

ОБЕЛЕЖАВАЊЕ АСИМЕТРИЧНИХ СЕРПЕНТИНА НА ШУМСКИМ ПУТЕВИМА ПО МЕТОДУ УНУТРАШЊЕГ КРУЖНОГ ЛУКА

БОГДАН СТЕФАНОВИЋ

Резиме: У раду је представљен један нови метод обележавања асиметричних серпентина при пројектовању шумских путева директно на терену. Метод се заснива на снимању минималног броја елемената потребних за обележавања асиметричних серпентина на шумским путевима, прорачуну других неопходних елемената и њиховом коначном обележавању. Применом ове методе се смањују грешке при пројектовању, односно смањује се број покушаја искључавања асиметричних серпентина, чиме се повећава продуктивност у односу на досадашњи метод рада.

Кључне речи: шумски путеви, асиметрична серпентина, метод унутрашњег кружног лука

ASYMMETRIC SERPENTINE MARKING ON FOREST ROADS BY INTERNAL CIRCULAR CURVE METHOD

Abstract: This paper presents a new method of asymmetric serpentine marking in forest road construction in the field. This method is based on surveying the minimal number of elements needed for asymmetric serpentine marking on forest roads and on estimating other needed elements and their final marking. By using this method, construction errors are reduced as well as the number of attempts of asymmetric serpentine marking. In the way, the effects of serpentine marking are increased compared to the previously used method.

Key words: forest roads, asymmetric serpentine, internal circular curve method

1. УВОД

Комбиноване или сложене кривине, тзв. серпентине, су по својим конструктивним, техничким и експлоатационим карактеристикама најсложенији елементи траса путева који су лоцирани на стрмим падинама купирног рељефа у брдско-планинским теренима. Са аспекта пројектовања и градње серпентине су сложени, а са аспекта услова за одвијање саобраћаја оне су веома тешки објекти. Међутим, серпентине се морају пројектовати због конфигурације терена у којима су лоцирани шумски путеви, односно у којима се налазе шумска подручја.

Серпентине је неопходно пројектовати када се трасом пута повезују две чворне тачке које се налазе на међусобно великој висинској разлици а релативно малој хоризонталној удаљености. При томе, расположива дужина за нормално вођење трасе није довољна да се максимално дозвољеним уздужним нагибима савлада постојећа висинска разлика. У таквим условима се полаже падинска траса максимално дозвољеним уздужним на-

Мр Богдан Стефановић, асистент, Шумарски факултет Универзитета у Београду.

гибом пута до места на терену где је, према конфигурацији, могуће скренути трасу у супротном смеру. На тим местима је угао скретања трасе пута $\alpha > 120^\circ$, односно, угао прелома трасе $\beta < 60^\circ$, а између два правца није могуће уписати унутрашњу кружну кривину минималног радијуса а да се траса сувише не скрати и тиме повећа нагиб нивелете изнад дозвољеног. У таквим случајевима се пројектују и граде сложене кривине - серпентине.

Серпентине на шумским путевима су сложене кривине које чине основне, улазне и излазне кривине, прелазне рампе и међуправци. Међуправцима се повезују улазна и излазна кривина са основном кривином. Према међусобном положају елемената серпентина, оне се деле на: серпентине I реда и серпентине II реда. Серпентине I реда могу бити симетричне и асиметричне, а II реда – пуне и полусерпентине. Код асиметричне серпентине (слика 1) центар (O) основне кривине се не налази на симетралу преломног угла (β_n), а улазна и излазна кривина су истог смера (леве или десне) и различитих дужина радијуса ($R_u \neq R_i$).

Избор типа серпентине зависи од карактеристика места на траси погодног за њено лоцирање, односно његовог положаја у односу на теме серпентине и центар основне кривине. Критеријуми за избор места за серпентину и одређивање положаја њеног центра зависе од локалних теренских услова. Конструктивно решење серпентине треба да буде такво да омогући примену што већег основног радијуса (R_o) уз што мање земљане радове и вештачка осигурања терена. То су места на траси са блажим нагибом, природне заравни, места са мањим радовима у стени и са бољим условима за одводњавање, стабилним тереном и сл.

