

Д.В. ЛАЗАРЕВА, И.И. ДУРНОПЬЯНОВ

Одесский национальный политехнический университет

М.А. СТАРИКОВ

Portek PTE LTD, Senior Mechanical Engineer, республика Сингапур

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ РАМЫ ПОЛУПРИЦЕПА ПОВЫШЕННОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ

Исследовано напряженно-деформированное состояние рамы полуприцепа методом конечных элементов. На основе уточненной конечно-элементной модели рамы получены поля напряжений, позволяющие сделать вывод о неполном использовании материала конструкции.

Ключевые слова: рама полуприцепа, метод конечных элементов, натурный эксперимент, напряженно-деформированное состояние.

The analysis mode of deformation of a frame of the semi-trailer by a finite element method. On the basis of the specified finite element model of a frame stress fields allowing to draw a conclusion about incomplete use of a material of a design are received.

Keywords: frame of semitrailer, method of eventual elements, model experiment, tensely-deformed state.

Введение

При создании современных автомобилей все больше внимания уделяется получению оптимальной жесткости и прочности несущей системы. Это вызвано стремлением не только снизить массу автомобиля, но и получить требуемые параметры устойчивости и управляемости, а также добиться удовлетворения требований пассивной безопасности, которые с каждым годом становятся все жестче. Традиционно при создании несущих систем конструкторы работали «от прототипа», перенося в каждую последующую конструкцию достоинства и недостатки предыдущих автомобилей или автомобилей-аналогов. Расчетные методы, в силу их трудоемкости и сравнительно низкой точности, использовались лишь на самых ранних стадиях эскизного проектирования. В результате автомобили могли иметь излишний вес, неравнопрочную конструкцию, перепады жесткости.

В настоящее время задачи, возникающие при проектировании автомобилей, в силу разнообразия и противоречивости требований, предъявляемых к конструкции, невозможно решить в приемлемые сроки без широкого использования методов математического моделирования и компьютерного анализа. К этому вынуждает и острая конкуренция на мировом автомобильном рынке, что приводит к стремлению сократить сроки и стоимость разработки автомобилей. Такой подход позволяет уже на ранних стадиях проектирования получать конструкции с требуемыми параметрами, что приводит в дальнейшем к значительному сокращению работ по доводке автомобиля.

Наибольшее распространение при анализе напряжений и деформаций в инженерных конструкциях получил метод конечных элементов.

Постановка задачи

Целью работы является построение конечно-элементной модели рамы полуприцепа, максимально приближенной к реальной, и исследование напряженно деформированного состояния рамы с выявлением как опасных зон конструкции, так и недогруженных элементов.

Результаты исследований

Предметом исследования является двухосный полуприцеп-платформа (рис.1), предназначенный для перевозки одного 40-футового или двух 20-футовых контейнеров типа 1AA и 1CC или одного 20-футового контейнера (полной массой 30 тонн), по территории порта с седельными тягачами: Терберг, Оттава, Мафи, МАЗ и др. Масса перевозимого груза — 60000 кг; масса полуприцепа — 7000 кг; габаритные размеры: 13000x2700 мм.

Рама полуприцепа является сварной конструкцией из низколегированной и углеродистой стали. Лонжероны выполнены из прокатного двутавра №50. Поперечины цельные (неразрезные), выполнены из прокатного профиля швеллерного типа, сдвоенные. Опорная плита в районе шкворня выполнена из листовой стали толщиной 10 мм. Платформа рамы оборудована специальными уловителями высотой 250 мм для установки контейнеров, расположенными по периметру платформы.

Одним из наиболее важных этапов конечно-элементного анализа является построение сетки конечных элементов. В существующих программных комплексах, как правило, предусматриваются два основных метода: построение произвольной сетки и упорядоченной. Геометрия рассматриваемой модели такова, что невозможно построить только упорядоченную сетку. Поэтому, при разбиении элементов сложной геометрии использована произвольная сетка.

