

ТРОСОВЫМ ДОРОЖНЫМ ОГРАЖДЕНИЯМ ДАЕТСЯ ПУТЕВКА В ЖИЗНЬ

Дорожные ограждения необходимы для обеспечения безопасности на дорогах – и с этим, кажется, уже никто не спорит.

Их установка на опасных с точки зрения аварийности участках обязательна, согласно требованиям Технического регламента «Безопасность автомобильных дорог», принятого в рамках Таможенного союза (ТР ТС 014/2011). По регламенту «дорожное ограждение» – устройство, предназначенное для обеспечения движения транспорта с наименьшими рисками столкновений и съездов с дорог, предотвращения переезда через разделительную полосу, столкновения со встречным транспортным средством, наезда на массивные препятствия и сооружения, расположенные на обочине в полосе отвода дороги, на разделительной полосе. Традиционно в нашей стране устанавливались так называемые «парапетные» – бетонные и барьерные – металлические профильные ограждения. Они определенно сыграли (и до сих пор выполняют) свою роль, предотвращая выезды транспорта на встречную полосу движения и съезды с дороги.

Однако в связи с существенным повышением масс автомобилей, их размерности (диаметра колес, высоты центра масс), интенсивности движения по основным трассам (дорогам I и II категорий), увеличением скоростей движения, для удержания автомобилей приходится **повышать удерживающую способность ограждений** – величину, пропорциональную массе автомобиля, умноженной на квадрат скорости движения. Кстати, этот показатель хорошо бы осознать всем водителям. Так, по американским данным, наибольшее относительное количество случаев опасных последствий (смертельных исходов и ранений) с проникновением через ограждение и переворотами приходится на автомобили представительского класса, кроссоверы, минивэны и тяжелые трейлеры.

Повышение удерживающей способности «классических ограждений» про-

изводится за счет увеличения высоты и материалоемкости. Ограждения становятся все более громоздкими (например, односторонние двухэтажные барьерные ограждения с высотой более 1 м), они занимают значительную часть дорожного пространства по ширине и закрывают для водителей перспективу дороги, портят архитектурный облик дорог. Одновременно существенно увеличивается стоимость как самого ограждения, так и работ по его установке и содержанию. В районах со значительным снежным покровом они создают также проблемы со снегоуборкой. Даже в городе, особенно на эстакадах с выделенными полосами, зимой можно видеть, что образовавшиеся около барьерного ограждения снежные валы занимают практически всю полосу движения.

В настоящее время интенсивно проводятся исследования по поиску инновационных решений в области дорожных ограждений, которые уменьшали бы эти недостатки.

В связи с этим началась разработка новых для России конструкций ограждений – тросовых систем безопасности. В свое время попытка устройства таких ограждений уже делалась. Однако в старых конструкциях разработчики пошли традиционным путем – закрепления тросов на жестких забивных (также как и в барьерных ограждениях) стойках, причем тросы устанавливались без регулируемых натяжителей. Использовались тросы подъемно-транспортного назначения, даже бывшие в употреблении. В результате эти ограждения не могли выполнять свои функции удержания, стойки принимали на себя удар автомобиля, тросы не демпфировали удар и вся система получила большие прогибы.

В результате в отечественной дорожной отрасли сложилось стойкое мнение о неработоспособности тросовых систем. Более того, в СНиП 2.05.02-85 «Авто-

мобильные дороги» был указан прямой запрет устройства тросовых ограждений на дорогах I и II категорий. Кстати, это ограничение до сих пор не снято, хотя оно относилось к устаревшим конструкциям тросовых ограждений.

В последние 10 лет тросовые ограждения начали широко применяться в странах с близкими к российским показателями протяженности и нагруженности дорожной сети (США, Канада, Австралия). Началось применение тросовых ограждений в скандинавских странах, странах Восточной Европы, где опасность снежных заносов достаточно высока. Появилась также необходимость рассмотрения возможностей устройства тросовых ограждений и в нашей стране.

