

Пътните ограничителни системи – безопасност на пътната

Видове ПОС и области на приложение

Инж. Росен Колелиев,
управител на
„Пътища и
мостове“ ЕООД

Пътнотранспортните произшествия (ПТП) продължават да бъдат една от основните причини за смъртни и тежки травми в световен мащаб. Пътните ограничителни системи (ПОС) представляват едно от най-важните пасивни средства за безопасност и техническо средство за ограничаване на последствията от ПТП и напускане на платното за движение. Чрез задържане или контролирано пренасочване на моторните превозни средства (МПС) те намаляват вероятността от тежки вторични удари, навлизане в насрещното движение или излизане извън безопасна зона на пътя. Поради това изборът на подходяща ПОС има съществено значение както за безопасността на движението, така и за дългосрочната експлоатация на пътната инфраструктура.

1. Въведение От философията на „безопасния автомобил“ към философията на „безопасен път“

В продължение на десетилетия усилията за намаляване на жертвите при ПТП бяха насочени основно към усъвършенстване на автомобилите. Въвеждането на предпазни колани, въздушни възглавници, системи ABS, ESC и множество електронни асистенти значително намали риска за водача и пътниците. Практиката обаче показва, че дори най-съвременният автомобил не може да компенсира напълно последствията от удар в твърдо крайпътно препятствие или от напускане на пътното платно с висока скорост. Поради това през последните години европейската транспортна политика възприема концепцията за „прощаваща пътна инфраструктура“ (Forgiving Roads Concept), при която се приема, че водачите неизбежно ще допускат грешки. Задачата на инфраструктурата е тези грешки да не водят до фатални последици. Именно ограничителните системи са един от основните елементи на тази концепция.

2. Обзор

2.1. Развитие на първите метални ограничителни системи

В началото на XX век автомобилната индустрия се развива с темпове, непознати до този момент в

историята на транспорта. Масовото производство започнало с въвеждането на поточната линия от Ford през 1913 г. и направил автомобил достъпен за значително по-широк кръг от населението на САЩ. Успоредно с това започва интензивно изграждане на пътна инфраструктура първоначално в Съединените американски щати, а впоследствие и в Европа.

Въпреки значителния напредък в строителството инженерните решения за ограничаване на последствията при напускане на пътното платно остават силно изостанали. В голяма част от случаите защитните съоръжения се свеждат до дървени огради, каменни парапети или метални релси, които нямат конструктивна способност да задържат двиещ се автомобил. Те изпълняват по-скоро функция на визуална граница, отколкото на средство за пасивна безопасност.

Първите целенасочено разработени метални ограничителни системи се появяват в САЩ през 30-те години на XX век. Те използват стоманени профили, закрепени върху дървени или метални стълбове, разположени през определено разстояние. Основната идея е при удар конструкцията да поеме част от кинетичната енергия чрез пластична деформация на стоманените елементи и постепенно да отклони превозното средство обратно към платното. Това представлява съществен напредък спрямо дотогавашните решения. За първи път ограничителната система не се разглежда като неподвижна преграда, а като конструкция с контролирано механично поведение при динамично натоварване.

В следващите десетилетия се разработват различни профили. Така се поставят основите на инженерния подход към проектирането на ограничителни системи. Въпреки значителния напредък ранните метални ограничителни системи показват редица недостатъци. Един от основните проблеми е значителната работна ширина на системите. Допълнителен проблем възниква при удари с тежкотоварни превозни средства. Сложността на поддръжката също представлява съществен недостатък. Тези ограничения стимулират инженерите да търсят алтернативни решения.

2.2. Причини за възникването на бетонните ограничителни системи



През последните години европейската транспортна политика възприема концепцията Forgiving Roads Concept

Появата на бетонните ограничителни системи не е случайно инженерно решение, а закономерен резултат от развитието на автомобилния транспорт и натрупания практически опит. През 50-те години на XX век в Съединените американски щати започва изграждането на мащабната междущатска автомагистрална мрежа. В тези условия традиционните метални ограничителни системи се оказват все по-трудни за приложение. Основната инженерна идея се променя и се измества от подхода конструкцията да поема енергията чрез значителни деформации.

Тази концепция поставя началото на нов етап в развитието на ограничителните системи. За първи път е създадена бетонна бариера, чиято ефективност не се основава предимно на конструктивната ѝ здравина, а на целенасочено проектирана геометрия, използваща законите на механиката за контролирано изменение на траекторията на превозното средство при удар. Именно тази концепция поставя основите на съвременното разбиране за функционането на твърдите ограничителни системи.

