

плений под тот или иной вышеперечисленный вид дополнительной защиты, что существенно снизит нагрузку на личный состав ремонтных подразделений по их установке в полевых условиях, тем самым даст больше времени ремонтным подразделениям для выполнения более трудоемких видов работ.

Вместе с тем используемые виды защиты, безусловно, эффективны, однако, установленные на автомобиль, они громоздки, тяжелы, не полностью собой укрывают все элементы конструкции автомобиля, что существенно увеличивает массу автомобиля, повышает расход топлива и влияет на его маневренность на поле боя. В данном случае альтернативой применяемым средствам, а в большей степени материалу, из которых они изготавливаются (а это в основном сталь) могут стать легкие эластичные защитные покрытия для военной автомобильной техники, изготовленные из различных прочных композитных материалов, которые по своим тактико-техническим характеристикам не только не уступят место имеющимся средствам защиты от воздействия обычных средств поражения, но и превзойдут их по ряду характеристик.

Так как техника при использовании таких материалов ввиду малого веса будет укрываться полностью, это, конечно же, снизит обзорность водителю, однако использование для управления машиной внешних видеокамер (они широко распространены в легковом автомобилестроении) увеличит визуальный обзор местности с рабочего места водителя и старшего машины, причем радиус обзора может составить все 360°. Также защитное покрытие позволит нанести на него различные средства снижения заметности, что также позволит попутно решить ряд проблем с маскировкой.

УДК 678.7.001.57

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

К. В. ЕФИМЧИК, Е. Ф. КУДИНА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В развитии промышленного производства в настоящее время важно совершенствование характеристик материалов. Как правило, при этом основные усилия направляют на снижение веса изделия, увеличение его прочности и повышение стойкости к агрессивным средам. В связи с этим возникает потребность в новых материалах, способных с наибольшей эффективностью заменить традиционные. В настоящее время внимание уделяется полимерным композиционным материалам (ПКМ). Из таких материалов получают детали с особыми свойствами и высокими эксплуатационными характеристиками. При получении изделий из ПКМ нужно учитывать их будущие

высокие прочностные свойства, с одной стороны, а также специфику их переработки и утилизации – с другой [1].

Инженерный компьютерный анализ в процессе создания нового изделия позволяет спрогнозировать поведение системы и с минимальными затратами времени сопоставить ряд различных альтернативных конструкторских решений. В результате снижается объем экспериментальной отработки и доводки изделия, повышается его качество, а сам процесс проектирования ускоряется и удешевляется. Роль компьютерного моделирования и инженерного анализа при разработке новых изделий растет и в конечном счете они должны стать неотъемлемой частью любого процесса проектирования. Это предполагает тесную взаимосвязь между модулями геометрического моделирования и инженерного анализа компьютерных систем проектирования.

Современные системы инженерного анализа (или системы автоматизации инженерных расчетов) – CAE (computer-aided engineering) обеспечивают решение задач линейного и нелинейного статистического анализа, анализа частоты, устойчивости, температурного анализа, усталости, испытаний на ударную нагрузку, линейного и нелинейного динамического анализа, анализа оптимизации и др. CAE применяются совместно с CAD-системами компьютерного геометрического моделирования (computer-aided design). Назначение CAD-систем – создание 3D-моделей и получение чертежей. Часто CAE интегрируются в CAD, образуя гибридные CAD/CAE системы.

CAE-системы включают расчетные модули, позволяющие оценить, как поведет себя компьютерная модель изделия в реальных условиях эксплуатации. Расчетные модули, используемые в CAE-системах, основаны на численных методах решения дифференциальных уравнений (метод конечных элементов, метод конечных объемов, метод конечных разностей и др.) [2]. В настоящее время системы инженерного анализа применяются во всех сферах деятельности. На рисунке 1 представлено распределение CAE-систем по сферам деятельности.



Рисунок 1 – Распределение CAE-систем

За последние 10 лет мировой рынок CAE платформ вырос с 2,2 млрд USD до 5,3 млрд USD (+146 %). Согласно последним исследованиям 9 ведущих компаний, занимающихся разработкой CAE-систем, занимают около 75 % мирового рынка. На рисунке 2 представлен объем мирового использования ведущих компаний в области систем инженерного анализа.

