

ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

ДОРОГИ

№82

Декабрь / 2019

www.techinform-press.ru



ТЕХНОЛОГИИ
НАДЕЖНОСТИ

ГЕОЭКСПЕРТ



8 800 555-30-53



geoexpert@reliab.tech



308033, Россия, г.Белгород
ул.Коралева 2а корп. 2,
офис 414



www.reliab.tech

И.В. ДЕМЬЯНУШКО, д.т.н., профессор, генеральный директор ООО «МиПК»
 К.Д. СКОБЕЛЕВ, начальник отдела «Вторичных ресурсов и электроэнергетики»
 ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»
 А.П. ЧЕРНОВА, заместитель руководителя отдела МСИ Ассоциации «НП КИЦ СНГ»
 А.А. МУХАМЕТОВА, инженер ООО «МиПК»

ОЦЕНКА КОМПЕТЕНТНОСТИ И КВАЛИФИКАЦИИ ЛАБОРАТОРИЙ, ПРОВОДЯЩИХ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ДОРОЖНОГО ОБУСТРОЙСТВА

Одна из наиболее важных задач при развитии дорожного хозяйства — выпуск качественной продукции. Для этого необходимо проводить достоверные измерения параметров материалов путем оснащения заводов испытательными лабораториями.

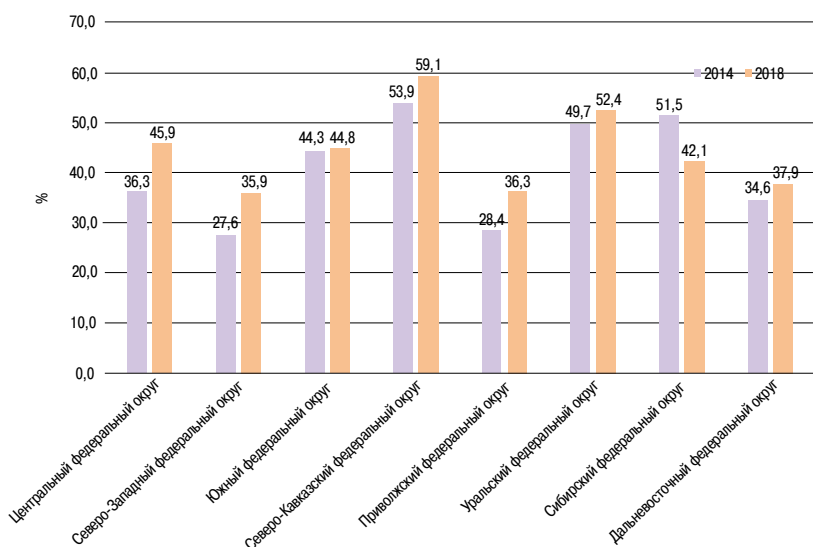


Рис. 1. Доля автомобильных дорог общего пользования, отвечающих нормативным требованиям за 2014 и 2018 гг.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с тем, что поставленная задача распространяется на все технические отрасли промышленности России, а также в связи с тенденцией внедрения цифровых технологий, повышение качества продукции может быть обеспечено путем развития сети испытательных лабораторий.

Если до недавнего времени испытательные лаборатории ориентировались только на экспериментальные исследования, то сегодня, в связи с реализацией Постановления Правительства Российской Федерации от 20.12.2020 №1406 «Об утверждении правил предоставления субсидии из федерального бюджета федеральному государственному бюджетному учреждению «Фонд содействия развития малых форм предприятий в научно-технической сфере» на предоставление грантов юридическим лицам на проведение научно-исследовательских работ в целях реализации планов мероприятий («дорожных карт») Национальной технологической инициативы и о внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 18.04.2016 №317» большее влияние должно быть уделено виртуальным исследованиям с применением цифровых технологий.

В настоящее время цифровизация работ дорожной отрасли, направленная на резкое снижение количества и опасности ДТП, входит во все основные документы, начиная от Указа Президента Российской Федерации от 07.05.2018 №204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» и Распоряжения Правительства Российской Федерации от 28.07.2017 №1632-р до введения этих разделов в национальные проекты, в первую очередь, в проект «Безопасные и качественные автомобильные дороги» и Национальную технологическую инициативу.

В дорожной отрасли особое место занимают лаборатории, проводящие испытания элементов дорожного обустройства (ЭДО), которые играют важную роль в обеспечении безопасности на дорогах и повышении долговечности дорожных конструкций. На рис. 1 представлены сведения о доле автомобильных дорог общего пользования, отвечающим нормативным требованиям (по данным Росстата) в процентах за 2014 и 2018 гг.

