

УДК 62-788.1/-788.2

ДОРОЖНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ — ВАЖНЕЙШИЙ ЭЛЕМЕНТ ОБУСТРОЙСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ, ВЛИЯЮЩИЙ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

М. В. Лыуров / Центр испытаний «НАМИ» (НИЦИАМТ ФГУП «НАМИ»)

В 2013 году на дорогах Российской Федерации произошло около 20 000 дорожно-транспортных происшествий, в которых погибло около 27 000 человек и получили ранения более 258 000 человек. Из общего количества дорожно-транспортных происшествий 13,2 % приходится на долю опрокидываний, 29 % — на долю столкновений. Общее количество погибших в указанных ДТП составляет более 15 000 человек. Основное количество опрокидываний происходит на автомобильных дорогах вне населённых пунктов и составляет от общего числа опрокидываний около 66 %.

Опрокидывания в основном связаны с непреднамеренным съездом автотранспортных средств с проезжей части дорог, а столкновения, особенно встречные, связаны с выездом на полосу встречного движения.

Главным средством, позволяющим снизить величину подобных дорожно-транспортных происшествий, являются дорожные ограждения. Их установка на разделительных полосах, особенно на федеральных трассах, где скорости движения встречных потоков весьма высоки, позволяет снизить величину особо опасных встречных столкновений. Разделение транспортных потоков дорожными ограждениями только в Москве за последние десять лет позволило уменьшить количество погибших на 9 % и раненых на 4,7 %.

Скорость движения автомобилей на дорогах России постоянно возрастает, что, естественно, отражается на количестве и тяжести последствий ДТП.

Анализ интенсивности движения и скоростей автомобилей на дорогах различных технических категорий, который был проведён в конце 70-х годов в СССР, был основанием для разработки ГОСТ 26804–86, который регламентировал конструкции дорожных ограждений на тот период времени. В 1980 году при разработке конструкций ограждений скорости легковых автомобилей принимались равными 80 км/ч с обеспеченностью 85 % для дорог I–III технических категорий и 70 км/ч для дорог IV–V технических категорий, а для грузовых автомобилей — 60 км/ч.

В настоящее время в связи с увеличением скоростей движения транспортных потоков для разработки современных конструкций дорожных ограждений расчётные скорости были увеличены практически на 40–50 %.

В России разработан стандарт на испытания дорожных ограждений ГОСТ Р 52721–2007, кото-

рый по показателям, предъявляемым к конструкциям, аналогичен европейскому стандарту EN 1317, а ГОСТ Р 52289–2004 регламентирует правила применения дорожных ограждений в зависимости от категории дороги, интенсивности движения и условий эксплуатации.

Для снижения тяжести последствий ДТП при взаимодействии транспортных средств с дорожными ограждениями должны выполняться четыре основных требования:

- дорожное ограждение, установленное на данном участке дорожного полотна или моста, должно обладать достаточной удерживающей способностью, чтобы удерживать автомобиль на проезжей части дороги и исключить переезд транспортного средства через ограждение;
- индекс травмоопасности действующих на транспортное средство перегрузок при его взаимодействии с ограждением не должен превышать 1,1 ед;

- после взаимодействия с ограждением автомобиль должен двигаться в регламентированном коридоре (безопасной полосе выбега после взаимодействия с ограждением);

- ограждение, установленное на данном участке дороги, не должно деформироваться более допустимой величины (в случае наличия каких-либо конструкций на дороге или ограничения величины деформации, связанного с безопасностью встречного потока транспорта).

Фактическая удерживающая способность ограждения определяется по формуле (1):

$$E = 0,5 \cdot M \cdot (V \cdot \sin \alpha)^2,$$

где m — масса автомобиля, т; v — скорость взаимодействия автомобиля с ограждением, м/с; α — угол траектории движения автомобиля с продольной линией установки ограждения.

Обобщённый показатель инерционной перегрузки в центре масс автомобиля при его взаимодействии с ограждением — индекс безопасности I — рассчитывается по формуле (2):

$$E = [(N_x/2)^2 + N_y/9 + (N_z/10)^2]^{0,5},$$

где N_x , N_y , N_z — средние значения инерционных перегрузок при взаимодействии автомобиля с ограждением вдоль продольной, поперечной и вертикальной осей транспортного средства (ТС), возникающих в районе размещения центра масс автомобиля.

