

УДК 629.113; 656.135; 303.732

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЫ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

А.С. Исхаков, асп. / Р.Г. Хабибуллин, к.т.н., доц. / И.В. Макарова, д.т.н., проф.  
ГОУ ВПО «Камская государственная инженерно-экономическая академия», г. Набережные Челны

Динамичное развитие автомобильной отрасли в России, усиливающаяся конкуренция фирм-производителей автомобильной техники, борьба за рынки сбыта, предъявление новых требований к продукции, значительное влияние на которые оказывают пожелания потребителей, изменение технологий и ряд других факторов вынуждают производителей к поиску путей повышения конкурентоспособности своей продукции. Стремясь удовлетворить весь спектр требований, автомобильные компании расширяют модельный ряд, создавая новые или модифицируя уже зарекомендовавшие себя на рынке автомобили, улучшая их качество, сокращая сроки разработки и затраты на производство. Учитывая, что изделие становится привлекательным для потребителя в том случае, когда оно обладает оптимальными техническими характеристиками и потребительскими свойствами при невысокой цене.

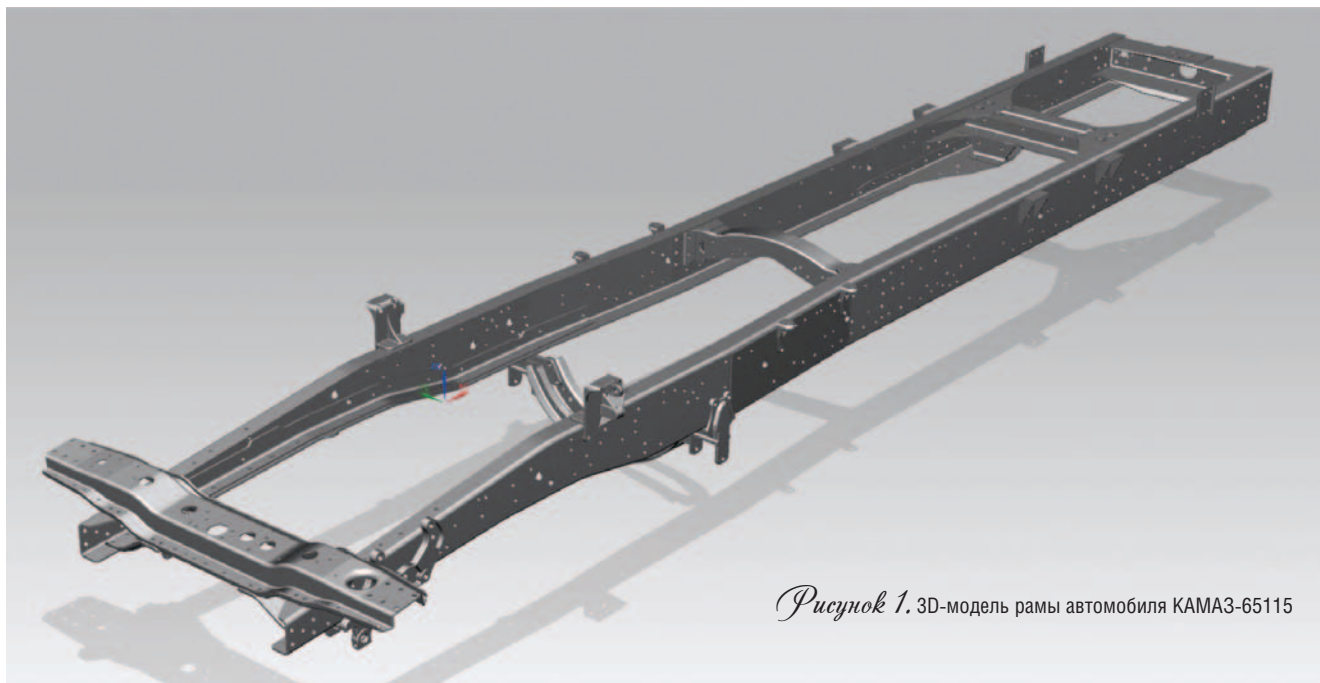
Стремясь повысить качество и конкурентоспособность своей продукции, фирмы-производители автомобильной техники реорганизуют свои производства, прибегая к такому инструменту, как аутсорсинг. Отдавая предприятиям-смежникам производство таких компонентов, как электроника, сиденья, светотехника, мосты, подвеска и т.д., требующих специального оборудования и отдельной группы разработчиков и исследователей, фирма-производитель берет на себя значительную часть работ по разработке дизайна автомобилей, изготовлению двигателей, карданных валов, кабины, несущей системы и т.д.

