

**Евграфов В.В., Шумарин С.В., Ярмоленко А.В.**

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ANSYS ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

Рассматривается возможность применения программного комплекса ANSYS (продукт фирмы ANSYS Inc.) для оптимизации конструкций электронных средств, эксплуатирующихся в условиях интенсивных внешних механических воздействий. Оптимизация проводится путем построения зависимостей параметров конструкций от варьируемых исходных данных. Расчеты выполняются в комплексе ANSYS в пакетном режиме (Batch Mode) под управлением внешней программы, написанной на алгоритмическом языке Object Pascal в среде Delphi.

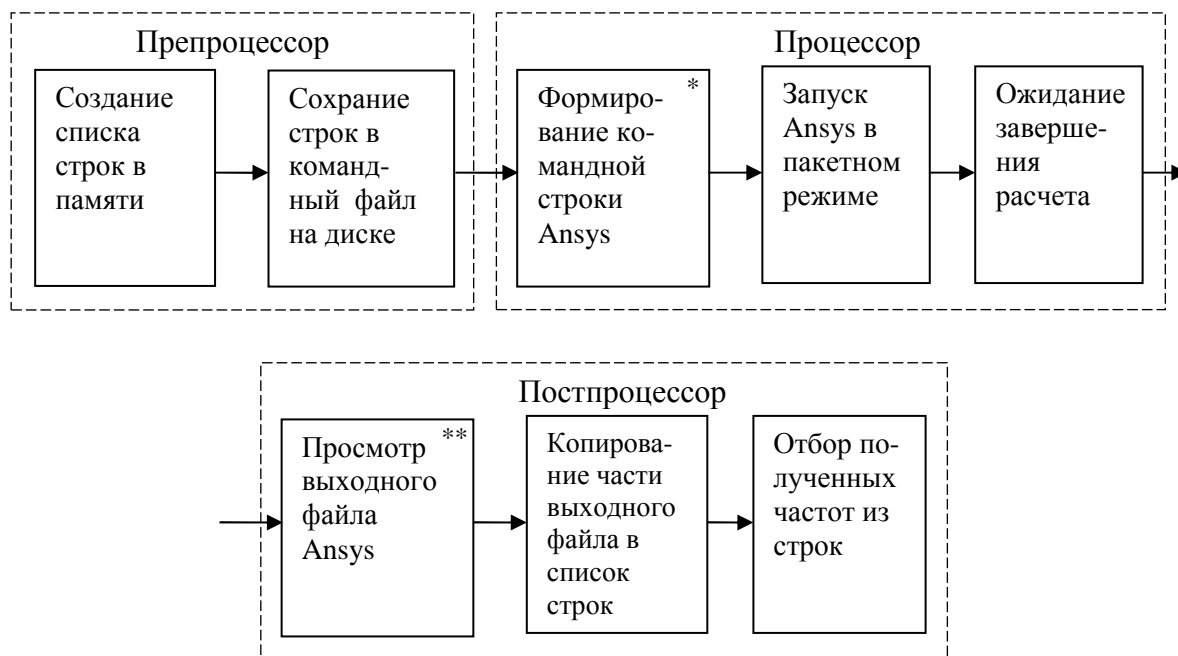
Consideration is given to an application of a bundled software ANSYS (ANSYS Inc. product) for optimization of construction of electronic devices, operatable under intensive external mechanical influences. The optimization is carried out by means of building dependencies of the constructions' parameters on variable input data. The calculations are performed within bundled software ANSYS in a batch mode under external program's control, which is written on algorithmic language Object Pascal in Delphi environment.

При разработке конструкций электронных средств (ЭС), эксплуатирующихся в условиях интенсивных внешних механических воздействий, таких как, вибрация, удары, линейные ускорения, акустический шум, приходится решать задачу оптимизации массогабаритных характеристик конструкции. Цель оптимизации – создание конструкции наименее подверженной дестабилизирующему действию механических факторов. Это требует проведения динамического анализа конструкций, т.е. определения резонансных частот, амплитуд колебаний элементов конструкций, допустимых напряжений в материалах и т.п. Задача оптимизации может быть решена с использованием аналитических и численных (машинных) моделей [1]. С ростом производительности вычислительных машин все большее распространение приобретает численный подход и, прежде всего, на основе метода конечных элементов, обеспечивающего высокую точность расчета реальных конструкций любой сложности. Метод конечных элементов для динамического анализа механических систем реализован в многоцелевых пакетах программ NASTRAN, ANSYS, KATIA и др.

