



*Получена: 21.01.2019 г.*

*Приета: 13.03.2019 г.*

## ПРЕЦИЗИРАНЕ НА ИЗИСКВАНИЯТА ЗА ЗАСНЕМАНЕ НА ПЪТЯ ПРИ РЕХАБИЛИТАЦИЯ

**Д. Мартинов<sup>1</sup>**

*Ключови думи: пътища, рехабилитация, повреди*

### РЕЗЮМЕ

В публикацията са показани различни възможности за прецизиране на модела на пътната повърхност на платното за движение при рехабилитация на автомобилни пътища. Целта е да се обхванат различните повреди, като слягане, коловози, изравнения и дупки, оказващи съществено влияние на обема строително-монтажни работи в последствие. Търсените подходи са разгледани от гледна точка на тяхната точност, ефективност и икономичност за лесно внедряване в практиката.

### 1. Въведение

При рехабилитацията се подобряват транспортно-експлоатационните качества на пътните настилки като грапавост и равност, носимоспособност на пътната конструкция и се отстраняват всички повреди. За рехабилитация на даден пътен участък е необходимо да се направи работен проект, който включва следните основни видове работа:

- обследване на състоянието на пътната настилка (равност, грапавост, носимоспособност и повреди);
- геодезическо заснемане на пътя в пикетни точки на разстояние, не по-голямо от 20 m, в зависимост от геометрията на пътя, както и настилката в напречна посока в съответен брой точки на местата с промяна на напречния наклон и край на пътното покритие;

---

<sup>1</sup> Димитър Мартинов, гл. ас. д-р инж., кат. „Пътища и транспортни съоръжения“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: martinov@mail.com

- проучване, анализ и проектиране на нивелетно и ситуационно решение въз основа на резултатите от полската работа;
- разработване на подробен технологичен проект за фрезозане на покритието и полагане на асфалтовите пластове;
- изпълнение на асфалтовите работи.

Всичко това трябва да допринесе за подобряване на качествата на пътя, но при възможно най-ниски количества на вложените материали, което би намалило цената на ремонта без да се намали устойчивостта на настилната при бъдещата ѝ експлоатация.

От изброените по горе дейности се вижда че количеството СМР се влияе най-вече от:

- 1) начина на проектиране, т.е дали да се използват методи, водещи до максимално съвпадение на проектната повърхност към съществуващата, макар и деформирана. А това са подходи чрез нивелетни решения с различни сплайн (квадратни или кубични) функции. Друг подход е класическият чрез използване на нивелетна линия с прави и параболи. Този метод води до по-добри експлоатационни характеристики на ремонтирания път, но при малко по-високи обеми на вложените материали. Независимо от метода на проектиране към проектния процес трябва да се подходи максимално отговорно и прецизно.
- 2) степента на съвпадение на модела на заснетата повърхност и съществуващата повърхност.

Както е видно, ключов момент е създаването на цифров модел на пътно платно, отчитащ максимално моментното му състояние, поради което ще бъде обърнато внимание на някои методи за създаването му.

В практиката са се наложили изисквания, приведени към инструкции за геодезическо заснемане на пътната повърхност при рехабилитация и ремонт на автомобилни пътища. Тя точно дефинира местата за маркиране на точки за всяко сечение от пътя, както и гъстотата на самите сечения. По този начин се цели цифровият модел на измерената повърхност да е максимално близък до реалната, за да се прецизират по нея и елементите на проектното решение. Така ще се постигне, както бе казано по горе, и оптимално използване на ресурсите. Изискванията на инструкцията обхващат само общия вид на повърхността. Съществуват обаче и елементи, скрити от тези инструкции, които влияят също в голяма степен на вложените в последствие обеми СМР. Това са различните видове локални повреди, които е възможно да са разположени между сеченията. Изследването има за цел да разгледа възможни решения така, че с минимално количество допълнителна работа, както на специалиста геодезист, а така също и на пътния инженер, да се постигне повишаване на прецизността на цифровия модел на заснетата повърхност. Целта е също самият модел да не бъде усложнен, т.е. да не се получат множество допълнителни структурни елементи като 3D Face, които само ще забавят скоростта на работа при проектиране и при пресмятане на обемите, макар и автоматизирано, но без това да доведе до съществен ефект към прецизиране на количествата.