Величина безопасной полосы выбега автомобиля после взаимодействия с ограждением регламентируется исходя из условий обеспечения безопасности других участников движения.

Безопасным считается выбег, при котором автомобиль после взаимодействия с дорожным ограждением движется в пределах полосы шириной K на длине

коридора B . Длину коридора принимают равной 10 м для легковых автомобилей и 20 м для грузовиков и автобусов. Ширина коридора для каждого автомобиля вычисляется по формуле

$$K = C + 0,16L + 0,22B,$$

где C — габаритная ширина автомобиля, L — габаритная длина автомобиля.

С 2000 года в испытательном центре НАМИ осуществлялись испытания новых конструкций ограждений, которые в обязательном порядке проводились методами столкновения автобуса или грузовика.

При испытаниях ограждения автобусом или грузовиком в основном оценивается предельная удерживающая способность ограждения и его рабочая ширина. При испытаниях ограждения легковым автомобилем оценивается безопасность взаимодействия главным образом по индексу тяжести травм и безопасности выбега.

Натурные испытания дорожных ограждений проводятся на специальной испытательной площадке, имеющей разгонную полосу длиной 500 м с направляющим монорельсом для наведения автомобиля на ограждение, смонтированное для испытаний. Разгонная полоса представляет собой горизонтальную дорогу шириной 4 м с бетонным покрытием, на которой установлен монорельс.

Ограждение, проходящее испытания, устанавливается в соответствии с требованиями технических условий предприятия-изготовителя на специальной горизонтальной площадке, имитирующей обочину или разделительную полосу. Площадка сверху имеет слой толщиной 1,5 м из специальной песчано-гравийной смеси, имитирующей основание дорожного полотна,

утрамбованной до необходимой плотности. Длина площадки позволяет установить дорожное ограждение длиной до 100 м с начальными и конечными участками. Разгонная полоса и площадка для установки дорожных ограждений спроектированы так, чтобы угол столкновения автомобиля с ограждением составлял 20 градусов. Перед площадкой для монтажа ограждений дорожной группы имеется специальная железобетонная площадка длиной 70 м и шириной 6 м, имитирующая пролёт мостового сооружения для монтажа и испытаний дорожных ограждений мостовой группы, фронтальных удерживающих ограждений и специальных останавливающих устройств.

Разгон автомобиля, который ударяется в ограждение, осуществляется автомобилем тягачом, который движется по полосе, параллельной разгонному участку.

Отделение автомобиля, ударяющегося в ограждение, от направляющего ползуна, движущегося по монорельсу, осуществляется за 6–8 м до линии испытуемого ограждения. При взаимодействии с ограждением автомобиль движется по инерции.

Перед ударом фиксируется скорость движения автомобиля, ударяющегося в ограждение.

Угол наезда автомобиля на ограждение, а также коридор, в котором движется ТС после взаимодействия с ограждением, регистрируется по данным видеосъёмки, выполненной видеокамерой, находящейся над участком возникновения контакта с ограждением.

Величины перегрузок измеряются по трём главным осям автомобиля или автобуса в районе расположения его центра масс посредством трёх акселерометров.

Максимальная величина динамического прогиба ограждения

Таблица 1. Классификация дорожных ограждений по уровням удерживающей способности

Уровень удерживающей способности	У1	У2	У3	У4	У5	У6	У7	У8	У9	У10
Значение уровня максимальной удерживающей способности	130	190	250	300	350	400	450	500	550	600

определяется непосредственными измерениями с использованием натянутой струны и металлической рулетки.

В настоящее время ГОСТ Р 52287–2004 устанавливает классификацию по десяти уровням удерживающей способности дорожных ограждений, представленной в табл. 1.

В зависимости от категории дороги, интенсивности движения, рельефа местности, сооружений, расположенных около дороги, и, самое главное, безопасности дорожного движения, проектировщиками дорог должны выбираться устанавливаемые дорожные ограждения в соответствии с принятой выше классификацией.

До 70 % транспортных средств, движущихся по дорогам Российской Федерации, являются легковыми автомобилями, и, естественно, что до 75 % ДТП, связанных с наездом на ограждение, происходит с легковыми ТС.

Учитывая, что практически отсутствуют отдельные участки дорог, на которых движутся разные категории транспортных средств, применяемые дорожные ограждения должны быть универсальными и обеспечивать безопасность взаимодействия с ними и легковых автомобилей, и грузовиков, и автобусов.

