

УДК 621.981

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ БОКОВЫХ ДОРОЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ НА УДЕРЖИВАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ПРИ НАЕЗДЕ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Илюшкин М.В.<sup>1</sup>, Марковцев В.А.<sup>2</sup>, Халилов Ф.Х.<sup>3</sup>, Баранов А.С.<sup>4</sup>

*1 – к.т.н., зам. генерального директора по науке АО “Ульяновский НИИТ”*

*2 – д.т.н., генеральный директор АО “Ульяновский НИИТ”*

*3 – нач. НИС-132 АО “Ульяновский НИИТ”*

*3 – зам. генерального директора по производству АО “Ульяновский НИИТ”*

В последнее время для ограждения автомобильных дорог широкое распространение получили боковые дорожные ограждения, состоящие из металлических профилей различного поперечного сечения. Одна из стандартных конструкций такого бокового дорожное ограждение представлена на рис. 1 и состоит из следующих частей: балка 1, консоль-амортизатор 2, стойка 3.

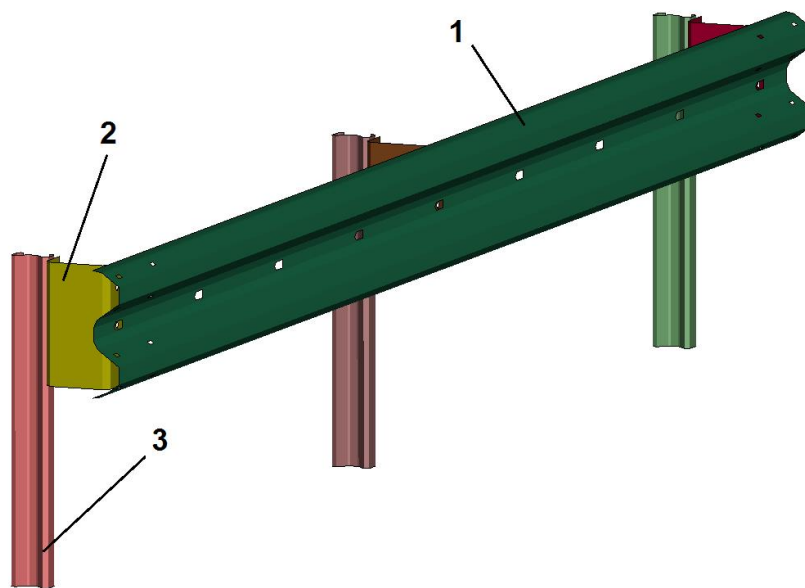


Рис. 1. Элемент металлического бокового ограждения: 1 – балка, 2 – консоль-амортизатор, 3 – стойка

Чертежи сечения деталей “Балка” и “Стойка” представлены на рис. 2, детали консоль-амортизатор (КА) на рис. 3.

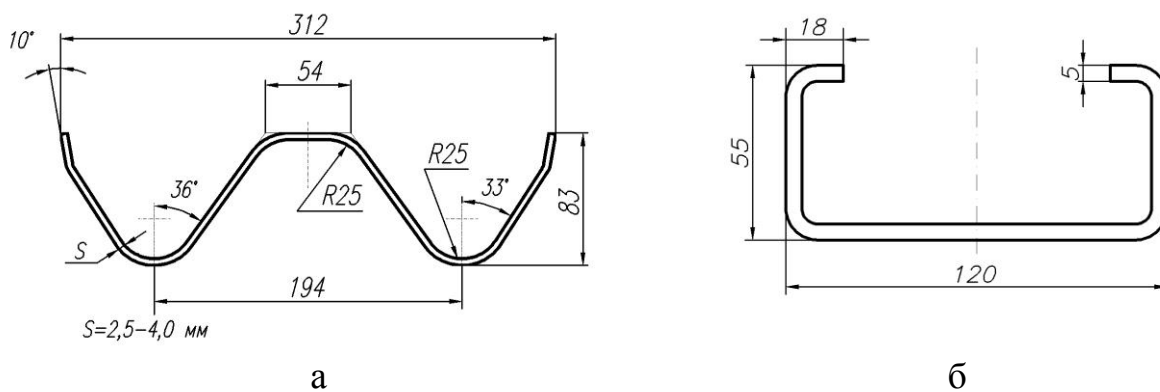


Рис. 2. Сечение детали “Балка” (а) и “Стойка” (б)

