

ДЕНИВЕЛИСАНЕ РАСКРСНИЦЕ – АНАЛИЗА ВАРИЈАНТНИХ РЕШЕЊА СА ПРИМЕРОМ ИДЕЈНОГ РЕШЕЊА ПЕТЉЕ „ОВЧА”**MULTI-LEVEL INTERSECTIONS – THE ANALYSIS OF VARIANT SOLUTIONS WITH THE EXAMPLE OF ‘OVČA’ INTERCHANGE PRELIMINARY DESIGN**

Панта Крстић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – У оквиру рада дате су теоријске основе денивелисаних раскрсница и њихова основна подела, приказани и објашњени основни елементи и дата сва правила и препоруке за пројектовање. Примена наведеног дата је на примеру денивелисаног чворишта „Овча” у оквиру ауто-пута Београд – Зрењанин. Извршена је анализа могућег просторног концепта и предложена су два могућа варијантна решења петље. Након вредновања могућих варијанти усвојено је оптимално решење петље и дато образложење за усвајање. Коначно, за усвојено решење дата је скраћена верзија Идејног пројекта са техничким описом, решењем коловозне конструкције, предмером радова и графичким прилозима који садрже решене елементе хоризонталне и вертикалне геометрије.

Кључне речи: денивелисане раскрснице, чворишта, спојне рампе, модификована детелина, ауто-пут, вредновање варијанти, идејно решење

Abstract – The paper comprises of the theoretical basics and instructions for interchange design, their basic classification and consisting elements. Concrete use of basic rules for interchange design is represented in ‘Ovča’ interchange road design on the Belgrade-Zrenjanin highway. Two possible solutions for the interchange had been defined according to the analysis of lot and land availability. After the valuation of both concepts, the final solution has been adopted with a specific explanation given. Finally, the preliminary design of the interchange has been made according to the adopted solution including technical description of the facility, pavement design, costs analysis, layouts, profiles and cross sections defining road geometry.

Keywords: interchange, loop, ramps, semidirectional interchange, highway, interchange concept valuation, preliminary design

1. УВОД

Раскрснице представљају чворна места у оквиру путне мреже на којима долази до укрштања путних праваца и дистрибуције корисника на жељене смерове кретања.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био проф. др Бојан Матић.

Са становишта безбедности и капацитета, раскрснице представљају критичне тачке у путној мрежи. У зависности од значаја праваца који се укрштају, грађевинско решење раскрснице може бити различито – у нивоу или денивелисано.

Површинске раскрснице могу да пруже задовољавајућа решења за путне правце са саобраћајним оптерећењима до $Q_m \leq 800 \text{ voz/h}$ у оба смера [2]. За разлику од њих, потреба за денивелисаном раскрсницом ће се јавити у случају укупног саобраћајног оптерећења које је веће од $Q_m > 12\,000 \text{ voz/danu}$ [2]. Овај услов ће увек бити испуњен у случају аутопутева који већ по својој режиму саобраћаја захтевају денивелисане раскрснице.

2. ПРОГРАМСКИ УСЛОВИ ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ ДЕНИВЕЛИСАНИХ РАСКРСНИЦА

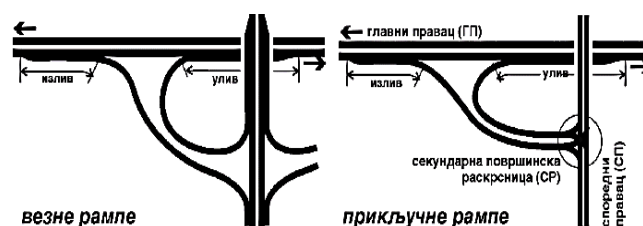
На денивелисаним раскрсницама се подразумева повезивање укрштених саобраћајних праваца под условом успостављања режима континуалних токова. Овај режим се остварује независним вођењем главног и споредног правца у одвојеним грађевинским нивоима. Критична вредност саобраћајног оптерећења споредног правца (СП) за повезивање на главни правац јесте $PGDS \geq 3000 \text{ voz/danu}$ [4].