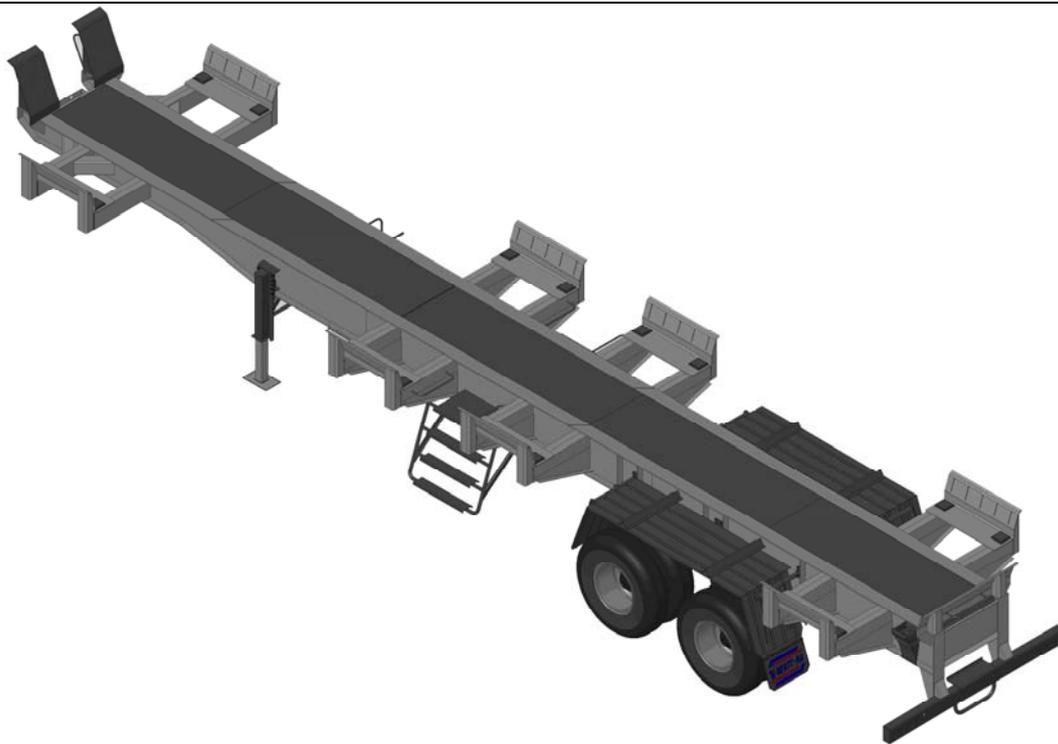


Рис.1. Двухосный полуприцеп-платформа

Точность расчета с помощью МКЭ зависит от правильного выбора типов и размеров конечных элементов. Построенная модель аппроксимирована конечными элементами тонкой оболочки. Геометрия оболочечных элементов определялась срединной поверхностью элементов рамы.

Элемент позволяет учитывать мембранное растяжение-сжатие и изгиб, имеет шесть степеней свободы в каждом узле — перемещения в направлениях осей X , Y , Z узловой системы координат и углы поворотов вокруг этих осей. Элемент может принимать вырожденную треугольную форму, что особенно удобно при рассмотрении конструкций сложной конфигурации.

Перед созданием конечно-элементной сетки необходимо выделить предполагаемые области концентрации напряжений, в которых сетку сгущают. В то же время крупная сетка может применяться в зонах с мало изменяющимися относительными деформациями или напряжениями, а также в областях, не представляющих особого интереса для расчетчика. Размеры соседних элементов вблизи концентратора напряжений не должны существенно различаться, так как это влияет на точность полученных результатов. Также на точность вычислений влияет форма конечных элементов. Следует избегать слишком вытянутых элементов; элементы с примерно одинаковыми размерами сторон дают меньшую ошибку.

Построенная конечно-элементная модель рамы контейнеровоза состоит из 38151 элементов и 38280 узлов. Преимущественно рама аппроксимирована четырехугольными элементами размером 4 мм. Количество вырожденных элементов (имеющих треугольную форму) составляет менее 5%. На рис.2 показаны фрагменты конечно-элементной модели передней и центральной части рамы.