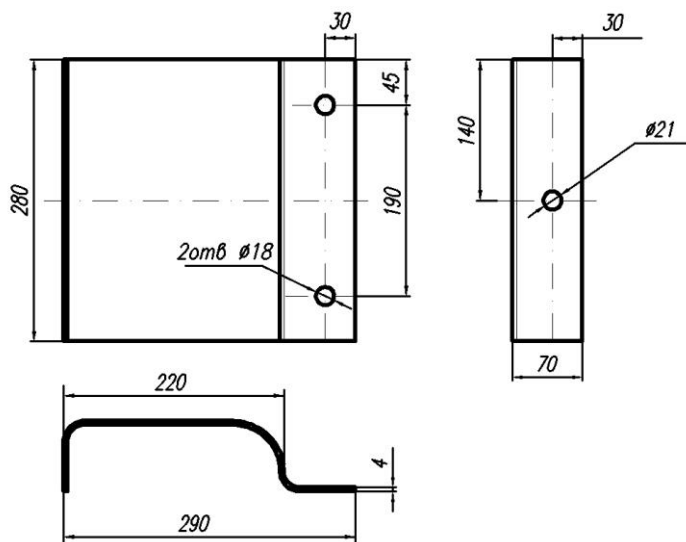


Рис. 3. Деталь “Консоль-Амортизатор”

Детали дорожного ограждения балка и стойка обычно изготавливаются методом гибки листовой заготовки в профилегибочных станах. Подробнее о технологии изготовления профиля “балка” можно ознакомиться в нашей ранней работе [1].

На рис. 4 представлена линия для изготовления детали “балка”. Куда входит 16-и переходный станок ГПС500-М16 (поз. 7) производства АО “Ульяновский НИАТ”, три кривошипных прессы (поз. 5, 8, 10) и несколько дополнительных устройств, таких как разматыватель рулона (поз. 1), пост сварки (поз. 4), стол приемный (поз. 12) и др.

На станок ГПС500-М16 устанавливается роликовая оснастка и происходит формования профиля балка из исходной листовой заготовки. Штампы, устанавливаемые на кривошипные прессы (поз. 6, 9, 11) предназначены для пробивки отверстий и отрезки детали нужной длины.

Детали типа “стойка” тоже могут изготавливаться на этой линии. В этом случае вместо 3 используются только 2 прессы и количество задействованных переходов на гибочно-прокатном стане уменьшается до 8-12.

Кроме сечения стойки С-образного вида (см. рис. 2а) могут применяться и другие сечения: швеллерного вида или сигма (М-образного вида). Эти типы гнутых профилей также могут изготавливаться на данной линии.

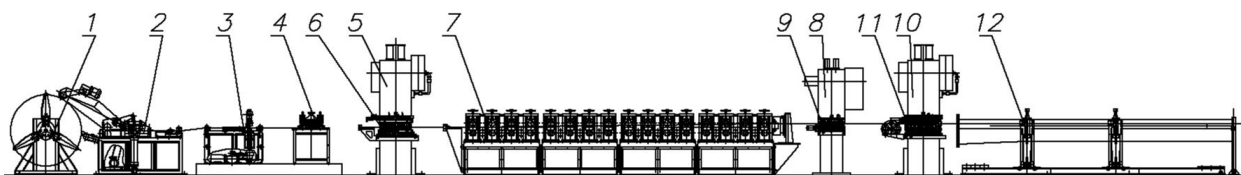


Рис. 4. Линия изготовления детали “Балка” и “Стойка” для дорожного ограждения: 1 - разматыватель рулона, 2 - отгибатель края рулона, 3 - ножницы гильотинные, 4 - пост сварочный, 5 - пресс кривошипный, 6 - штамп перфорирующий, 7 - гибочно-прокатный станок, 8,10 - пресс кривошипный, 9 - штамп перфорирующий, 11 - штамп отрезной, 12 - стол приемный

Детали типа “Консоль КА” также могут изготавливаться на представленной выше линии. Но для их изготовления, как правило, применяются линии автоматизированной штамповки (рис. 5). Что связано с меньшим составом оборудования такой линии, более простой конструкцией отрубного штампа. Кроме того, данная линия применяется и для изготовления детали “Световозвращатель”, которую нецелесообразно делать в профилегибочных станах.

