



DOI: [10.71167/uaceg.2024.570121](https://doi.org/10.71167/uaceg.2024.570121)

Получена: 23.11.2023 г.

Приета: 06.12.2023 г.

## НЯКОИ ПРОБЛЕМИ ПРИ ТРИИЗМЕРНОТО МОДЕЛИРАНЕ НА ПЪТНОТО ТЯЛО В ОТКРИТ УЧАСТЪК ЗА ДВУЛЕНТОВИ ПЪТИЩА ЧРЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕ НА СЪВРЕМЕННИ BIM СОФТУЕРНИ ПРОДУКТИ

Д. Мартинов<sup>1</sup>

*Ключови думи:* пътна конструкция, типови напречни профили, пътно платно,  
земна основа

### РЕЗИЮМЕ

Статията разглежда някои проблеми пред пътните проектанти, както и насоки за тяхното преодоляване, когато те имат за цел да достигнат до крайния продукт на проектирането на двулентови пътища в открит участък, напълно автоматизирано. Т.е. да се достигне до краен вариант на триизмерен модел на пътното тяло, основно чрез използване на цялостния ресурс на един съвременен програмен продукт, без да се използват действия, които няма да се отразят еднозначно в модела и останалите визуализационни проекции на пътя. Проблемите третираят основно конструктивните елементи и по-точно несъответствието между нормативните изисквания към тях и възможностите на съответния програмен продукт. Най-често това са откоси и отстъпи на конструктивните пластове от пътната конструкция. Проблем е липсата в повечето програми на напречен профил с автоматичен и адекватен избор на надлъжно водоотводно съоръжение при изкоп и насип. И не на последно място, проблемът с разликата на напречния наклон на земното легло и този на пътното покритие, както и начинът им на завъртане по дължина на рампата на надвишение в хоризонтални криви.

---

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

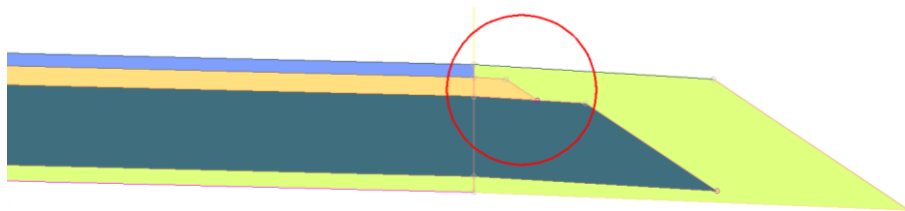
## **Въведение**

Съвременният начин за проектиране на пътища е чрез използване на професионални програмни продукти. В повечето случаи те обединяват резултата от измервателната дейност на геодезистите с последващата го проектантска дейност на пътния инженер. Програмите обхващат всички етапи от проектантския труд в една обща база с данни. Естествено е тя да подлежи на редакция, като в повечето случаи дори същата се отразява в реално време във всички визуализационни проекции и модел на пътя. Т.е. както трасировъчните, така и конструктивните елементи на пътя са обединени в един цялостен триизмерен модел на пътното тяло. По този начин проектантът има възможност не само да се отдаде в максимална степен на проектантската си дейност, но също така и да произведе достоверни и еднозначно определени модели в пространството. Това е нещо от изключителна важност, тъй като от него произхождат две отговорни дейности. Първата е определяне на количествата на материалите, от които е изграден пътят, а оттам и на проектната стойност на обекта. Втората е съставяне на координатни регистри и предоставянето им на специалистите геодезисти, които да отложат пътното тяло и съответните му елементи на терен, в помощ на строителите. Важен за отбелязване е фактът, че е препоръчително проектантският процес да се извърши с всички налични и предвидени от програмния продукт ресурси. По такъв начин триизмерният модел на пътя ще бъде като функция само на елементи, подлежащи на автоматична промяна от предхождащите го етапи. В противен случай, когато е прекъсната автоматизацията на процеса с ръчно въведени конкретизиращи данни в самия триизмерен модел, той няма да отговаря еднозначно с останалите визуализационни проекции, като например напречни профили и др., при евентуална тяхна промяна. На пръв поглед това не би предизвикало какъвто и да било коментар, особено когато се касае за пътен участък в открит път. Но много често проектантите на пътища срещат проблеми, касаещи триизмерното моделиране на пътното тяло, като несъответстващи напречни профили или елементи за тяхното съставяне в програмния продукт и тези от нормативните документи, наредби [1] и приложения към тях [2]. Едни от най-често срещаните са свързани с невъзможно пресъздаване на модела на пътната конструкция, като конкретни наклони в краищата на пластове и отстъпите по дълбочина. Друг проблем, който се решава с цената на усложняване на триизмерния модел, е липсата на елемент от вграден напречен профил с възможен анализ и автоматично избиране на вида на надлъжното отводнително съоръжение. Тук визирам адекватен начин за автоматичен анализ на това дали земното легло е в насип или изкоп и в зависимост от това дали ще има само предпазен окоп или облицован такъв с подокопен дренаж. Друг съществен проблем за проектантите е и разликата в напречните наклони на земното легло и този на пътното покритие. По-подробно за указаните проблеми и за това как би могло да се подходи за тяхното адекватно и разумно решение ще разгледаме в следващите точки.

