

УПОРЕДНА АНАЛИЗА КАПАЦИТЕТА И НИВОА УСЛУГЕ КРУЖНИХ РАСКРСНИЦА ПРЕМА ПРИРУЧНИКУ „HIGHWAY CAPACITY MANUAL” (HCM) ИЗ 2010. И 2016. ГОДИНЕ

Ивана Обрадовић, дипл. инж. саобр., Саобраћајни факултет, Београд,
ivana.obradovic.ds@gmail.com

Владан Тубић, дипл. инж. саобр., Саобраћани факултет, Београд,
vladan@sf.bg.ac.rs

Резиме: На кружним раскрсницама влада комбинација прекинутих, непрекинутих и делимично ометених токова. Овај тип површинских раскрсница је специфичан са функционалног аспекта јер се ни један прилаз не фаворизује у смислу давања приоритета већ важе посебна правила. Кружне раскрснице представљају посебан тип раскрсница које имају своју функцију у мрежи. Због све веће примене кружних раскрсница јавља се потреба за добијањем што прецизнијег и подобног модела у локалним условима за анализу капацитета и нивоа услуге различитих типова кружних раскрсница. У овом раду извршена је упоредна анализа методологије америчког приручника за капацитет путева HCM (Highway Capacity Manual), у два различита издања - из 2010. и 2016. године. У раду је дат опис модела за добијање капацитета улазних трака код различитих типова кружних раскрсница. Идентификована је значајна разлика у вредности параметара интервала слеђења и критичног интервала слеђења возила у ова два издања. Како би се добила јаснија слика о разлици у добијеним вредностима капацитета, методологија је примењена на типском примеру кружне раскрснице и добијена разлика између капацитета креће се у распону од 15% до 32% у зависности од типа раскрснице. Веће вредности су добијене применом методологије из 2016. године јер су вредности интервала слеђења возила мање. Методолошке разлике тестиране су и у случају примене наведених поступака са реалним подацима о саобраћним захтевима на кружним раскрсницама Булевар ослобођења - Саве Машковића - Црнотравска улица и Краља Александра 1 - Краља Петра 1 - Улица Александра Аце Симовића у Београду. Критеријуми нивоа услуге су исти у оба издања, а разлике у добијеним нивоима услуге на прилазима изабраних раскрсница разликују се због добијених капацитета.

Кључне речи: кружна раскрсница, HCM (Highway Capacity Manual), капацитет, интервал слеђења

1. УВОД

Кружне раскрснице представљају посебан тип укрштања где се ни један прилаз не фаворизује у смислу давања приоритета већ важе друга саобраћајна правила. Возила се у кружном току крећу у супротном смеру од казаљке на сату и имају предност у односу на она возила која се приближавају раскрсници. Све чешће се у

последње време примењује овај тип раскрсница углавном на улазу у насељена места јер су погодне пре свега због приморавања возача да успоре брзину.

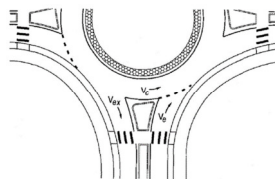
Капацитет саобраћајнице представља максималан број возила који може да прође кроз попречни пресек саобраћајнице у јединици времена. За израчунавање капацитета користе се различите методологије и приступи. Ово је теоријска вредност која мора бити једнака или већа од збира интензитета саобраћаја у ротору (у висина улаза) и интензитета саобраћаја на улазу који се здружују у конфликтној тачки на улазу у ротор [1].

Како би се боље сагледале разлике између методологија различитих издања изабраног приручника одабране су две кружне раскрснице. Прва кружна раскрсница је раскрсница улица Булевар Ослобођења - Саве Машковића - Црнотравска улица која се налази на територији општине Вождовац у близини Трошарине. Ова кружна раскрсница има четири крака и две траке у кружном току. Друга изабрана раскрсница налази се на простору општине Обреновац и чине је улице: Краља Александра 1 - Краља Петра 1 - Улице Александра Аце Симовића. У плану је да се ова раскрсница реконструише у кружну раскрсницу са једном траком у кружном току. Приказани капацитети су добијени на основу софтвера HCS (Highway Capacity Software) и аналитички.

