



Получена: 14.03.2022 г.

Приета: 29.03.2022 г.

ПРОЕКТНИ ЕЛЕМЕНТИ КАТО ФАКТОРИ ЗА БЕЗОПАСНОСТТА НА ДВИЖЕНИЕТО ПО ПЪТНИТЕ И УЛИЧНИТЕ ВЪЗЛИ

В. Николов¹

Ключови думи: пътно платно, изходящ шлюз, входящ шлюз, пътни възли, улични възли, пътна безопасност

РЕЗЮМЕ

Настоящата статия разглежда факторите, влияещи върху безопасността на автомобилното движение по пътните и улични възли на различно ниво. Пътната безопасност зависи както от индивидуалните особености на водачите и превозните средства, така и от чисто техническите характеристики на отделните елементи на възлите. Дискутирани са евентуални проблеми при осигуряване на безопасността на автомобилното движение. Предложени са решения за тяхното преодоляване или минимизиране.

1. Въведение

Актуалните наредби на България за проектиране на пътища [4] и на комуникационно-транспортните съоръжения в урбанизираните територии [5] осигуряват в определена степен безопасността на движение по пресичанията на различно ниво. Въпреки всичко съществуват и редица обстоятелства, които могат да повишат аварийността на движението по тях. Така например известни разминавания в началните условия на пътно-динамичните модели, служещи за определяне на някой от техните елементи, недостатъчна сигнализация, ограничена видимост, недостатъчна или липсваща осветеност, разстояние между пресичанията и т.н. Съществуват и много други, макар и доякъде субективни обстоятелства, които са свързани с психологичното състояние на водачите. Тук се има предвид освен темперамент, отразен във времето на реакция, и възможност за обективно преценяване на пътната обстановка. Три процента (3%) от пътните инциденти

¹Валентин В. Николов, доц. д-р инж., кат. „Пътища и транспортни съоръжения“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: nikolov_hpc@abv.bg

са станали само поради фактори на пътя, но тридесет и четири процента (34%) от произшествията са станали поради комбинацията на характеристики на пътното платно, превозното средство и човешкия фактор. В това число би могла да се причисли и правилната възможност за предвиждане на някои обстоятелства, като спиращен път. Това от своя страна косвено би могло да се определи в зависимост от състоянието и вида на настилката, от където да се преценят нейните сцепителни свойства и т.н. От всичко до тук се вижда комплексното действие на множество фактори, които влияят на безопасността по пътищата и в частност по пътните и уличните възли. Един начин за тяхното правилно опознаване е на първо място систематизирането им по вид. В следващите точки от изследването е съставено именно това, те да се подредят по категории, неизменно свързани с добре познатата система път-автомобил-водач. Автомобилът и водачът допринасят по много субективен начин за анализа, за разлика от елемента път, към който трябва да се изисква максимална прецизност.

2. Геометрични трасировъчни елементи

В едно подробно проучване [3] са изследвани ефектите върху безопасността на проектните елементи като хоризонтални и вертикални криви, ширина на лентата, ширина на банкетите, надвишението, радиус на хоризонталните криви, разстояния за видимост и др. Връзката между геометричните елементи и броя и степента на злополуки е сложна и не е напълно изяснена. Въпреки че е ясно показано, че много ограничаващи геометрични елементи, като например много къси разстояния на видимост или остра хоризонтална крива, водят до значително по-високи нива на злополуки, някои комбинации от елементи причиняват необичайно сериозен проблем с произшествията. В тази статия се вземат предвид проектните елементи и характеристики на пътя и се дават обяснения как и до каква степен те влияят върху безопасността.

2.1. В ситуация

При трасировъчните елементи на връзките на пътните и уличните възли и точно права и преходна крива нещата са изяснени подробно, точно и всичко е така, както е при открит път. Но по-голяма част от връзките се намират в обсега на хоризонтална крива, което налага по-подробното ѝ разглеждане като фактор, влияещ върху безопасността на движението. Би могло да се обърне по-голямо внимание на стойностите на минималните радиуси при хоризонтални криви във връзките на възлите и обвързаността им с напречния наклон на настилката.