### **1. Откоси и отстъпи на конструктивните пластове на пътната конструкция**

При създаване на елементите на напречния профил, от който в следствие ще се създава триизмерният модел на пътя, е важно да се моделират правилно откосите на съответните пластове от пътната конструкция. Най-голямо влияние за точността на количествата на материалите оказват тези с най-голяма височина. Т.е. неточната площ

на пласта, определена с програмен продукт, ще доведе до грешно определяне на обема на съответния материал. Тук трябва да се има предвид, че в програмните продукти обикновено пластове завършват вертикално. Само в някои програми, и то в по-специални и особени за настройване елементи, може да се види пласт, който има наклон на откоса, както е видно на фиг. 1. Обикновено в тези случаи той се дефинира еднозначно с наклона на откоса на земното тяло на пътя, този по външната страна на банкета. В повечето случаи това е наклон със стойност от 1:1.5. Макар това да не е съвсем коректно, все пак се доближава до един реален наклон в практиката от около 1:1, или до стойности съобразно материала от който е създаден пластът, така, както е разгледано в [3]. При основни пластове, които са обработени с хидравлично свързващо вещество, откосите могат да бъдат и по-стръмни, съобразно [4]. Това са скъпи пластове и е наложително точността за определяне на техните количества да е максимална. Същото се отнася и до възможността за правилното моделиране на отстъпа между съседните по височина пластове в пътната конструкция. Това има още по-голямо значение за достоверното определяне на количествата на материалите в последствие. Да не забравяме и възможността за автоматично създаване на координатни регистри, с помощта на които лесно и точно ще се трасират съответните пластове.

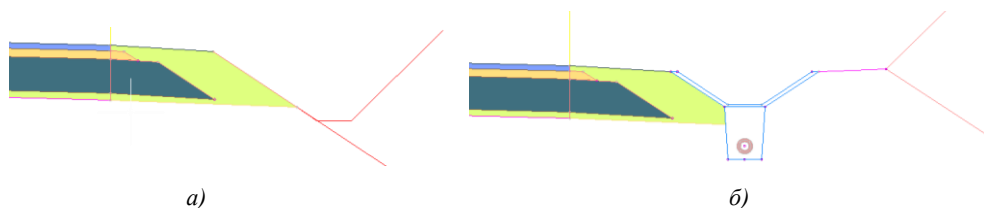


**Фиг. 1. Откоси и отстъпи на конструктивните пластове на пътната конструкция**

## **2. Липса на елемент за напречен профил в програмните продукти, който автоматично и адекватно да избира надлъжното отводнително съоръжение при изкоп и насип**