По инициативе специалистов Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ) при поддержке Федерального дорожного агентства (Росавтодор) в 2010 году начались исследования и разработки отечественных конструкций тросовых дорожных ограждений. Был учтен опыт зарубежных исследовательских центров и компаний, которые уже на протяжении ряда лет занимаются исследованиями, разработками и анализом работы тросовых ограждений, сравнением различных конструкций, анализом последствий наездов, экономическим анализом. В МАДИ была создана исследовательская группа, в основном из молодых ученых, которые занимаются как проектированием систем ограждений, так и лабораторными испытаниями элементов и развитием расчетного имитационного анализа. Использование математического моделирования на базе современных компьютерных продуктов и современной вычислительной техники позволило за короткий срок решить вопросы рационального выбора конструкций тросовых ограждений, показать особенности их работы, эффективность удержания автомобилей разных типов, последствия наезда. Для расчетов используются метод конечных элементов (МКЭ) и методы

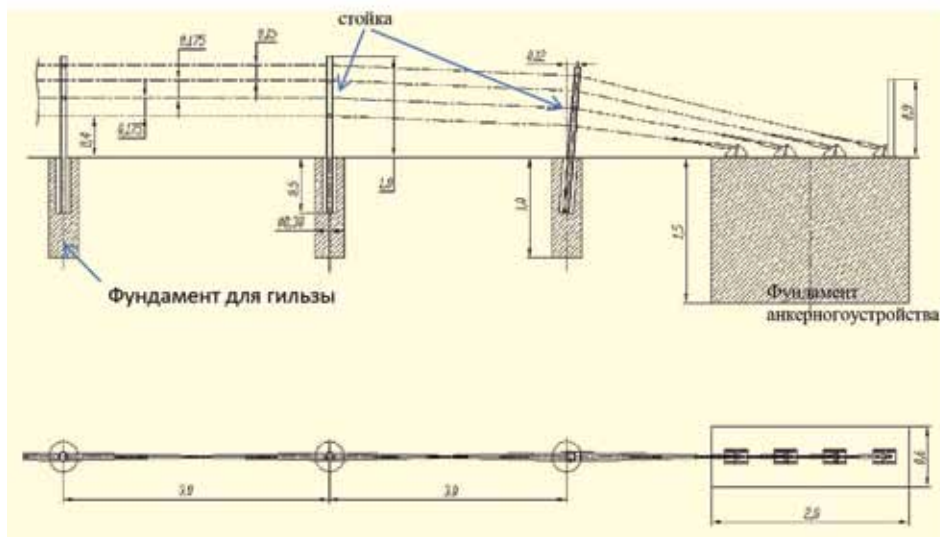


Рис. 1. Схема конструкции четырехтросового дорожного ограждения (конструкция ООО «НПО «Медиана»)

нелинейной динамики – программные комплексы MSC.Nastran и LS-Dyna.

Ниже на рис. 1 показана принципиальная схема тросового ограждения (конструкция ООО «НПО «Медиана»), из рассмотрения которой можно видеть устройство конструкции. МАДИ принимало активное участие в исследовании этой конструкции, проведении расчетного и экспериментального анализа. Металлические профилированные стойки поддерживают натянутые с помощью специальных натяжителей-талрепов тросы (обычно их три или четыре), которые закреплены в анкерных устройствах на уровне дороги. Натяг в тросах составляет около 2 т и зависит от внешней температуры, проверяется по

сезонно с помощью специального измерительного прибора. Стойки свободно установлены на глубину около 40 см в профилированных металлических гильзах, которые, в свою очередь, устанавливаются либо в бетонных фундаментах в грунт дороги (на обочине или разделительной полосе), либо забиваются непосредственно в дорожное покрытие (метод поддержан патентом). При наезде автомобиля на ограждение энергия удара поглощается системой за счет динамического демпфирования в тросах и трения тросов о стойки.