Пројектовање серпентина на шумским путевима се обавља у току обележавања трасе пута директно на терену по тзв. упрошћеном методу пројектовања шумских путева (Си мо но вић, Ла лић, 1975 и Ла лић, 1976). Обележавање асиметричних серпентина на шумским путевима по наведеном методу има недостатке организационе природе који утичу на повећање времена трајања њиховог ископчавања, односно, на повећање трошкова пројектовања пута. Главни проблем ове методе је да се серпентине често не могу обележити на терену у првом покушају, па се читав поступак мора више пута поновити. Овај проблем се најчешће јавља код неискусних пројектаната јер је пројектовање шумских путева субјективан посао. То значи, да овај начин ископчавања серпентина захтева од пројектанта, поред солидног техничког знања, велико искуство у вођењу трасе и избору елемената серпентина, али и изузетно сналажење у простору – шуми.

Обележавање асиметричних серпентина (слика 1) по методи директног пројектовања шумских путева на терену врши се по следећим фазама:

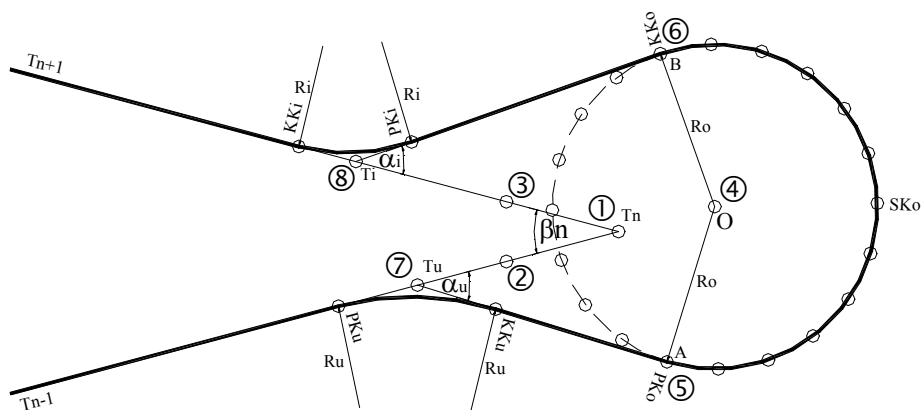
1. Са три значке-трасирке материјализују се правци трасе пута који се секу у темену. Другим речима, на теме (T_n) серпентине се постави значка ①, а у правцу претходног (T_{n-1}) и наредног (T_{n+1}) темена утерају се у правца две значке ② и ③ на једнаком растојању од темена (T_n). Према свом положају ове три значке материјализују преломни угао (β_n) на темену (T_n) серпентине.

2. Независно од симетрале преломног угла (β_n), односно положаја темена (T_n) серпентине изабере се центар (O) основне кривине, али тако да

се око њега може описати основна кружница макар минималног радијуса. У центар (О) основног круга се побије кочић и вертикално постави значка ④. Држећи хоризонтално размотану пантљику на дужини изабраног радијуса, једним крајем изнад центра (О) основне кривине, другим крајем се опише основна кружница. Круг се материјализује кочићима побијеним у земљу на сваких 2 до 5 m.

3. На обележеној основној кружници слободно се изаберу две тачке (А и В) и обележе значкама-трасиркама ⑤ и ⑥. Те тачке ће, према оцини пројектанта, бити почетак (РК₀) и крај (КК₀) основне кривине.

4. У тачкама А и В се, призмом или огледалима под углом, подигну управне на правац радијуса РК₀-О и КК₀-О. Пресеци управних правца са правцима трасе одређују темена улазне (Т_u) односно, излазне (Т_i) кривине. Ова темена се означе на терену темним кочићима и две нове значке-трасирке ⑦ и ⑧.