Както бе споменато вече, повечето от софтуерните продукти нямат готов тип напречен профил или елементи за неговото създаване, който да анализира неговата позиция спрямо теренната повърхност и да прилага адекватно някакво надлъжно водоотводно съоръжение. Това донякъде има своето обяснение, но е тема в съвсем различна посока спрямо настоящата. Все пак съществува такъв елемент, какъвто е показан на фиг. 2а), но елементът се прикача към напречния профил в точката, пресичаща откоса на банкета и този на повърхността на земното легло. По такъв начин анализът ще доведе до две възможни решения. Едното е при позиция на профила в насип да се осъществи връзката между напречния профил с терена посредством определен наклон. Другото е при позиция на профила в изкоп да се оформи канавка и последващ я откос на изкопа до теренната повърхност. Всичко това е добре, но се отнася и единствено до окоп, дъното на който е разположен под нивото на земното легло. Това се допуска единствено при земен окоп, който се използва изключително рядко и то при местни пътища. За пътища, особено тези от републиканската пътна мрежа на страната ни, е прието задължително да се използват облицовани окопи. А когато окопът е облицован, е целесъобразно в изкоп същият да се полага на нивото на пътя, като под него се изгражда подокопен дренаж за отводняване на земното легло, така, както е видно

на фиг. 2б). Това води освен до възможността от намаляване на площта на изкопа, и до подобряване на пътната безопасност, поради това, че окопът е с по-малка дълбочина и не допуска преобръщане на евентуално попаднало там превозно средство.



**Фиг. 2. Варианти за надлъжно отводнително съоръжение при пътното тяло:**

*а) напълно автоматично определяне, но само при земни окопи, без възможност от използване на подокопен дренаж; б) автоматизирано използване на надлъжно водоотводно съоръжение, но с възможност за богат избор от сечения на окопи и с възможност от прилагане на подокопен дренаж*

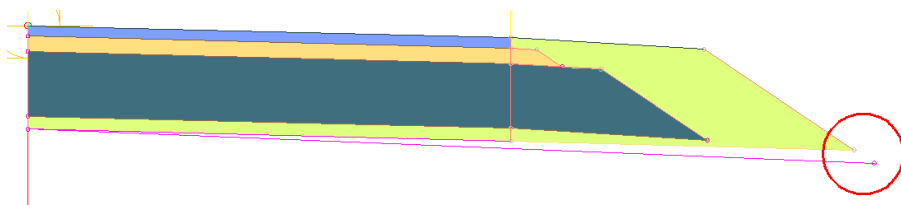
Профилът, конструиран с помощта на облицован окоп и подокопен дренаж обаче не може да се използва автоматично по цялата дължина на пътя. Това е така, защото най-вероятно ще се редуват участъци в изкоп и насип, а също и участъци, в които може профилът да е в смесен скат. Когато профилът се намира в изкоп, всичко ще е наред, така, както сме свикнали да го виждаме в типовите напречни профили, установени по наредбата. Но когато така конструираният профил се намира в насип, се получава, че същият е отново с облицован окоп и подокопен дренаж. Това е абсолютно нелогично и неправилно. В този случай програмните продукти не могат, след приключване на анализа изкоп или насип, да премахнат вградения в профила елемент. Ето защо в случаите, когато се използва такъв профил, е необходима следната последователност от действия. Първоначално ще трябва да се създадат множество варианти на типови профили за дефиниране на триизмерния модел на пътя в съответния програмен продукт, които да са достатъчни вариации на съответния елемент. Минимално необходимите профили за съставяне на триизмерен модел на пътя в открит участък, когато пътят е единствено на земното тяло, без наличие на каквито и да било други съоръжения, са както следва:

- профил за насип, без наличие на елемента окоп и дренаж;
- профил за изкоп с налични двустранно елементи окоп и дренаж;
- профил за смесен скат с наличие на елемента окоп и дренаж отляво;
- профил за смесен скат с наличие на елемента окоп и дренаж отдясно.