В дорожной отрасли для выпуска продукции необходима ее сертификация, включающая проведение испытаний. Важным представляется, что лаборатория, проводящая испытания, должна быть аккредитована в национальном органе по аккредитации. К аккредитованной лаборатории предъявляется требование по включению в Единый реестр органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) Таможенного союза.

Сертификация продукции производится аккредитованными органами, которые должны быть также включены в Единый реестр органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) Таможенного союза. Проведение натуральных испытаний на специально оборудованных испытательных площадках для изготовителя оборудования является достаточно затратным, как по времени, так и по стоимости. При необходимости проведения десятков испытаний, конечная сумма таких работ значительно увеличивается.

У большинства предприятий, занимающихся производством ЭДО, обычно для сертификации продукции необходимо выполнить сертифицирование значительного количества марок (конструкций) однотипных элементов. Например, у одного производителя могут выпускаться более 100 марок металлических дорожных ограждений. Очевидно, что нереально провести натурные испытания по всем объектам, что, в свою очередь, тормозит внедрение и выпуск новых конструкций на рынок.

Развитие информационных технологий и их применение к испытаниям позволило внедрить систему виртуальных цифровых испытаний конструкций ЭДО — TestBed. Преимущество использования виртуальных испытаний наряду с натурными состоит в существенной экономии средств и времени на доводку и оценку конструкций ЭДО. Так, в частности для дорожных ограждений, предварительные оценки показывают не менее чем 8-кратную экономию затрат, что показательно отражено на рис. 2.

Разработка цифровых технологий имитационного моделирования позволяет эффективно решать задачи оптимизации дорожной инфраструктуры с целью обеспечения безопасности, снижения расходов на проектирование и испытания, а также проводить ситуационный анализ ДТП.

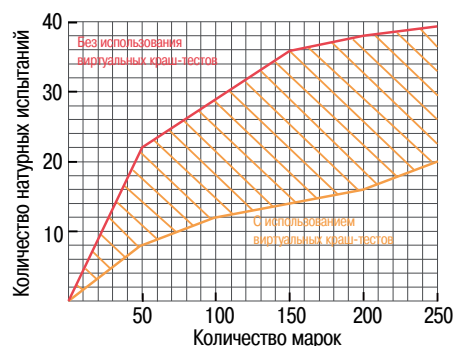


Рис. 2. График соотношения количества виртуальных и натуральных испытаний в зависимости от числа марок дорожных ограждений барьерного типа

Для проведения испытаний создаются цифровые модели (3D цифровые двойники — DIGITAL TWINS), которые применимы как для ЭДО, так и для транспортных средств. Однако не следует считать, что виртуальные испытания полностью исключают необходимость в натуральных испытаниях. Проведение виртуальных испытаний требует валидации (оценки соответствия) цифровых моделей, причем не только геометрии, но и свойств материалов, учета технологии и т. п. Для этого могут служить результаты натуральных полноразмерных и стендовых испытаний.

Цифровая модель (3D цифровой двойник) системы, состоящей из симуляции наезда транспортного средства на элемент дорожного обустройства, должна давать результаты, отличные от натуральных не более чем на 5–10% по основным показателям. Перечень основных показателей и требований к видам испытаний определен в ГОСТ 33128–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Ограждения дорожные. Технические требования (с поправками)». Примеры разработок 3D цифровых двойников для виртуальных испытаний ЭДО и транспортных средств представлены на рис. 3, 4.

Виртуальные испытания представляют собой цифровое математическое моделирование натуральных испытаний с использованием соответствующего программного обеспечения и являются цифровыми технологиями, направленными на повышение качества испытаний, информативности, снижение затрат и в конечном счете — повышение безопасности на дорогах.

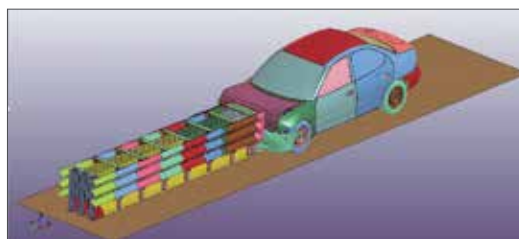


Рис. 3. Наезд легкового автомобиля на фронтальное ограждение

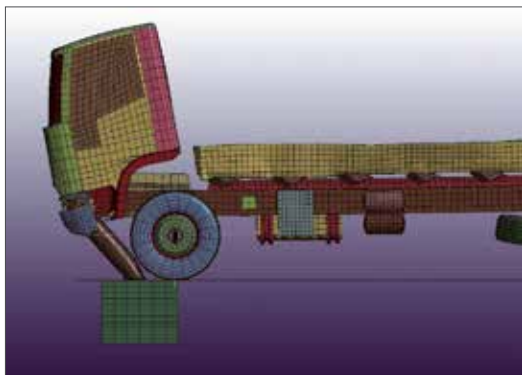


Рис. 4. Наезд грузового автомобиля на противотаранные системы, барьеры

К основным ограничениям в области законодательства, с которыми сталкиваются ведущие страны в области применения передовых производственных технологий относятся:

- законы и стандарты, регулирующие процесс взаимоотношения человека и киберфизических систем нового поколения;
- регулирование деятельности ключевых субъектов отрасли в лице компаний-агрегаторов, которые выступают на рынке от лица множества мелких субъектов, представляя их как единое целое. Их деятельность во многих аспектах остается за пределами нормативного поля;
- нормативно-правовое поле в сфере разработки, прототипирования и интеграции пакетных решений, включающих в себя технологии, стандарты, программы и системы между поставщиком пакета решений и потребителем.

Виртуальные испытания, в свою очередь, облегчают новым производителям процесс выхода на рынок.

Чтобы внедрить повсеместное использование виртуальных испытаний в РФ целесообразно произвести пересмотр нормативных документов с целью более развернутого включения виртуальных испытаний и обеспечения их более точного и достоверного применения. Такая работа уже начата в отрасли, что позволяет применять виртуальные испытания. Разработаны такие документы, как СТО 45029946-001-2018 «Методика проведения виртуальных испытаний боковых дорожных удерживающих ограждений», ОДМ 218.2.001-2014 РОСАВТОДОР «Рекомендации по применению компьютерного моделирования для анализа тросовых ограждений методом конечных элементов (МКЭ)». Возможность применения виртуальных испытаний для дорожных ограждений предусмотрена ГОСТ 33128-2014 и ГОСТ 33129-2014.

Использование цифровых технологий позволит существенно повысить уровень конкурентных преимуществ страны для развития рынка применения передовых производственных технологий. Помимо этого, использование виртуальных испытаний вносит весомый

вклад в создание «Фабрики Будущего» — системы комплексных технологических решений (интегрированных технологических цепочек), обеспечивающей в кратчайшие сроки проектирование и производство глобально конкурентоспособной продукции нового поколения, а также способствует развитию первичной инфраструктуры и запуск испытательных полигонов (TestBed).

При внедрении технологий «умной фабрики» будущего появится возможность получения автоматизированного завода с безлюдным интеллектуальным производством не менее 100% основных технологических операций, что минимизирует риски человеческого фактора. Следует отметить ряд преимуществ, которые свидетельствуют о достоинствах применения технологий «фабрики будущего»:

- сокращение до 50% затрат на производство;
- сокращение временного интервала производства в 2–3 раза;
- возможность прототипирования, проектирования новых процессов производства, существенно снижающая T2M (time to market) готовой продукции;
- повышение предсказуемости производственных процессов, что облегчит прогнозирование и управление деятельностью предприятия;
- переход к виртуальному управлению цепочками поставок (использование Big Data и прогнозной аналитики);
- соединение крупных программных пакетов, обеспечивающих деятельность и управление производством, в единую систему;
- снижение количества дефектной продукции на производстве;
- облегчение конструкций.

ЛАБОРАТОРИИ, ПРОВОДЯЩИЕ ВИРТУАЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

В настоящее время такие испытания проводит Испытательная лаборатория элементов обустройства дорог ООО «МиПК», аккредитованная в национальной системе по аккредитации — Росаккредитации (аттестат аккредитации №РА.RU21НН88 от 25.12.2018) и внесенная в Единый реестр органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) Таможенного союза. Одна из основных задач данной лаборатории является расширение спектра конструкций в области аккредитации.

Для примера, рассмотрим испытания дорожных ограждений. В общем виде виртуальные испытания проводят в следующей последовательности:

1) Генерация конечных элементов (КЭ) ограждения. Основой для генерации сетки служит геометрия, полученная CAD (computer-aided design) системами. Исходная геометрия подвергается ряду преобразований

для получения необходимой сетки КЭ. Общая модель ограждения получается путем объединения полученных основных элементов в одну модель путем копирования.

2) Моделирование ТС. Моделями транспортных средств являются деформируемые транспортные средства с жесткостью несущих элементов, соответствующим жесткости реальной конструкции.

3) Получение общей расчетной модели путем объединения общей модели ограждения и ТС.

4) Построение общей конечно-элементной модели. Для общей оценки качества элементов использовать критерии: якобиан, конусность, скошенность, коробление. Рекомендуемые значения параметров даны в таблице 1.