2.1 Основни елементи денивелисане раскрснице

Свака денивелисана раскрсница се састоји из три групе основних функционалних елемената чијим комбиновањем се добија коначно просторно решење.

То су:

1. Укрсни правци (главни правац – ГП и споредни правац – СП)
2. Изливи (I) и уливи (U)
3. Рампе (R) – (прикључне или везне у зависности какве путне правце повезују) [2]



Слика 1: Основни елементи денивелисаних раскрсница [5]

2.2 Типологија денивелисаних раскрсница

Постоје четири основна функционална нивоа денивелисаних раскрсница ван градова: „**А, В, С, и D**”. Функционални ниво А подразумева укрштање ауто-путева приближно једнаких експлоатационих показатеља, ниво В укрштање даљинских ауто-путева и даљинских путева, ниво С укрштање ауто-путева и везних путева и ниво D безконтактно укрштање ауто-путева и сабирних/приступних путева [3].



Слика 2: Денивалисана раскрсница функционалног нивоа С у Немачкој

У зависности од дефинисаног система експлоатације, разликују се денивелисана чворишта за комерцијалну и слободну експлоатацију [4].

2.3 Основна функционална решења

Два основна начина повезивања главног и споредног правца јесу **прикључци** (трокраке) и **укрштаји** (четворокраке) денивелисане раскрснице.

Прикључци – трокраке денивелисане раскрснице се користе у случају прикључивања секундарних путева на примарне путеве. Укрштаји - четворокраке раскрснице су значајно заступљеније у путној мрежи. У односу на класичне трокраке раскрснице, укрштаји садрже двоструко већи број сукобљених саобраћајних струја (12:6) и пет пута више пресечних тачака [1].

Табела 1 и 2: Типови прикључака и укрштаја [5]

ТИПОВИ ПРИКЉУЧАКА			
„труба“	„крушка“	„троугао“	„рачва“

ТИПОВИ УКРШТАЈА		
„ромб“	„кружни подеоник“	„пола детелине“
„детелина“	„модификова на детелина“	„малтешки крст“

2.4 Геометријско компоновање и обликовање

Правилно компоновање главног (ГП) и споредног укрсног правца (СП) постиже се кроз усклађивање ситуационог и нивелационог плана у зони раскрснице. Фактори који у највећој мери утичу јесу топографски услови, природна или вештачка ограничења. Основна правила компоновања су:

1. Укрсни правци треба да буду компоновани тако да се омогући спољашња прегледност денивелисане раскрснице.
2. Раскрсница мора да буде сагледљива са главног путног правца најмање са даљине изоштрена визуре прегледности $L_a \approx 4 V_r$.
3. Ток осовине споредног правца мора да буде усаглашен са нивелационим решењем главног правца (ГП), те се максимални нагиб ограничава на $i_n = 3\%$, а најповољнији угао укрштања је 90° .

2.5 Спојне рампе

Рампе на денивелисаним раскрсницама се, према свом просторном облику, класификују на **директне**, **полудиректне** и **индиректне**. Комбинација облика рампи и могућност њихове примене зависиће пре свега од функционалног типа денивелисане раскрснице. Индиректне рампе се у већини случајева усвајају са пројектним брзинама између 30 и 40 km/h. Пројектна брзина директних рампи може да варира од 50 па до 80 km/h, у зависности од категорије раскрснице [4].

Приликом обликовања спојних рампи на денивелисаним раскрсницама користе се класични елементи пројектне геометрије: **правци**, **кружни лукови** и **прелазне кривине** (могуће и S, O, C криве). Максимални подужни нагиби ограничени су за рампе у успону на $\max i_N = 6\%$, а за рампе у паду на $\max i_N = 7\%$. Резултујући нагиб коловоза не сме да пређе вредност од 9%. Рампе се изводе са једностраним попречним нагибом. Минимални попречни нагиб за одводњавање износи 2,5%, док је максимални попречни нагиб у кривинама 6%. Нагиб рампи витоперења уливно – изливних трака и спојних рампи ограничен је на $i_{RV} \leq 1,5\%$ [4].