След като са съставени съответните напречни профили, следва съставянето и на триизмерния модел. Обикновено същият се дефинира чрез ситуационната ос, нивелетната линия и предварително изготвените напречни профили. В този случай обаче те са повече на брой, което означава дефиниране на повече и последователни участъци по километраж, в които да е активен някой от горепосочените напречни профили. От надлъжния профил проектантът се ориентира първоначално за това къде има изкоп и къде насип. Но след като е съставен моделът на пътя и е видим в подробните напречни разрезни, може да се окаже, че на някои конкретни места има несъответствие съобразно горепосочения проблем. Следва коригиране на участъците по километраж или с допълване или промяна на дефиниращите напречни профили до момента, в което има пълно съответствие между положението на съответната страна на всеки профил, теренната линия и правилното техническо решение за отводняване на земното тяло на пътя.

### 3. Разлика в наклоните на земното легло и пътното покритие

Един от основните проблеми при триизмерно моделиране на пътя е този с автоматичното определяне на повърхността на земното легло на пътната конструкция. Известен е фактът, че докато напречният наклон на пътното покритие зависи от материала, от който е изградено то, и варира в рамките от 1 до 3 %, така, както е разгледано и в [5], то същият, отнасящ се за земното легло, е фиксиран на 4 %. Целта на този по-голям наклон е да накара събраната по капилярен път вода в земното тяло на пътя, както и тази, попаднала през пролуки от банкета или от евентуални дефекти в настилката, да се оттече напречно към надлъжното отводнително съоръжение. Да не се забравя и фактът, че всеки един етап от изграждането на пътя трябва да е с възможност за добро отводняване на неговите повърхности. Важно е това да се осъществи относително бързо, така че да не се даде възможност за застояване на водата и преовлажняване на земното легло. Именно тази разлика в наклоните, както и правилата за отводняване на земното тяло, затрудняват автоматичния процес при моделиране на триизмерното тяло на пътя. Това е така, защото предложените елементи за дефиниране на напречни профили в повечето програми са с възможност за дефиниране на един напречен наклон, този на повърхността на покритието. Изключение правят малко елементи, и то основно за дефиниране на банкет. Този факт е основен за несъответствието между профилите, дефинирани в повечето програми и тези, показани в приложенията към нормите, видно на фиг. 3.

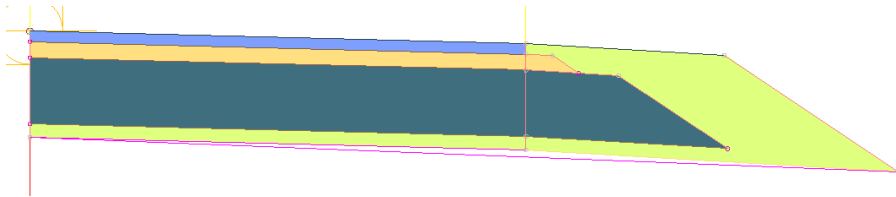


**Фиг. 3. Фрагмент от напречен профил за дефиниране на триизмерен модел на пътя, съставен от елементи, приложени в повечето известни програмни продукти. Вижда се ясно несъответствието (долу вдясно), породено от различните напречни наклони**

Несъответствието не е никак малко и не може да се пренебрегне. От една страна то ще доведе до грешно определяне на повърхността от триизмерния модел, описваща земното тяло. Т.е. ще се получат недостоверни резултати за обемите на земните маси. От друга страна координатните регистри, съставени по така направения модел, няма да доведат до коректното изграждане на земното тяло. То няма да бъде с наклон на повърхността си от 4 %, а ще е със случаен такъв. Най-вероятно с доста по-голямо отклонение от толеранса, който допуска документ [6].