Проведённые натурные испытания дорожных ограждений показывают, что в последние пять лет российские производители добились хороших показателей по изготовлению ограждений, обладающих повышенной удерживающей способностью, за счёт повышения несущей способно-

сти стоек дорожных ограждений и применения на дорогах парапетных железобетонных конструкций ограждений.

Наряду с неплохими показателями, достигнутыми в области повышения удерживающей способности и снижения динамических прогибов ограждений, при испытаниях ограждений методом наезда на них легковых автомобилей были выявлены незначительные недостатки конструкций существующих дорожных ограждений.

Конструкции ограждений высотой 0,75 м с одной двухволновой балкой шириной 306 мм при испытаниях легковым автомобилем с размерами шин 165/70 R13, 175/70 R13 и 165/80 R14 показали, что при расстоянии от нижней кромки балки до опорной поверхности 380–390 мм и выше в 80 % случаев происходит прямой контакт диска колеса со стойкой дорожного ограждения. В процессе взаимодействия с такими ограждениями в результате деформации стоек и частичного подъёма балки автомобиля подныривают под балку ограждения и передним колесом ударяются в стойку.

Для более детального исследования процесса взаимодействия легкового автомобиля с аналогичным ограждением были проведены испытания автомобиля «Лада-Приора» с ограждением ИДО/У4 (300), имеющим двухволновую балку, установленную на деформируемой консоли с высотой ограждения 0,75 м и расстоянием от опорной поверхности до нижней кромки 0,45 м.

Для оценки безопасности пассажиров при взаимодействии автомобиля с ограждением на передних сиденьях автомобиля были размещены два манекена «Гибрид III», оснащённых в соответствии с предписаниями по регулировке и оснащению измерительными датчиками для оценки критериев травмирования человека в условиях фронтального столкновения.

Установленные датчики позволяли провести оценку критериев травмирования головы (НРС), шеи (NIC) и мягких тканей (V*С), сжатия грудной клетки (ThCC), нагрузки на бёдра (FFC) и смещения колёсных шарниров.

Установленная методика используется для оценки безопасности автомобиля при смещённом столкновении по Правилам ЕЭК ООН № 94–01.

Накопление данных показаний датчиков производилось с помощью бортовой системы сбора данных DAS EME Corp. Nanodas.

Обработка полученных данных измерений производилась с помощью программного обеспечения Nanodas. Полученные данные регистрировались через индивидуальные каналы с соответствующими КЧХ (классами частотных характеристик).

Все измерения действующих на манекены нагрузок при взаимодействии автомобиля с ограждением проводились с помощью измерительных приборов, отвечающих спецификациям приложения 8 Правил ЕЭК ООН № 94–01.

При столкновении с ограждением манекены, находящиеся в автомобиле, получили незначительные перегрузки и силовые

Таблица 2. Результаты оценки критериев травмирования водителя и пассажира переднего сиденья в автомобиле «Лада-Приора» при столкновении с ограждением 11ДО/У4 (300) на скорости 90 км/ч

Наименование регистрируемых параметров	Нормируемая величина	Фактическая величина
Скорость автомобиля в момент столкновения, км/ч	56 + 1	90,2
Масса автомобиля, кг		1 382
Масса аппаратуры, кг		172
Манекены на месте водителя		
Величина критерия травмирования головы (НРС), ед.	<1 000	27,5
Результирующее ускорение головы для длительности T = 3 мс, g	<80	15,6
Результирующее ускорение головы максимальное, g	<120	16,0
Величина критериев травмирования шеи (NIC):		
— растягивающее усилие, кумулятивная величина, кН;	<3,3	0,45
— сдвигающее усилие, кумулятивная величина, кН;	<3,1	0,33
— изгибающий момент максимальный, Н·м	>-57	-11,4
Критерий сжатия грудной клетки (ThCC), мм	<50	13,3
Критерий по мягким тканям (V*С), м/с	<1	0,021
Критерий сжатия бёдер (FFC), кумулятивная величина:		
— левое;	<9,07	0,07
— правое	<9,07	0,11
Критерии сжатия голени (TCFC), кН:		
— левая;	<8	0,29
— правая	<8	0,33
Показатели травмирования голеней (Ti), ед.:		
— верх левой голени;	<1,3	0,216
— низ левой голени;	<1,3	0,113
— верх правой голени;	<1,3	0,375
— низ правой голени	<1,3	0,255
Смещение коленных шарниров, мм:		
— левый;	<15	<1
— правый	<15	<1
Манекен на месте переднего пассажира		
Величина критериев травмирования головы (НРС), ед.	<1 000	12,8
Результирующее ускорение головы для длительности T = 3 мс, g	<80	11,1
Результирующее ускорение головы максимальное, g	<120	15,5
Величина критериев травмирования шеи (NIC):		
— растягивающее усилие, кумулятивная величина, кН;	<3,3	0,28
— сдвигающее усилие, кумулятивная величина, кН;	<3,1	0,27
— изгибающий момент, Н·м	>-57	-21,4
Критерий сжатия грудной клетки (ThCC), мм	<50	8,9
Критерий по мягким тканям (V*С), м/с	<1	0,01
Критерий сжатия бёдер (FFC), кумулятивная величина, кН:		
— левое;	<9,07	0,13
— правое	<9,07	0,17
Смещение коленных шарниров, мм:		
— левый;	<15	<1
— правый	<15	<1