Проучване в Швеция [1] е показало, че дължината на кривата, радиусът на кривата, дали се използват преходни криви, както и надвишението на платното за движение влияят върху безопасността по хоризонтална крива. Съответно, при дадено отклонение на кривата, пътнотранспортните произшествия (ПТП) са по-вероятни на криви с по-малък радиус. Броят произшествия има тенденция да намалява с увеличаване на радиусите на хоризонталните криви. Друго проучване в Германия показва, че с увеличаването на радиуса до 400 m процентът на произшествията спада до около 30% – 40%. Изследванията също така посочват, че хоризонталните криви имат по-високи нива на катастрофи от прави участъци с подобна дължина и състав на трафика; тази разлика става очевидна при радиуси, по-малки от 1000 m. Други проучвания показват, че радиусът на хоризонталната крива, дължината на кривата, броят на кривите по пътя, броят на хоризонталните криви много близо една до друга и съчетаването на хоризонталните и вертикалните

криви имат значителна роля при възникването на ПТП. Според тези проучвания процентът на аварии по хоризонтални криви е до четири пъти по-висок от допирателните участъци. Острите хоризонтални криви са склонни да имат по-високи нива на злополуки от по-плоските хоризонтални криви.

Преходните криви (клотоиди) премахват необходимостта от резки движения, за да се преодолее кривата и са предпоставка за повишаване на безопасността. Увеличаването на дължината на преходната крива има две основни предимства [1]. Първо, това е щадящо за водачите на МПС, защото дава повече време за намаляване на скоростта. На второ място общата крива се възприема като по-плавна (плоска). Следователно резултатът показва, че увеличаването на общата дължина на кривите (кръгова плюс преходни), особено на преходните части, намалява значително количеството на инциденти. Някои проучвания стигат до заключението обаче, че преходните криви могат да бъдат и опасни поради подценяването от страна на водача на трудността за преодоляване на хоризонталната крива.

Надвишението на платно за движение в крива противодейства на центробежната сила и подобрява безопасността, както и комфорта на движение. Обстойни изследвания са установили, че броят на произшествията на мокри настилки е необичайно висок в завои с надвишение, по-малко от 2%, докато повишаването на надвишението намалява броя на произшествията с 5% до 10%.

В България Д. Мартинов [6] е установил известно разминаване с концепциите за безопасност при възлите, с тези, които са за открит път. Установено е, че при хоризонталните криви при връзките на пътните възли има по-голяма вероятност от появата на приплъзване, отколкото е в открит път. Това от своя страна е фактор, влияещ пряко върху безопасността на движение по тях.

2.2. В надлъжен профил

Проучванията показват, че инциденти се случват по-често на наклонени, отколкото на сравнително равни участъци. Намаляването на наклона намалява броя на произшествията. Най-много ПТП се получават при най-стръмните наклони и намаляват с понижаването им. Друго проучване показва, че честотата на произшествията е увеличена при спусканията, при които има значително по-високи нива на катастрофи, отколкото при изкачванията.

Неудачна координация на надлъжния профил със ситуационното решение може да доведе до проблеми с безопасността на пътя, дори когато хоризонталното и вертикалното проектиране са поотделно правилни и конструирани съгласно наредбите. В отделни участъци се създават условия наличното разстояние за видимост да е по-малко от необходимото. Това се получава при съвпадението на хоризонтална и изпъкнала вертикална крива. Съвпадението пък на хоризонтална и вдлъбната вертикална крива може да създаде невярно впечатление за степента на кривина (т.е. хоризонталната крива може да изглежда с по-голям радиус от действителния) и може да допринесе за увеличаване на процента на злополуки. Такива съвпадения при връзките на възлите са неизбежни. Късите хоризонтални криви при остри вдлъбнати вертикални криви и къси хоризонтални криви при остри изпъкнали вертикални криви са свързани с по-високия риск от произшествия.

Надлъжните наклони на връзките при пътните възли, за разлика от откритите пътища, не са фиксирани пряко към скоростта, а зависят от вида на връзката и от това дали тя се намира в изкачване или спускане.

Българско проучване [7] е установило, че е най-добре граничните стойности на максималния наклон за спускане при пътните възли да се фиксира на 8%. В наредбата за

уличните възли е допуснат наклон от 9%, и като се има предвид максимално допустимият напречен наклон от 6%, се създава възможност от появата на много големи резултатни наклони по връзките на уличните възли. Това обстоятелство, в комбинация с недобра текстура на повърхността на настилната при лоши метеорологични условия, би довело до влошаване на безопасността на движение.