За решаването на проблема може да се подходи по най-различни начини, всеки от които има своите предимства и недостатъци. Така например един бърз начин за това е след като се състави напречният профил от елементи, съответстващи на пътното платно и банкета, да се коригира напречният наклон в основата на банкета. По-горе в текста бе споменато, че единствено при този елемент би могло, и то само при някои програми, да се дефинират и двата наклона, този на повърхността и този в основата. По този начин ще се достигне до правилната позиция на точката, получена при пресичането на откоса на пътното тяло от външната страна на банкета и повърхността на земното легло с наклон от 4 %, така както е показано на фиг. 4. Предимство на метода е автоматичното продължаване на проектантския процес. Недостъкът е, че трябва да се съставят отделни

типови профили за дефиниране за различни варианти на напречен наклон в хоризонтална крива, и то за различни варианти на евентуално уширение на настилката. Това от своя страна ще усложни многократно дискретизацията на участъците от коридора на пътното тяло и ще доведе до възможности за грешка. Добре е този вариант да се използва при къси участъци с уточнени стойности в параметрите на хоризонталните криви. Като забележка към този подход би следвало да се отбележи, че е необходимо да се съобразим и с оразмерителното сечение на пътното платно, намиращо се обикновено на разстояние  $1/4$  от ширината на платното за движение, така, както е показано в [2].



**Фиг. 4. Фрагмент от напречен профил за дефиниране на триизмерен модел на пътя, съставен от елементи, приложени в повечето известни програмни продукти. В този случай има нагласяне на наклона на основата на банкетата, така че общият наклон в основата, този на земното легло да, е 4 %**

Друг начин за преодоляване на проблема е използването на допълнителни програми към софтуерните продукти за проектиране на пътища, като например [7], които дават възможност за моделиране на напречен профил по индивидуално желание на проектанта, както е [8]. По този начин може внимателно да се създадат шаблони за напречен профил на път, отговарящи напълно на изискванията на конкретни нормативни документи, с които се съобразява проектанта. Основни недостатъци тук са освен несработването понякога на тези шаблони в основния програмен продукт, и възможността от непредвидени вариантни комбинации на неговите елементи. Такива, които дават недопустими резултати и при които съответната програма блокира, или най-малко работният файл на проекта се поврежда.

Друг подход за решение на проблема е чрез автоматизирана корекция на подробните напречни профили, които са визуализация на триизмерния модел. С помощта на определени инструменти в софтуерните продукти [7, 9 и 10], би могло да се направи корекция във всеки един от подробните напречни профили, така че промяната да се отрази и в останалите визуализационни проекции на пътя, както и в неговия триизмерен модел. Като основен недостатък тук може да се отбележи, че корекцията приключва автоматичния подход при проектирането. Това е така, защото при евентуална концептуална промяна в позицията на някои от трасировъчните елементи на пътя може да се получи така, че коригираният вече подробен напречен профил да изглежда нелогично. Т.е. подходът е работещ, но при условие че няма да се налага промяна на трасировъчните елементи.

## Заклучение

За повече от споменатите затруднения при триизмерното моделиране на пътното тяло чрез съвременни програмни продукти, отговорност носят самите програмни продукти. Тук искам да отбележа някои дребни на пръв поглед несъвършенства в тях,