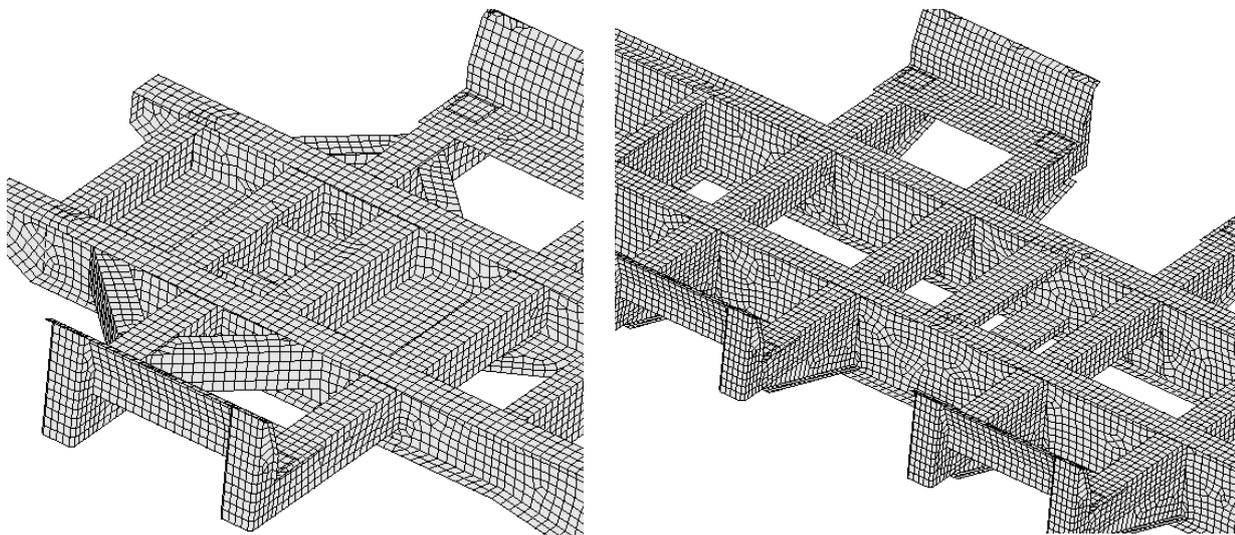


Рис.2. Фрагменты конечно-элементной модели рамы полуприцепа

При расчетах рам автомобилей основными расчетными случаями являются изгиб рамы в вертикальной плоскости и кручение рамы относительно продольной оси [2, 3]. В ряде случаев дополнительно могут рассматриваться изгиб рамы в горизонтальной плоскости, вызываемый действием инерционных нагрузок при повороте автомобиля, а также «параллелограммирование» рамы в горизонтальной плоскости [3]. Однако эти расчетные случаи не являются типичными.

В работе рассмотрен изгиб несущей системы в вертикальной плоскости под воздействием собственного веса и веса полезной загрузки

По условиям эксплуатации перевозимые контейнеры располагаются так, что вся полезная нагрузка, величиной 60000 кг, равномерно распределяется по поверхности верхних полок лонжеронов и небольших накладок, наваренных на поперечинах.

Для моделирования соединения полуприцепа с тягачем используется шарнирная опора с возможностями поворотов вокруг вертикальной и поперечной осей. Такая трактовка граничных условий наиболее точно соответствует реальным условиям опирания. В точках опоры осей полуприцепа используется шарнирно-подвижная опора, которая допускает смещение вдоль продольной оси и поворот вокруг поперечной.

В результате расчета можно получить целый комплекс параметров напряженно-деформированного состояния конструкции: напряжения и деформации в направлениях координатных осей, главные напряжения и соответствующие деформации, эквивалентные напряжения по гипотезе Губера-Мизеса, перемещения всех точек конструкции и целый ряд других величин.

Следуя общепринятой практике, анализ НДС рамы в работе выполняется по величинам эквивалентных напряжений и общим деформаций. Эпюра эквивалентных напряжений представлена на рис.3.

