

## НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ РАМЫ КОНТЕЙНЕРОВОЗА ПРИ ПРЕДЕЛЬНЫХ РЕЖИМАХ НАГРУЖЕНИЯ

Сурьянинов Н.Г., Лазарева Д.В. (*Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса*)

Разработана методика расчета несущей рамы контейнеровоза методом конечных элементов в программе ANSYS. Рассмотрены два предельных режима нагружения — изгиб с кручением, что соответствует условиям работы рамы при вывешивании одного из колес, и изгиб в горизонтальной плоскости, возникающий при боковом ударе колеса.

### ВВЕДЕНИЕ

В последнее время все больше стоит вопрос создания конкурентоспособных образцов автомобильной техники, что, в свою очередь, выдвигает на первый план усовершенствование методов конструирования и расчета автотранспорта.

При этом показатель конкурентоспособности предполагает повышение надежности, технологичности, грузоподъемности при одновременном уменьшении металлоемкости и увеличении срока безотказной эксплуатации.

Освоение этих задач связано с совершенствованием не только конструктивных решений, но и методов расчета, учитывающих скорость движения, схемы нагружения, состояние дорог и целый ряд других факторов. Обычного «классического» расчета на прочность уже недостаточно; необходимы исследования устойчивости, динамических режимов и конструктивная оптимизация несущих рам автомобилей.

Такие виды расчета стали возможными с появлением современной компьютерной техники и наукоемких инженерных программ, расчетные модули которых базируются, главным образом, на использовании численного метода расчета — метода конечных элементов (МКЭ).

В соответствии с принятой конструкторской практикой обычно рассматриваются три основных предельных режима нагружения; изгиб в вертикальной плоскости; изгиб с кручением; изгиб в горизонтальной плоскости. В данной работе изучаются два предельных режима нагру-



жения: изгиб и кручение несущей рамы (такую нагрузку рама испытывает при вывешивании одного из колес); изгиб в горизонтальной плоскости, что соответствует боковому удару колеса о препятствие.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Рассматриваемая конструкция — лонжеронная рама, состоящая из продольных балок переменного сечения (лонжеронов) и системы перекрестных балок (поперечин), изготовленных из листового металла методом штамповки.

Поперечное сечение лонжерона выполнено в форме двутавра с толщиной стенки 8 мм, верхней полки — 12 мм, нижней — 16 мм. Поперечины имеют коробчатое сечение с толщиной стенок 4 мм. Передняя и задняя балки, а также опорные элементы изготовлены из листового металла толщиной 8 мм. Поперечины выполнены неразрезными. Соединение лонжеронов с поперечинами обеспечивается сваркой по вертикальным швам.

Так как конструкция симметрична относительно продольной оси, то построение модели можно осуществлять только для одной части, расположенной по одну сторону от этой оси.

Для аппроксимации модели выбран четырехузловой элемент Shell63, каждый узел которого имеет шесть степеней свободы — три линейных перемещения и три угла поворота. Элемент может принимать вырожденную треугольную форму, что удобно для конструкций сложной конфигурации. При построении конечно-элементной сетки использовалось свободное разбиение. Число сгенерированных конечных элементов составляет 35433, узлов — 36197.

В реальных условиях крепление рамы полуприцепа с тягачом осуществляется с помощью шкворня. При моделировании эта связь имитируется точечной опорой, в которой запрещены все линейные перемещения и поворот вокруг продольной оси рамы. Нагрузка, приходящаяся на заднюю ось, передается на колеса с помощью рессорной подвески. Здесь при моделировании закрепляются лонжероны, причем, разрешаются перемещения вдоль продольной оси полуприцепа и поворот вокруг оси задних колес.

**Изгиб и кручение рамы.** Если считать, что вывешиванию подвержено правое заднее колесо, то вертикальная сосредоточенная сила, вызывающая кручение, должна быть приложена к соответствующей части правого лонжерона.

