

Раджабов Р.А., Байнатов Ж., Тулебаев К.Р., Абдурасулов И., Хажир Хумайюн

**ТРАНСПОРТТОРДУН ӨЗГӨЧӨ КЫРДААЛДА ТОКТООЧУ ЖОЛДОРУН ТОРОП
ТОСУУ**

Раджабов Р.А., Байнатов Ж., Тулебаев К.Р., Абдурасулов И., Хажир Хумайюн

**ЛОБОВЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ ГОРНЫХ ДОРОГ ДЛЯ ЭКСТРЕННОЙ ОСТАНОВКИ
АВТОТРАНСПОРТА**

R.A. Radjabov, Zh. Baynatov, K.R. Tulebaev, I. Abdurasulov, Hazhir Humayyun

**SIDE FERENCING OF MOUNTAIN ROADS FOR EMERGENCY STOPPING OF
VEHICLES**

УДК: 625. 738. (043)

Макалада жолдун билим даражасын изилдөө менен жол – транспорттук жол кырсыгы түздөн-түз тосмо тоо жолдорду колдонуу. Түздөн-түз эки анжы жүктөрдү наркын эске алуу менен, аппарат дизайнын тоскоолдук теориялык маселелерди эсептөө үчүн схемасы каралат.

Негизги сөздөр: *тоо жолдору, транспорттук каражат, өзгөчө абалга кептел, транспорт үчүн өзгөчө аялдама түзмөк, тоскоолдуктар, шиналар, тросс, акыл, дизайн, жүк.*

В статье рассмотрен вопрос испытания степени дорожно – транспортных происшествий с использованием лобового ограждения горных дорог. Предложены схемы, теоретические вопросы для расчета конструкции тормозящего устройства с учетом величины нагрузок на лобовые ограждения.

Ключевые слова: *горная дорога, транспортное средство, аварийный тупик, устройство для аварийной остановки автотранспорта, барьеры, автопокрышки, тросс, жесткость и расчетная нагрузка.*

In the article the vapros spitaniya degree of road - transport proishshenstvy using frontal fence mountain roads. A scheme for the calculation of the theoretical issues retarding device design, taking into account the value of loads on the frontal fence.

Key words: *Mountain road, vehicle, Emergency deadlock, The emergency stop device for vehicles, barriers, tires, Tross, stiffness and design load.*

Большое число дорожно-транспортных происшествий (ДТП) с тяжелыми последствиями происходит в зимнее время года, когда при движении на спуске по гололеду или снежному накату транспортных средств (ТС) помимо воли водителя увеличивает скорость и теряет управление. Нажатие на тормоз в этих случаях еще больше осложняет аварийную ситуацию, так как ТС, продолжая двигаться с ускорением, разворачивается поперек дороги или в обратном направлении, создавая опасность для других ТС. Подобная аварийная ситуация иногда может возникнуть и в летнее время при выходе из строя тормозной системы ТС. В этих случаях для предотвращения ДТП устраиваются

аварийные тупики с обратным уклоном, в местах заезда в тупик устанавливается специальный дорожный знак. Однако по местным условиям рельефа устройство аварийных тупиков не всегда возможно. Например, на участке автомобильной дороги, построенной на скальной полке, из-за отсутствия свободного места размещение аварийного тупика либо вовсе невозможно, либо необходимо сделать дорогостоящий заезд тоннельного типа, что не оправдано экономически. В этих случаях выходом из положения является сооружение лобовых барьеров безопасности (ЛББ) [1].

На горных перевалах при спуске и поворотах ставятся специальные устройства для замедления движения и останавливания автомобилей в случае отказа их тормозной и рулевой систем и в гололед. В качестве удерживающих устройств используются улавливающие сетки с присоединенными боковыми подвижными блоками и различные виды буферных упругих устройств. При взаимодействии автотранспорта с этими устройствами в большей степени повреждается автомобиль (не только передняя часть, но и боковые стороны корпуса).