Вертикалните криви влияят на видимостта, но предвид факта, че тя е критерият за техния избор, нещата изглеждат на пръв поглед успокояващо. Но какъв е моделът за определяне на стойностите, както и участващите в него параметри? Отговорът на този въпрос е същността на разглеждания проблем. Движението по връзките на даден възел не се различава особено от това при открит път. Т.е. има логика граничните стойности на минималните радиуси при връзките на възела и тези за открит път да кореспондират напълно. В настоящите ни нормативни документи това не е съвсем така, като се забелязват някои дребни разминавания, също констатирани в [7]. В същото изследване е установено и че минималните стойности на вдлъбнатите вертикални криви биха могли да се намалят драстично. Това идва от факта, че видимостта също е критерий за тези криви, макар това на пръв поглед да звучи странно. При вдлъбнатите криви се има предвид видимостта нощно време, което е свързано с дължината от пътя, осветена от фаровете на автомобила, кореспондираща със спирания път. Но не само тенденция, а и препоръка от нормите, е изкуственото осветяване на този тип пресичания, което от своя страна ще реши проблема, свързан с видимостта при вдлъбнатите вертикални криви. Така че засега стойностите, приложени в наредбите/нормите за проектиране, многократно надвишават опасните за движението стойности на радиусите.

3. Конструктивни елементи

3.1. Напречни наклони

Както и при открит път, чрез напречния наклон се осигурява доброто повърхностно отводняване на настилната и предотвратяване на аквапланинг, предпоставки за доброто ѝ сцепление с автомобилните гуми. При възлите, както при директните и при индиректните връзки (характерни с относително малки радиуси на кривите), така и в лентите на изходите и входовете при пътните направления, трябва да се обърне специално внимание на участъците с обръщане на напречния наклон (специално такива с под 2%), за да се осигури сцеплението на автомобилните гуми по тях [12].

3.2. Пътни платна

Ширината на напречното сечение влияе върху способността на водачите да извършват леки отклонения и определя свободното пространство между автомобилите и страничните препятствия. По-широките ленти за движение дават възможност за по-високи експлоатационни скорости и са предпоставка за повишена безопасност [3].

При пътните възли също така граничните стойности за дължина на връзката и нейното транспортно натоварване пряко влияят на ефективността и безопасността на движението по нея. За България са установени [8] тенденциите за промяна в нормативните стойности на пътните платна. Типовите пътни платна са непроменени. Ширината на конструктивните елементи в тях е също запазена с изключение на малка промяна във водещата ивица за сметка на лентата за движение при еднолентовата и еднопосочна

връзка с габарит Q1. По-съществена промяна се забелязва в условията при използването на типовите габарити за пътни връзки. От сравнителния анализ между старите и новите нормативни документи относно пътните възли в България се забелязва тенденция за преминаване към по-свободен транспортен поток. Това дава възможност за по-високо ниво на обслужване по връзките на възлите, което ще доведе неминуемо и до една по-добра пътна безопасност на движението, което се извършва по тях.

4. Изходи и входи

Характерни за изходите и входовете при пътните и уличните възли са техният вид, ширина и дължина.

Инцидентите на излизане от обсега на пътя са основните видове ПТП, засегнати от ширината на лентата или банкетите, или и от двете. Установено е, че те намаляват както с увеличаване на ширината на лентата, така и с ширината на банкетите. Изходите и входовете, разположени в напречния профил в обсега на аварийната лента, се проектират с по-голяма ширина. Доказано е, че при ленти с ширини от 3,3 m до 3,6 m имат значително по-ниски нива на злополука от тези на ширини от 3,0 m [1]. По-широките ленти помагат за понижаване на честотата на катастрофите, тъй като осигуряват буфер срещу грешки или разсейване на водача. Те могат да осигурят допълнително пространство на водача, за да коригира потенциалните грешки и по този начин да избегне катастрофи. Затова изходите и входовете при автомагистралите, според българските наредби за проектиране [4 и 5] трябва да бъдат с ширина поне 3,5 m.

Дължината влияе в голяма степен върху безопасността на движение, предвид задачите, поставени към водачите на МПС – да е достатъчна за забавяне при изходите и за ускоряване и вливане при входовете. Следва видът на изход-входа и начинът за организиране на движението по тях. В повечето нормативни документи това е регулирано чрез използвани готови типови решения. В българските наредби за проектиране са приложени основни схеми за изход и вход със и без разпределително платно. За разлика от това в немските норми се забелязва тенденция към прилагане на най-разнообразни възможни схеми. В [9] Мартинов е установил, че предварителното разработване на типови решения за различните видове изходи и входи е изключително разумно и ще доведе до елиминиране на евентуални проектантски грешки, както и до унифициране и съответно облекчено изпълнение и лесно възприемане от водачите впоследствие. Такива типови решения ще са гаранция за повишаване на безопасността на движението по пътните и уличните възли.