Как правило, с момента начала проектирования до выпуска автомобиля проходит несколько лет, в течение которых выполняется разработка прототипа и проводятся испытания. В зависимости от размера и сложности конструкции

автомобиля стоимость проекта может быть значительной. В некоторых случаях для снижения себестоимости исключают некоторые стадии прототипирования или отказываются от него полностью, заменяя его виртуальным моделированием в конечно-элементных пакетах. Такие возможности предлагают современные САПР (CAD/CAM/CAE/PDM-системы).

Принятый в отечественном автомобилестроении метод обеспечения прочности и долговечности несущих конструкций автомобиля, предусматривающий длительный этап проведения как лабораторных, так и натурных испытаний на полигонах или в дорожных условиях, является малоэффективным. Как показывает практика разработки сложных технических систем, выполнение работ без достаточного расчетно-теоретического обоснования схем нагружения и прочностных характеристик конструкции приводит к следующему:

- неоптимальности и неравнопрочности конструкции, что влечет за собой увеличение массы и числа отказов как при испытаниях, так и при эксплуатации;
- снижению эффективности лабораторных испытаний в связи с недостаточным представлением о схеме нагружения и напряженно-деформированном состоянии конструкции;



*Рисунок 1.* 3D-модель рамы автомобиля КАМАЗ-65115

- увеличению трудоемкости и сроков натурных испытаний из-за значительного числа доработок в процессе испытаний и необходимости повторных испытаний после доработок;
- удорожанию разрабатываемой конструкции.

В процессе испытаний (полигонных, стендовых, ресурсных) автомобиль-прототип подвергается воздействию нагрузок и внешних факторов, которые в максимальной степени приближены к эксплуатационным. Как правило, такие испытания должны включать определенное число циклов конкретной продолжительности по времени, что не позволяет в полной мере имитировать реальные условия эксплуатации.

В последнее время в автомобилестроении часто встает вопрос о более широком применении расчетных методов, поскольку часто ими пользуются лишь в случаях простейших режимов движения, а при проектировании крупных агрегатов автомобилей отдают предпочтение натурным испытаниям, несмотря на то, что такой способ разработки более дорогостоящий. Проблема состоит в том, что при расчетах сложно учесть все те варианты сочетания нагрузок, которые возникают при эксплуатации грузового автомобиля. Поэтому необходима методика, которая позволила бы свести к минимуму дорогостоящие натурные испытания, заменив их корректными виртуальными экспериментами на имитационных моделях. В идеале натурные испытания должны проводиться только с целью установления соответствия между моделью и реальными условиями нагружения прототипов.

Формированию подобного механизма замены части натурных испытаний виртуальными способствует си-

стема фирменного сервиса, одной из функций которой является сбор и анализ причин отказов и дефектов, которые возникают в процессе эксплуатации автомобиля, т.е. определения конструктивных недоработок или нарушений технологии производства автомобилей, которые не были выявлены во время проектирования и испытания опытных образцов.

Автомобиль передвигается по различным типам дорог, которые, как известно, являются основным источником возмущений и вибраций, отрицательно сказывающихся как на автомобиле в целом, так и на пассажирах и перевозимых грузах, в частности. Достаточно точно оценить столь большое количество воздействий практически невозможно, т.к. состояние поверхности дорожного полотна зависит не только от местности, но и от погодных условий и специфики региона.

