

Н. П. Вырко, профессор; А. М. Лось, ассистент

АНАЛИЗ НАГРУЖЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ НЕСУЩЕЙ РАМЫ ПРОЕКТИРУЕМОГО СОРТИМЕНТОВОЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ СРЕДСТВ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

The computer simulation and effort of structural strength of elements carrying farm projected timber carrier by finite element analysis method are present in this article.

В процессе создания новых машин и технологического оборудования значительное количество времени отводится на всесторонние расчетные исследования, результатом которых является сокращение цикла разработки машины, снижение материальных затрат за счет исключения основных конструкторских ошибок и выбора оптимальных решений, повышение надежности разработанной машины.

Исследование статической и динамической прочности несущих элементов лесной техники является самым трудоемким этапом проводимых расчетов. В настоящее время наиболее мощным численным методом решения таких задач является метод конечных элементов (МКЭ). Он основан на замене исследуемого объекта совокупностью конечного числа дискретных элементов, связанных между собой в узлах. В этом случае схема создания математической модели следующая: исследуемый объект – идеализированная расчетная схема – система линейных алгебраических уравнений. Непосредственный переход к расчетной схеме дает возможность естественно формулировать граничные условия, произвольно располагать узлы сетки элементов, сгущая ее в местах ожидаемого большого градиента искомых величин, применять метод для исследования областей, состоящих из фрагментов различной физической природы и т. д.

При обеспечении непрерывности перемещений и использовании вариационных принципов для построения матрицы жесткости, дающей связь между усилиями и перемещениями узлов элемента, с математической точки зрения МКЭ тождествен методу Ритца. Однако основное отличие МКЭ состоит в кусочно-непрерывном определении полей, которое позволяет рассматривать нерегулярные границы тела. Вторым существенным достоинством такого определения является то, что уравнения равновесия образуют ленточную матрицу, для которой эти уравнения легко решаются прямыми или итерационными методами.

Такой метод известен еще и как метод перемещений, который эквивалентен минимизации полной потенциальной энергии системы,

выраженной через поле перемещений. В таком случае рассматривают следующую последовательность проведения расчета по МКЭ.

1. Разбиение тела на конечные элементы и назначение узлов, в которых определяются перемещения.

2. Определение зависимостей между усилиями и перемещениями в узлах элемента, т. е. построение матриц жесткости.

3. Составление системы алгебраических уравнений равновесия (сборка).

4. Решение системы уравнений.

5. Определение компонентов напряженно-деформированного состояния тела.

В настоящее время МКЭ реализован в таких программах, как NASTRAN, ANSYS и др. Программы данного типа предлагают широкий спектр возможностей конечно-элементного анализа, начиная от простого линейного стационарного анализа и заканчивая комплексным нелинейным анализом переходных процессов. Расчеты несущих конструкций с использованием МКЭ в основном выполняются в интегрированной системе прочностного анализа.

Решение типичной задачи по МКЭ включает следующие три этапа: построение модели; задание нагрузок и получение решения; обзор результатов.

Построение модели включает моделирование функциональной схемы проектируемой конструкции с установлением требуемых показателей надежности и трехмерное геометрическое моделирование значимых элементов проектируемой машины с определением их динамических и кинематических связей. Моделирование осуществляется по геометрической твердотельной модели, которая выполняется с применением современных САД-систем или приложений, интегрированных в программы конечно-элементного анализа.

Создание сложных пространственных конечно-элементных моделей связано с большими затратами времени. Точность описания топологии модели в большой степени определяет точность расчетов, выполненных по этой модели, и в итоге – надежность спроектированной и изготовленной машины.

На рис. 1 представлена модель несущей рамы проектируемого сортиментовоза, устанавливаемой вместо дышла прицепа-ропуса для вывозки хлыстов. Данная конструкция позволит при установке на нее промежуточных коников транспортировать две пачки сортиментов.

ELEMENTS
ACEL

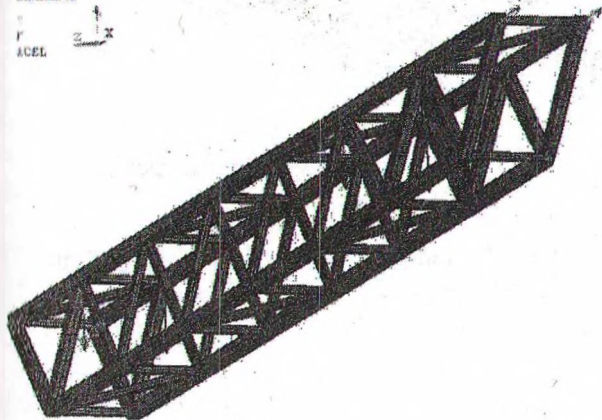


Рис. 1. Модель проектируемой несущей рамы

Следующим этапом анализа является создание конечно-элементной модели (узлов и элементов), которая адекватно описывает геометрическую модель.