При правильно подобранных параметрах ограждения (сочетание высот установки тросов, увеличение поверхностей трения в системе, жесткость стоек, рас-

стояния между стойками) не должно происходить отскока автомобиля или проникновения его через ограждение, а также опрокидывания. Автомобиль должен очень короткое время двигаться вдоль ограждения по линии динамического прогиба и дальше выезжать на свою полосу движения. На рис. 2 показана расчетная схема наезда автомобиля на тросовое ограждение, показывающая основную ситуацию – устройство ограждения по центральной осевой линии дороги без разделительной полосы. По статистике, огромное большинство воздействий в действительности происходит при углах наезда меньше 20° и при меньшей величине энергии (из-за скорости), чем испытательные критерии, поэтому получающиеся отклонения будут даже ниже, чем максимальный динамический прогиб для данного типа ограждения. Вторжение длится только 200–300 миллисекунд. Если другое транспортное средство находится во встречной полосе движения во время этих 200–300 миллисекунд, вероятность его нахождения на краю полосы – в пределах 300 мс – небольшая.

Если и происходит контакт с транспортным средством во встречной полосе движения, то, благодаря направляющему воздействию тросов, находящихся перед наезжающим АТС, это только скользящее воздействие.

Особенность наших решений состоит в подробном и обоснованно учете как механических характеристик дорожного покрытия и (или) грунта, в которые уста-

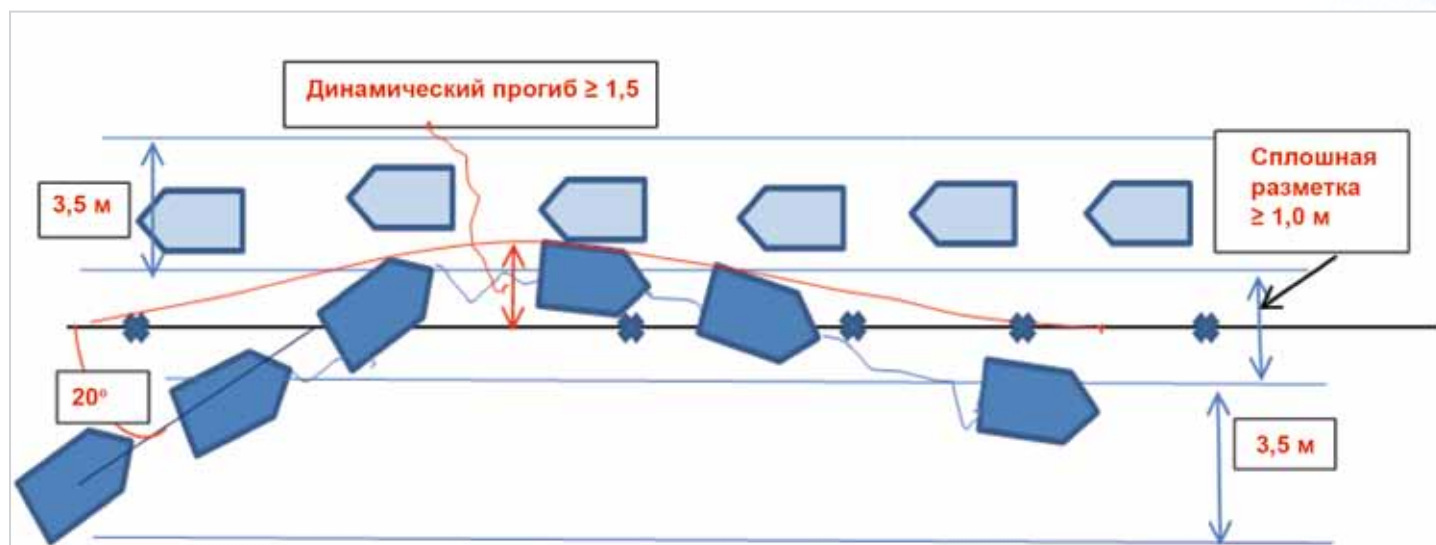


Рис. 2. Схема наезда автомобиля на центральное тросовое ограждение со встречным движением при допустимом динамическом прогибе 1,5 м