Рама воспринимает все нагрузки, возникающие при движении грузового автомобиля. Она должна обладать высокой изгибной и крутильной жесткостью и прочностью при ограничении по массе, а также рациональной конструкцией, по-

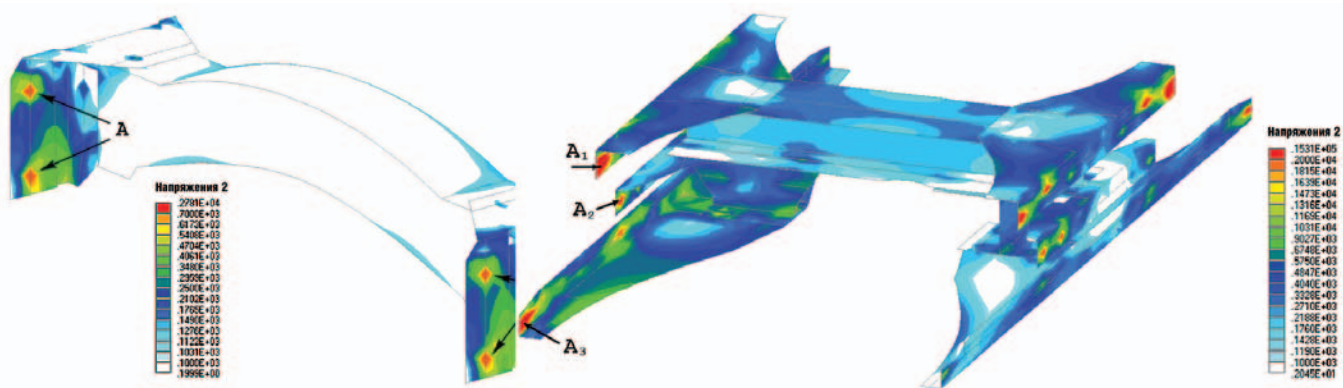


Рисунок 2. Изолинии напряжений в местах крепления поперечин к лонжеронам

звляющей наилучшим образом разместить и закрепить узлы и агрегаты (рис. 1).

Существенный интерес для исследования поведения рамы грузового автомобиля представляют нестационарные дорожные воздействия, к которым относят:

- переезд единичных неровностей различного вида с одновременным и неодновременным наездом колес;
- разгон-торможение;
- движение по криволинейной траектории;
- удар о бордюрный камень или небольшое препятствие.

Как показывает практика, доминирующей причиной поломок рамы автомобилей КАМАЗ является ее закручивание, при которой в местах крепления кронштейнов поперечин к лонжеронам возникает напряжение, превышающее допустимое (рис. 2).

Расчет элементов несущей системы связан в основном с двумя оценками ее качества (прочностью и жесткостью) и направлен на выполнение положений, установленных техническим заданием на разработку колесной машины.

Преимущества конечно-элементного анализа в разработке новой продукции заключаются в том, что данный анализ позволяет следующее:

- принять рациональные решения по конструкции на этапе разработки и проработать больше идей в короткое время. Использование специальных технологий в процессе разработки и исследования в процессе управления проектом позволяет: снизить время разработки автомобиля; увеличить надежность конструкции; увеличить ресурс до первой поломки;
- уменьшить число прототипов, что способствует снижению стоимости проекта и времени разработки новой продукции, в силу чего повышаются конкурентные преимущества по сравнению с другими производителями;
- быстро сформировать конструкцию параметрической модели и быстро вносить изменения в конструкцию, в то время как изменения в прототипах требуют больших затрат;
- возможность выбора из большого числа концепций и принимать более рациональные и адекватные решения;
- получить представление о влиянии различных параметров на конструкцию уже на стадии разработки;
- исследовать поведение конструкции при значительном числе вариантов и схем нагружения, а также избежать неожиданного поведения конструкции в условиях эксплуатации.

Кроме применения конечно-элементного анализа в проектировании новых автомобилей, целесообразно использовать пакеты PLM (Product Lifecycle Management) — программы управления жизненным циклом изделия, позволяющие отслеживать и управлять всей информацией об изделии и связанными с ним процессами на протяжении всего жизненного цикла.