Приручник HCM је документ који има широку примену у целом свету и користи се за планирање и пројектовање путева. Упркос великој примени, може доћи и до потешкоћа, ако се примењује у одређеним случајевима који су сложени и када је саобраћај хетероген [2].

2. МЕТОДОЛОГИЈА ПРИРУЧНИКА

У овим издањима могуће је израчунавања капацитета кружних раскрсница са различитим бројем улазних и циркуларних трака (до две). На основу броја трака, ова методологија даје могућност израчунавања четири различите врсте кружних раскрсница и то су раскрснице са: једном улазном (V_e) и једном конфликтном траком (V_c), две улазне и једном конфликтном траком, једном улазном и две конфликтне траке, две улазне и две конфликтне траке. Ради лакшег разумевања, на слици 1 приказане су поменуте траке. Ознака V_{ex} односи се на излазну траку.



Слика 1. Улазна, излазна и конфликтна трака [3]

Према [3, 4] општи облик формуле за добијање капацитета улазне траке кружне раскрснице приказана је у обрасцу 1.

$$C_a = A e^{(-B v_c)} \quad (1)$$

Где је:

C_a – капацитет улазне траке, прилагођен за тешка возила [voz/h]

V_c – меродавни капацитет конфликтне траке [voz/h]

$A=3600/t_f$

$B=(t_c-(t_f/2))/3600$

t_f - интервал слеђења [s]

t_c - критични интервал слеђења [s]

У табели 1 приказане су вредности параметара за израчунавање капацитета према приручнику из 2010. и 2016. године. Интервал слеђења возила на пресеку пута представља време проласка чела узастопних возила преко посматраног пресека пута и изражава се у секундама.

Табела 1. Обједињене вредности параметара по издањима

Тип раскрснице/Параметар	НСМ 2010		НСМ 2016	
	t_c (s)	t_f (s)	t_c (s)	t_f (s)
1 улазна, 1 конфликтна	5,19	3,19	4,98	2,61
2 улазне, 1 конфликтна	5,19	3,19	4,54	2,54
1 улазна, 2 конфликтне	4,11	3,19	4,33	2,54
2 улазне, 2 конфликтне (трака лево)	4,29	3,19	4,65	2,67
2 улазне, 2 конфликтне (трака десно)	4,11	3,19	4,33	2,54

У самом прорачуну капацитета улазне траке, ове две методологије се разликују по критичном интервалу слеђења и интервалу слеђења возила. На основу података добијених теренским истраживањем, вредности параметра се разликују у издањима. На основу података из табеле 1 може се увидети да су веће вредности критичног интервала слеђења за раскрснице са једном конфликтном траком забележене у методологији из 2010. године. С друге стране, у случају када кружна раскрсница има две траке у кружном току, вредности овог параметра су ниже у 2010. години. Вредности интервала слеђења се не мењају у НСМ 2010 у односу на број трака на прилазу и у току. У новијем издању ове вредности су мање од претходног издања и варирају у односу на тип раскрснице.

3. ПРИКАЗ И ДИСКУСИЈА РЕЗУЛТАТА

3.1. Први пример

Како би разлика у добијеним резултатима увидела, примењен је типски пример где је конфликтни ток величине 500 voz/h за све типове раскрсница на свим прилазима. У табели 2 су приказане добијене вредности.

Према подацима из табеле 2 јасно се може уочити да су капацитети улазних трака већи, ако се примени методологија из 2016. године. Највеће повећање се бележи код раскрсница које имају две улазне и једну траку у кружном току (32%). Са друге стране, критеријуми нивоа услуге се нису променили у издању из 2016. године у односу на 2010. годину.