5. Разстояние между възлите

Последните изследвания са показали, че по-голямата част от инцидентите по магистралите се случват на разклонения и в участъци на преплитане между близко разположени вход и изход на възлите [2].

В цитираните насоки [2] безопасността на разстоянието между възлите се определя така: „*Броят на произшествията или последиците от тях по вид и тежест*, които се очаква да настъпят в рамките на определен период от време“. Това определение за безопасност се състои от три основни компонента:

- брой на произшествията;
- тип ПТП; и
- тежест на произшествието.

Общият брой на произшествията сам по себе си не дава пълна представа за безопасността. Видът на произшествието се отнася до начина на сблъсък на превозното средство. На най-високо ниво видовете произшествия се класифицират по броя на превозните средства, участващи в произшествието. Тежестта на сблъсъка мярка за резултата от сблъсъка по отношение на пътниците, здравето на пътниците след сблъсъка. Тежестта на ПТП е силно свързана с промяната на скоростта на превозното средство и неговите пътници по време на сблъсъка. Тежестта на катастрофите е също така силно се влияе от факторите, свързани с водача и превозното средство, особено с възрастта на пътниците и теглото на превозните средства, участващи в произшествието.

Като практическо правило Зелената книга на AASHTO предлага минимум една миля разстояние ($1 \text{ mi} = 1,61 \text{ km}$) между кръстовищата в градските райони и минимум две мили ($3,22 \text{ km}$) в междуградските райони. В българските наредби тези изисквания са малко занижени на $1,5 \text{ km}$ и $2,5 \text{ km}$, но с изричното изискване за безопасно преминаване на автомобилния трафик или комбинирани на съседни възли в един общ.

6. Осигуряване на видимост

Разстоянието за видимост се определя като дължината на пътното платно, която водачът може да види в двете посоки в хоризонтална и вертикална равнина.

Недостатъчното разстояние за видимост ще доведе до повишаване на броя на пътнотранспортни произшествия, и това е видимо на местата, където има лоша видимост вследствие на малкия радиус на хоризонталната крива, малкия радиус на вертикалната изпъкнала крива, в обсега на кръстовище и липсата на видимост при изпреварване в някои пътни участъци.

Видимостта по основните направления при възлите, особено в обсега на главната мостова конструкция, е от особено значение за безопасността на движение. Мостовата конструкция трябва както да обезпечи минималния светъл габарит по долу разположеното основно направление, така и да даде възможност за поместване на страничната зона за видимост. По този начин ще се постигне минимално необходимият за водачите на МПС обзор, необходим за разпознаване в максимална степен на останалата част от възела. За да се избегне това допълнително условие, за отворите на мостовата конструкция е добре, когато основното направление от долната страна на мостовата конструкция е в хоризонтална крива, и нейният радиус да е съобразен по критерия видимост, разгледан в [10]. По този начин границата на видимостта ще попадне в светлия габарит на съответното направление, което ще е безспорен принос към безопасността на движение.

Осигуряване на видимостта е една от основните задачи при проектиране на пътните възли. Нейното обезпечаване се проверява на база на изготвен триизмерен модел, явяващ се като краен продукт от сложен алгоритъм за проектиране на този вид съоръжения, подробно показан и изяснен от Мартинов в [11].

7. Заключение

Пътнотранспортните произшествия обикновено се причиняват не само от един единствен фактор, а по-скоро поради съчетаването на поредица от неблагоприятни обстоятелства. Факторите, които могат да причинят ПТП, обикновено се категоризират в три типа: 1) Фактори на пътя/околната среда; 2) Човешки фактори; 3) Фактори на превозните средства.

Множество проучвания са доказали съществената роля на трасировъчните проектни елементи върху безопасността при движение по пътните и уличните възли. Това включва както радиусите и дължините на хоризонталните и преходните криви, така и придвиждане на целесъобразно надвишение на платно за движение в тях. От изключителна важност е не само правилното съчетаване на хоризонталните с вертикалните криви, но и подходящи безопасни надлъжни наклони, особено при слизване.