Слика 1. Обележавање асиметричне серпентине
Figure 1. Marking of asymmetric serpentine

5. Поступак обележавања елемената улазне и излазне кривине, тзв. помоћних кривина, је идентичан обележавању елемената кружних кривина. На теменима улазне (Т_u), односно, излазне (Т_i) кривине се мере преломни углови (β_u и β_i) бусолним теодолитом или рачунају углови скретања (α_u и α_i) коришћењем пантљике и значки-трасирки. При рачунању елемената помоћних кривина се користе максимално могући радијуси. Величина радијуса R_u и R_i треба да буде бар 2 до 3 пута већи од R_o . При избору вредности радијуса води се рачуна о дужинама међуправаца, тј. треба задовољити услов да крај улазне кривине (КК_u) односно, почетак излазне кривине (РК_i), буду довољно удаљени од почетка (РК₀) односно, краја (КК₀) основне кривине. Ако се применом изабраних радијуса помоћних кривина

њихове тангенте поклопе са луком основне кривине, треба применити минимални радијус. Уколико пројектовани елементи серпентине не задовољавају ни минималне радијусе, морају се поново бирати тачке почетка (PK_0) или краја (KK_0) основне кривине. Ако и после неколико покушаја не успе обележавање поступак се мора поновити од избора положаја центра основне кривине, новог основног радијуса или, чак, од избора новог места за пројектовање серпентине.

2. МЕТОД РАДА

Објективни и субјективни недостатци методологије обележавања серпентина директно на терену по тзв. упрошћеном методу пројектовања шумских путева (Симоновић, Лалић, 1975. и Лалић, 1976) су иницирали истраживање нове методе са циљем њиховог превазилажења. Добијено методолошко решење је представљено новим начином обележавања серпентина на шумским путевима названом *метод унутрашњег кружног лука*. (Стефановић, 2005)

У раду је, поред општих научних метода анализе и синтезе, апстракције и конкретизације, коришћена метода упоредне анализе две различите методологије пројектовања и обележавања асиметричних серпентина на терену са основним циљем утврђивања рационалнијег, бољег, бржег и квалитетнијег метода. Поред тога, коришћена је метода моделовања, применом различитих математичких и тригонометријских релација и визуелног представљања. Коришћене специфичне методе су прилагођене конкретним истраживањима, тако да је овај рад методолошке природе.

У уводном делу је представљен метод обележавања асиметричних серпентина на шумским путевима по тзв. упрошћеном поступку са циљем његове анализе и уочавања организационих недостатака. На основу тога, предложена је нова метода која нема тих недостатака. Основна идеја предложеног начина обележавања асиметричних серпентина на шумским путевима се заснива на рационалнијем раду на терену и објективизацији пројектовања. При томе се мења редослед радних операција обележавања и снима минималан број података потребних за рачунање и обележавање елемената серпентина. Таквим поступком се смањује могућност појаве грешака и време пројектовања, тј. повећава се његова продуктивност, а посао пројектовања асиметричних серпентина се објективизује.

3. РЕЗУЛТАТИ РАДА И АНАЛИЗА

Обележавање асиметричних серпентина на шумским путевима по методу унутрашњег кружног лука заснива се на одговарајућем броју измерених података и прорачуну потребних елемената за њихово исколчавање. Подаци за исколчавање асиметричних серпентина по овој методи се добијају на основу прорачуна везаних за “унутрашњи део основне кривине серпентине”. Наиме, тачке почетка (PK_0) и краја (KK_0) основне кривине асиметричне серпентине деле основну кружницу на два кружна лука: један кружни лук је саставни део серпентине и чини кружницу основне кривине, а други кружни лук се налази са унутрашње стране кружнице у односу на

читава серпентину (на слици 1 и слици 2 овај део кружнице је представљен испрекиданом линијом). Повлачењем тангенти на овај кружни лук у тачкама почетка (РК_о) и краја (КК_о) основне кривине и њиховим пресецањем према унутрашњој страни кривине добија се теме (Т_о) унутрашње кривине (слика 2) са углом прелома (β_0).