Табела 2. Капацитети улазне траке према различитим издањима HCM-a

Број трака (врста кружне раскрснице)	Капацитет улазне траке, HCM 2010 [voz/h]	Капацитет улазне траке, HCM 2016 [voz/h]	Повећање (%)
1 улазна, 1 конфликтна	638	770	20.73
2 улазне, 1 конфликтна	638	844	32.30
1 улазна, 2 конфликтне	757	873	15.33
2 улазне, 2 конфликтне (трака лево)	757	873	15.33
2 улазне, 2 конфликтне (трака десно)	736	844	14.78

3.2. Други пример

Први пример реалне кружне раскрснице је раскрсница улица Булевар Ослобођења - Саве Машковића - Црнотравска улица која се налази у близини Трошарине. Ова кружна раскрсница има четири крака и две траке у кружном току. Усвојена оптерећења у 2022. години добијена су на основу података о протоку из 2021. године [5] и контролног бројања која су увећана за 5% на свим прилазима због повећане мобилности у Београду због повољније епидемиолошке ситуације. На графику 1 приказане су добијене вредности капацитета, а на сваком стубу на графику исписан је ниво услуге траке.

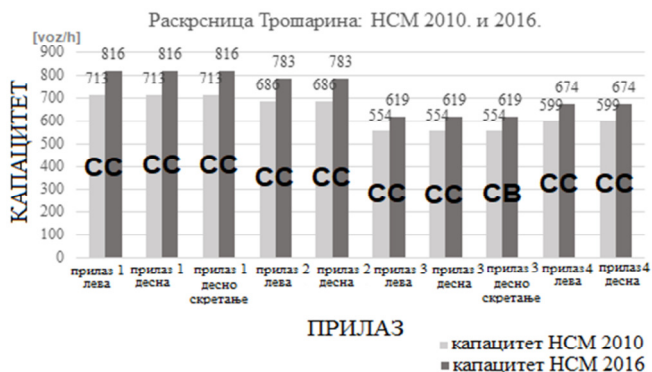


График 1. Добијене вредности капацитета и нивоа услуге на првој раскрсници

На основу података са графика 1 може се закључити да су вредности капацитета на свим прилазима веће применом HCM 2016. Разлика у добијеним капацитетима варира од 12% до 14%. Разлика у добијеним нивоима услуге скоро да не постоји јер се за једну траку разликује за један степен, тако да се бољи ниво услуге добија применом HCM 2016.

3.3. Трећи пример

Други пример реалне раскрснице је раскрсница која се налази на простору општине Обреновац и чине је улице: Краља Александра 1 – Краља Петра 1 – Улице Александра Аце Симовића. Према [6] су добијени подаци о саобраћајном

оптерећењу у постојећем стању. На графику 2 приказане су добијене вредности капацитета и нивоа услуге.

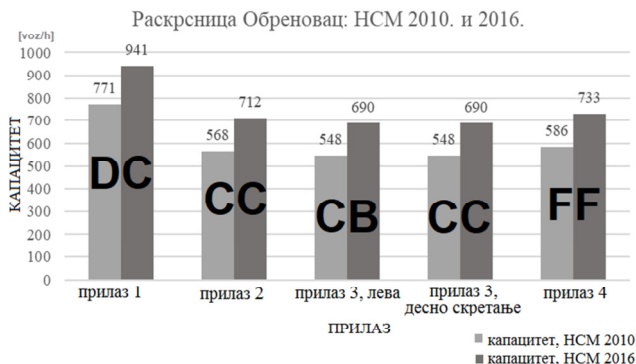


График 2. Добијене вредности капацитета и нивоа услуге на другој раскрсници

Као и у претходна два примера и у овом примеру су добијени већи капацитети након примене новијег издања HCM-а. Добијени капацитети се разликују у распону од 13% до 21%. Нивои услуге се разликују на три прилаза, али по један степен. На тим прилазима бољи ниво услуге добија се применом новијег издања.