Таблица 1.
Параметры качества сетки

Параметр	Рекомендуемое значение
Параметр соотношения сторон элемента	не более 10
Якобиан	не менее 0,6
Конусность	не более 45
Скошенность	не более 0,7
Коробление	не более 10

Допускается сильное отклонение этих параметров от рекомендуемых значений. Для таких случаев должно быть дано краткое обоснование выбора формы элементов.

Плотность сетки должна быть достаточной, чтобы гладко описать деформированную геометрию. В случае сомнений по поводу плотности сетки, возможна проверка сходимости решения путем измельчения сетки и сравнения результатов или путем оценки гладкости сеток.

Типичными численными ошибками являются:

- превышение скорости допустимого диапазона (out-of-range velocities);
- отрицательный объем элемента (negative volume in brick elements);
- превышение массы допустимого диапазона (termination due to mass increase).

Для четкого выявления причин нестабильности рекомендуется уменьшать шаг вывода результатов, а также выводить энергии.

Если начальный шаг по времени удовлетворяет условию Куранта и в дальнейшем становится недостаточно малым, необходимо изменить масштабный коэффициент шага по времени или изменить непосредственно шаг по времени.

При наблюдении в модели сильной деформации по типу песочных часов необходимо ограничить эту деформацию.

Рекомендуется использовать ограничение по жесткости типа Flanagan-Belytschko. Если не хватает разрешения точек интегрирования для описания напряженного состояния конструкции, возможно использование полно интегрируемых элементов с контролем вращательных деформаций типа песочных часов.

Если относительная скорость между двумя деталями высока, лучше уменьшить интервал сортировки блоков контакта и увеличить глубину поиска контактов. В случае, если имеется множество взаимодействий по граням, — использовать сегментный поиск контактов.

Необходимо проверить правильность задания модели. Все величины должны быть заданы в одной системе измерения, правильность формулировок элементов и материалов.

На рис. 5 приведен пример моделирования испытаний наезда автобуса на барьерное металлическое ограждение.

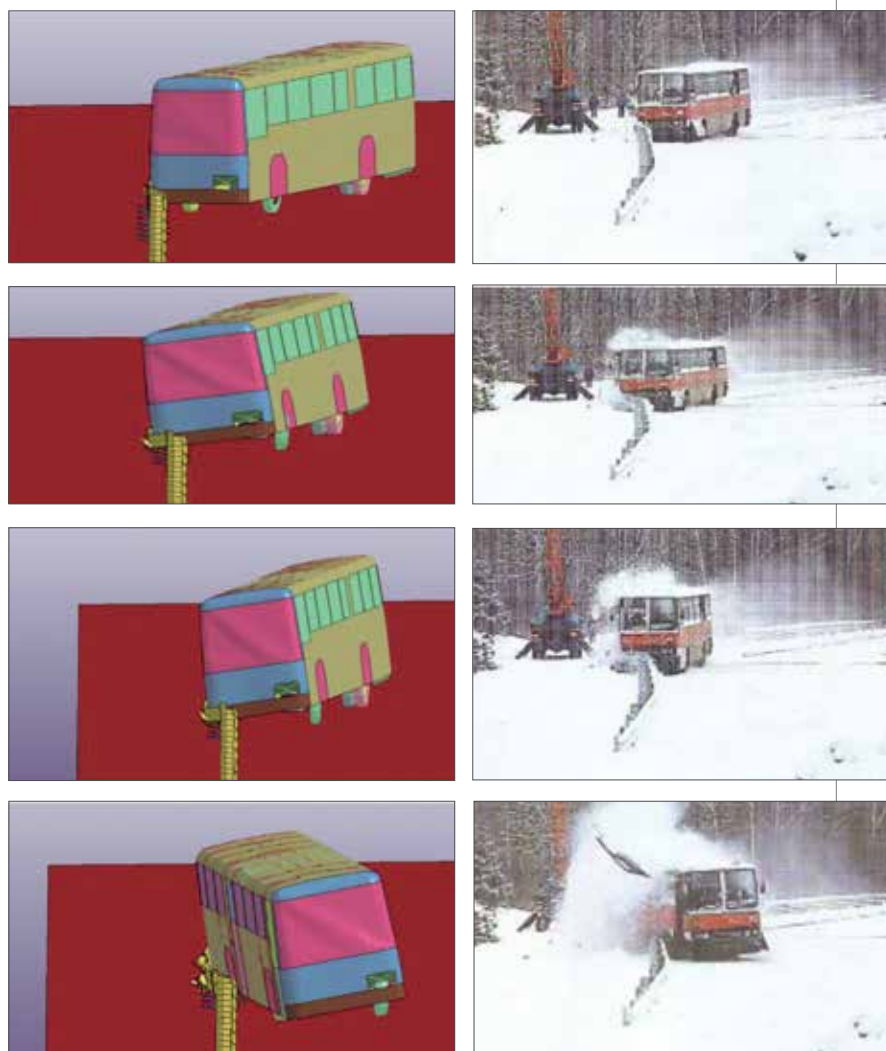


Рис. 5. Пример моделирования испытаний наезда автобуса на барьерное металлическое ограждение