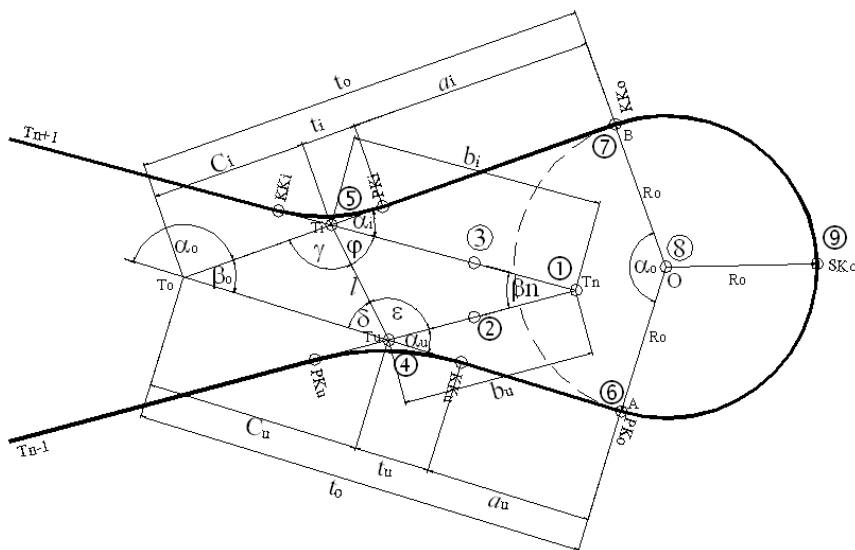
За примену методе унутрашњег кружог лука при искољчавању серпентина потребно је на терену задовољити услов да се може измерити преломни угао (β_n) праваца трасе, тј. да се може одредити положај темена (Т_н) серпентине на терену.

Као и код методе обележавања серпентина на шумским путевима по упрошћеном поступку прво се, на терену, са три значке-трасирке материјализују правци трасе који се секу у темену. На теме серпентине (Т_н) постави се значка ①, а у правцу претходног (Т_{н-1}) и наредног темена (Т_{н+1}) утерају се у правац значке ② и ③. На основу њиховог положаја измери се угао прелома (β_n) трасе.

Асиметричне серпентине се обележавају по методу унутрашњег кружог лука (слика 2) по следећим фазама:

1. На различитим, унапред изабраним, растојањима (b_u и b_i) од темена кривине (Т_н) по правцима трасе пута, у правцу предходног (Т_{н-1}) и наредног темена (Т_{н+1}) обележе се значкама-трасиркама и темена улазне (Т_у) односно, излазне (Т_и) кривине.

2. Од темена улазне (Т_у) и излазне (Т_и) кривине обележе се правци будућих тангенти на основну кружницу и измере углови скретања помоћних кривина – улазне (α_u) и излазне (α_i).



Слика 2. Обележавање асиметричне серпентине по методу унутрашњег кружог лука
Figure 2. Marking of asymmetric serpentine by internal circular curve method

3. На основу снимљених података (β_n , b_u , α_u , b_i , α_i) рачунају се потребни елементи за обележавање серпентине.

Рачунање дужине тангенте (t_o) унутрашње кривине

$$t_o = R_o \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_o}{2} \quad [\text{m}] \quad (1).$$

Дужину радијуса (R_o) основне кривине бира пројектант на основу карактеристика места на траси на коме је лоцирана серпентина. Минимална дужина радијуса (R_o) основне кривине је 12 м. (Бу ту ли ја, Ра ђе но вић, 1993)

Рачунање угла скретања (α_o)



$$\alpha_o \quad [^\circ] \quad (2).$$

Углови φ и ε се рачунају на основу синусне теореме у $\Delta T_n T_u T_i$ по формулама:

$$\sin \varphi = \frac{b}{l} \sin \beta \Rightarrow \varphi = \arcsin \left[\frac{b}{l} \sin \beta \right] \quad [^\circ] \quad (3),$$

$$\sin \varepsilon = \frac{b}{l} \sin \beta \Rightarrow \varepsilon = \arcsin \left[\frac{b}{l} \sin \beta \right] \quad [^\circ] \quad (4),$$

а дужина (l) између темена улазне и излазне кривине се рачуна на основу косинусне теореме у $\Delta T_n T_u T_i$ по формули:

$$l = \sqrt{a_u^2 + a_i^2 - 2a_u a_i \cos \beta} \quad [\text{m}] \quad (5).$$

Рачунање потребних дужина тангенти улазне (t_u) и излазне (t_i) кривине

$$t_u = C_u \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_o}{2} \quad [\text{m}] \quad (6),$$

$$t_i = C_i \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_o}{2} \quad [\text{m}] \quad (7),$$

где су:

C_u - растојања од темена улазне (T_u) кривине до темена (T_o) унутрашњег дела основне кривине;

C_i - растојања од темена излазне (T_i) кривине до темена (T_o) унутрашњег дела основне кривине;

a_u - дужина међуправца између основне и улазне кривине и

a_i - дужине међуправца између основне и излазне кривине.