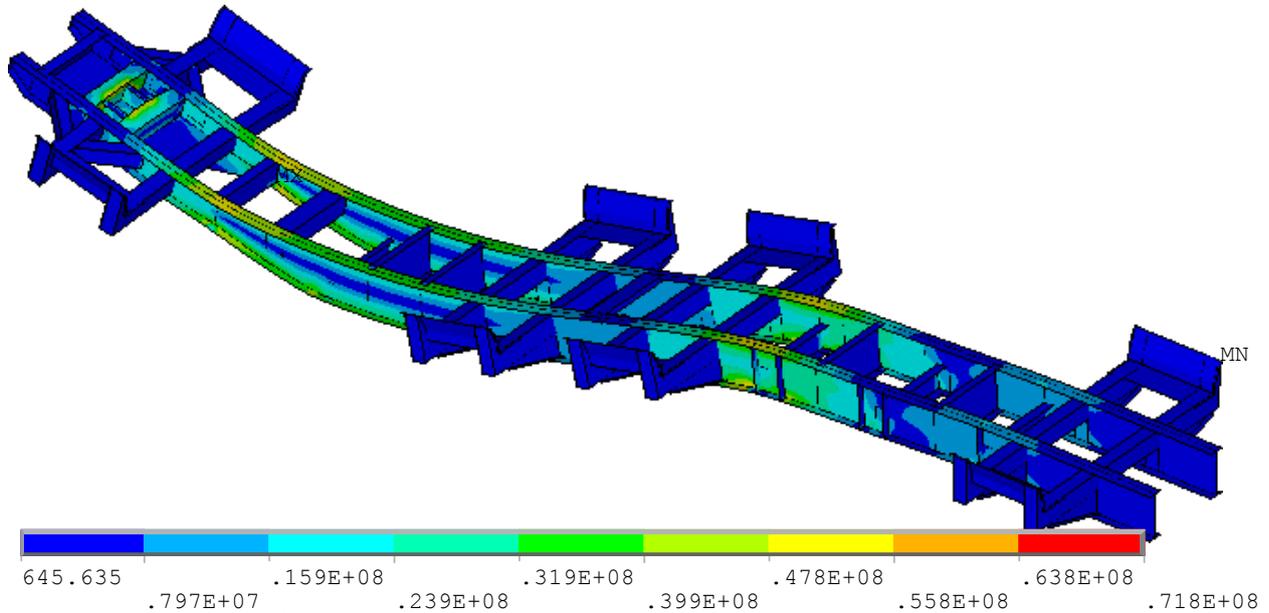


Рис.3. Эквивалентные напряжения при изгибе в вертикальной плоскости

При таком варианте нагружения максимальными напряжения будут в нижней полке лонжерона передней части рамы и равны 72 МПа (рис.4,а). В месте опирания рамы на ось напряжения составили 61 МПа (рис.4,б)

Таблица 1

Полученные максимальные значения напряжений в основных несущих элементах конструкции

		Напряжения, МПа
Лонжерон	Верхняя полка	53
	Нижняя полка	72
	Стенка	60
Основные поперечины		18
Опорная пластина		69

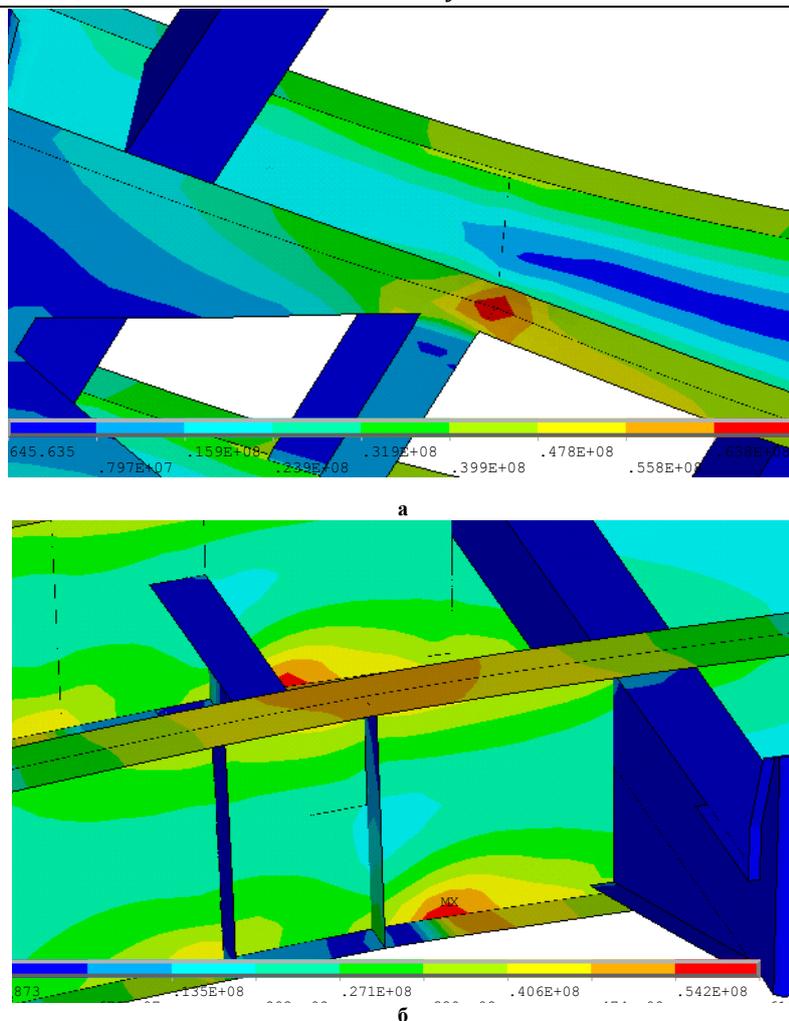


Рис.4. Максимальные эквивалентные напряжения

Выводы

По результатам расчета напряженно-деформированного состояния установлено, что в элементах конструкции несущей системы существующего полуприцепа в наиболее нагруженных участках рамы наблюдается невысокий уровень напряжений. Это свидетельствует о неполном использовании материала и открывает возможность для выполнения оптимизационного расчета.

Литература

1. Гельфгат Д.Б. Рамы грузовых автомобилей / Д.Б. Гельфгат, В.А. Ошноков. – М. : Машгиз, 1959. – 184 с.
2. Козак, З.Н. К расчету автомобильных рам и тормозных барабанов / З.Н. Козак // Тр. МАДИ. – М., 1940. – Вып. 9. – С. 41–52.
3. Лазарева Д.В. Конечный-элементный анализ несущей рамы контейнеровоза / Д.В. Лазарева // Холодил. техніка і технологія. ОДАХ. – Одеса, 2007. – № 3(107). – С. 77–78.

Надійшла 22.1.2013 р.
Рецензент: д.т.н. Параска Г.Б.