До момента у нас за рехабилитация се използват основно програми като Repa и Repam, които пресмятат обемите за фрезозане и запълване с изравнителни пластове основно чрез аналитичен метод. Той е базиран на призматични тела, върховете на които съвпадат с възлите на повърхностния модел, там където са измерени точките в предварително маркираните сечения. Евентуалното, макар и минимално усложнение на цифро-

вия модел на повърхността с допълнителни точки извън тези в сеченията, не би влязло в алгоритъма на тези програми за определяне на обеми.

С навлизане на по-нови софтуерни продукти, които използват за пресмятане на обеми, разлика между повърхности, дефинирани чрез цифров модел, нещата биха могли да се променят в полза на точността.

## **2. Възможни методи за прецизиране на цифровия модел на повърхността на съществуващата пътна настилка**

Поради високите изисквания към точността на модела, се налага измерването от специалиста геодезист да се извършва на следните важни етапи:

- измерване за дефиниране на положението на заснетите точки планово – класически методи (тотална станция) и ГНСС методи. Точността в планово отношение е 1 – 2 cm, а във височинно не е задоволителна – сантиметрова и по-ниска;
- измерване за дефиниране на същите точки във височина – геометрична нивелация, осигуряваща милиметрова точност в определените коти;
- за осигуряване на идентичност в заснетите точки, всички измервания се извършват след направата на пикетаж – маркиране на местата на заснемане по отделни сечения.

За избягването на нежелани грешки (присвояването на грешна кота към положението на заснета точка) следва да бъде приложена адекватна методика за номерирането на точки, което от своя страна означава, че заснемането на допълнителни подробни точки за локализиране на разрушена настилка би усложнило многократно целия процес. Поради тази причина заснемането на локални повреди следва да се извършва допълнително чрез различни подходи.

### **2.1. Фотограметричен метод**

Възможен подход е изграждането на фотограметричен модел на пътната повърхност, чрез заснемане и последващо обработване на данните по съответния ред. Локалната точност на модела е голяма, но той трябва да бъде съобразен и привързан към модела, получен по класическия начин чрез заснемане на сечения. Това може да стане чрез създаване на хибридна повърхност, чиято точност се основава на точността на възлите на модела от класическото измерване и прецизността и детайлността от фотограметричното заснемане.

*Предимства:*

- 1) много подробен и точен модел.

*Недостатъци:*

- 1) много сложен модел с наличие на много структурни елементи, които ще затруднят проектантската работа и същевременно няма да доведе до съществено оптимизиране на количествата СМР;
- 2) изисква голям допълнителен ресурс от време и средства, както по време на измерването, така и за допълнителна обработка;

- 3) не винаги е възможно да бъде приложим, особено при гъста растителност до пътното платно. Ако се наложи да се облита с дрон на височина под растителността, има опасност от навлизане в динамичния габарит на пътя, който обикновено по време на заснемането е в експлоатация.

## **2.2. Метод чрез греда с лазерен скенер**

Възможен подход е използването на греда с лазерни детектори, разположена на автомобил, така, както се обследва и анализира напречната равност при пътните покрития. Чрез GPS се заснема траекторията на движение на автомобила, като заснеманията по време се синхронизират с измерванията на лазерния скенер, разположен на същото превозно средство. По този начин чрез последваща обработка може да се получи модел на повърхността. Точките от GPS носят съответната координата на въображаемо сечение, чиито напречни характеристики са заснети чрез скенера. Възможно е да се получи повърхност при двустранно пропътуване на участъка, ако пътят е двулентов или чрез съответен брой, така че да се обезпечи цялата ширина на пътя при наличие на повече ленти и платна. Получената по този начин повърхност може да се вмъкне към измерения по класически начин модел на повърхността както при фотограметричен метод.

Предимствата и недостатъците кореспондират с тези от фотограметричен метод, но без последния недостатък, свързан с близко разположената до пътя растителност.