които от своя страна постоянно намаляват с всяка следваща версия на съответния софтуер. За преодоляване на тези затруднения стана въпрос и в настоящата статия. Но да не се забравя възможността, че за преодоляване на същите може да се помисли и за промяна в нормативите. Тук основно отбелязвам проблема с начина на преоформяне на напречния наклон на земното легло. В настоящата ни наредба [1] и най-вече в техническите правила [2], са дадени параметри, които са относително трудни за изпълнение в автоматичен режим на проектиране. Визирам местоположението на оразмерителното сечение, особено в някои случаи, такива, в които напречният профил попада в хоризонтална крива. Също и точката, в която става промяна на наклона, билото на земната основа. В по-стари наши наредби, каквито са [11], и ръководства за проектиране на пътища се позволяваше то да се намира под външния ръб на настилката. В настоящите правила [2] същото се намира в самото оразмерително сечение, близо до средата на външната лента. И в двата случая се пораждат затруднения при автоматичното моделиране на триизмерния модел на пътното тяло. Тук разлика се забелязва логично, основно в увеличените количества на материала за подосновен пласт. По същата логика би могло да се помисли, от възможността за преместване на това сечение в средата на пътя, там, където е билото на земното легло и в прав участък. По този начин, макар и отново с леко увеличение на материалите за подосновен пласт, ще се облекчи значително проектантският труд. Без да коментирам цената на труда, а основно неговото качество, облекчението ще доведе до един по-коректен и достоверен проект. Проект, който съответства в максимална степен на изграденото по него пътното тяло в последствие. Това не само ще улесни значително изграждането на пътя, но ще направи така, той да е в максимална степен една коректно завършена структура. Така че, освен да е безопасна за нейните ползватели, но и да е дълготрайна, понасяща неизбежно повишаващото се количество на движението и отстояваща адекватно на капризите на постоянно променящата се околна среда.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Наредба №RD-02-20-2 за проектиране на патисhta, MRRB, август 2018 г.
2. Tehnicheska dokumentatsia za naprechni profili na patishta, GUP, 1999 г.
3. *Sulay, Ir., Donchev, M.* Konstruktivno oformyane na nesvarzanite plastove na patnata nastilka – standartni resheniya. Sbornik dokladi, XVII mejdunarodna konferentsiya VSU` 2017, tom II, VI: 224-228, ISSN:1314-071X.
4. *Sulay, Ir., Donchev, M.* Konstruktivno oformyane kraya na patnata nastilka pri nalichie na hidravlichno svarzani osnovni plastove – standartni resheniya. Sbornik dokladiq XVII mejdunarodna konferentsiya VSU` 2017, tom II, VI: 229-233, ISSN:1314-071X.
5. *Martinov, D.* Otvodnyavane na patnata nastilka v prehodni krivi. // Godishnik na Universiteta po arhitektura, stroitelstvo i geodezia – Sofia, ISSN 1310-814X – печатно издание, ISSN 2534-9759 – onlayn izdanie, tom 52, broy 2, str. ot 545 do 554, 07.2019 г.
6. Tehnicheska spetsifikatsia za izpalnenie na novi patishta – poslednata nalichna aktualizirana versia v API – 2014 г.
7. Autodesk Civil 3D. Help and Tutorials, <https://help.autodesk.com/view/CIV3D/2023/ENU/>.
8. Autodesk Civil 3D Subassembly Composer. Help and Tutorials.

9. Plateia. Help and Tutorials, <https://cgs-labs.zendesk.com/hc/en-us/articles/1500002059641-Plateia-Design-Workflow-Getting-Started-Tutorial>.

10. Pythagoras RoadDesign. Help and Tutorials.

11. Normi za patishta i ukazania za projektirane na avtomobilni patishta (NPUPAP), GUP, 1975 g.

## **SOME PROBLEMS IN THE THREE-DIMENSIONAL MODELING OF THE ROAD IN AN OPEN SECTION FOR TWO-LANE ROADS BY USING MODERN BIM SOFTWARE PRODUCTS**

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

*Keywords: road construction, typical cross sections, road lane, subgrade*

### **ABSTRACT**

The paper examines some of the problems faced by road designers, as well as guidelines for overcoming them, when they aim to reach the final product of the design of two-lane open roads, fully automated, i.e. to reach a final version of a three-dimensional model of the road body, mainly using the overall resource of a modern software product, without using actions that will not be uniquely reflected in the model and the other visualization projections of the road. The problems mainly deal with the structural elements and, more precisely, the non-compliance with the normative requirements for them and the capabilities of the corresponding software product. Most often, these are slopes and setbacks of the structural layers of the road structure. Another is the lack in most programs of a transverse profile with automatic and adequate selection of longitudinal drainage facilities during excavation and embankment. And last but not least, the problem of the difference in the cross slope of the earth bed and that of the road surface, and the way they rotate along the overhang ramp in horizontal curves.

---

<sup>1</sup> Dimitar Martinov, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. "Road Construction and Transport Facilities", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: [martinov@mail.com](mailto:martinov@mail.com)