ОЦЕНКА КОМПЕТЕНТНОСТИ И КВАЛИФИКАЦИИ ЛАБОРАТОРИЙ, ПРОВОДЯЩИХ ВИРТУАЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Критерии, предъявляемые к лабораториям при прохождении аккредитации в национальном органе по аккредитации, установлены Приказом Министерства экономического развития РФ от 30.05.2014 №326 «Об утверждении критериев аккредитации, перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации, и перечня документов в области стандартизации, соблюдение требований которых заявителями, аккредитованными лицами обеспечивает их соответствие критериям аккредитации».

В соответствие с требованиями Росаккредитации, изложенными в документе «Политика Росаккредитации по участию в деятельности по проверке квалификации путем проведения межлабораторных сравнительных (сравнительных) испытаний (МСИ)» от 28.10.2016 лаборатория должна не реже 1 раза в год принимать участие в программах МСИ и в течение 5 лет должна принять участие в МСИ по всем методам испытаний, включенным в область аккредитации.

Помимо этого, необходимость участия в МСИ определяются первым абзацем п. 3 «Участие лабораторий в программах проверки квалификации» Политики Росаккредитации в отношении МСИ: «Участие в программах МСИ лаборатории, аккредитованной в национальной системе аккредитации, является обязательным, где такая деятельность доступна и применима».

Межлабораторные сравнительные испытания (МСИ) — это процесс, включающий организацию, проведение и оценку качества испытаний контрольных образцов различных объектов исследования по определенным показателям в двух и более лабораториях в соответствии с заранее утвержденной программой. Такая процедура хорошо отработана для оценки квалификации лабораторий, проводящих экспериментальные испытания. Для виртуальных испытаний такая работа только на начальной стадии и носит затруднительный характер в связи с невысоким количеством таких лабораторий.

В 2019 году Ассоциацией «НП КИЦ СНГ» была разработана и проведена программа МСИ для виртуальных испытаний по дорожным ограждениям.

В соответствие с программой МСИ в качестве образцов для контроля использовались исходные данные, то есть информационные сведения, тре-

буемые для реализации виртуальных испытаний, а именно:

- конструкторская документация дорожных ограждений;
- наименование материалов, из которых изготовлены детали ограждения с указанием подгрупп, влияющих на механические характеристики;
- описание соединительных элементов, используемых в ограждении и конструкции крепления ограждения к дорожному полотну с указанием параметров, позволяющих определять жесткость соединения.

Таким образом, участникам предлагалось провести виртуальные испытания (наезда ТС на ограждение под углом к его оси) в соответствии с ГОСТ 33129–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Ограждения дорожные. Методы контроля» и определить следующие показатели:

- удерживающая способность;
- динамический прогиб и рабочая ширина;
- индекс тяжести травмирования;
- опасность характера деформации автомобиля.

Статистическая обработка результатов МСИ проводилась в соответствии с требованиями следующих документов по стандартизации: РМГ 103–2010, ГОСТ Р 50779.60–2017, Р 50.4.006–2002, ГОСТ Р ИСО 5725–2–2002, ГОСТ Р ИСО 5725–5–2002 и ГОСТ Р ИСО 5725–6–2002.

Оценка качества выполнения работ по программе МСИ была основана на сравнении результатов виртуальных испытаний с эталоном — результатами натуральных испытаний, которые были получены заранее, при планировании программы.

По итогам, лаборатории, принявшие участие в межлабораторных сравнительных испытаниях, подтвердили свою квалификацию, получив удовлетворительные результаты. Данная работа доказывает возможность проведения МСИ в области виртуальных испытаний.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании вышеизложенного, сегодня имеется перспектива развития методов виртуального анализа при сертификации продукции, существенно расширяющая и значительно ускоряющая и удешевляющая процесс внедрения выпускаемых изделий, которые подлежат сертификации. Этот подход может быть распространен и в других сферах промышленности.

Проблема состоит в необходимости переработки документов по стандартизации в части развития требований к проведению испытаний, валидированию испытаний не только для дорожной отрасли, но также и для других сфер. ■