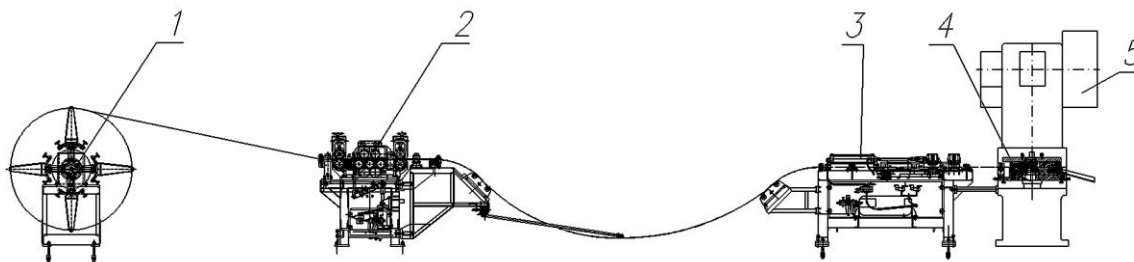


Рис. 5. Линия штамповки детали “Консоль”: 1 - разматыватель рулона, 2 - машина листоправильная, 3 - устройство шаговой подачи, 4 - штамп комбинированный, 5 - пресс кривошипный

В последнее время широкое распространение получили программы компьютерного моделирования различных физических явлений, которые могут с большой точностью смоделировать требуемые технологические процессы. На АО “Ульяновский НИАТ” для таких целей служит программа динамического моделирования LS-DYNA. В данной программе могут быть промоделированы все разрабатываемые технологические процессы изготовления профиля, с получением данных по дефектам, напряженно-деформированному состоянию, энергосиловым параметрам и т.п.

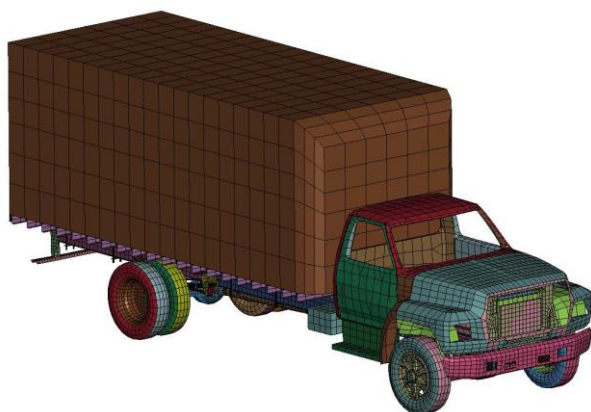
Моделирование формообразования профиля на стадии проектирования позволяет испытать, т.е. провести виртуальный эксперимент различных схем формообразования и перебрать различные варианты таких схем с выбором наилучшей из них, к примеру, за минимальное количество технологических переходов. Например, уменьшить количество используемых переходов для формообразования профиля “балка” с 16 до 10-12, уменьшить металлоемкость существующих формующих роликов путем уменьшения незадействованных в формовке частей роликов и т.п. Все это приводит к уменьшению стоимости такой линии и к повышению конкурентноспособности предприятия использующего такие программы у себя в конструкторско-технологическом отделе.

В тоже время программы компьютерного моделирования можно использовать и в других целях, например, для повышения стойкости конструкций дорожных ограждений к удару или сокращению металлоемкости дорожного ограждения при сохранении требуемой удерживающей способности. Это можно сделать путем перераспределения металла в зоны профиля влияющие на его удерживающую способность, например утолщения зон сгиба. Проанализировать такие схемы и подобрать наиболее оптимальные помогает моделирование данного процесса.

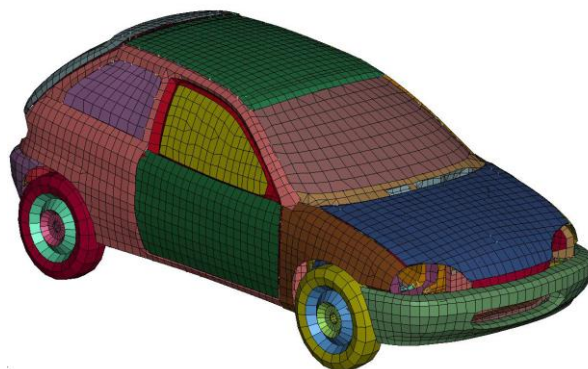
Разработанные на АО “Ульяновский НИАТ” новые методы деформирования (метод стесненного изгиба, метод интенсивного деформирования, метод направленной потери устойчивости) позволяет делать профили с требуемыми параметрами по его сечению. Например, утолщать металл в нужных зонах по сечению профиля, что улучшит сопротивляемость детали к удару.