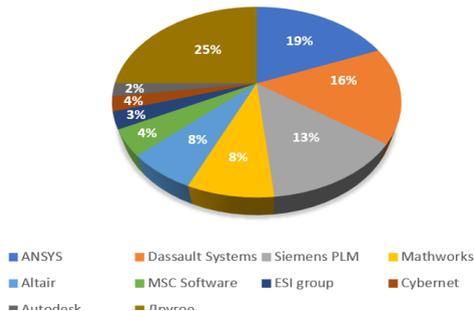


Рисунок 2 – Объем использования систем инженерного анализа

Из приведенной диаграммы видно, что к основным мировым лидерам рынка систем инженерного анализа относятся ANSYS, Dassault Systemes и Siemens PLM Software. Программное обеспечение вышеперечисленных компаний позволяет путем проведения виртуальных исследований, не требующих натуральных экспериментов, с высокой точностью определить физико-механические характеристики изделий из разрабатываемого материала [3].

Использование программы ANSYS позволяет разработать методику исследования механических характеристик в твердых телах при деформациях на растяжение и сжатие. Модуль ANSYS/Mechanical предоставляет широкие возможности для выполнения проектных разработок, анализа и оптимизации: решение сложных задач прочности конструкций, теплопередачи и акустики. Эта программа, обеспечивающая проверку правильности проектных работ, является мощным инструментом для определения перемещений, напряжений, усилий, температур и давлений, а также других важных параметров [4]. Рабочая область и структурный анализ изделия представлен на рисунке 3.

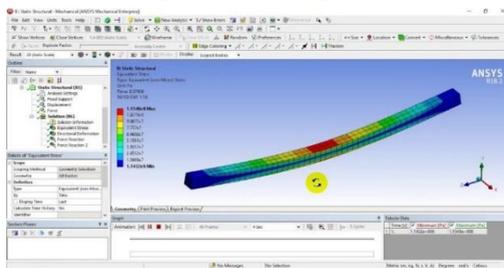


Рисунок 3 – Структурный анализ изделия

Dassault Systemes (биржевой индекс DASTY) на рынке CAE занимает 2-ю позицию. Работы в области CAE-технологий ведутся под брендом SIMULIA. Инструменты для инженерного анализа содержатся также в пакетах CATIA и SOLIDWORKS. SOLIDWORKS – программный комплекс для автоматизации работ промышленного предприятия на этапах конструкторской и технологической подготовки производства. Обеспечивает проверку изделий из разработанного материала любой степени сложности и назначения, обеспечивает проверку правильности проектных работ, анализ конфликтов и поиск оптимального решения в эскизах, деталях и сборках, геометрическую оптимизацию порядка построения модели, скрученных и уклонов [5]. Рабочая область и анализ нагрузки изделия представлен на рисунке 4.

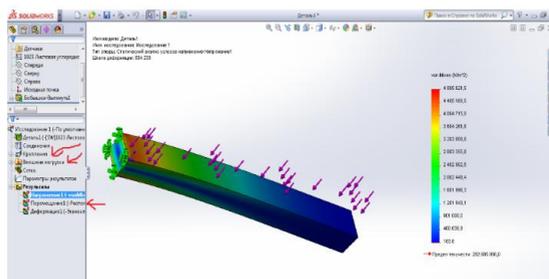


Рисунок 4 – Анализ нагрузки изделия

На военно-транспортном факультете в УО «Белорусский государственный университет транспорта» для 3D-моделирования и расчета прочностных характеристик изделий применяется программа Autodesk Inventor Professional.

В настоящее время нами произведен расчет оптимального размера сборно-разборного дорожного настила (СРДН), устанавливаемого на любую поверхность и собираемого с помощью замков в любую конфигурацию без использования специальной грузоподъемной техники [6].