Основными недостатками удерживающего устройства с боковыми подвижными блоками являются массивность, протяженность в плане и неэффективность работы. Например, при взаимодействии автотранспорта с улавливающей сеткой по закону теоретической механики появляются большие составляющие силы, которые, опрокидывая подвижные блоки прижимают автомобиль с двух сторон, нанося значительный материальный ущерб. Кроме того, на горных дорогах не всегда имеются длинные запасные участки дороги для аварийного заезда автотранспорта.

Основными недостатками устройства буферного типа являются необходимость резервирования большого участка дороги в поперечном направлении (так как при взаимодействии автотранспорта с устройством двухрядный упругий элемент становится четырехрядным), огнеопасность, неэффективность

эксплуатации в зимних условиях и при наезде грузовых и массивных автомашин.

Рассмотрим некоторые конструктивные решения дорожных ограждений, разработанные в Казахстане авторами статьи [2].

Поставленная цель достигается тем, что разработано устройство для аварийной остановки автомобиля, ограждение содержит установленный поперек съезда барьер, включающий соединение между собой гибкими связями упругие торы и два параллельных троса, соединенные с барьером и защитными элементами, две пары стоек и поперечный трос. Параллельные тросы натянуты между парными стойками, поперечный трос протянут между торами через середину барьера и подвешен с возможностью смещения между параллельными тросами а боковые вертикально установленные защитные элементы скреплены между собой и направляющими тросами барьера. При этом защитные элементы представляют собой автопокрышки совпадающими отверстиями для прохода параллельных тросов.

Барьер выполнен из блоков емкостей, наполненных песком, кроме того емкости состоят из покрышек, уложенных плашмя друг на друга связанных между собой хомутами, причем низ емкостей закрыт деревянными щитами.

Емкости соединены между собой и с защитными элементами посредством эластичных хомутов.

Существенными отличиями разработанного устройства являются подвески барьера с возможностью смещения и его выполнение из ряда емкостей, наполненных песком, оснащение его защитными элементами создающими высокое трение.

Отсутствие твердых элементов предохраняет автомобиль от разрушений и людей от травматизма.

Боковые автопокрышки служат для исключения опрокидывания или поперечного смещения автомобиля при взаимодействии его с барьером. При этом защитные элементы перемещаются совместно с барьером.

Торцы барьера 1 (рис.1) выполнен из сдвоенных блоков емкостей 10 и служат как направляющие исключая заклинивания и большие повороты барьера 1.