Рис. 3. Испытания тросов на испытательных машинах в лаборатории кафедры строительной механики МАДИ: а) испытания на разрыв при усилии до 30 т; б) испытания на растяжение с получением характеристик деформирования



Рис. 4. Испытания троса на удар в лаборатории кафедры строительной механики МАДИ: а) вид стенда; б) измерение натяга

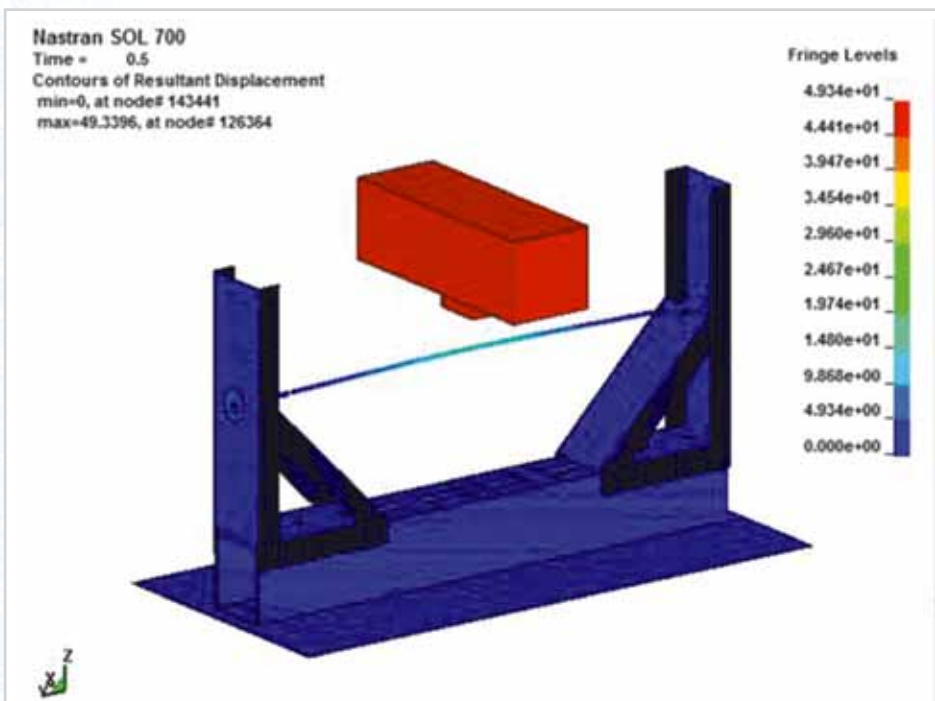


Рис. 5. Конечно-элементная модель имитационных испытаний троса на ударном стенде

навливаются гильзы ограждения, так и характеристик тросов, которые получены непосредственными испытаниями в лаборатории МАДИ.

Наиболее широко для тросовых ограждений применяются сухие трехпрядные тросы диаметром 19 мм без сердечника с 7 нитками проволоки в каждой пряди, изготовленные из высокопрочной рессорно-пружинной стали, трос вытягивается при изготовлении с целью повышения модуля упругой деформации. Основной характеристикой троса является разрывное усилие и модуль упругости. Разрывное усилие тросов не должно быть ниже 17–18 т, а модуль упругости должен составлять 135–155 Н/мм². Также важной характеристикой является диапазон демпфируемых частот, коэффициент демпфирования и скорость распространения волн продольной деформации. От этих характеристик зависит поглощение энергии удара тросовой системой. Ниже на фото (рис. 3 и рис. 4) показан процесс исследований характеристик тросов в лаборатории МАДИ, результаты которых используются как в расчетах, так и для сравнительного анализа тросов различных производителей.