При наезде колесом на препятствие на него действуют силы, которые можно разложить на две основные составляющие: продольную и



вертикальную. Вертикальная реакция также приводит к закручиванию рамы, но крутящий момент, как правило, меньше, чем при режиме вывешивания колеса.

Вертикальную сосредоточенную силу, соответствующую режиму вывешивания колеса обычно принимают равной 25% от веса полезной нагрузки, что в данном случае составляет  $F_{\text{верт}} = 25\text{kH}$ .

Таким образом, в данном случае комбинация нагрузок на раму состоит из полезной нагрузки, равномерно распределенной по поверхности 16-и поперечин с интенсивностью  $q = 31132\text{H/м}$ , и сосредоточенной силы  $F_{\text{верт}} = 25\text{kH}$ , приложенной к правому лонжерону (рис.1).

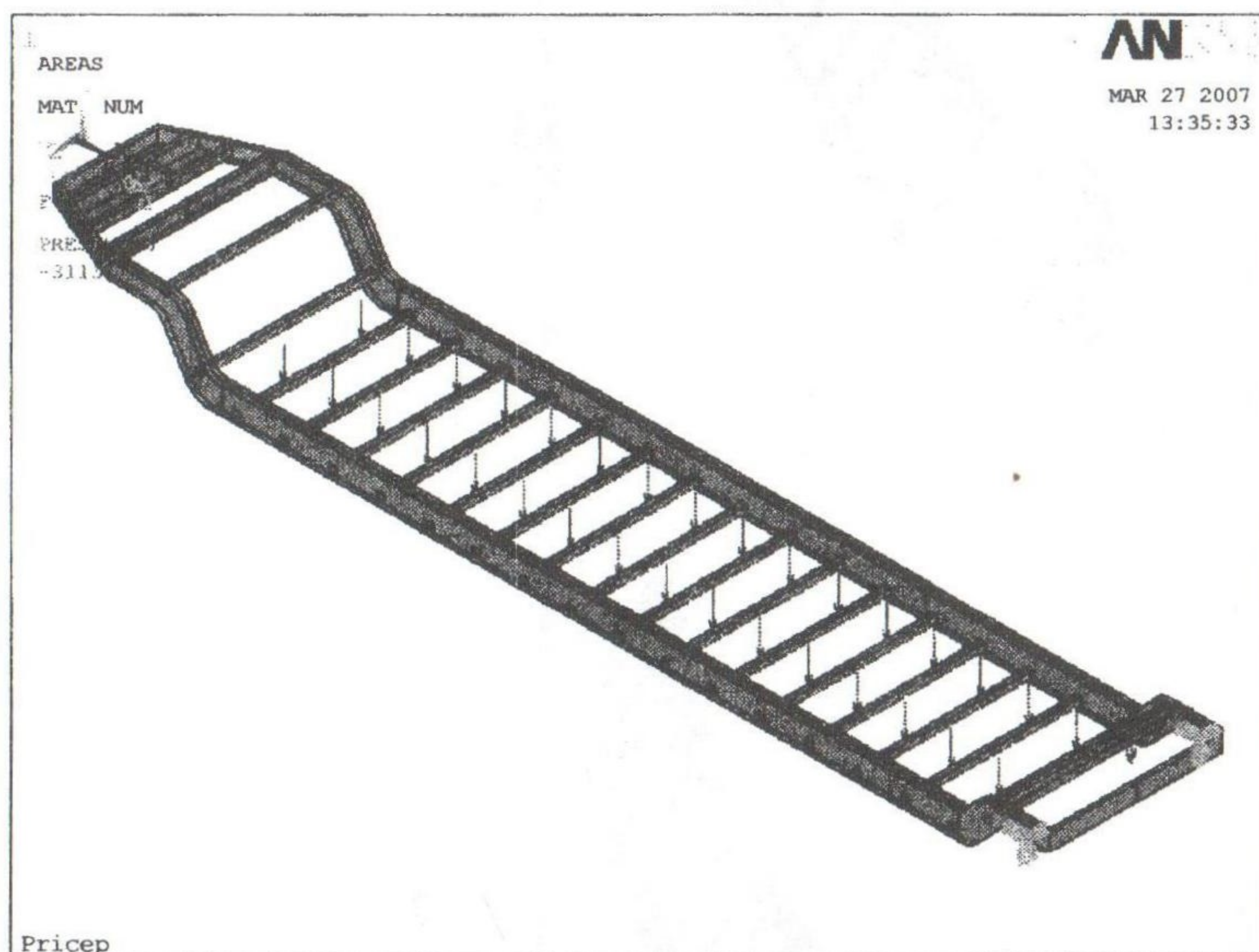


Рис.1. Комбинация нагрузок на раму

Анализ напряженно-деформированного состояния рамы в работе выполняется по величинам эквивалентных напряжений и полных перемещений. Максимальные эквивалентные напряжения по гипотезе Губера-Мизеса составили 125 МПа (рис.2).

Поле максимальных перемещений расположено в центральной поперечине, ближе к правому лонжерону (рис.3); величина этих перемещений — 0,07412 м.