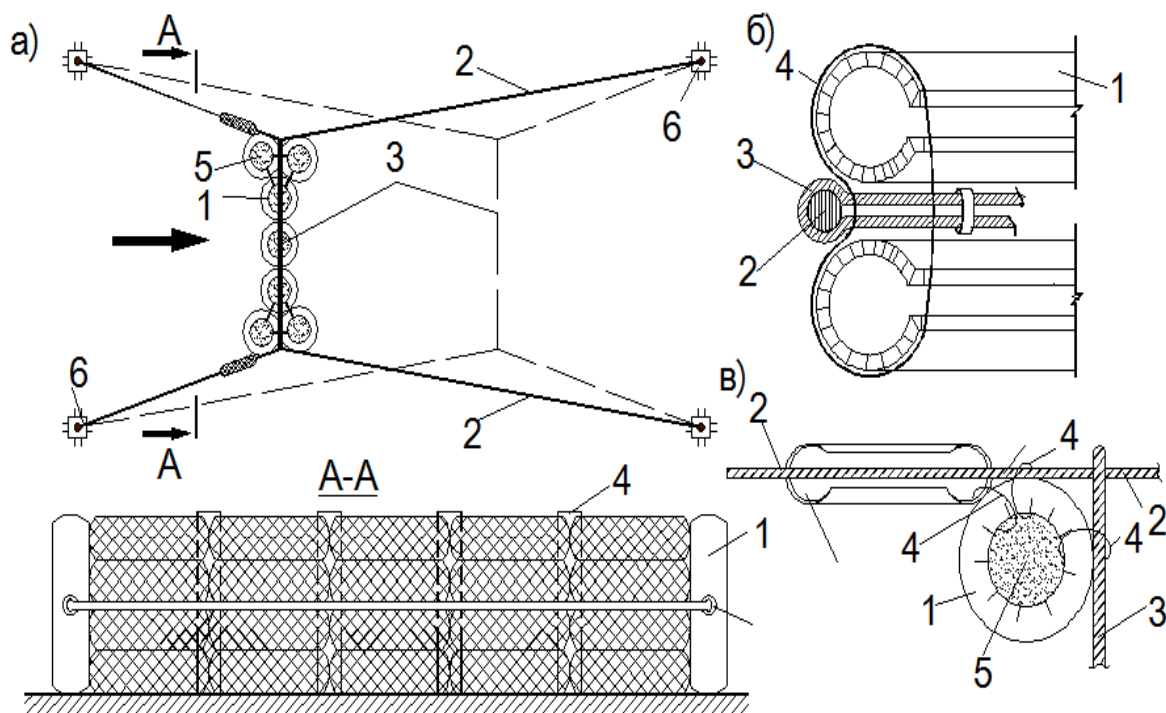


Рис.1. Подвижный ЛББ с направляющими тросами

а – общий вид в плане (пунктирной линией обозначено положение барьера после наезда ТС);

б – вид со стороны наезда ТС;

в – схема соединения покрышек с тросами и взаимное расположение направляющего и поперечного тросов;

1- покрышка; 2- направляющий трос; 3- поперечный трос; 4- хомут; 5- песок; 6- опорная тулба.

Простейший клинообразный в плане ЛББ, состоящий из двух тросов, заанкерованных в опоры с тыльной стороны аварийной площадки и в точке пересечения – с фронтальной стороны, показан на рис. 2. Тросы свободно укладываются на изогнутые в виде чаши свободные концы легко сбиваемых простейших консольных опор на высоте 35 -45 см от поверхности площадки. ТС, въезжая в раствор клина, после соприкосновения с тросами начинает тормозиться за счет эффекта заклинивания до полной остановки.

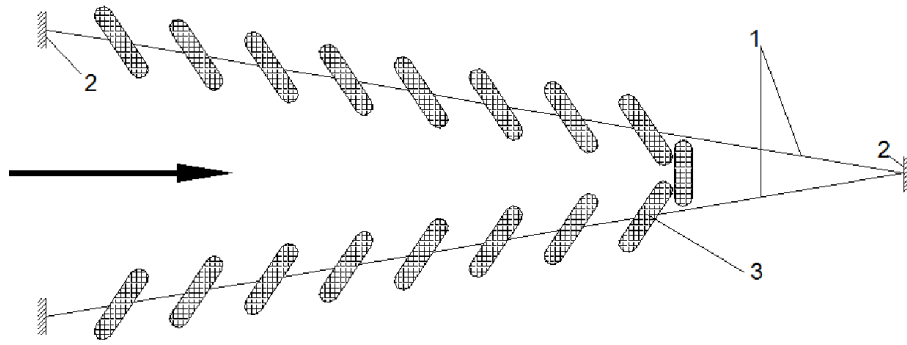


Рис. 2. Клинообразный ЛББ из направляющих автопокрышек
1- тросы; 2- опоры; 3- покрышки

Для уменьшения повреждений ТС о тросы на них предварительно надевают резиновый или пластиковый шланг. Вариант усовершенствования конструкции этого простейшего ЛББ состоит в том, что по контуру клина с нахлестом в направлении его острия устанавливается ряд автомобильных покрышек. В этом случае по каждой стороне клина протягиваются по два троса. Дальнейшее усовершенствование может быть достигнуто за счет того, что вместо покрышек будут применены железобетонные блоки с вогнутой лицевой поверхностью, а также блоки с косой гребенкой.