Дужина C_u се рачуна на основу синусне теореме у $\Delta T_o T_u T_i$ по формули:

$$C_u = l \frac{\sin \delta}{\sin \beta_o} \quad [\text{m}] \quad (8),$$

а дужина C_i се рачуна на основу синусне теореме у истом $\Delta T_o T_u T_i$ по формули:

$$C_i = l \frac{\sin \gamma}{\sin \beta_o} \quad [\text{m}] \quad (9).$$

Угао прелома (β_o) на темену T_o се рачуна по формули:

$$\beta_{180} [^\circ] \quad (10).$$

Минимална дужина међуправаца (a_{min}) зависи од начина витоперења коловоза на шумским путевима. Ако се коловоз витопери по осовини пута минимална дужина међуправца (a_{min}) је једнака дужини прелазне рампе (l_r), а ако се коловоз витопери по његовим ивицама, онда је $a_{min} = 2 \cdot l_r$. Дужина прелазне рампе на шумским путевима је $l_r = 10$ m (Симоновић, Лалић, 1975), тако да минимална дужина међуправца може имати вредности 10 m или 20 m.

Рачунање потребне дужине радијуса улазне (R_u) и излазне (R_i) кривине

$$R_u = \frac{t_u}{\operatorname{tg} \frac{\alpha_u}{2}} \quad [\text{m}] \quad (11),$$

$$R_i = \frac{t_i}{\operatorname{tg} \frac{\alpha_i}{2}} \quad [\text{m}] \quad (12).$$

Уколико су израчунати радијуси помоћних кривина већи од радијуса основне кривине за 2 до 3 пута (Симоновић, Лалић, 1975), односно, већи или једнаки прописаном минималном радијусу кружних кривина на шумским путевима - 20 m (Бутулија, Рађеновић, 1993) асиметрична серпентина се може обележити. У супротном је потребно поновити мерење углова скретања α_u и α_i на помоћним кривинама или дужина b_u и b_i и поновити прорачун потребних елемената за обележавање асиметричне серпентине.

Редослед рачунања елемената за обележавање асиметричне серпентине је:

- ✓ рачунање дужине l по формули 5;
- ✓ рачунање углова φ и ε по формулама 3 и 4;
- ✓ рачунање угла скретања (α_0) по формули 2;
- ✓ рачунање угла прелома (β_0) по формули 10;
- ✓ рачунање дужине тангенте (t_0) по формули 1;
- ✓ рачунање дужине C_u по формули 8;
- ✓ рачунање дужине C_i по формули 9;
- ✓ рачунање дужине тангенте улазне (t_u) кривине по формули 6;
- ✓ рачунање дужине тангенте излазне (t_i) кривине по формули 7;
- ✓ рачунање дужине радијуса улазне (R_u) кривине по формули 11;
- ✓ рачунање дужине радијуса излазне (R_i) кривине по формули 12.

4. На основу потребних дужина израчунатих по формулама 11 и 12, односно, елемената за обележавање асиметричне серпентине на шумским путевима, обележе се тачке почетка (А) и краја (В) основне кривне. Наиме, од темена улазне кривине (T_u), по правцу тангенте на основни круг, измери се дужина ($t_u + a_u$) и обележи значком-трасирком \odot , тачка А, а затим се од темена (T_i) излазне кривине по правцу тангенте на основни круг, измери дужина ($t_i + a_i$) и обележи значком-трасирком \odot , тачка В. Тачке А и В су будуће тачке почетка (РК₀) и краја (КК₀) основне кривине.

5. Обележавање тачака почетка (РК₀) и краја (КК₀) основне кривине се ради на основу израчунатих дужине између темена улазне (T_u) и излазне

(T_i) кривине и почетка (PK_0) и краја (KK_0) основне кривине. То је збир дужине тангенти улазне (t_u) или излазне (t_i) кривине и одговарајућег међуправца (a_u) или (a_i). Од темена улазне кривине (T_u), по правцу угла скретања α_u , измери се дужина (t_u+a_u) и обележи тачка почетка (PK_0) основне кривине. Ова тачка се на терену материјализују значком-трасирком \textcircled{C} . Такође, се од темена излазне кривине (T_i), по правцу угла скретања α_i , измери се дужина (t_i+a_i) и обележи тачка краја (KK_0) основне кривине. Ова тачка се на терену материјализује значком \textcircled{D} .