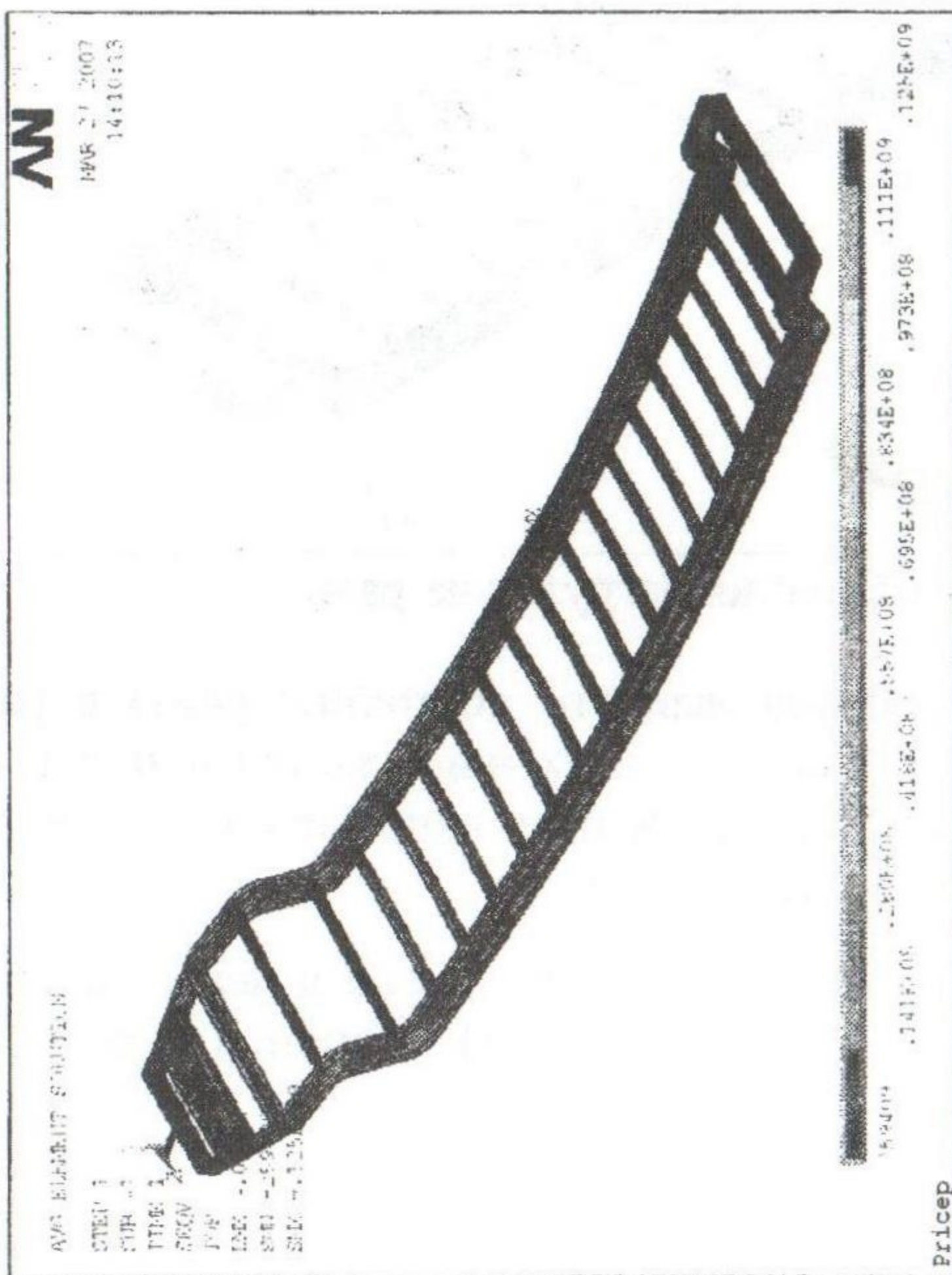


Рис.2. Эквивалентные напряжения

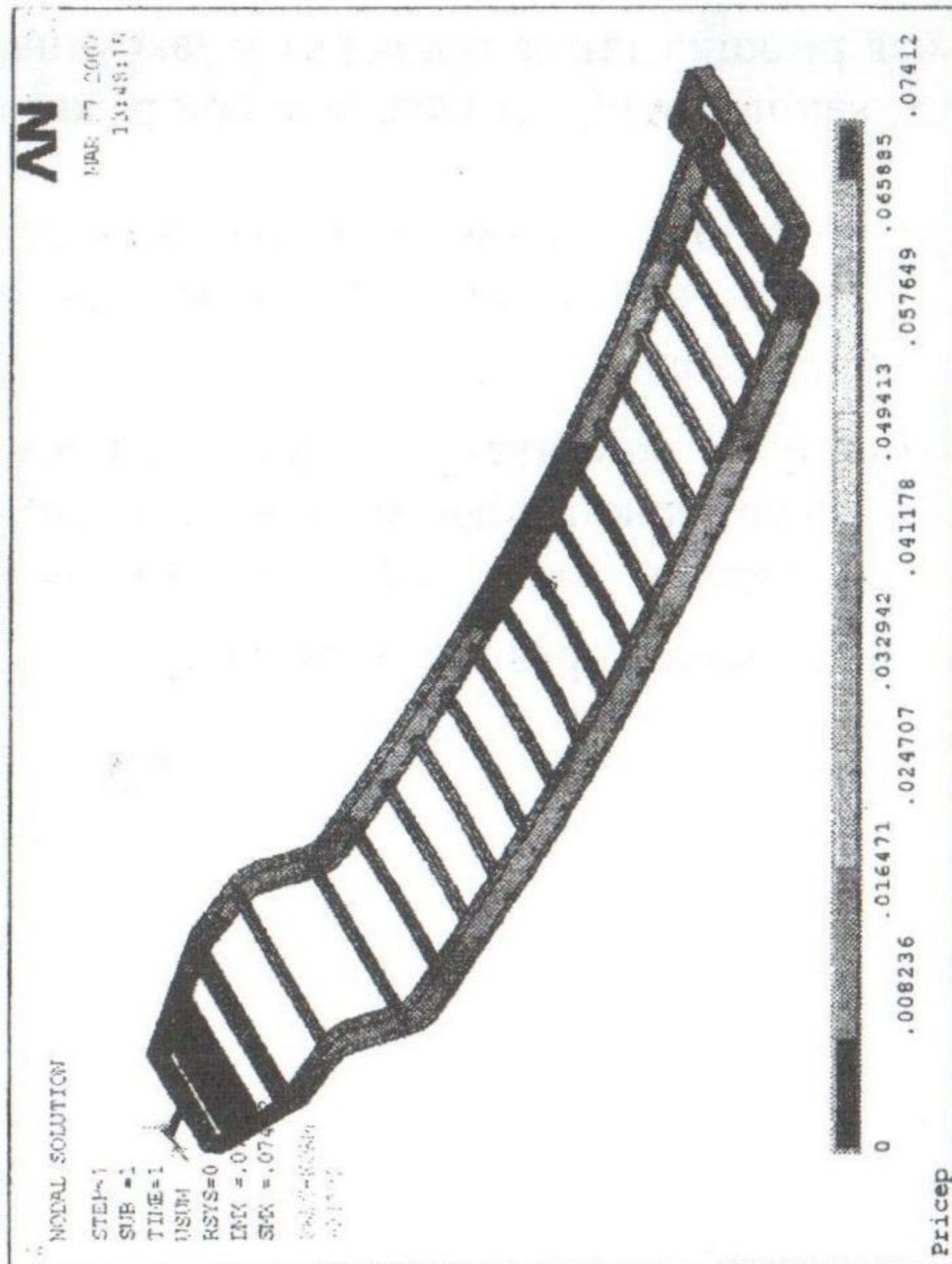


Рис.3. Полные перемещения



**Изгиб в горизонтальной плоскости.** Боковой удар колесом о препятствие приводит к появлению составляющих нагрузки, наибольшая из которых изгибает раму в горизонтальной плоскости. Для экстремального случая боковая сила пропорциональна весу полуприцепа и силам сцепления колеса с дорогой. Динамический характер воздействия учитывается коэффициентом динамичности  $k_{\sigma} = 0,7 \div 1,0$ .

При этом

$$F_{гор} = k_{\sigma} G_{пол},$$

где  $G_{пол}$  — полезная нагрузка на раму контейнеровоза.

В качестве расчетного приемлем вариант, когда  $k_{\sigma} = 0,8$  (рис.4).