3. АНАЛИЗА ВАРИЈАНТНИХ РЕШЕЊА ПЕТЉЕ „ОВЧА“

Конкретна примена свих правила за пројектовање приказана је на пројекту денивелисане раскрснице „Овча“ на ауто-путу Београд – Зрењанин. Путни правац је пројектован као комплетан профил аутопута, те самим тим захтева пуни програм денивелације.



Слика 3: Коридор аутопута Београд–Зрењанин–Н.Сад

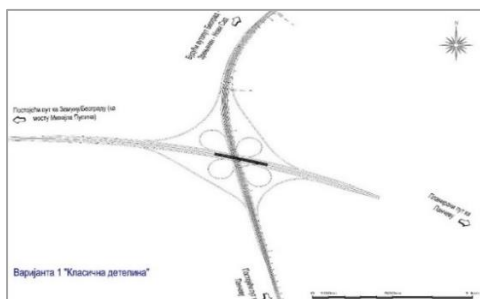
Елементи пројектне геометрије ауто-пута на предметној деоници усвојени су у зависности од типа терена (равничарски) за пројектну брзину $V_{proj}=130\text{km/h}$. Геометријски попречни профил (ГПП) дат је као типско решење при дефинисаним саоб. условима. У оквиру деонице као најбоље решење за све денивелисане раскрснице одабран је тип „ТРУБА“ (изузев предметне петље „Овча“) због предвиђене комерцијалне експлоатације.

3.1 Просторни положај и значај петље „Овча“

Основна функција петље јесте повезивање новопројектованог аутопута са постојећом трасом „Северне тангенте“ чиме се на индиректан начин ствара веза са аутопутевима Е-70 и Е-75. Због високог ранга саобраћајница које се укрштају предвиђено је чвориште типа „детелина“ или „модификована детелина“. Основна разлика између два концепта јесте у замени индиректних рампи („класична детелина“) полудиректним рампама које омогућавају комфорније везе („модификована детелина“). Изменом облика рампи долази до значајног повећања вредности инвестиције због великог броја објеката у зони петље, те је неопходно детаљније разматрање варијанти.

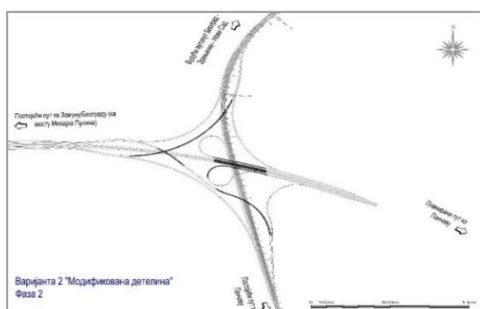
3.2 Вредновање варијантних решења

За полазно решење (варијанта 1) одабрана је „класична детелина“, слично постојећој петљи „Ковилово“ на денив. укршају Северне тангенте и државног пута ПВ-13 Основни недостаци пројектног решења петље „Ковилово“ јесу небезбедни уливи и изливи и недостатак сервисних саобраћајница, као и битно различити саобраћајни токови на будућој петљи „Овча“.



Слика 4: Просторни концепт у варијанти 1

Због неизвесности изградње пута од петље „Овча“ до Панчева (варијанта 2), тип „модификоване детелине“ је размотрен у две фазе изградње, с тим што би се у првој фази градио део петље у облику троугла ради ефикаснијег повезивања праваца који су доминантни у погледу саобраћајног оптерећења.



Слика 5: Просторни концепт у варијанти 2

Могуће варијанте су упоређене по параметру времена путовања учесника у саобраћају по упоредивим линијама кретања и на основу финансијских трошкова који из тога произилазе. Временски оквир који је узет у обзир при анализи варијантних решења јесте 20 година. Након тога извршена је процена обима грађ. радова на основу искуствених вредности везаних за коловозну конструкцију и објекте на рампама.