С применением данного СРДН (рисунок 5) возможно укладывать не только ровную колею, но и места разъезда техники, площадки для хранения техники, выполнять плавные повороты, укладывать пешеходные дорожки, а также настилы для оборудования палаточных лагерей в полевых условиях.



Рисунок 5 – Сборно-разборный дорожный настил

Давление, оказываемое при проезде транспортного средства по СРДН, было рассчитано исходя из массы грузового автомобиля 10 т и площади, на которое оказывает давление колесо 0,08 м², по формуле:

$$P = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{10\,000 \cdot 9,81}{0,08} = 1\,226\,250 \text{ Па} \approx 1,2 \text{ МПа.}$$

Для проведения расчетов была разработана 3D модель СРДН, после чего в качестве материала изделия были заданы параметры разработанного композиционного материала на основе геомодифицированных полиолефиов (рисунок 6) [7].

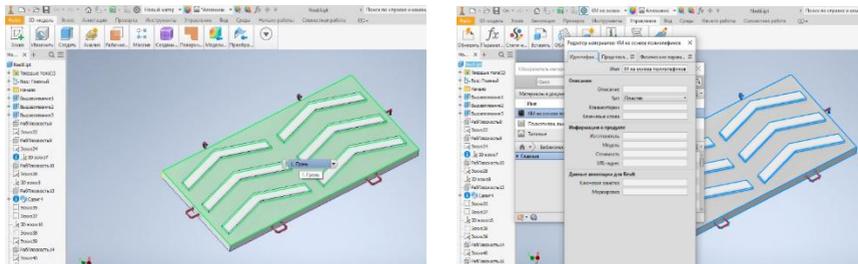


Рисунок 6 – 3D-модель СРДН и установка параметров материала

Для проведения инженерного анализа с помощью программы Autodesk Inventor Professional была выбрана зависимость фиксации с наименьших торцов СРДН, а также установлено давление, оказываемое при проезде транспортного средства по СРДН в соответствии с расчетами (рисунок 7).

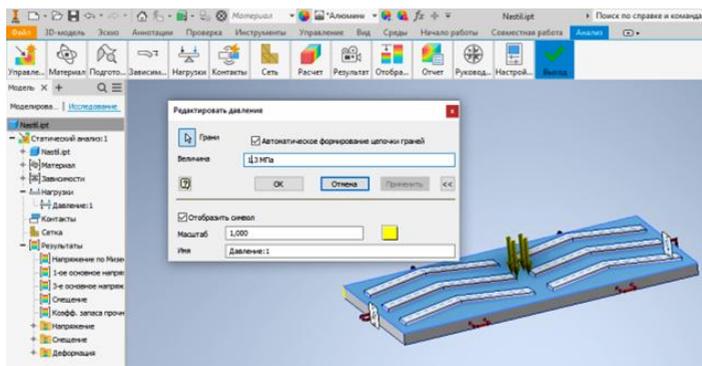


Рисунок 7 – Установка давления в соответствии с расчетами

Для проведения точных расчетов необходимо разбить деталь на конечные элементы с помощью сетки, а также выбрать в параметрах величину смещения (прогиба) в месте приложения заданного давления (рисунок 8).

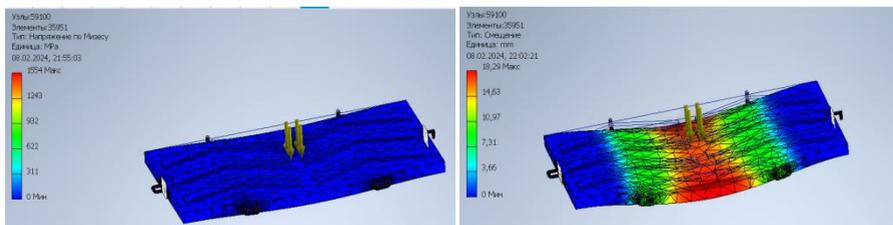


Рисунок 8 – Разбиение изделия на конечные элементы и величина прогиба

Необходимо отметить, что при проведении эксперимента СРДН был условно зафиксирован со стороны крайних торцов изделия. При приложении заданного давления изделие подвергается деформации, но не разрушается. В действительности изделие должно укладываться на твердый или полутвердый грунт, что исключает возможность прогиба изделия.