Ширината на пътните платна при връзките, правилно определените дължини, както на изходите и входовете, така и на зоните за преплитане са гаранции за по-добра безопасност на движението. Съществена роля за равномерен и безопасен транспортен поток има и правилното разполагане на възлите по протежение на трасето с необходимото разстояние между тях.

Безспорно от изключителна важност е видимостта по основните направления на възлите, както и в обсега им за постигане на минимално необходим обзор за безопасно придвижване по тях. Съвременният метод за обезпечаването ѝ се проверява чрез триизмерен модел.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Abebe, M.* Quantifying the Influence of Road Geometric Parameters on Road Safety. // *Journal of Transportation Technologies*, Vol. 9, No. 3, 2019, 354-380.
2. Guidelines for Ramp and Interchange Spacing, NCHRP Report 687 2011, 193 p.
3. *Mohammed, HA.*, The influence of road geometric design elements on highway safety. // *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 2019, 146-162.
4. Наредба № 02-20-2 за проектиране на патисхта. MRRB, август 2018 г.
5. Наредба № 02-20-2 за планиране и проектиране на комуникационна-транспортната система на урбанизирани територии. MRRB, декември 2017 г.
6. *Martinov, D.* Tendentsii pri horizontalnite trasirovachni elementi na vrazkite na patnite i ulichnite vazli na razlichno nivo. // *Godishnik na Universiteta po arhitektura, stroitelstvo i geodezia – Sofia*, ISSN 1310-814X – печатно издание, ISSN 2534-9759 – onlayn издание, том 53, брой 4, стр. от 1013 до 1019, 12.2020г.
7. *Martinov, D.* Tendentsii pri vertikalnite trasirovachni elementi na vrazkite na patnite i ulichnite vazli na razlichno nivo. // *Godishnik na Universiteta po arhitektura, stroitelstvo i geodezia – Sofia*, ISSN 1310-814X – печатно издание, ISSN 2534-9759 – onlayn издание, том 53, брой 4, стр. от 1021 до 1027, 12.2020 г.
8. *Martinov, D.* Tendentsii pri tipovite patni platna na vrazkite na patnite i ulichnite vazli na razlichno nivo. // *Godishnik na Universiteta po arhitektura, stroitelstvo i geodezia – Sofia*, ISSN 1310-814X – печатно издание, ISSN 2534-9759 – onlayn издание, том 53, брой 4, стр. от 1029 до 1038, 12.2020 г.
9. *Martinov, D.* Tendentsii pri izhodite i vhodovete na vrazkite na patnite i ulichnite vazli na razlichno nivo. // *Godishnik na Universiteta po arhitektura, stroitelstvo i geodezia – Sofia*, ISSN 1310-814X – печатно издание, ISSN 2534-9759 – onlayn издание, том 53, брой 4, стр. от 1039 до 1052, 12.2020 г.
10. *Martinov, D.* Vidimostta kato kriteriy za izbor na radius na horizontalna kriva pri avtomagistrali i skorostni patishta. // *Godishnik na Universiteta po arhitektura, stroitelstvo i*

geodezia – Sofia, ISSN 1310-814X – печатно издание, ISSN 2534-9759 – onlayn издание, том 53, брой 2, стр. от 509 до 521, 07.2020 г.

11. *Martinov, D.* Patni i ulichni vazli na razlichni niva. Monografia, ISBN: 978-619-91919-0-3, Roprint EAD, 06.2021 г.

12. *Nikolov, V. V.* Sigurni horizontalni elementi na patishtata – osnoven faktor za bezopasnost na dvizhenieto. // Godishnik na Universiteta po arhitektura, stroitelstvo i geodezia – Sofia, ISSN 1310-814X – печатно издание, ISSN 2534-9759 – onlayn издание, том 55, брой 1, стр. от 17 до 28, 04.2022 г.

DESIGN ELEMENTS AS FACTORS FOR TRAFFIC SAFETY ON ROADS AND STREET INTERCHANGES

V. Nikolov¹

Keywords: *road lane, outgoing gateway, incoming gateway, road interchanges, street interchanges, road traffic safety*

ABSTRACT

This paper discusses the factors influencing road traffic safety on road and street interchanges. Road safety depends not only on the individual characteristics of drivers and vehicles, but also on the purely technical characteristics of the individual components of the interchange. Possible problems in ensuring road safety are discussed. Solutions are proposed for overcoming or minimizing them.

¹ Valentin Nikolov, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept "Road Construction and Transport Facilities", UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: nikolov_hpc@abv.bg