

Белорусский государственный университет,
Институт механики и надежности машин НАН Беларуси,
Белорусский национальный технический университет, Минск

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ КАРКАСА КАБИНЫ ТРАКТОРА «БЕЛАРУСЬ»

Босяков С. М., Докукова Н. А., Пронкевич С. А.

With the help of functionalities of packages of computer design Unigraphics and PRO/ENGINEER the finite-element model of a skeleton of a cabin of a tractor "Belarus", used is generated at carrying out of natural experiments on proving grounds of a factory. Import of the obtained discrete model finite-element package ANSYS is executed and calculation of a spectrum of frequencies of free vibrations of a cabin is carried out in view of the boundary conditions corresponding to a case when the skeleton is rigidly fixed on four arms of a frame of a tractor. The main forms corresponding to first twenty own frequencies, and also shown moving of elements of a skeleton for these main forms of vibrations are constructed.

Обеспечение допустимого уровня вибраций кабины, возникающих при движении трактора, является одной из основных задач современного тракторостроения. При совпадении частот собственных колебаний кабины и частоты внешней нагрузки могут возникнуть опасные прогибы элементов каркаса кабины, приводящие к ее деформации и разрушению [1]. Поэтому на стадии проектирования новых моделей кабин тракторов возникает задача исследований частот собственных колебаний с достаточно высокой точностью, нахождение соответствующих им главных форм, а также определение направления и значения смещений элементов кабины на этих главных формах. Одним из эффективных инструментов модального анализа является метод конечных элементов, реализуемый в многоцелевых программных комплексах инженерных расчетов (ANSYS [2, 3], Nastran [4] и др.). Использование функциональных средств и возможностей этих пакетов позволяет значительно ускорить исследование вибраций при различных граничных условиях, что позволяет избежать затрат на создание и проведение натурных испытаний. В настоящей работе отражены результаты расчета собственных частот каркаса кабины трактора «Беларусь», используемой в качестве базовой при проведении экспериментальных исследований на испытательных полигонах завода, полученные с помощью пакета ANSYS.

Недостатками пакетов конечно-элементного анализа является, относительно слабый (по сравнению с CAD-системами компьютерного проектирования), функциональный аппарат, предназначенный для формирования геометрической модели. В связи с этим возникает необходимость формирования исходной модели в каком-либо CAD-пакете, которую затем следует импортировать в расчетную конечно-элементную программу, причем выполнить генерацию конечно-элементной модели можно как в CAD-пакете, так и непосредственно в пакете конечно-элементного анализа. В нашем случае исходная модель каркаса кабины, построена средствами пакета компьютерного моделирования Unigraphics. После процедур ее импорта в CAD-пакет PRO/ENGINEER, получена конечно-элементная модель каркаса, включающая около десяти тысяч восьми-узловых трехмерных конечных элементов, в формате, приемлемом для работы в программе ANSYS. Здесь дискретная модель дополнена граничными условиями, накладываемые на модель каркаса и соответствующими случаю, когда кабина жестко закреплена четырьмя кронштейнами на раме трактора. Конечно-элементная модель каркаса с обозначением жестко закрепленных узлов показана на рис. 1.

При расчете частот собственных колебаний использовался метод Ланцоша, поскольку в ходе его реализации используются полные матрицы жесткостей и масс системы. К его преимуществам можно также отнести то, что он работает достаточно точно и эффективно, почти не требуя вмешательства пользователя в процесс анализа. В результате получены первые

двадцать собственных частот и построены соответствующие им главные формы. Значения десяти частот собственных колебаний приведены в таблице.

Таблица. Значения частот собственных колебаний каркаса кабины

Главная форма	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Частота, Гц	28,0	28,1	43,5	61,2	79,6	93,9	101,5	110,0	121,5	121,7

На рис. 2 приведены первая главная форма собственных колебаний каркаса кабины, соответствующая частоте 28,0 Гц.