Определить сопротивляемость ограждения к удару, т.е. оценить его на удерживающую способность также позволяет моделирование в программе LS-DYNA.

Для этих целей применяют конечно-элементные модели транспортных средств (ТС) грузового автомобиля (рис. 6а), легкового автомобиля (рис. 6б) или автобуса (рис. 7).



а



б

Рис. 6. Конечно-элементные модели ТС: а – грузового автомобиля, б – легкового автомобиля

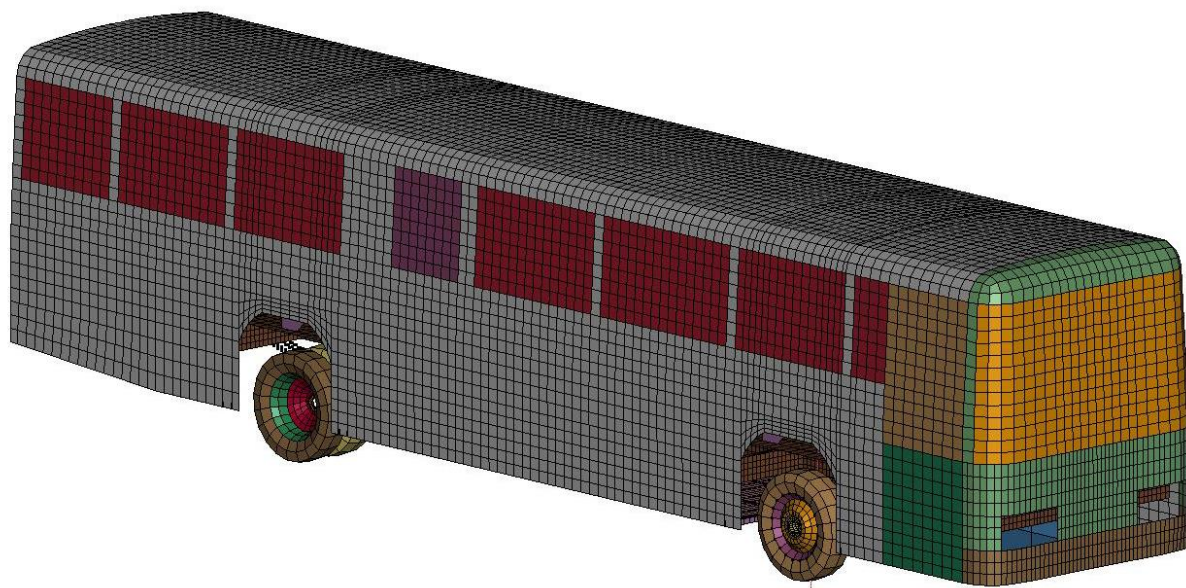


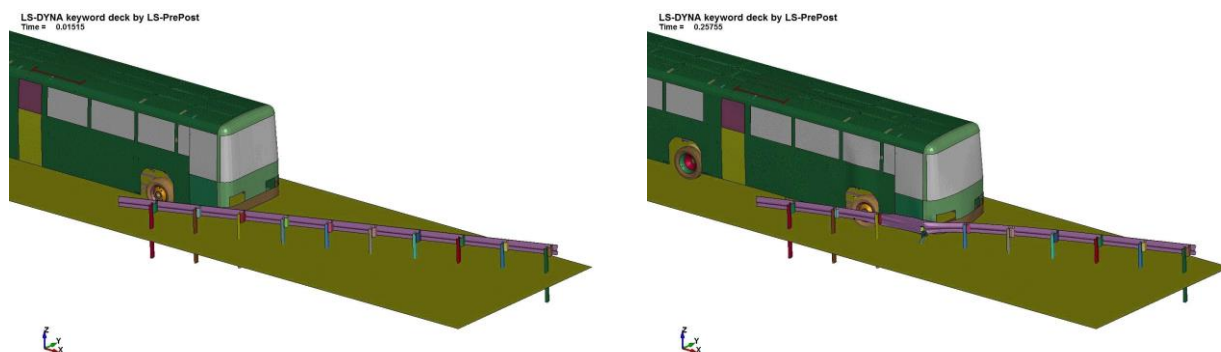
Рис. 7. Конечно-элементная модель автобуса

Основные требования к дорожным ограждения приведены в источниках [2, 3]. В источнике [4] приведены уровни удерживающей способности в зависимости от массы ТС и скорости наезда.