## **2.3. Метод чрез директно геодезично заснемане**

Друг подход би могъл да бъде паралелното заснемане директно на деформациите по пътното тяло, без да се налага последваща нивелация на точките, т.е. отделно заснемане чрез използване на тотална станция или ГНСС приемник, и с отделна номерация на точките. Точностите във височина са един порядък по-ниски, но те не биха оказали влияние, като се има предвид представената подробно методология.

*Предимства:*

- 1) много точно дефиниране на цифровия модел на повърхността за целите на рехабилитацията;
- 2) не се усложнява модела както при горните два метода;
- 3) не се налага допълнителна апаратура, както е при горните методи.

*Недостатъци:*

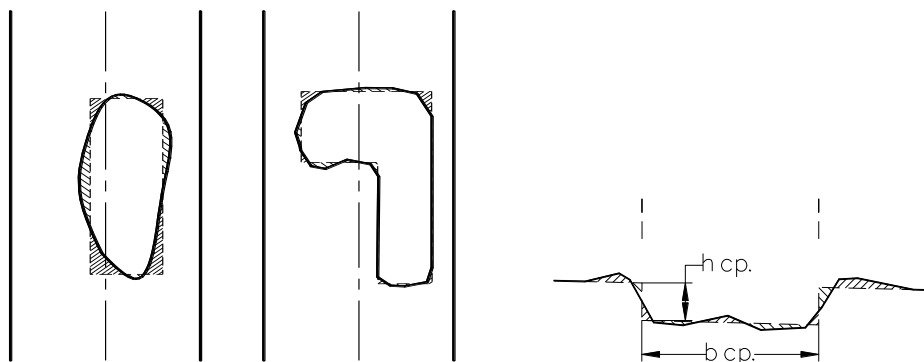
- 1) наличие на кроки, макар и само в табличен вид;
- 2) подлежаща за анализиране е всяка деформация;
- 3) ръчен процес на обработка, макар и да може да се автоматизира.

## **3. Методология за метода чрез директно геодезично заснемане**

Първото, което следва да се извърши, е анализирането на всяка повреда и да се прецени нейното влияние върху модела на повърхността. Различните видове пукнатини като надлъжни, напречни, мрежовидни не оказват съществено влияние върху модела на повърхността. Все пак да се има предвид, че сме в обхвата на рехабилитация. Такова

влияние най-силно оказват площните повреди, като локални слягания, издувания или изравняния и дупки на износващия или други по-долни пластове. Тук може да вмъкнем и коловозите. Разбира се, не може да се заснемат неограничено всички повреди, но може да се приеме за реалистично да се обхванат тези с площ, по-голяма от около  $1 \text{ m}^2$ , а също и тези с дълбочина, повече от около  $0,01 \text{ m}$ .

Следва мислено да се апроксимира формата на повредата към форма на някоя проста фигура като квадрат, правоъгълник или многоъгълник, чиито страни не са излишно къси. Ако има наличие на коловози, да се помисли за заснемане само на едната страна на коловоза и да се измери средна ширина, тоест да се получи впоследствие и възможност за площната фигура. Целта е мислено площите на апроксимираната фигура оптически да са еднакви с тези на реалната форма на повредата. При наличие на слягане би могло да се подходи по следния начин. Първо да се опише периферията и да се набележи мислено най-ниското място или места.



Откъртвания с приблизително константна дълбочина

Надлъжен разрез на коловоз

Фиг. 1. Различни варианти за апроксимиране на площни повреди

Следва и същинското измерване на повредата, което става чрез измерване на точките по върховете на апроксимираната вече форма и записването на номерата на измерванията в предварително приготвено кроки под формата на карнет. Измерва се с рулетка и средната дълбочина на дупката, коловоза или дълбочината (височината) в средата на слягането (издуването), където също би трябвало да се измери тригонометрично, и тя също се записва в кроките на реда на съответната повреда.