Появата на профила на бетонната ограничителна система не е резултат от единично техническо решение, а от необходимостта да бъдат преодоляни конкретни инженерни проблеми, възникнали при изграждането на новото поколение автомагистрала в САЩ. След приемането на Federal-Aid Highway Act през 1956 г. започва реализирането на мащабната междущатска автомагистрална система (Interstate Highway System). Новите пътища се проектират за значително по-високи проектни скорости, по-голям трафик и по-

ва. Освен това след всеки по-сериозен удар конструкцията се нуждае от възстановяване или подмяна, което увеличава разходите за експлоатация и поддръжка.

Първите полски изпитвания и наблюдения в реални експлоатационни условия потвърждават предимствата на новата концепция. Установява се значително намаляване на случаите на преминаване през разделителната ивица, ограничаване на челните сблъсъци и чувствително по-ниски разходи за поддръжка в сравнение с традиционните метални системи. Именно тези резултати поставят началото на широкото разпространение на бетонните ограничителни системи както в Северна Америка, така и впоследствие в Европа, Австралия и Азия. В този контекст инженерите от щата Ню Джърси разработват нова концепция за ограничителна система. Вместо конструкцията да поглъща голяма част от енергията чрез собствени деформации, тя трябва да остане практически недеформируема и чрез геометрията си да управлява движението на автомобила. Това представлява качествено нов подход в инженерството на пътната безопасност.

От съвременна гледна точка профильт New Jersey следа да се разглежда не само като конкретно конструктивно решение, а като начало на нова инженерна философия. Той демонстрира, че внимателно проектираната геометрия може да бъде не по-малко важна от механичната якост на конструкцията. Това разбиране впоследствие оказва съществено влияние върху разработването на профилите F-shape, Single Slope и редица други съвременни бетонни ограничителни системи, които запазват същия основен принцип, но го усъвършенстват чрез натрупания опит, експерименталните изследвания и развитието на численото моделиране.

2.3. Разпространение на



Първите съоръжения се свеждат до дървени огради, каменни парапети или метални релси, които нямат конструктивна способност да задържат автомобил

бетонните бариери извън Съединените щати

Успешните резултати от експлоатацията на профила New Jersey предизвикват интерес сред пътните администрации в редица държави. През 60-те и 70-те години бетонните бариери постепенно започват да се използват в Канада, Австралия, Япония и няколко европейски страни. В Европа внедряването е по-постепенно. Причините са свързани с различните национални нормативни изисквания, конструктивни традиции и по-широкото разпространение на металните ограничителни системи. Въпреки това нарастващият трафик по автомагистралите и необходимостта от повишаване на безопасността в разделителните ивици постепенно налагат използването на бетонни бариери и на Стария континент.

С течение на времето инженерите започват да адаптират американския профил към европейските условия. Разработват се различни варианти с променени височини, широчини и конструктивни решения, съобразени с особеностите на автомобилния парк, климатичните условия и строителните технологии. Този процес поставя основите на по-късното създаване на европейски изпитвателни процедури и единни критерии за оценка на ограничителните системи.

2.4. Навлизане и развитие на бетонните ограничителни системи в Европа

Развитието на бетонните ограничителни системи в Европа не представлява механично възприемане на американския опит. Напротив, европейската практика се формира чрез продължителен процес на анализ, адаптиране и усъвършенстване на първоначалните концепции, разработени в САЩ. В рамките на няколко десетилетия бетонната бариера се превръща от локално инженерно решение в един от основните елементи на европейската политика за пътна безопасност. Причините за това развитие са свързани както с нарастващата интензивност на движението и увеличаването на дела на тежкотоварните превозни средства, така и с необходимостта от изграждане на автомагистрална мрежа при ограничени пространствени и икономически условия. Европейските инженери бързо осъзнават, че ограничителните системи не могат да бъдат разглеждани единствено като конструктивни елементи,

ОСНОВЕН ЕЛЕМЕНТ НА ПАСИВНАТА ИНФРАСТРУКТУРА

а като част от цялостната система за управление на риска в пътната инфраструктура. Въпреки общите цели европейският подход постепенно започва да се различава от американския. Докато първоначалните разработки са насочени основно към предотвратяване на преминаването в насрещното движение, в Европа все по-голямо значение се отдава на поведението на превозното средство след удара, натоварванията върху пътниците и възможността за контролирано връщане на автомобила в безопасна траектория. Тази промяна поставя основите на съвременната европейска философия при проектирането и оценяването на ограничителни системи.