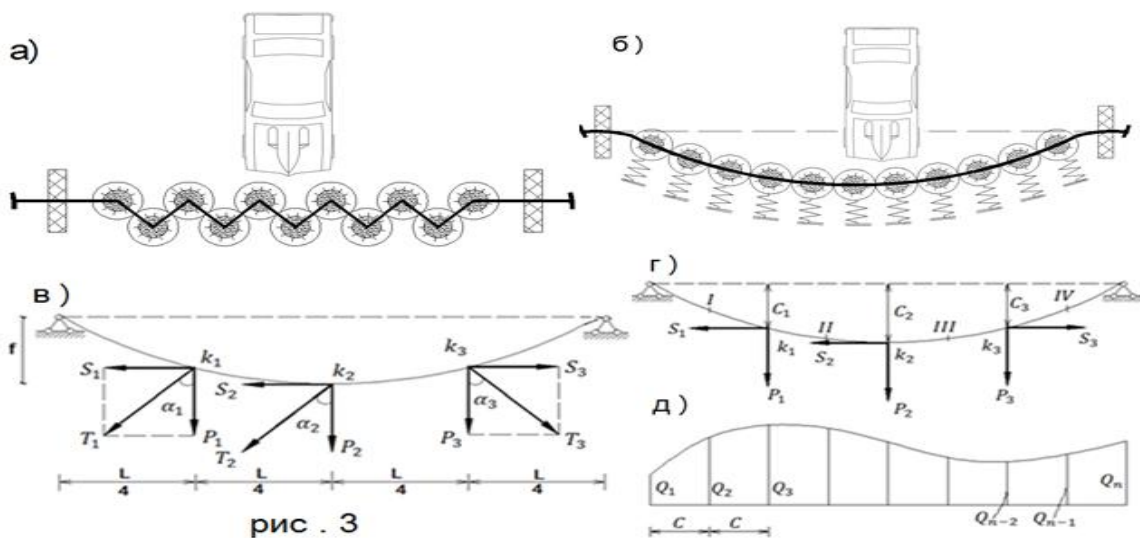


Рис. 3. Этапы расчета конструкции тормозящего устройства
а – конструктивная схема; б – деформированная схема; в – расчетная схема;

Предлагаем простую, но более эффективную конструкцию лобового устройства. Устройство состоит из нескольких кольцеобразных блоков установленных плотно в шахматном порядке поперек дороги и соединенные между собой свободно натянутыми тросами. Для повышения массивности блоки заполнены инертными материалами (песок, грунт, щебень, камни и т.д.). Тросы закрепляются на тумбовые опоры расположенные на обочине дороги.

При взаимодействии автотранспорта с лобовым устройством, блоки перемещаются по направлению движения и останавливаются при натянутом состоянии удерживающих тросов.

Блоки могут быть изготовлены из автопокрышек, что повышает деформативность всего устройства, за счет чего автотранспорт получит минимальные повреждения, а пассажиры не получают серьезных травм, еще одна особенность состоит в использовании старых автопокрышек и тросов. Расчетная схема представляется в виде натянутых тросов с сосредоточенными массами на упругих опорах возникающие за счет трения блоков с поверхностью дороги. Для упрощения расчетной схемы рассмотрим три массы.

Так как трос гибкий и воспринимать изгибающие моменты не может, то в любом сечении, в том числе и на опорах, усилия могут быть направлены только вдоль троса. Поэтому реакции опор будут направлены по касательным к тросу.

Вертикальные и горизонтальные реакции опор определяются на основании уравнений статики ($\sum x = 0; \sum M_x = 0; \sum M_c = 0$)

Распор определяется по формуле

$$H = \frac{M}{y\alpha} c, \quad (1)$$

где: M - момент внешних сил; y – ординаты троса; c – коэффициент трения.