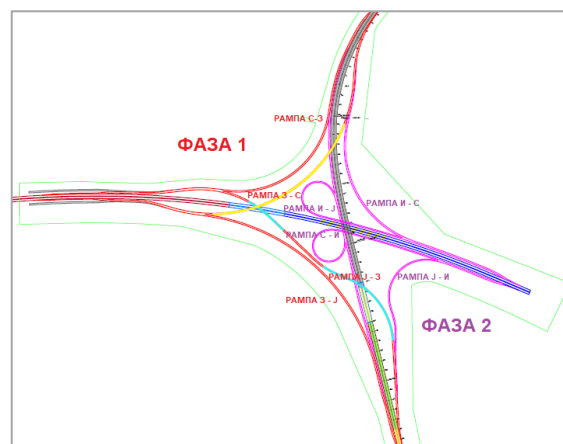
Табела 3 : Процена вредности инвестиције по фазама

Варијанта	Вредност инвестиције (EUR)		
	Фаза 1	Фаза 2	УКУПНО
„Класична детелина“	-	-	15.947.222
„Модификована детелина“	25.689.616	23.262.812	48.952.428

Економски ефекти коришћења петље су оцењени кроз нето садашњу вредност (NPV), интерну стопу рентабилитета (IRR) и рок врећања инвестиције. С обзиром да је анализом добијена позитивна вредност NPV, IRR је већа од препоручене вредности (7%), а рок поврата инвестиције је 12. година, долази се до закључка да је петља „Овча“ у варијанти „модификована детелина“ **ИСПЛАТИВА** чак и у случају реализације у целости (без фазне изградње).

3.3 Усвојени концепт

Узимајући у обзир неизвесност изградње планиране саобраћајнице ка Панчеву, као оптималније и економски исплативије решење издвојио се концепт „модификоване детелине“ који би био реализован кроз две фазе (варијанта 2). У првој фази би се извео денивелисани укрштај у три грађевинска нивоа изнад постојеће трасе Сев. тангенте, као и два денивелисана укрштаја у два нивоа (рампе „запад – север“ и „југ – запад“) са новопројектованим ауто-путем. Током друге фазе изградње петље изводиће се наставак Северне тангенте ка будућој индустријској зони Панчева, као и изградња преостале четири рампе (индиректне рампе „исток – југ“ и „север – исток“, као и директне рампе „југ – исток“ и „исток – север“).



Слика 6: Усвојени концепт и фазна изградња

4. ТЕХНИЧКИ ОПИС УСВОЈЕНОГ РЕШЕЊА

У оквиру петље предвиђена су три денивелисана укрштаја у два нивоа и један денивелисани укрштај у три нивоа. Постојећа траса Северне тангенте користи

се делимично са западне и јужне стране, док је највећи део предвиђен за рушење. Елементи ауто-пута у зони денivelисане раскрснице „Овча“ су пројектовани у односу на пројектну брзину $V_{p,r} = 130 \text{ km/h}$. У зони петље „Овча“ предвиђено је проширење коловоза ауто-пута ради уметања уливних/изливних трака са стандардних 11,5m ширине на 12,5m.

4.1 Спојне рампе петље „Овча“

Обликовање спојних рампи у ситуационом плану врши се применом праваца, кружнице и клотоиде. Гранични елементи плана и профила су усвојени на основу рачунске брзине, и то:

- За директне и полудиректне рампе (фаза 1-2) – $V_{r,r} = 80 (70) \text{ km/h}$
- За индиректне рампе (фаза 2) – $V_{r,r} = 50 \text{ km/h}$

Примењени елементи плана и профила рампи су у складу са усвојеним рачунског брзинама на рампама. Елементи геометријског попречног профила рампи усвојени су у складу са Правилником и то:

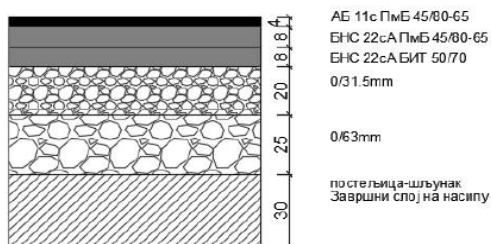
- Профил „Р1“ – профил једнотрачног коловоза ширине 5,50m и профил „Р3“ – двотрачни једносмерни коловоз укупне ширине 7,00 m