Историята на бетонните ограничителни системи в Европа показва, че развитието им не е резултат от механично възприемане на американския модел, а от неговото адаптиране към специфичните европейски условия. Постепенно се формира собствена инженерна философия, основана на баланса между степените на задържане, безопасността на пътниците, експлоатационната надеждност и икономическата ефективност. Този процес създава предпоставки за разработването на единни европейски изисквания и поставя основите на съвременната система за изпитване и оценяване на ограничителните системи.

3. Теоретични основи на работата на бетонните ограничителни системи

3.1. Въведение

Ограничителните системи за пътища представляват едни от най-сложните инженерни съоръжения в транспортната инфраструктура, тъй като тяхното поведение се определя не само от механичните свойства на използваните материали, но и от взаимодействието между движещото се превозно средство, геометрията на барьерата, характеристиките на настилка и условията на удара. За разлика от повечето строителни конструкции, които се проектират за действие на относително постоянни или квазистатични натоварвания, ограничителните системи работят при изключително краткотрайни динамични въздействия. Продължителността на контакта между автомобила и барьерата обикновено е от порядъка на десети от секундата, но именно в този интервал възникват сили, достигащи стотици

килонютони, които определят както поведението на конструкцията, така и нивото на безопасност за пътниците. Следователно правилното разбиране на работата на бетонните ограничителни системи изисква познаване на принципите на класическата механика, динамиката на твърдите тела, теорията на удара и автомобилната кинематика. Само чрез разглеждането на тези взаимовъзбуждащи процеси може да бъде обяснено защо различните профили на бетонните барieri показват различно поведение при едни и същи условия на изпитване.

3.2. Кинетична енергия на движещото се превозно средство

Всяко движещо се превозно средство притежава кинетична енергия, която при удар трябва да бъде преобразувана чрез различни механизми. Количеството на тази енергия зависи от масата на автомобила и квадрата на неговата скорост, поради което дори сравнително малко увеличение на скоростта води до значително нарастване на енергията на удара. Това е една от основните причини за ограниченията на скоростта, да оказват толкова съществено влияние върху тежестта на пътнотранспортните произшествия. Например увеличаването на скоростта от 90 km/h на 130 km/h не представлява увеличение с около 44% на опасността, а води до приблизително удвояване на кинетичната енергия, която трябва да бъде овладяна по време на удара.

При ограничителните системи тази енергия не изчезва. Тя се преобразува в различни форми:

- пластични деформации на автомобила;
- деформации на ограничителната система (при деформируемите конструкции);
- триене между гумите и настилка;
- ползана;
- шум;
- вибрации;
- остатъчно движение на автомобила след удара.

При бетонните ограничителни системи особено се представява в фактът, че самата конструкция поема сравнително малка част от енергията чрез деформация. Основната част от процеса се реализира чрез контролирана промяна на траекторията на автомобила и постепенно намаляване на неговата напречна скорост. Тази особеност определя принципно различия характер на работа на бетонни-

те и металните ограничителни системи.

3.3. Динамика на удара между автомобила и бетонната бариера

При напускане на пътното платно автомобилът рядко се удря перпендикулярно в ограничителната система. В повечето случаи контактът се осъществява под сравнително малък ъгъл, обикновено между 5° и 25°, в зависимост от характера на загубата на управление. Тази особеност има съществено значение за механизма на удара.

Скоростта на автомобила може да бъде разделена като съставена от две компоненти:

- надлъжна, успоредна на барьерата;
- напречна, насочена към нея.

Практически бетонната бариера трябва да овладее именно напречната компонента на скоростта, докато надлъжната скорост го голяма степен се запазва. Благодарение на това автомобилът не спира рязко, а продължава движението си успоредно на ограничителната система. Този механизъм обяснява защо при правилно функционираща бетонна бариера автомобилът обикновено се плъзга по повърхността ѝ, вместо да бъде внезапно спрял. От гледна точка на безопасността това е изключително важно, тъй като намалява ускоренията, действащи върху пътниците, и ограничава вероятността от тежки травми.

3.4. Взаимодействие между гумата и профила на бетонната бариера

Най-характерната особеност на бетонните ограничителни системи е начинът, по който тяхната геометрия взаимодейства с гумите на автомобила. При първоначалния контакт гумата достига наклонената долна повърхност на профила. Поради наклона възниква реакция, която съдържа както хоризонтална, така и вертикална компонента. Вертикалната компонента предизвиква леко повдигане на автомобила, а хоризонталната постепенно го отклонява обратно към пътното платно. Този процес протича плавно и е основната причина профилите New Jersey и F-shape да показват значително по-добро поведение в сравнение с вертикалните бетонни стени.

Важно е да се подчертае, че геометрията на профила е резултат от десетилетия експериментални изследвания и изпитвания в реални условия. Нито един от характерните размери



Бетонната бариера трябва да овладее напречната компонента на скоростта, докато надлъжната скорост го голяма степен се запазва

не е случаен – всеки наклон, радиус и височина са подбрани така, че да осигурят оптимално взаимодействие с различните категории превозни средства.