6. У тачкама PK_0 и KK_0 се на правце тангенти PK_0-T_u и KK_0-T_i подигну управне. У пресеку управних праваца добија се тачка центра (O) основне кривине, која се на терену означи кочићем и значком \textcircled{E} . Дужина од PK_0 или KK_0 до центра (O) основне кривине је R_0 , која треба да буде једнака изабраној вредности радијуса коришћеној за рачунање у формули 1.

7. Правци радијуса (R_0) основне кривине $O-A$ и $O-B$ међусобно заклапају централни угао (α_0). Када се на терену материјализује симетрала овог угла и по њој од центра (O) основне кривине нанесе дужина радијуса (R_0) добија се тачка средине (SK_0) основне кривине. Ова тачка се на терену материјализује значком-трасирком \textcircled{F} . Сагледавањем њеног положаја на терену и положаја осталих обележених тачака центра (O), почетка (PK_0) и краја (KK_0) основне кривине може се добити увид у могућност обележавања целе серпентине.

Пројектовање шумских путева по тзв. упрошћеном методу се обавља обележавањем директно на терену. Шумарска наука и пракса су до сада дале позитивно мишљење о овом методу пројектовања шумских путева, јер је он једноставнији у односу на пројектовање путева јавног саобраћаја и његовим коришћењем се постиже тачност потребна за изградњу шумских путева (Ла лић, 1976). Унапређење овог начина пројектовања шумских путева се састоји у поједностављењу појединих операција, тј. скраћењу времена њиховог извођења. На тај начин се пројектантима олакшава посао, тј. повећава продуктивност рада.

При обележавању асиметричних серпентина на шумским путевима по методу унутрашњег кружног лука, на бази минималног броја потребних, унапред снимљених података, прорачунају се остале вредности елемената за обележавање серпентина. Ископчавање почиње утврђивањем темена улазне (T_u) и излазне (T_i) кривине, а затим улазних и излазних праваца, при чему се води рачуна о дужинама тангенти помоћних кривина и дужинама међуправца. На тај начин се испитује могућност уписивања кривине одређеног основног (R_0), улазног (R_u) и излазног (R_i) радијуса, али се води рачуна и о најосетљивијем делу серпентине – “грлу” серпентине. Када се обележе тачке почетка (PK_0), краја (KK_0) и средине (SK_0) основне кривине може се сагледати могућност обележавања читаве серпентине. Оваквим радом се смањује могућност грешака при одређивању положаја почетка и краја основне кривине, а и смањује обим послова, јер се не обележава читав основна кривина, већ само главне тачке, на основу којих се утврђује могућност њеног извођења.

Као и сваки нови метод и овај треба да претрпи различите провере, а затим апликацију и верификацију у пракси. Његова примена и унапређење отвара низ питања везаних за техничка ограничења и организациона ре-

шења као што су: истраживање везе између појединих елемената који служе за обележавање серпентина, испитивање граничних вредности техничких елемената серпентина, тестирање величине “грла серпентине” у зависности од релевантних фактора, снимање времена трајања два начина исколчавања серпентина и рачунање учинка.

4. ЗАКЉУЧАК

На основу целокупног излагања можемо извести следеће закључке:

1. Метод који се до сада користи за обележавања асиметричних серпентина на шумским путевима има методолошки недостатак због кога се веома тешко може, из првог покушаја, постићи задовољавајуће решење. Због тога се поступак обележавања понавља све до постизања најповољнијег решења серпентине. Оваква ситуација утиче на повећање времена обележавања, смањење учинка у пројектовању и на повећање укупних трошкова пројектовања на терену.

2. Обележавање асиметричних серпентина на шумским путевима по методу унутрашњег кружног лука омогућава да се на основу минималног броја мерења (5), елементи за обележавање серпентина прво израчунају, а онда обележе на терену. На овај начин се смањују грешке при пројектовању, односно смањује број покушаја исколчавања асиметричних серпентина.

3. Обележавање асиметричних серпентина по методу унутрашњег кружног лука захтева проверу и верификацију у пракси, али отвара и низ питања која су везана за даља унапређења методе исколчавања серпентина на шумским путевима.