Наибольшее усилие растяжения в тросах определяется по формуле

$$N_{TF} = \sqrt{H_{max}^2 + V^2}, \quad (2)$$

где: H_{max} - распор; V - вертикальная составляющая опорной реакции

Для того чтобы трос мог выдержать нагрузку от транспорта, необходимо соблюдение условия

$$n N_{TF} \leq [N_F], \quad (3)$$

где: n – коэффициент запаса, равный 3; $[N_F]$ - допустимое разрывное усилие.

Натяжение троса с учетом изменения расчетной схемы от действия дополнительных сил определяется по универсальной формуле

$$H \frac{2}{1} \left[\left(EF \int_0^l Q_0^2 dx / 2lH_0^2 \right) - H_0 \right] H_1^2 - (EF/2l) \int_0^l Q_1^2 dx = 0, \quad (4)$$

где: H_0, H_1 - натяжение соответственно при начальной и расчетной нагрузке; EF – жесткость троса; Q_0 – поперечная сила в произвольном сечении простой балки, нагруженной точно так же, как трос при начальной нагрузке; Q_1 – то же, при расчетной нагрузке.

Из уравнения (4) H_1 определяется либо путем подбора, либо с помощью специальных таблиц для решения кубических уравнений. Величина расчетного натяжения, H_1 зависит только от одной переменной величины интеграла $\int_0^l Q_1^2 dx$. Определение параметра нагрузки $\int_0^l Q_1^2 dx$ довольно громоздко. Допустим, что нагрузка дала очертания эпюры балочной силы (рис. 3.в).

Эту эпюру надо преумножить саму на себя. Для этого делим всю эпюру на равные по длине пролета участки S . Каждую из образовавшихся площадок считаем трапецией. Тогда, используя формулу Верещагина, получим

$$\int_0^l Q_1^2 dx = \frac{S}{3} (Q_1^2 + Q_1 \cdot Q_2 + 2Q_2^2 + Q_2 \cdot Q_3 + 2Q_3^2 + \dots + 2Q_{n-2}^2 + Q_{n-1}Q_{n-2} + 2Q_{n-1}^2 + Q_{n-1} + Q_n + Q_n^2). \quad (5)$$

Пример. Рассмотрим один пролет $l = 10 M$ сооружения с тремя массами, с несущим тросом, прикрепленным к опорам. Действуют равномерно распределенная нагрузка от массы ограждения $q_1 T/M$ и равнодействующие силы $V_1 = 3 m, V_2 = 4 m, V_3 = 5 m$, которые приложены в местах установки массы и имеют разный угол отклонения в плане от оси русла $\alpha_1 = 30^\circ, \alpha_2 = 40^\circ, \alpha_3 = 35^\circ$. Влиянием трения элементов массы о ТС и трос в местах соединения пренебрегаем. Жесткость троса $EF = 5000 \tau$ максимальное отклонение троса от оси подиненных стенок $f = 5m$.

Определим сначала натяжение нити H_0 от нагрузки q_0 и вертикальных составляющих P_i от равнодействующих $T_i (i = 1, 2, 3)$

$$H_0 = \frac{ql^2}{8 \cdot f} = \frac{1 \cdot 10^2}{8 \cdot 5} = 2,5m; \quad P_1 = 3 \cos 30^\circ = 2,6m;$$

$$P_2 = 4 \cos 40^\circ = 3,06m; \quad P_3 = 5 \cos 35^\circ = 4,09m.$$

С учетом этих нагрузок, - добавляя к ним нагрузку q , определим натяжение H_1 по формуле (4), т.е. $H_1 = 43,9 \tau$.