После проведения расчетов модель СРДН была оптимизирована до размеров, которые возможно изготовить на производстве.

Таким образом, с помощью программы Autodesk Inventor Professional возможно спрогнозировать поведение изделия при заданных нагрузках. В результате снижается время на изготовление нескольких экспериментальных образцов различных размеров, а сам процесс проектирования ускоряется и удешевляется.

Также программа позволяет создавать анимацию деформации изделия с заданным давлением в различный период времени и отчет по результатам эксперимента в виде .html файла.

Список литературы

1 Восточно-европейский журнал передовых технологий : сб. науч. ст. / Частное предприятие «Технологический Центр»; редкол.: Д. А. Демин (гл. ред.) [и др.]. – Харьков : Технологический Центр, 2016. – 912 с.

2 **Лукинских, С. В.** Компьютерное моделирование и инженерный анализ в конструкторско-технологической подготовке производства : учеб. пособие / С. В. Лукинских. – Екатеринбург : Урал. ун-т, 2020. – 168 с.

3 Программный комплекс Fidesys [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.sstc.spb.ru/upload/iblock/e76/06-Пакет Fidesys для прочностного инженерного анализа.pdf>. – Дата доступа : 24.05.2024.

4 Официальный сайт ANSYS [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.cadferm-cis.ru/products/ansys/structures/mechanical>. – Дата доступа : 24.05.2024.

5 **Ефимчик, К. В.** Моделирование изделий из порошковых материалов с использованием современных систем инженерного анализа / К. В. Ефимчик, Е. Ф. Кудина // Новые материалы и технологии: порошковая металлургия, композиционные материалы, защитные покрытия, сварка : материалы Междунар. конф., посвящ. 50-летию основания Государственного научного учреждения «Институт порошковой металлургии им. академика О. В. Романа», г. Минск, 14–16 сентября 2022 г. – Минск, 2022. – С. 183–188.

6 Сборно-разборный дорожный настил: заявка № а20230136 / К. В. Ефимчик, Е. Ф. Кудина, А. А. Поддубный. – Заявл. 01.06.2023.

7 Композиционный песчано-полимерный материал конструкционного назначения: заявка № а20220175 / К. В. Ефимчик, А. А. Поддубный, Е. Ф. Кудина, Р. Ю. Доломанок. – Заявл. 30.06.2022.

УДК 625.08:681.5

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ НЕЙРОСЕТЕВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫМИ МАШИНАМИ

В. В. ТОМАШОВ, В. В. ПЕТРУСЕВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Искусственные нейронные сети представляют собой технологию, опирающуюся на следующие основные дисциплины: нейрофизиологию, математику, статистику, физику, компьютерные науки и технику. Они находят своё применение в таких разнообразных областях, как моделирование, анализ временных рядов, распознавание образов, обработка сигналов и управление, благодаря одному важному свойству – способности обучаться на основе данных при участии учителя или без его вмешательства.

Стоит отметить, что сегодня ведущие мировые производители дорожной техники из США, Германии, Франции, Китая все активнее ведут разработку в направлении развития «умного зрения», которое способно не только влиять на рабочие процессы, но и самостоятельно без участия человека выполнять дорожные работы.

В учреждении образования «Белорусский государственный университет транспорта» ведется работа по внедрению в дорожное строительство нашей страны «умного зрения», что позволит повысить качество выполняемых работ и возможность сэкономить денежные средства [1–3]

Комплексная механизация дорожного строительства представляет собой совокупность взаимосвязанных основных и вспомогательных работ по строительству дорог. Комплексная автоматизация процесса обеспечивает управление всеми основными и вспомогательными операциями строительства, при реализации которой известны следующие основные принципы построения автоматических систем:

Принцип разомкнутого управления. Сущность принципа состоит в том, что алгоритм управления формируется управляющим устройством только на основе заданного алгоритма функционирования автоматической системы, без учета сведений о возмущающих воздействиях на объект управления и о регулируемой величине (рисунок 1).