Для определения удерживающей способности спроектированного дорожного ограждения проводят натурные испытания [5]. Но значительная стоимость таких испытания не позволяют в должной мере оценить нужные параметры при корректировке различных элементов ограждений, изменение толщины материала, шага стоек и т.п.

Значительно снизить стоимость испытаний дорожных ограждений позволяет проведение виртуального эксперимента, который может быть осуществлен в одной из программ динамического анализа, например, в LS-DYNA. Некоторые настроечные параметры моделирования можно найти в источнике [6].

В АО “Ульяновский НИАТ” кроме моделирования основного процесса формообразования также приобретен опыт в моделировании процессов удара (наезда) транспортных средств об дорожное ограждение (рис. 8).



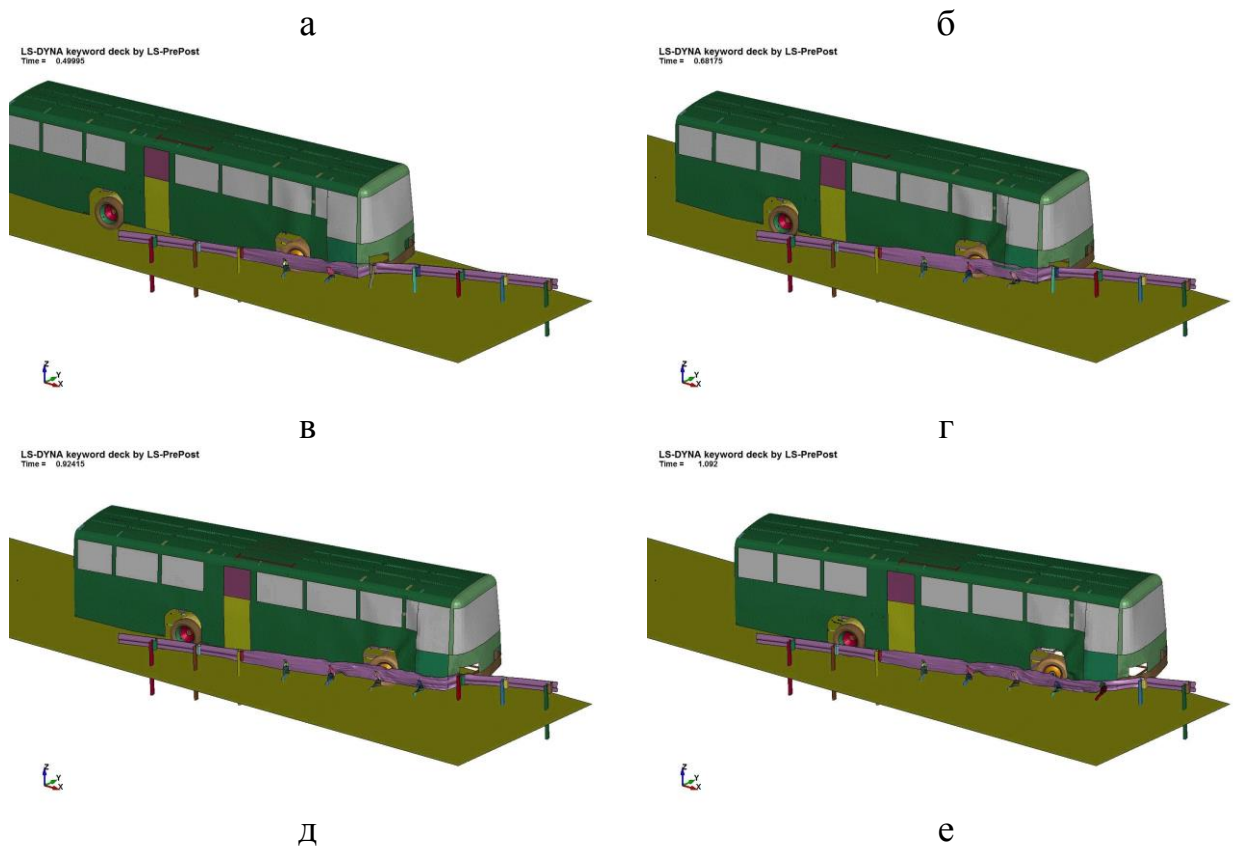


Рис. 8. Наезд автобуса на ограждение в зависимости от времени: а – 0,015 сек, б – 0,25 сек, в – 0,5 сек, г – 0,68 сек, д – 0,92 сек, е – 1,09 сек

Виртуальный эксперимент позволяет смоделировать различные варианты конструкций ограждений, что позволяет корректировать такую конструкцию еще на стадии проектирования. Моделирование позволяет определить такие важные параметры как уровень удерживающей способности, динамический прогиб, рабочая ширина ограждения.