Таблица 1. Примерна таблица за кроки при измерване на повредите

Повреда		Точки № от-до		Средна дълбочина [m, cm]
№	Вид (слягане, издуване, коловоз, изравяне, дупка и др.)	По периферията	Дъно на слягането или връх на издуването	
1				
2				
...				
n				

Точките се въвеждат в чертожната среда с помощта само на координатите си №, X, Y (Point, East, North).

След въвеждане на точките в чертожната среда, те ще могат лесно да се оконтурят и да опишат точно формата на вече апроксимираната по този начин повреда с помощта на функцията Polyline с височина 0.

Впоследствие, след като бъде създаден основният цифров модел на повърхността по маркираните и двуетапно измерени точки, прецизирани чрез нивелация, ще може да се добавят новите структурни линии, описващи повредите.

Алгоритъмът за това е следният:

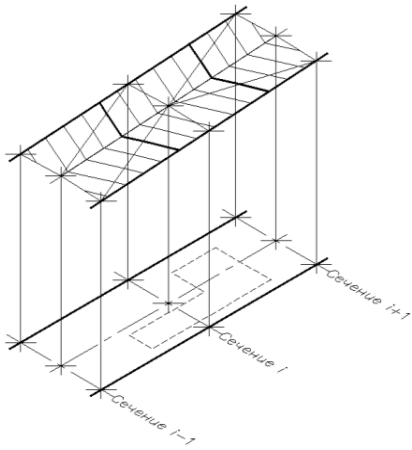
- 1) Изчертаване на контура на повредите чрез Polylines на височина 0 m.
- 2) Създаване на Feature Lines по вече създадените контури, т.е. проектирането на контура към модела на основната повърхност на пътя.
- 3) Създаване на 3D Polylines от Feature Lines.
- 4) За всяка една повреда по отделно съответната 3D Polyline се премества на дълбочината на повредата.
- 5) Съставяне на структурни линии Breaklines от типа wall, като за височина се поставя дълбочината на повредата.

Макар и в пет етапа, процесът може лесно да се извърши за множество линии наведнъж. И така, като цяло се избягва нуждата от точно определяне на височината на паралелното измерване, т.е. повредата образно казано се залепва за предварително създадения точен модел в измерената ѝ форма и се задава само дълбочината ѝ, измерена с рулетката.

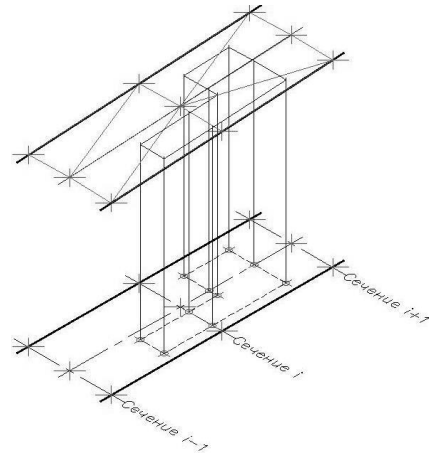
#### **4. Комбинация между фотограметричен метод и метод с директно геодезическо заснемане**

Да не се забравя и възможността от комбинация на фотограметричен метод и метода с директно измерване. С помощта на дрон би могло бързо и лесно да се получи 2D растерно и геореферирано изображение на пътната настилка, привързана към изградения модел на пътното платно. Това ще доведе до следните улеснения в комбинирания метод:

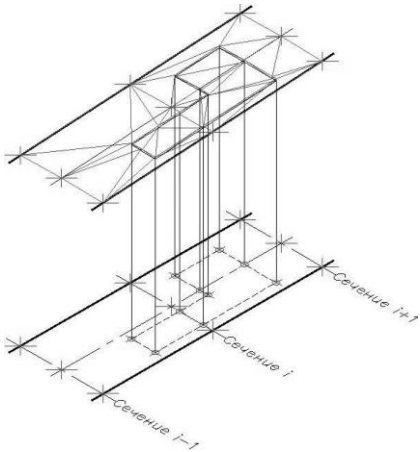
- 1) Възможност от използване на изображението като кроки, в което само да се записват дълбочините на повредите, т.е. отпада табличният карнет.
- 2) Отпада необходимостта от допълнителното тригонометрично заснемане на точки по контура на повредите, като същите ще се изчертаят директно в чертожната среда от геореферираното изображение, като в същото време ще бъдат максимално близки до реалните размери на повредата.
- 3) Анализирането на формата на повредата става в чертожната среда, което улеснява многократно процеса, а също така дава възможност за допълнително прецизиране чрез възможни проби.