Теперь перейдем к определению натяжения на разных участках троса. Для этого найдем сначала горизонтальные составляющие усилий T_1, T_2 и T_3 (рис.3)

$$S_1 = 3 \sin 30^\circ = 1,5m; \quad S_2 = 4 \sin 40^\circ = 2,57m; \quad S_3 = 5 \sin 35^\circ = 2,87m.$$

Натяжение на первом участке (рис.3)

$$H_l = H_1 - (3S_1l/4)/l - (S_2l/2)/l + (S_3l/4)/l = 42,21m;$$

$$H_{II} = H_I + S_1 = 43,71m; \quad H_{III} = H_{II} + S_2 = 46,27m; \quad H_{IV} = H_{III} - S_3 = 43,4m.$$

Немаловажным при расчете такого сооружения с подвижными блоками является определение опрокидывающих сил на опоры.

Для этого определяем хотя бы одну из двух опорных реакций. Реакция левой опоры от вертикальных сил (рис.3).

$$R'_A = q_0 l / 2 + 3P_1 / 4 + P_2 / 2 + P_3 / 4 = 9,50m.$$

Реакция от горизонтальных сил

$$R''_A = -S_1 C_1 / l - S_2 C_2 / l + S_3 C_3 / l = -0,300C_1 - 0,512C_2 + 0,574C_3.$$

$$\text{Полная реакция } R_A = R'_A + R''_A = 9,50 - 0,300C_1 - 0,512C_2 + 0,574C_3.$$

Для определения C_1 , C_2 и C_3 надо составить три уравнения. В качестве таких уравнений воспользуемся равенством нулю балочных моментов в точках нити k_1 , k_2 и k_3

$$M_{k1} = R_A \cdot l / 4 - q_0 (l / 4)^2 / 2 - H_1 \cdot C_1 = 0;$$

$$M_{k2} = R_A \cdot l / 2 - q_0 (l / 2)^2 / 2 - H_1 \cdot C_2 - S_1 (C_2 - C_1) - P_1 l / 4 = 0;$$

$$M_{k3} = 3 R_A \cdot l / 4 - q_0 (3 l / 4)^2 / 2 - H_1 \cdot C_3 - S_1 (C_3 - C_1) - S_2 (C_3 - C_2) - P_1 l / 2 + P_2 l / 4 = 0.$$

В результате решения получим

$$C_1 = 0,479m; \quad C_2 = 0,674m; \quad C_3 = 0,520m.$$

Теперь можно вычислить реакцию левой опоры $R_A = 9,31$ т.

Динамическую нагрузку на трос от удара транспорта можно определить по формуле

$$N_{mр}^{\delta} = m \cdot \omega^2 \sqrt{H_{max}^2 + V^2}, \quad (6)$$

где: $m = \frac{Q}{a}$ – масса нагрузки трос; ω – частота собственных колебаний троса.

Литература:

1. Астров В.А. Повышение надежности дорожных удерживающих ограждений. – М., 1991. – 78 с. – (Автомоб. Дороги: Обзор. Информ. / ЦБНТИ росавтодора; Вып. 3).
2. Байнатов Ж.Б. Защитные устоята для экстренной остановки транспортных средств // Автомоб. Дороги. Науч.- техн. Достижения и передовой опыт в области автомоб. Дорог: Информ. Сб./ ЦБНТИ росавтодора. – м, 1991. Вып. 6.
3. Байнатов Ж.Б. «Усиление конструкций мостов и барьеров безопасности автодорог» - Алма-Ата, 1992 (Аналит. Обзор/ КазНИИНТИ.)
4. Байнатов Ж.Б., Направляющие и удерживающие конструкции ограждений на автомобильных дорогах // Автомоб. Дорог. – М, 1991- № 8.
5. Шаршембиев Ж.С. Обоснование критических скоростей движения колесных машин по боковому скольжению на опасных поворотах горных дорог // Наука и новые технологии.- 2013. -№1. – С. 18-21.
6. Джунусбаев К.Т. Особенности грузовых автомобильных перевозок в горных условиях // Наука и новые технологии.- 2013. -№1. – С. 16-17.
7. етов А.Т. Факторы влияющие на эффективность работы автомобилей в горных условиях // Наука и новые технологии.- 2013. -№1. – С. 54-55.

Рецензент: д.т.н., профессор Абдужапаров А.Х.