Для повышения точности моделирования важно использовать историю деформирования элементов ограждения. Балка или стойка ограждения уже подвергнута деформации в процессе своего изготовления. Поэтому в модель удара транспортного средства должны использоваться элементы ограждения с сохраненными данными после их изготовления.

В качестве таких данных выступают остаточные напряжения, которые могут как понижать, так и повышать удерживающую способность ограждения, деформации деталей, которые могут отличаться от чертежных размеров. Утонение материала обычно происходящей при гибке приведет к снижению удерживающей способности такого ограждения. Но особые вида деформация, например, деформации по методам стесненного изгиба может наоборот привести к увеличению удерживающей способности за счет увеличения толщин в нужных зонах профилей. Все это позволяет в зависимости от требований нормативной документации еще на стадии изготовления закладывать требуемые параметры в исходные элементы дорожного ограждения, что, в конечном счете, приведет к снижению металлоемкости и стоимости таких ограж-

дений. Таким образом, история нагружения может играть важную роль, а моделирование (виртуальный эксперимент) позволяет учесть это (рис. 9, 10).

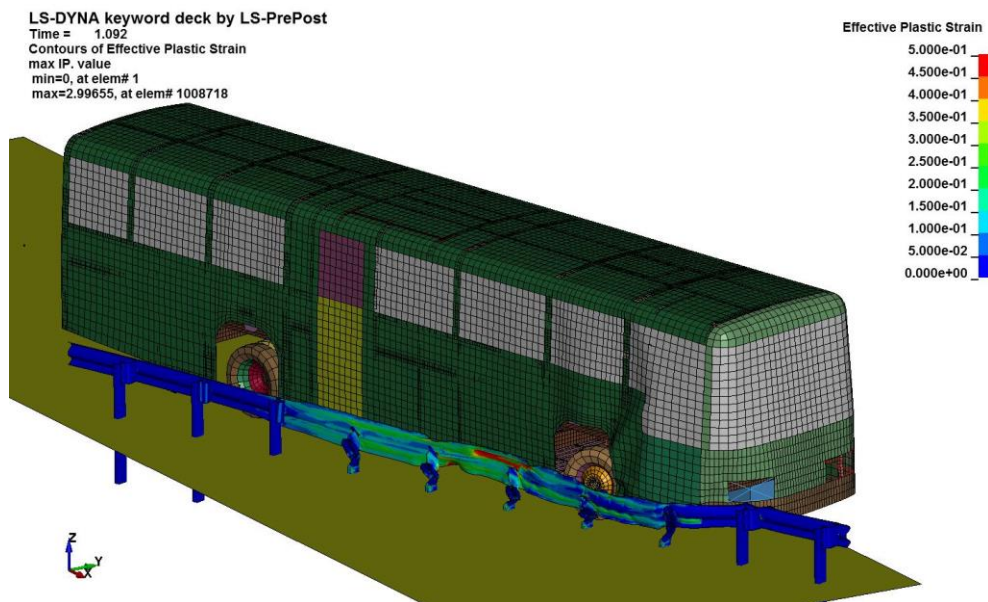


Рис. 9. Пластические деформации элементов дорожного ограждения при наезде автобуса при сохранении истории деформирования на этапах изготовления деталей ограждения