Капацитет у идеалним условима је већи за око 300 PA/h према приручнику из 2016. године у односу на HCM 2010. У оба анализирана издања исте су вредности критеријума нивоа услуге, а то су укупни временски губици и однос протока и капацитета. Најнеповољнији су услови када је вредност укупних временских губитака преко 50 s.

4. ЗАКЉУЧАК

Примењене методологије се разликују по томе које вредности узимају параметри интервала слеђења и критични интервал слеђења. За све анализиране раскрснице добијен је већи капацитет применом HCM 2016 док критични интервал слеђења не варира значајно у ова два издања. Добијени капацитети у новијем издању су већи јер је интервал слеђења мањи него у претходном издању. Капацитети на изабраним кружним раскрсницама варирају у односу на примењену методологију у просеку за око 100 voz/h у односу на саобраћајну траку. Разлика у добијеним нивоима услуге јавља се због различито добијених капацитета.

Новопроектовано решење раскрснице у Обреновцу није типично (због угла између кракова) што значи да методологије не узимају геометрију у обзир што представља ману овог приручника. За траку на четвртог прилазу ове раскрснице добијен је најнеповољнији ниво услуге применом обе методе. Ово показује да треба поново размотрити пројектно решење и да ли уопште треба реконструисати ту раскрсницу.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] З. Кењић, Приручник за планирање и пројектовање кружних раскрсница – ротора, Институт Сарајево, 2009.
- [2] S. Mathew, A. Dhamaniya et al., Roundabout Capacity in Heterogeneous Traffic Condition: Modification of HCM Equation and Calibration, 20th EURO Working Group on Transportation Meeting, EWGT 2017, 4-6 September 2017, Budapest, Hungary
- [3] Highway Capacity Manual - HCM 2010. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C. 2010.
- [4] Highway Capacity Manual – HCM 2016. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C. 2016.
- [5] Комарица Ј, Анализа пројектних решења за раскрсницу Булевар Ослобођења – Црнотравска, Завршни рад, Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет, 2021.
- [6] Студија оправданости кружне раскрснице у Обреновцу: Краља Александра 1 - Краља Петра 1 – Александра Аце Симиовића

SUMMARY

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CAPACITY AND SERVICE LEVEL OF ROUNDABOUTS ACCORDING TO THE HIGHWAY CAPACITY MANUAL (HCM) FROM 2010 AND 2016

Abstract: Roundabouts are dominated by a combination of interrupted, uninterrupted and partially obstructed flows. This type of surface intersections is specific from a functional aspect because no approach is favored in terms of giving priority, but special rules apply. Roundabouts are a special type of intersections that have their own function in the network. Due to the increasing use of roundabouts, there is a need to obtain a more accurate and suitable model in local conditions for analyzing the capacity and level of service of different types of roundabouts. In this paper, a comparative analysis of the methodology of the American highway capacity manual HCM (Highway Capacity Manual) was performed, in two different editions - from 2010 and 2016. The paper describes the model for obtaining the capacity of entrance lanes at different types of roundabouts. A significant difference was identified in the value of the tracking interval and critical vehicle tracking interval parameters in these two editions. In order to get a clearer picture of the difference in the obtained capacity values, the methodology was applied to a typical example of a roundabout and the obtained difference between capacities ranges from 15% to 32% depending on the type of intersection. Higher values were obtained by applying the methodology from 2016 because the values of vehicle tracking intervals are smaller. Methodological differences were also tested in the case of the application of the aforementioned procedures with real data on traffic demands at the roundabouts Bulevar oslobođenja - Sava Maskovića - Crnotravska ulica and Kralja Aleksandra 1 - Kralja Petra 1 - Aleksandra Ace Simovica Street in Belgrade. The service level criteria are the same in both editions, and the differences in the obtained service levels at the approaches of the selected intersections differ due to the obtained capacities.

Keywords: roundabout, HCM (Highway Capacity Manual), capacity, following interval