирани), чрез целогодишни периодични наблюдения на пътната повърхност, в процеса на експлоатация. Събираните и анализирани данни могат да включват информация за деформации по пътната настилка по-големи от 5 мм, при твърди настилки и по-големи от 10 мм, при еластично-пластични настилки. Пластичните деформации по пътната настилка могат да бъдат използвани и за класификация на потенциалното движение на земната основа (земното легло) на пътя, като правените анализи трябва да включват конкретните характеристики на пътната конструкция, както и проектната ѝ якост.

Използването на досегашните методи за следене, на текущото състояние на пътната настилка не позволява добиването на информация с висока интензивност, т. е. по-чести наблюдения за по-кратък период от време, поради високите разходи и голяма трудоемкост. Ако процесът на набавяне на актуална информация бъде значително автоматизиран и не изисква големи финансови и човешки ресурси, тогава можем да правим по-правилни анализи и заключения за експлоатационното състояние на пътната настилка, в течение на времето.

В съвременната наука, с различни цели и в различни области се използва принципа на интерферометрията – метод, при които вълните се наслаgват, предизвиквайки явлението интерференция, което се използва за извличане на информация. Интерферометрията намира широко приложение в науката и промишлеността за измерване на малки отмествания, промени в показателя на пречупване и повърхностни неравности. Днес, съществуват съвременни летателни апарати, като радарните спътници, които могат да заснемат земната повърхност, в това число и автомобилен път, през кратки интервали от време, за продължителни периоди (години), като по този начин се набавя много повече информация отколкото, чрез получаване при преки теренни измервания.

Методът на радарните дистанционни изследвания започва интензивно развитие от 2005 г., първоначално в САЩ. От 2011 г., Европейската космическа агенция пуска в действие своя първи космически радар, като първите обработени резултати от радарни

заснемания на земната повърхност датират от ноември 2014 г. Този метод е наречен DInSAR и представлява диференциална интерферометрия, която се основава на обработката на две РСА изображения регистрирани върху на една и съща част от повърхността на Земята, получени в различни моменти от време. При метода на диференциалната интерферометрия, чрез повторно преминаване на радара се регистрира изображение, което чрез съпоставяне с първото регистрирано изображение дава информация за големината и посоката на земните премествания, настъпили между двете дати. Получаването на данните може да се постигне, чрез съвместна обработка на регистрирани изображения, за една и съща област от земната повърхност, в различни периоди от време. В резултат на тази обработка се получава изображение наречено диференциална интерферограма (растерно интерферометрично изображение), от което след допълнителни изчисления е възможно да бъдат определени земните премествания в хоризонтална и вертикална равнина, които са настъпили между регистрирането на данните, със сантиметрова точност и пространствена разделителна способност (ПРС), която варира в зависимост от режима на работа на РСА. Изместването се изчислява, чрез диференциране на фазовия компонент на двете основни SAR изображения, след премахване на ефекти, дължащи се на топографията на изследвания район. За изследване на деформационни процеси са необходими РСА изображения, които представляват масив от комплексни стойности, включващи информация за амплитудата и фазовото изместване на обратно разсеяния от земната повърхност радарен сигнал. Разликата във фазовите сигнали или интерферограмата между две регистрации на РСА данни, със съвместими геометрии съдържа информация за топографията на повърхността и възможните измествания на земната повърхност, по визираната линия на радара, към земната повърхност. По-конкретно, DInSAR е метод прилаган за получаване на повърхностни деформации, чрез елиминиране влиянието на терена.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Съвременният DInSAR метод за регистриране и анализ на повърхностни деформации, може да бъде опитно приложен за изследвания на настъпили премествания (деформации), по пътната настилка. Регистрирането на различни пластични и/или еластични деформации по пътната повърхност и техните конкретни стойности, могат да служат за различни анализи, относно текущото експлоатационно състояние на даден пътен участък. Периодичното анализиране, по такъв метод може да се прави изключително дистанционно и автоматизирано и през кратки интервали от време, години наред, което е значително предимство, пред досегашните конвенционални методи за следене на текущото експлоатационно състояние на пътната настилка. Интегрирането на DInSAR метода в пътното дело, при доказана ефективност и точност на изследванията и резултатите, би било иновативно и перспективно за развитието на пътното инженерство.

### **ЛИТЕРАТУРА**

[1] Николов Хр., Атанасова М. „Оценка на земните премествания в урбанизирани и промишлени райони посредством DInSAR времева серия“, X Национална конференция по геофизика, 04 юни 2021г.

# RESEARCH OF DEFORMATIONS OF ROADS PAVEMENTS

Ivo Gadzhov

[office@infraconstruct.eu](mailto:office@infraconstruct.eu)

*Todor Kableshkov University of Transport  
1574 Sofia, 158 Geo Milev Str  
THE REPUBLIC OF BULGARIA*

**Key words:** roads, streets, measurement, research, deformations, assessment of the road pavements, maintenance, repair, current condition, database, roads pavements.

**Abstract:** *The main goal of the road network research is to ensure safe traffic. The integrity of the road surface (pavement) and its shape are essential for traffic safety. The deterioration of the quality of the road pavements in the process of exploitation is due to the following factors: traffic, poor design, poor execution of construction and / or repairs, the admission of vehicles with more weight than planned for the road, poorly studied earth bed, lack of adequate drainage, etc. An important part of the maintenance of the road network is the construction and maintenance of a database that objectively reflects its current condition. The data should include information from studies performed on deformations on the road pavements greater than 5 mm, for hard road pavements and greater than 10 mm, for elastic-plastic road pavements. Plastic deformations on the road pavements can also be used to classify the potential movement of the ground base (ground bed) of the road, and the calculation must include the specific characteristics of the road pavements, as well as its strength criteria design. Based on various measurements, research and analysis, a specific procedure may be proposed to assess the condition of a given road or street. The results of the conducted measurements and researches, as well as the subsequent analyzes are the basis for making various objective decisions, for repairs of the road and / or for its maintenance, rehabilitation, etc. The regular research of the condition of the road is the basis of the choice of the most optimal type of repair and the most appropriate time for its implementation, respectively for the adoption of the most economical technical solutions.*