Испытания на растяжения проводятся на испытательных машинах. Нами разработаны виды образцов для различных испытаний. Сравнительный анализ механических показателей тросов различных производителей позволяет выбрать рациональное сочетание троса и остальных элементов ограждения.

Не менее важными для троса дорожных ограждений являются динамические характеристики: скорость распространения волны деформации и демпфирование при ударе. Сравнительные испытания тросов на удар проводятся на специальном стенде (рис. 4). Груз массой 0,9 т с определенной высоты ударяет в свободном падении по натянутому с необходимым усилием тросу. Для измерений используется высокоскоростная киносъемка.

Экспериментальные исследования позволяют провести верификацию математических моделей (рис. 5), которые используются в имитационных расчетах тросовых ограждений.

Аналогичные исследования удара по стойке ограждения, установленной в

гильзу и в бетонный фундамент, или непосредственно в покрытие дороги, проводятся нами как экспериментально, так и методом имитационного расчета. На рис. 6 показано: а – сравнение экспериментальных исследований нагружения стойки; б – расчетная имитация процесса удара. Легко видеть, что имитационный расчет достаточно точно повторяет результаты эксперимента, как качественно, так и количественно.

Наезд автомобиля на ограждение после отработки всех моделей элементов тросового ограждения также имитируется при нелинейном динамическом расчете, что позволяет определить те же потребительские характеристики ограждения, которые выявляются сейчас только при натурных испытаниях на полигонной площадке: динамический прогиб, рабочую ширину, ускорения.

Наиболее важными характеристиками являются ускорения, индекс ASI (индекс тяжести травм). Типичный график сравнения значений индекса ASI по времени, полученный расчетом и экспериментально при натурных испытаниях, приведен на рис. 8.

В начале расчета значения немного завышены, что связано с использованием в этом расчете твердотельной модели автомобиля. В настоящее время твердотельные модели автомобилей заменяются деформируемыми моделями, также на основе МКЭ.

Проводимые исследования позволили сформулировать требования к тросовым дорожным ограждениям и их установке, которые вошли в ОДМ 218.6.004-2011 «Методические рекомендации по устройству тросовых дорожных ограждений для обеспечения безопасности на автомобильных дорогах» и учтены в проектах подготовленной первой редакции ГОСТов ТС по дорожным ограждениям. Наши исследования и рекомендации были учтены при разработке первых отечественных конструкций тросовых дорожных ограждений, производство которых начато пока на двух российских предприятиях: ООО «НПО «Медиана» и ЗАО «Точинвест».

К сожалению, в связи с ограничениями, которые до настоящего времени имеются в СНиП, внедрение тросовых огражде-