4. Ориентировъчни области на приложение

4.1. Случаи, при които бетонна система вероятно ще има предимство

Бетонната система следва да бъде разглеждана с приоритет, но не автоматично избирана при:

- тесни разделителни ивици;
- висок риск от преминаване в насрещното платно;
- голям дял на тежкотоварния транспорт;
- участъци с висока честота на удари;
- автомагистрали и скоростни пътища, при които ремонтите предизвикват значителни загръствания;
- участъци без възможност за безопасен и бърз ремонт;
- тунели и зони с крайно ограничено пространство;
- места, където малката работна ширина е определяща;
- обекти с изискване за висока експлоатационна наличност;
- разделителни ивици, при които проникването на тежко превозно средство би довело до произшествие с множество участници.

4.2. Случаи, при които метална система вероятно ще има предимство

Металната система следва да бъде разглеждана с приоритет при:

- наличие на достатъчно пространство за деформация;
- необходимост от плавно поглъщане на енергията;
- пътища с по-ниска или средна интензивност;
- участъци с преобладаващо движение на леки автомобили;
- широки банкети и откоси;
- необходимост от преодоляване на големи неравности на терена;
- участъци с чести прекъсвания и достъпи;
- места, при които отводняването през системата е съществено;
- сравнително лесен и безопасен достъп за ремонт;

• обекти, при които по-високата първоначална инвестиция е значима и не се очакват високи последващи разходи;

• места с повишен риск за мотоциклетисти, когато е налична подходяща система с допълнителна мотоциклетна защита.

Тези области на предпочитане не представляват задължителни правила. Конкретна метална система може да има много малка работна ширина, а конкретна бетонна система може да има по-благоприятно поведение при удар от друга твърда система. Решението винаги трябва да се основава на декларираните характеристики на конкретния продукт.

5. Заключение

Процесът на избор на ПОС е сложна, многокритериална инженерна задача. За практическо ѝ решаване е необходимо да се разработи методология, която да бъде в помощ на проектантите и възложителите. Тази методология, без да измества действащите стандарти, трябва да бъде адаптирана към различните категории пътища и съоръжения. Така, вместо да се сравняват само цената на доставка и монтаж при избора на вида ограничителна система, да се включат и разходи за поддръжка, разходи за ремонт, обществени разходи вследствие ограниченията за движение и т.н.

Една от най-често срещаните грешки в практиката е схващането, че бетонната бариера „спира“ автомобила. В действителност

добре проектираната ограничителна система не трябва да спира превозното средство, а да го прена-сочи,

както същевременно запази неговата устойчивост и предотврати навлизането му в опасна зона. Тази разлика е фундаментална. Ако барьерата спира автомобила рязко, натоварванията върху пътниците могат да достигнат опасни стойности. Ако обаче тя управлява траекторията му чрез контролирано взаимодействие между гумите и профила,

последствията от удара могат да бъдат значително по-леки.

В българските условия не бих препоръчал да се въвежда общо правило, например: „На автомагистралите се използват бетонни барieri, а на останалите пътища – метални“, каквато теза се промъква в медиите. Подобна квалификация е прекалено груба и не отчита конкретния риск.

Бетонната система е логичен избор, когато ограниченото пространство, тежкотоварният трафик, високата цена на ремонтните намеси и катастрофалните последствия от проникване имат определящо значение. Металната система – когато е налично достатъчно пространство за деформация, поведението при удар е водещо, ремонтът може да бъде извършен бързо и безопасно, а рискът не налага използването на твърда система.

Следователно основният въпрос не е: „Кой материал е по-добър?“, а:

„Коя конкретна система осигурява най-благоприятния баланс между задържане, поведение при удар, пространство, експлоатация и разходи за разглеждания участък?“

Основният принцип за избор на ограничителна система трябва да се определя не от материала, а от необходимите функции на ограничителните системи с оглед безопасността на пътя.

Използвана литература:

1. EN 1317-1 – Road restraint systems – Terminology and general criteria.
2. EN 1317-2 – Performance classes, impact test acceptance criteria and test methods.
3. EN 1317-5 – Product requirements and evaluation of conformity.
4. EN 1991-2 – Eurocode 1: Actions on structures – Traffic loads on bridges.
5. AASHTO. Roadside Design Guide. Latest Edition.
6. PIARC. Road Safety Manual.
7. European Road Federation. Forgiving Roadside.
8. Български нормативни документи за проектиране на пътища и ограничителни системи.