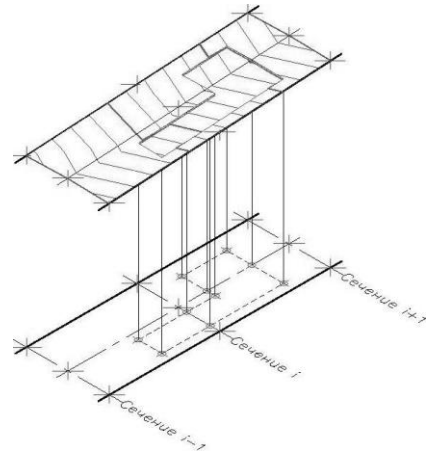
*I Етап – Основен цифров модел на повърхността (без модел на повредите)*



*II Етап – Проектиране на контура на повредата върху основния цифров модел*

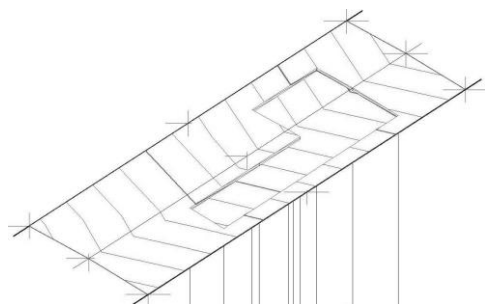
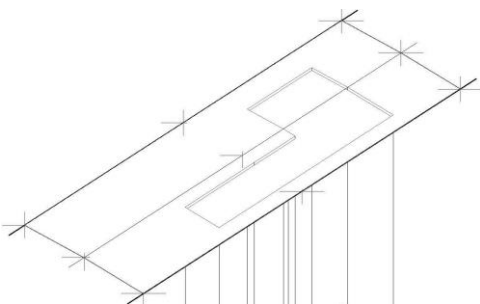


*III Етап – Съставяне на структурна линия по проекцията на повредата върху основния модел*



*IV Етап – Готов цифров модел на повърхността заедно с модела на повредите*

**Фиг. 2. Етапи от обработка на модел на повреда от пътя**



**Фиг. 3. Визуализация на цифров модел на повърхността на пътя заедно с модела на повредите**

## 5. Изводи

С цел оптимизиране на средствата за рехабилитация на автомобилни пътища би било полезно прецизирането на изискванията за геодезически измервания на пътната повърхност в посока измерване не само на основните плоскости на настилката, но и на самите локални повреди, разположени върху нея. По предложения метод чрез директно геодезическо измерване на повредите или чрез комбиниране с фотограметричен метод, прецизирането се получава чрез минимално количество допълнителен трудов и времеви ресурс, а така полученият модел е неусложнен от излишни структурни обекти и максимално доближен до реалната пътна повърхност.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Асенов, К.* Експлоатация и поддържане на пътищата. 1974.
2. *Сотиров, Д.* Проектиране на пътища. Техника, 1983.
3. *Стефанов, П.* Рехабилитация на пътища технологични проекти. 2011.
4. Инструкции и технически задания за геодезическо заснемане на пътя при рехабилитация.

## PRECISE REQUIREMENTS FOR MEASUREMENT OF THE ROAD IN REHABILITATION

**D. Martinov<sup>1</sup>**

*Keywords: roads, rehabilitation, damage*

### ABSTRACT

The paper presents various options for refining the road surface roadway model for road rehabilitation. The aim is to cover the various failures such as sinking, trenches and holes, which have a significant impact on the volume of construction work subsequently. The approaches sought are viewed from the point of view of their accuracy, efficiency and economy for easy implementation in practice.

---

<sup>1</sup> Dimitar Martinov, Chief Assist. Prof. Dr. Eng., Dept. "Road Construction", UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia1046, e-mail: martinov@mail.com