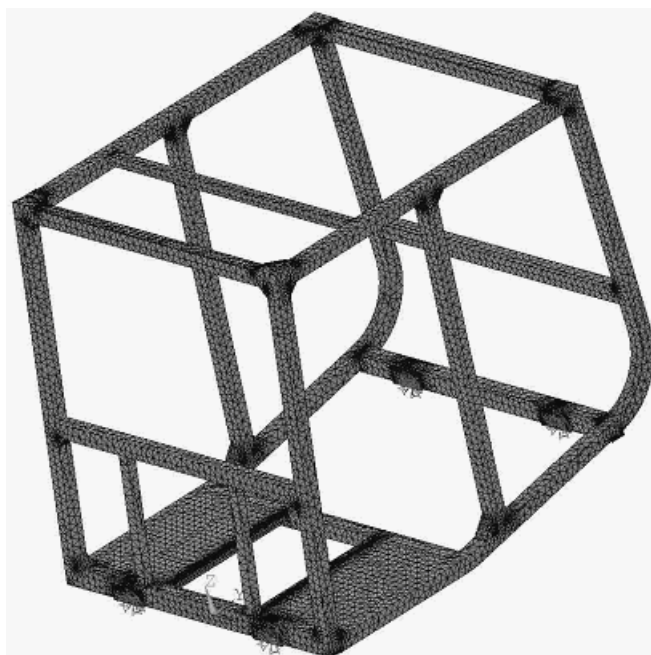


Рис.1. Дискретная модель каркаса кабины с обозначением жестко закрепленных узлов

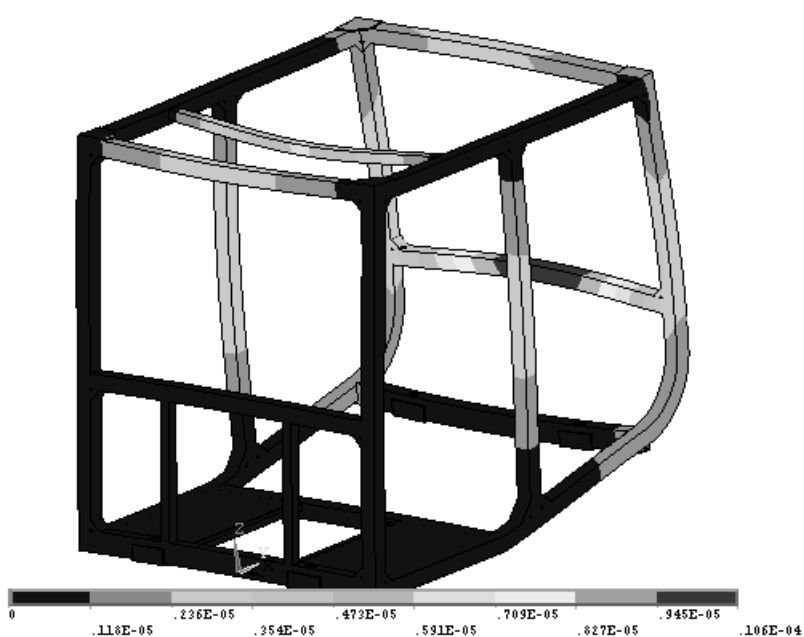


Рис. 2. Первая форма главных колебаний, соответствующая частоте 28,0 Гц

Помимо формы колебаний, рис. 2 иллюстрирует распределение относительных перемещений точек каркаса кабины. Значения относительных перемещений для различных линий уровня определяются по соответствующей шкале. Так, максимальные относительные перемещения в первой главной форме, равные $0,106 \cdot 10^{-4}$, наблюдаются при поперечных колебаниях балки, соединяющей две искривленные стойки каркаса. Относительные перемещения точек днища каркаса, двух передних вертикальных стоек и двух горизонтальных верхних балок равны нулю.

Визуализацию перемещений точек каркаса кабины при его колебаниях в той или иной форме, помимо анимаций, можно выполнить с помощью функциональных возможностей программы ANSYS, позволяющих продемонстрировать направление и величину перемещений. На рис. 3. показаны векторы перемещений точек каркаса, соответствующие колебаниям каркаса в первой главной форме.

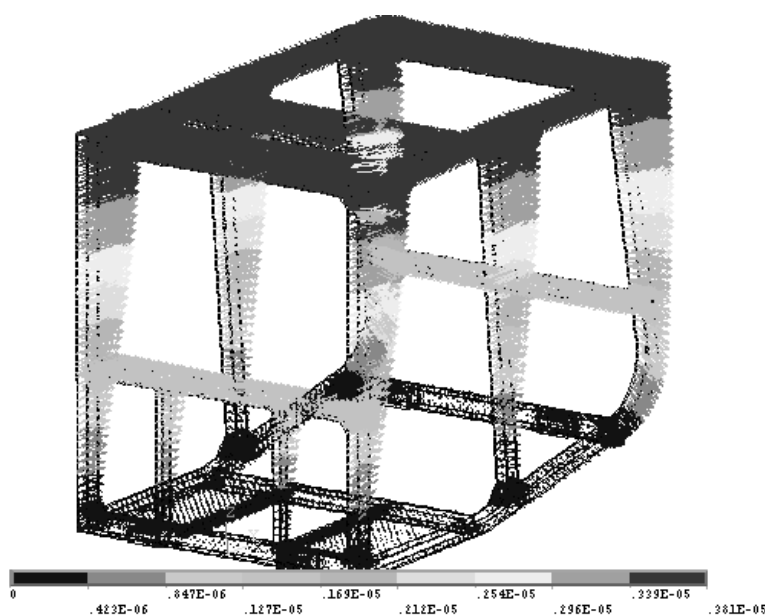


Рис. 3. Вектора перемещения элементов каркаса кабины, соответствующие колебаниям с частотой 28,0 Гц (первая главная форма)

Здесь линии равного уровня, также как и на рис. 2, отражают численные значения относительных перемещений точек каркаса при его собственных колебаниях.

В заключение отметим, что полученные результаты могут быть использованы на предварительном этапе проектирования кабины трактора при определении мест крепления активных или пассивных амортизаторов, гидравлических опор к кабине и раме трактора, а также для нахождения расположения форм упругих волн в зонах контакта кабины и рамы трактора и определения основных резонансов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филиппов А.П. Колебания деформируемых систем. - М.: Машиностроение. 1970.
2. Чигарев А. В., Кравчук А. С., Смоляк. ANSYS для инженеров. - М.: Машиностроение-1. 2004.
3. К.А. Басов. Ansys в примерах и задачах. – М.: Компьютер Пресс. 2002.
4. Д.Г. Шимкович. Расчет конструкций в MSC/NASTRAN – М.: ДНК. 2001.