воздействия. Данные по испытаниям приведены в табл. 2.

Критерии травмирования отдельных частей тела манекенов не были превышены ни в одной области, что говорит о том, что столкновение с ограждением под углом 20 градусов на скорости 90 км/ч не представляет серьёз-

ной опасности для людей, находящихся в автомобиле.

В процессе взаимодействия с ограждением автомобиль в результате полной деформации консоли и частичного подъёма балки подъехал под двухволновую балку и правым передним колесом ударился в стойку ограж-

дения. При дальнейшем движении автомобиль элементами правой передней подвески и диском колеса сбил три стойки ограждения, развернулся по часовой стрелке на 180 градусов и на 12-метровом участке остановился на площадке перед ограждением (проезжей части дороги).

Автомобиль после взаимодействия с ограждением двигался в пределах ширины безопасного коридора. Однако после взаимодействия с ограждением ТС получило повреждения, которые привели к потере его управляемости из-за повреждения первого переднего колеса и разрыва рулевых тяг. Учитывая, что автомобиль остановился на таком коротком участке, возникает серьёзное опасение, что при плотном потоке движения он будет представлять опасность длязади движущегося транспорта, что может привести к столкновению с ним других автомобилей.

Причиной такого поведения легковых автомобилей с подобными дорожными ограждениями является наличие большого просвета между нижней кромкой балки дорожного ограждения и поверхностью дорожного полотна.

При расстоянии между нижней кромкой балки дорожного ограждения и дорожным полотном более 400 мм в результате недостаточной длины жёсткой консоли (250–300 мм) или деформируемой консоли происходит удар колеса легкового автомобиля в стойку ограждения, что приводит к его развороту на проезжей части и возникновению серьёзных предпосылок для дорожно-транспортного происшествия с тяжёлыми последствиями. Испытания ограждений, у которых расстояние между нижней кромкой балки и дорожным полотном ниже 300 мм, показали хорошие результаты по взаимодействию автомобиля с ограждением. Автомобили не получают серьёзных повреждений подвески, не происходит прямого контакта колеса со стойкой ограждения, ТС остаются управляемыми, что снижает вероятность возникновения ДТП.

Испытания дорожных ограждений на специальном треке ис-

пытательного центра НАМИ показали, что:

— разработанные современные конструкции дорожных ограждений дорожной и мостовой групп позволяют безопасно взаимодействовать с ними разным категориям транспортных средств, обеспечивая при этом необходимый уровень безопасности для пассажиров, находящихся в транспортных средствах;

— при соблюдении требований по правильной установке ограждений в соответствии с ГОСТ Р 52289–2004 и правильном выборе их типа на строящихся и ремонтируемых участках дорог можно добиться значительного снижения количества ДТП с серьёзными последствиями, связанных с непреднамеренным съездом автотранспортных средств с проезжей части;

— установка двусторонних дорожных ограждений, разделяющих встречные транспортные потоки, позволяет обеспечить значительное снижение числа ДТП, связанных со встречными столкновениями;

— для исключения случаев подныривания легковых автомобилей под балку дорожного ограждения с последующим ударом колеса в стойку ограждения в конструкциях дорожных ограждений должны быть предусмотрены специальные элементы, исключающие прямой удар колесом в стойку.