Создание сложных пространственных конечно-элементных моделей требует большого количества времени, поэтому все современные системы конечно-элементного (КЭ) анализа имеют функцию автоматической генерации конечно-элементной сетки по твердотельной модели.

Генерация конечно-элементной сетки может выполняться двумя основными методами: сплошного моделирования и прямой генерации. При сплошном моделировании геометрический вид модели самой программой «заполняется» узлами и элементами (накладывается конечно-элементная сетка). В таком случае имеется возможность контролировать размер и форму создаваемых программой элементов. В случае прямой генерации «вручную» определяется расположение каждого узла и связь каждого элемента. При такой генерации доступно копирование существующих узлов и элементов, симметричное отражение и т. д.

Затем по созданной КЭ сетке проводится комплекс расчетов. С начала в зависимости от условий нагружения и вычисляемых параметров выбирается тип анализа. Современные программы предлагают следующие типы КЭ анализа: статический, или стационарный; нестационарный; гармонический; модальный; спектр и продольный изгиб.

На рис. 2 показаны напряжения, возникающие в элементах рамы при воздействии на нее

статических вертикальных и продольных нагрузок. Здесь видно, что наиболее нагруженным участком рамы является нижний пояс, при этом максимальные напряжения, возникающие в нем, составляют 70,3 МПа.

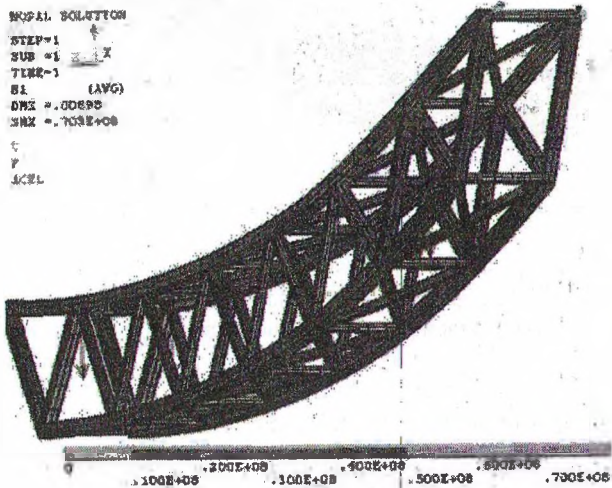


Рис. 2. Напряжения, возникающие в элементах рамы под воздействием статических вертикальных и продольных нагрузок

Поведение конструкции и напряжения, возникающие в раме при воздействии на нее вертикальных, продольных и поперечных нагрузок можно увидеть на рис. 3.

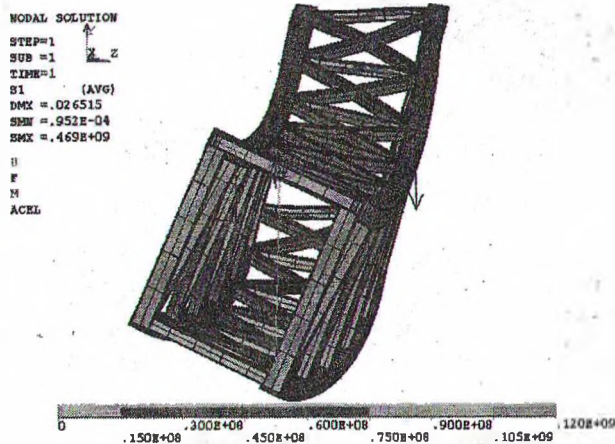


Рис. 3. Напряжения, возникающие в элементах рамы под воздействием вертикальных, продольных и поперечных нагрузок

Следующий тип анализа направлен на определение углов проворачивания элементов конструкции от действия поперечных сил при движении сортиментовоза по криволинейным участкам пути (рис. 4). В данном анализе принято шарнирное закрепление левой части конструкции (шаровая опора), правая часть рамы закреплена шарнирами с одной степенью свободы (поворот относительно горизонтальной оси).

MODAL SOLUTION

STEP=1
SUB =1
TIME=1
SOFT (AVG)
RBTS=0
DMX = .014153
SMN = -.593E-03
SMX = .009615

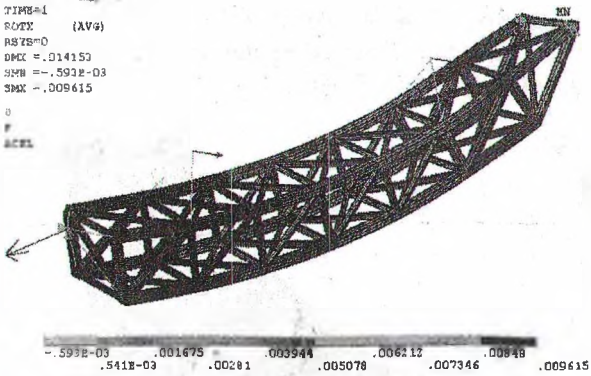


Рис. 4. Проворачивание элементов конструкции относительно вертикальной плоскости под воздействием поперечных сил

На рис. 5 представлены диаграмма изгибающих моментов в элементах проектируемой конструкции под воздействием заданных продольных, поперечных и вертикальных нагрузок.