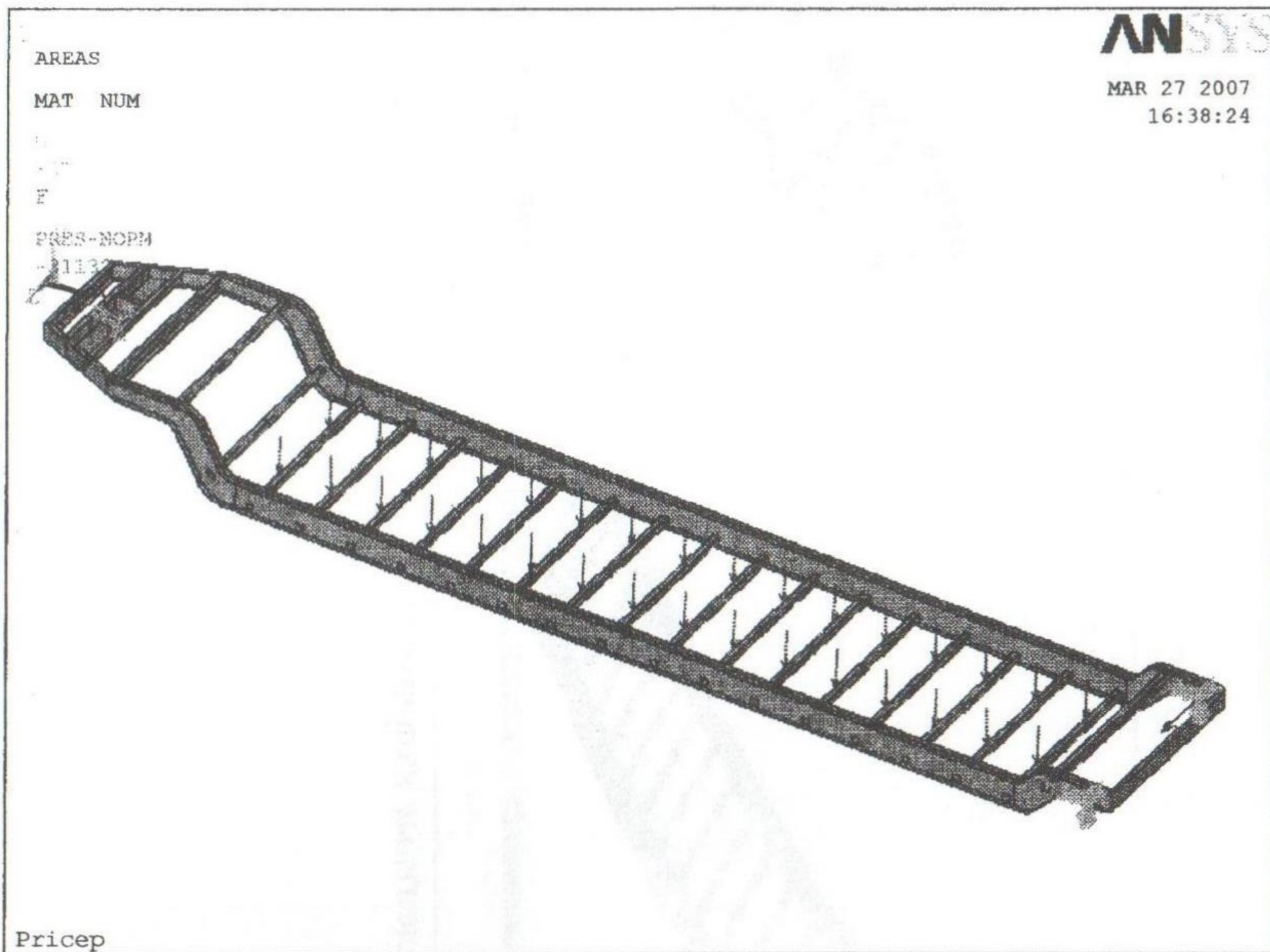


Рис.4. Нагрузки при боковом ударе

В результате изгиба рамы в горизонтальной плоскости максимальные эквивалентные напряжения составили 152 МПа (рис.5). Значение максимальных перемещений равно 0,06864 м. Эпюра полей перемещений представлена на рис.6.