Нормални попречни профили (НПП) дати су за карактеристичне положаје рампи на правцу, у левој и десној кривини. Попречни нагиб коловоза рампи (i_p) је једностран и износи 2,5% (у кривини мах 6%). Попречни нагиб банке усмерен је ка спољној страни профила и износи 6% на вишој страни коловоза, или 7% уз нижу ивицу коловоза. Попречни нагиб постељице је пројектован са минималним нагибом од 2,5% или прати попречни нагиб коловоза када је он већи од 2,5%.

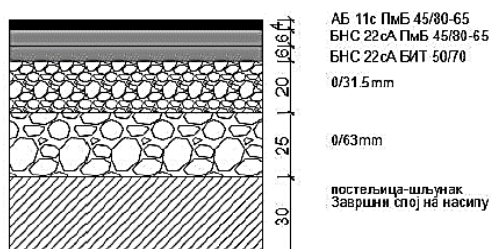
4.2 Коловозна конструкција

Димензионисање коловозне конструкције извршено је према стандарду СРПС У.Ц4.015/1994.

Флексибилна коловозна конструкција рампи денivelисане раскрснице „Овча“ – ТИП 1 (рампе „Ј – 3“ и „3 – Ј“)



Флексибилна коловозна конструкција рампи денivelисане раскрснице „Овча“ – ТИП 2 (рампе „3 – С“ и „С – 3“, Северна тангента („Ј – С“ и „3 – И“))



5. ЗАКЉУЧАК

Циљ рада био је да прикаже комплексност и сложеност поступка пројектовања и изналажења најбољег могућег решења једног денivelисаног чворишта на саобраћајницама високе категорије као што су будући ауто-пут Београд – Зрењанин и Северна магистрална тангента (СМТ).

Изградњом денivelисане раскрснице „Овча“ у виду „модификоване детелине“ и заменом првобитно планираних индиректних рампи полудиректним постићи ће се боља дистрибуција доминантних саобраћајних токова и доћи ће до драстичног повећања нивоа услуге у зони предметне петље (пројектна брзина на рампама расте са $V_{p,r} = 50 \text{ km/h}$ на $V_{p,r} = 70 \text{ km/h}$, капацитет рампи се повећава са 1000 на 1500 voz/h). Имајући у виду доказани високи степен исплативости петље „Овча“ у варијанти „модификоване детелине“ и драстична побољшања услова одвијања саобраћаја која ће уследити, постоји велика оправданост за изградњу петље у наведеном облику.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] ЈП Путеви Србије, „Приручник за пројектовање путева у Републици Србији,“ Денivelисане раскрснице и прикључци, Београд, 2012.
- [2] Ђ. Узелац, Путеви и градске саобраћајнице, Нови Сад: Факултет техничких наука, 2015.
- [3] М. Бублин, Џ. Суада, С. Албиновић и М. Поздер, Цестовна чворишта, Сарајево: Универзитет у Сарајеву, Грађевински факултет, 2019.
- [4] М. Малетин, А. Војо и Ј. Катанић, „Техничка упутства за пројектовање денivelисаних раскрсница,“ Београд, Грађевински центар, Београд, 2008.
- [5] М. Малетин, А. Војо и Ј. Катанић, "Техничка упутства за пројектовање саобраћајница у градовима," Пројектовање денivelисаних раскрсница Београд, Грађевински факултет, 2008.
- [6] "Идејни пројекат денivelисане раскрснице Овча на ауто-путу Београд - Зрењанин," Нови Сад, 2022.

Кратка биографија:



Панта Крстић рођен је у Новом Саду 1998. год. Основне академске студије грађевинарства завршио је 2020. год на Факултету техничких наука. Мастер рад из области Грађевинарства – Саобраћајнице одбранио је 2022. године.

Контакт: panta.krstic@yahoo.com