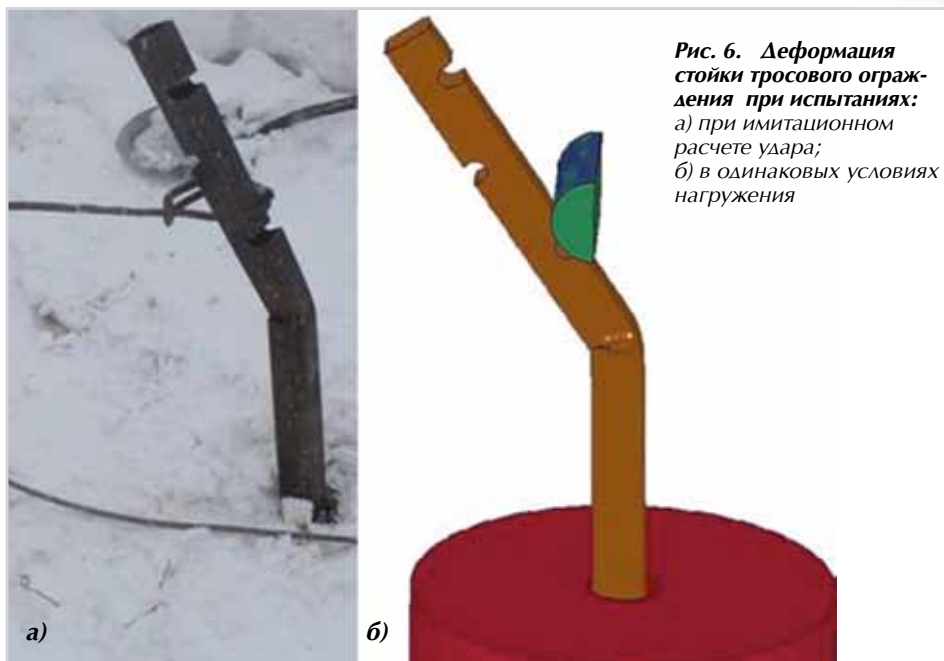


Рис. 6. Деформация стойки тросового ограждения при испытаниях:
а) при имитационном расчете удара;
б) в одинаковых условиях нагружения

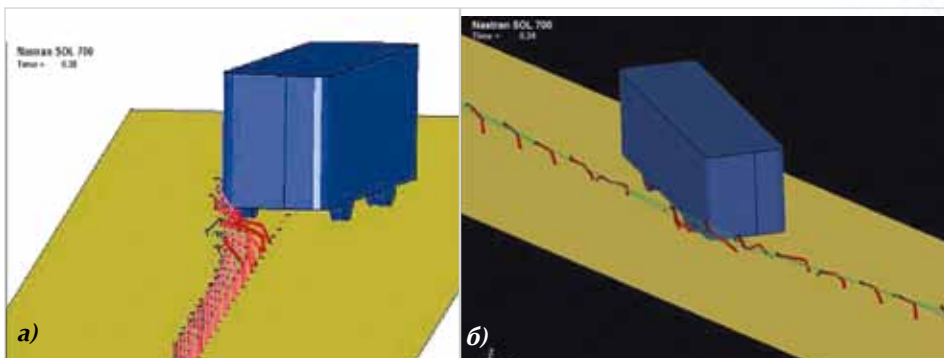


Рис. 7. Вид фрагментов процесса моделирования наезда автобуса на тросовое ограждение при твердотельной модели автобуса

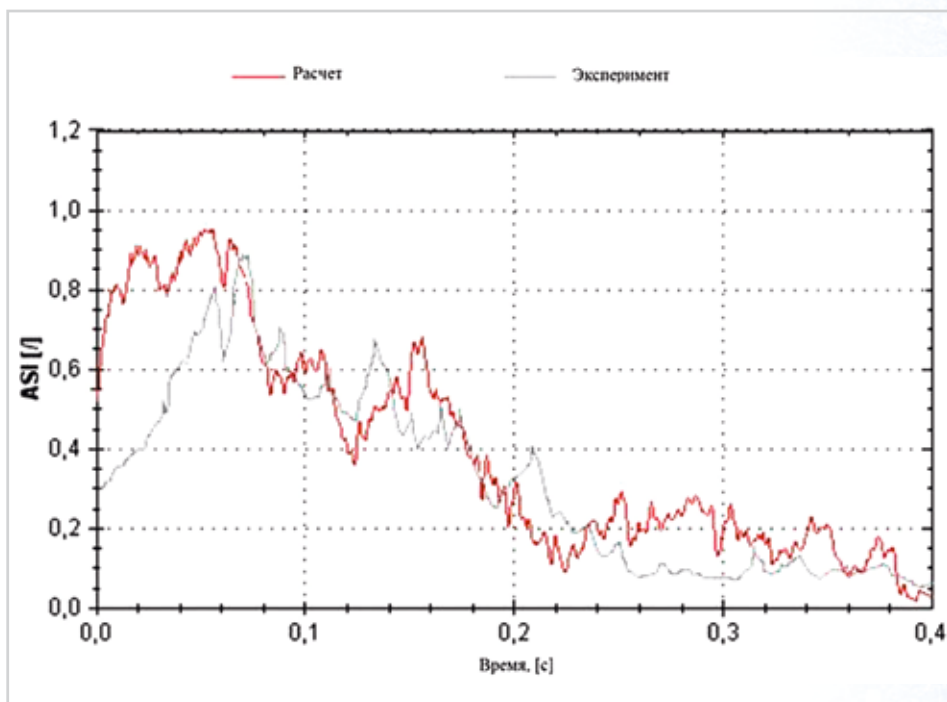


Рис. 8. Графики изменения ASI для процесса наезда АТС на барьерное ограждение по времени