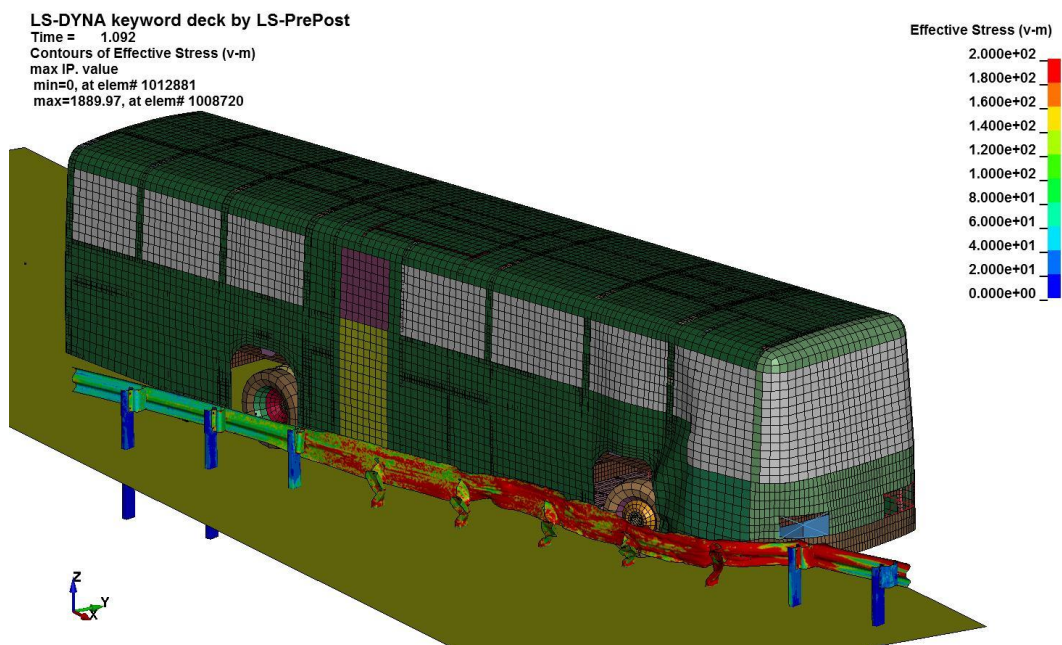


Рис. 10. Напряжения Effective stress von mises элементов дорожного ограждения при наезде автобуса при сохранении истории деформирования (остаточных напряжений) на этапах изготовления деталей ограждения

Повысить качество моделирования позволяет учет точных параметров моделей материала ограждения, грунта или бетона, а также болтовых соединений. При наличии разрушения повысить точность позволяет использование сложных моделей учитывающих это разрушение, например моделей Gismo, которые позволяют учесть разрушение в зависимости от напряженного состояния. Это может быть важно, например, для болтовых соединений подверженных разрушению и которые применяются как в транспортном средстве, так и ограждений. Моделирование болтовых соединения с разрушениями Gismo представлено в работе [7].

Таким образом, технология изготовления элементов дорожных ограждений влияет на удерживающую способность таких ограждений, а использование истории нагружения при моделировании позволяет учесть эту информацию при моделировании удара транспортного средства, таким образом повысить точность расчета, а использование особых схем формообразования позволяет уменьшить металлоемкость ограждений при сохранении его удерживающей способности.

#### Библиографический список

1. Баранов А.С., Илюшкин М.В., Марковцев В.А. [Исследование технологии изготовления гнутого профиля “Дородный отбоник” и оценка удерживающей способности ограждения при наезде транспортного средства](#) // Наука, теория, практика авиационно-промышленного кластера современной России. Материалы V Международной научно-производственной конференции, приуроченная ко Дню Российской науки (г. Ульяновск, 6-7 февраля 2020 г.): сборник научных трудов. – Ульяновск: УлГТУ, 2020. – с. 7-15.
2. ГОСТ 33127-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Ограждения дорожные. Классификация. – М.: Стандартинформ, 2015. – 5 с.
3. ГОСТ 33128-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Ограждения дорожные. Технические требования. – М.: Стандартинформ, 2015. – 11 с.
4. ГОСТ 31994-2013 Технические средства организации дорожного движения. Ограждения дорожные удерживающие боковые для автомобилей. Общие технические требования. – М.: Стандартинформ, 2013. – 16 с.
5. ГОСТ 31970-2012 Технические средства организации дорожного движения. Методы испытаний дорожных ограждений. – М.: Стандартинформ, 2014. – 18 с.
6. ОДМ 218.6.016-2015 Рекомендации по применению компьютерного моделирования для анализа тросовых ограждений методом конечных элементов (МКЭ)/Росавтодор. – М., 2016. – 52 с.
7. Моделирование болтов при помощи модели GISSMO в анализе столкновений. Флориан Шауверкер, Давид Монкайо, Филиппе Андраде, Мар-



кус Фойхт, Markus Beck, Piter Middendorf. 12 Европейская конференция по Is-дупа, 2019, Кобленц, Германия.