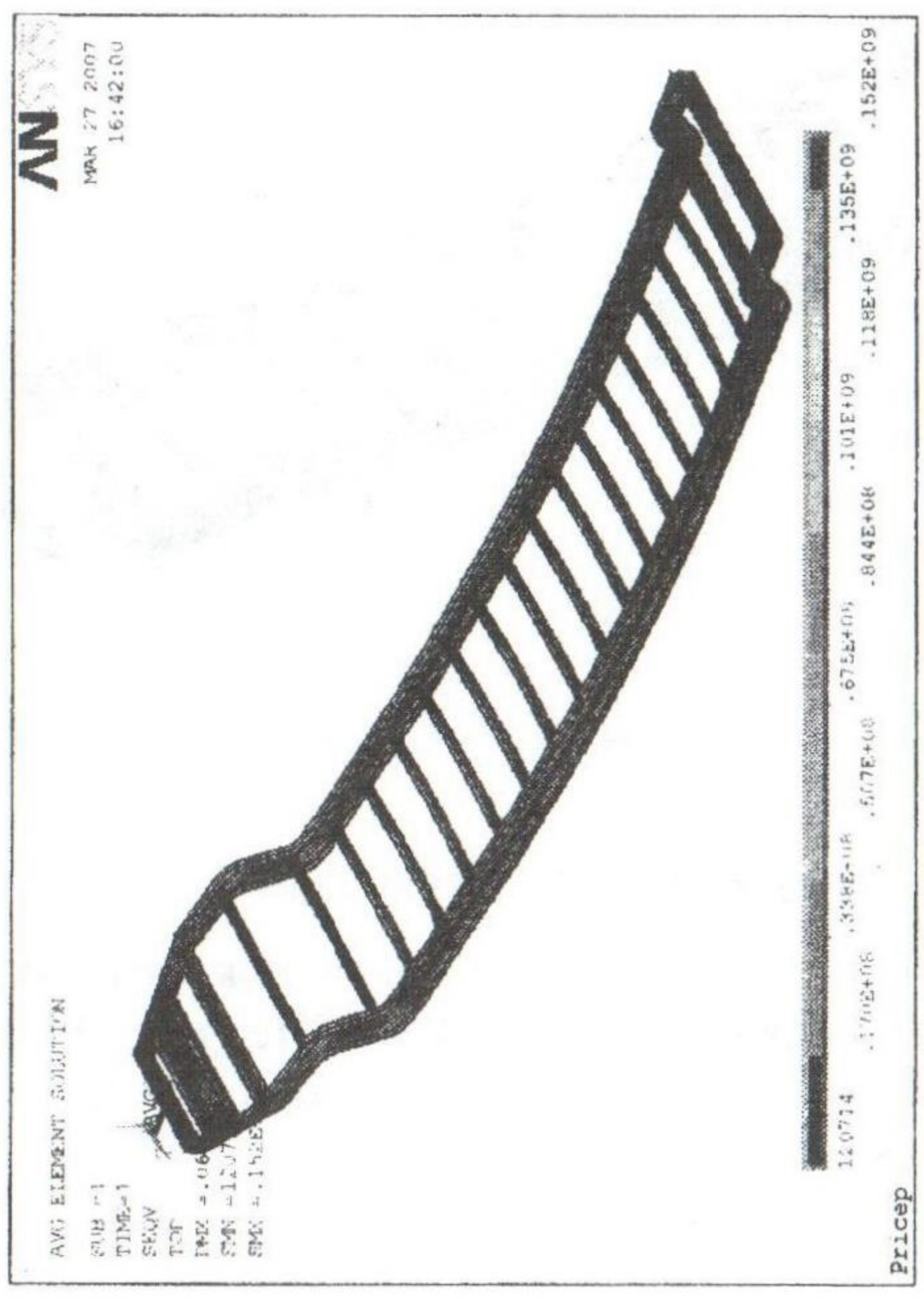


Рис.5. Эквивалентные напряжения

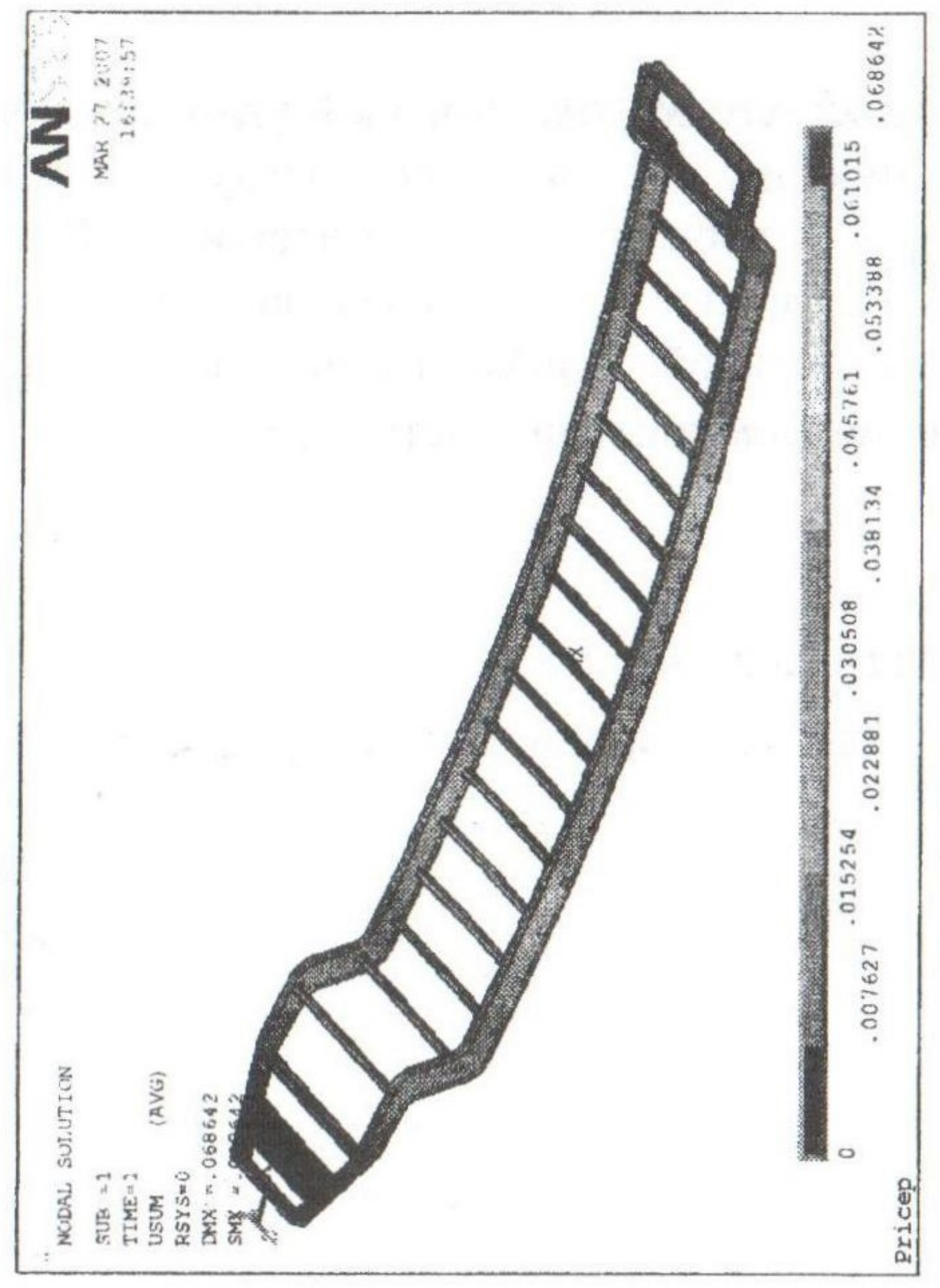


Рис.6. Полные перемещения



## *Заключение*

Расчет рамы контейнеровоза методом конечных элементов в пакете ANSYS позволяет с большой точностью определить напряжения, деформации и перемещения в любой точке конструкции.

Анализ результатов вычислений показывает, что из двух рассмотренных предельных режимов нагружения рамы наиболее неблагоприятным (с точки зрения максимальных напряжений) является изгиб в горизонтальной плоскости, который имеет место при боковом ударе колеса.

## *Литература*

1. Лазарева Д.В., Сурьянинов Н.Г. Напряженно-деформированное состояние рамы комбайновоза. Материалы III Международной научно-практической конференции «Науковий потенціал світу-2006». — Днепропетровск, 2006, т.2, с.44-47.

2. Лазарева Д.В. Моделирование и расчет рамы комбайновоза в программе ANSYS. «Холодильная техника и технология». Вып.5, Одесса, 2006. — с.89-90.

3. Дашченко А.Ф., Лазарева Д.В., Сурьянинов Н.Г.: ANSYS в задачах инженерной механики / Под редакцией Н.Г. Сурьянинова.— Одесса: Астропринт, 2007.— 484 с.