ЛИТЕРАТУРА

- Аћимовски Р. (1953): Обележивање серпентина на шумските патишта, Годишен зборник Земјоделско-Шумарскиот факултет Универзитет – Скопје, книга IV, Скопје;
- Аћимовски Р. (1997): Шумска транспортна средства, Прва књига, Шумски путеви, Универзитет у Београду, Београд;
- Бабков В.Ф., Андреев О.В. (1987): Проектирование автомобильных дорог, Книга 2, Транспорт, Москва, ст. 289-293;
- Бутулија С., Рађеновић Б. (1993): Упутство за пројектовање шумских камионских путева, ЈП „Србијашуме”, Београд;
- Илић Ж., Шкара Г. (1980): Путеви и тунели, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд;
- Јеличић В. (1983): Шумске цесте и путеви, СИЗ одгоја и усмјереног образовања шумарства и дрвне индустрије СРХ, Загреб;
- Катанић Ј., Анђус В., Малетин М. (1983): Пројектовање путева, Грађевинска књига, Београд;
- Лалић М. (1976): Студија могућности примене упрошћених метода израде главних пројеката шумских путева, докторска дисертација у рукопису, Шумарски факултет, Београд;
- Марковић М. (1954): Пројектовање и грађење путева, Научна књига, Београд;

- Митин Н. А. (1972): Серпантины, Издательство “Транспорт”, Москва;
- Sedlak O. (1982): Location and Costing of Forest Roads, Logging of mountain forests, FAO Forestry paper 33, Rome;
- Симоновић М. (1949): Шумска транспортна средства, I део, Пројектовање шумских путева и железница, Научна књига, Београд;
- Симоновић М., Лалић М. (1975): Практикум за пројектовање шумских путева, Шумарски факултет Универзитета у Београду, Београд;
- Stefanovic B., Zlatanovic M. (2002): Laying out of Serpentines on Forest Roads by the Interior Circular Curve Method, Proceedings – Geodesy, Transportation Engineering, Geotechnics, Mathematics, and Physics of the Jubilee Scientific Conference Dedicated to the 60th Anniversary of the Foundation of the University of Architecture, Civil Engineering, and Geodesy, Sofia, Bulgaria, November 20-23, 2002. Volume 8., pp. 237-248;
- Стефанович Б., Лазаревич Н. (2001): Сопоставительный анализ двух методов обозначения серпантинов на лесовозных дорогах, I Международная конференция молодых ученых: “Леса Евразии в III тысячелетии”, Московский государственный университет леса, Москва, Россия, 26-29 июнь 2001;
- Стефановић Б. (1996): Анализа величина елемената хоризонталне пројекције пута на шумским камионским путевима, Шумарство 6, Београд, ст. 35-47;
- Стефановић Б. (2005): Обележавање симетричних серпентина на шумским путевима по методу унутрашњег кружног лука, Гласник Шумарског факултета 91, Београд, ст. 219-229;
- Хомяк Я. В. и др. (1987): Автоматизация проектирования автомобильных дорог, Вища школа, Киев, ст. 100-106;
- Цветковић Ч. (1963): Примењена геодезија, Грађевинска књига, Београд;
- Цветковић Ч. (1970): Примењена геодезија у инжењерству, Грађевинска књига, Београд.

ASYMMETRIC SERPENTINE MARKING ON FOREST ROADS BY INTERNAL CIRCULAR CURVE METHOD

Bogdan Stefanović

Summary

Serpentines on forest roads are very complex and expensive project from the point of view of their construction, building and making appropriate traffic conditions. This especially applies to the terrain configuration of Serbian forests.

The method of asymmetric serpentine marking on forest roads used so far has shown some methodological shortcomings, which influence the length of marking time, i.e. increase the expenses of road construction. The main problem of this way of asymmetric serpentine marking is that serpentines often cannot be marked at first attempt, but that procedure must be repeated several times until satisfactory solution has been reached.

The method of asymmetric serpentine marking is based on rational marking time and objective projecting by reduction possibility of making mistakes. On the occasion of marking asymmetric serpentines on forest roads by the method of internal circular curve, the sequence operations of marking is changing by used last method, then we must to calculate necessary elements for marking time and calculated elements we marks directly on the terrain.