LINE STRESS

STEP=1
SUB =1
TIME=1
SMIS1 SMIS14
MIN =-106108
ELEM=235
MAX =153771
ELEM=325

U
ACEL

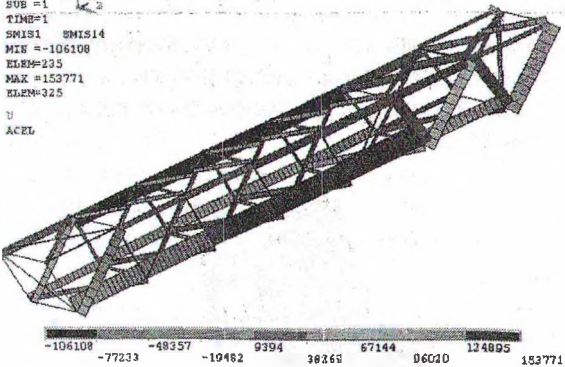


Рис. 5. Диаграмма изгибающих моментов

Важной является также задача анализа работы сварных соединений элементов рамы. Конечно-элементная модель наиболее нагруженного узла рамы и напряжения в нем представлены на рис. 6.

MODAL SOLUTION

STEP=1
SUB =1
TIME=1
S1 (AVG)

DMX = .781E-03
SMN = -.040412
SMX = .257E+09

F

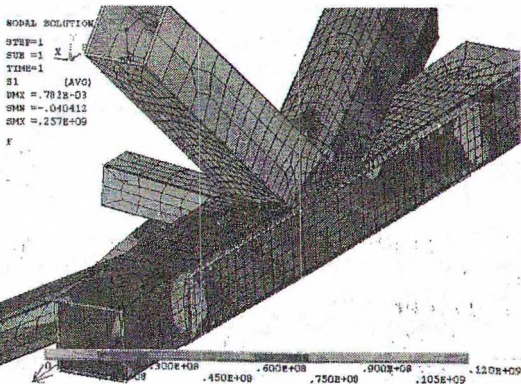


Рис. 6. Конечно-элементная модель и распределение напряжений в наиболее нагруженном узле рамы

Для проведения динамического анализа разработана конечно-элементная модель, представленная на рис. 7.

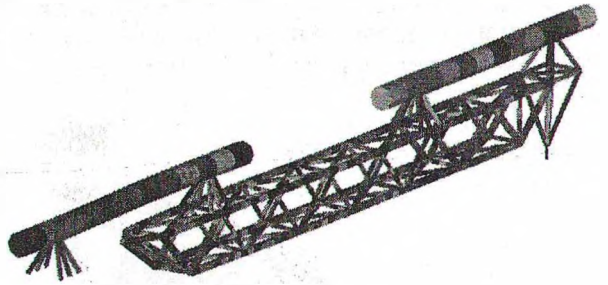


Рис. 7. Конечно-элементная модель для проведения динамического анализа

На рис. 8 приведен график исследований динамической нагруженности рамы при преодолении смоделированного препятствия высотой 0,4 м.

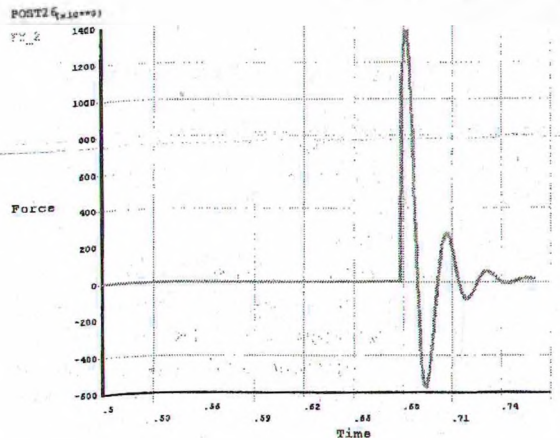


Рис. 8. Динамические колебания рамы при преодолении препятствия 0,4 м

Таким образом, системы КЭ анализа позволяют выполнять расчеты прочности элементов конструкций, определять собственные частоты и формы колебаний узлов, оценивать напряженно-деформированное состояние модели при движении по виртуальной дороге. Это значительно снижает срок проектирования новых машин и конструкций.

Литература

1. Каплун А. Б., Морозов Е. М., Олферьева М. А. Ansys в руках инженера: Практическое руководство. – М.: Едитореал УРСС, 2003. – 272 с.
2. Морозов Е. М., Никишков Г. П. Метод конечных элементов в механике разрушения. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1980. – 256 с.
3. Метод конечных элементов в статике сооружений / Я. Шмельтер, М. Дацко, С. Добровичинский, М. Вечорек; Пер. с пол. М. В. Предтеченского; Под ред. В. Н. Сидорова. – М.: Стройиздат, 1986. – 220 с.