Рис. 9. Устройство тросовых ограждений на дороге А-104 «Москва – Дубна», работы проводит ООО «НПО «Медиана»:
а) забивка гильз под стойки; б) ограждение в эксплуатации

ний на дорогах высокой категории производится по статусу устройства опытных участков. В настоящее время установлено всего около 30 км тросовых ограждений.

Наиболее эффективными решениями являются следующие участки:

- Участок дороги А-107 ММК Горьковско-Егорьевское шоссе, км 44+215, проходящий через город Ногинск, на котором установлено центральное ограждение в черте города по осевой на асфальтобетонном покрытии для разделения потоков и ограждения от пересечения улицы пешеходами. Работы проведены предприятием ООО «НПО «Медиана», ввод в эксплуатацию – сентябрь 2012 года. За 1,5 года не произошло ни одного случая наезда с тяжелыми последствиями, в то время как до установки ограждений было значительное количество смертельных случаев в связи с наездом на пешеходов и выездом на встречную полосу.

- Дорога «Раменское – Донино» на участке 5,900 км – 6,200 км. Здесь

установлено боковое ограждение на грунтовой обочине у откоса, на поворотном участке, проект: МАДИ, производитель: ООО «НПО «Медиана», ввод в эксплуатацию – октябрь 2012 года. По результатам мониторинга – отсутствие за время эксплуатации ДТП с причинением травм людям.

- Дорога А-104 «Москва – Дубна» на участке с км 31,00 по км 37,00 Московской области, проект разработан МАДИ совместно с ООО «НПО «Медиана». Заказчик – ФКУ «Центравтомагистраль», Генеральный подрядчик – ЗАО «Точинвест», подрядчик – изготовитель и установка – ООО «НПО «Медиана». Сдан в эксплуатацию 30 декабря 2013 года.

На рис. 9 показан этот участок в период строительства и при эксплуатации.

Следует отметить, что за два зимних месяца на этом участке по сравнению с теми же месяцами прошлого года имело место снижение аварийности в 4 раза,

смертных случаев – 0 (было 3), снижение количества ранений – в 4,5 раза.

На рис. 10 показано фото результата наезда тяжелого джипа на это ограждение. Автомобиль двигался с начальной скоростью более 100 км/ч, в результате наезда автомобиль «повис» на ограждении, не перескочив на встречную полосу и не опрокинувшись, водитель не получил повреждений.

В результате проведенных исследований и появления отечественных производителей тросовых ограждений постепенно расширяются планы установки этих ограждений на российских дорогах. Планируют установку тросовых ограждений в 2014 году как ФКУ «Центравтомагистраль», так и Государственная компания «Российские автомобильные дороги» (ГК «Автодор»).

ГК «Автодор» совместно с МАДИ и предприятием ООО «Энергосервис» планируют проведение работ по применению тросов отечественного производства ОАО «Северсталь», причем МАДИ проведены уже комплексные исследования характеристик тросов, планируется проведение натурных испытаний ограждений с этими тросами.

Конечно, как при всяком нововведении, возникает много рассуждений – например, на тему об опасности тросовых ограждений для мотоциклистов, об ограничениях, связанных с дорожными условиями и т. п. Работы продолжаются, и в следующей статье мы обязательно обсудим эти вопросы.

И.В. Демьянушко, д-р техн. наук, проф.,
И.А. Карпов, аспирант, МАДИ



Рис. 10. Фото наезда джипа на тросовое ограждение на дороге А-104 «Дмитров – Дубна»