Оптимизация конструкций ЭС предполагает многократное выполнение однотипных вычислений с изменяемыми исходными данными. Проводить подобные расчеты с использованием интерактивного режима, например, графического интерфейса пользователя (GUI) системы ANSYS [2], нерационально, так как это сопряжено со значительными временными за-

тратами и неэффективным использованием вычислительных мощностей. Выход из подобной ситуации – использование пакетного режима (Batch) ANSYS [3]. В этом случае может быть сформирован входной текстовый файл, содержащий команды управления процессом работы системы, и запущен на выполнение. Для автоматизации решения задачи оптимизации необходимо разработать внешнюю управляющую программу (ВУП), например, на алгоритмическом языке Object Pascal в среде Delphi, которая в соответствии с некоторым алгоритмом изменяла бы исходные данные, формировала входной файл ANSYS, запускала систему ANSYS на обработку входного файла в пакетном режиме, а затем считывала необходимую информацию из выходного файла ANSYS. Т.е. внешняя управляющая программа должна выполнять функции пре- постпроцессора.

На рис.1 представлена одна итерация проведения расчетов в комплексе ANSYS под управлением ВУП. На первом этапе управляющая программа создает командный файл на диске. Далее формируется командная строка ANSYS для его последующего запуска в пакетном режиме. После окончания работы ANSYS, что проверяется по формированию выходного файла, ВУП проводит постпроцессинг: просмотр выходного файла, отбор и сохранение определенной информации. В случае необходимости происходит повторение указанных действий с измененными исходными данными.



\* Путь установленного Ansys берется из реестра Windows

\*\* Поиск в файле ключевой строки: MODE FREQUENCY (HERTZ)

Рис. 1. Порядок проведения расчетов в комплексе ANSYS под управлением внешней программы.

На рис. 3 приведен пример входного файла ANSYS, сформированного внешней программой, а на рис. 4 представлены фрагменты программы, позволяющие:

- установить путь к директории ANSYS и сформировать командную строку ANSYS для его запуска в пакетном режиме;
- выполнить просмотр выходного файла ANSYS (*POSTPROCESSING*) на основе поиска в файле ключевой строки «*MODE FREQUENCY (HERTZ)*» для считывания результатов модального анализа.

Исследование возможности проведения оптимизационных расчетов проводилось на примере модального анализа пластины с начальными габаритными размерами 0,2 x 0,1 x 0,0015 м<sup>3</sup> и креплению по 5-ти точкам, (рис. 2).

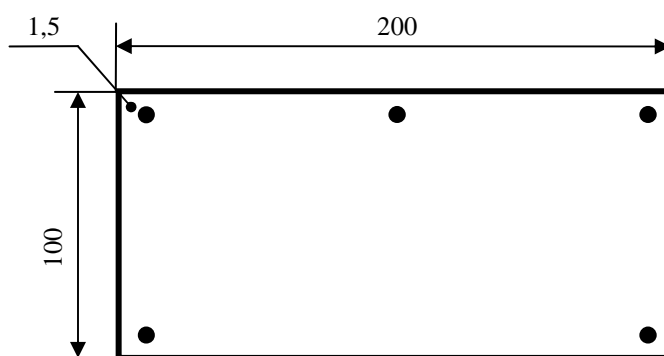


Рис. 2. Пластина, рассчитанная в примере.

После запуска ANSYS в пакетном режиме автоматически была определена первая собственная частота колебаний пластины. Затем внешняя управляющая программа уменьшила длину пластины, сохранив отношение сторон – 2:1, и расчет повторился с новыми исходными данными. Многократное автоматическое выполнение расчетов под управлением ВУП позволило получить зависимость частоты колебаний пластины от ее размеров не прибегая к использованию интерактивного режима системы ANSYS (рис. 5). На основании полученной зависимости может быть принято решение о выборе габаритных размеров печатных плат электронных средств, устанавливаемых на подвижных объектах и подвергающихся в период эксплуатации дестабилизирующему действию вибрации.

```
/units, si  
/prep7  
et,1,solid92  
blc4,0,0,0.2,0.1,0.0015  
mp,ex,1,3e+10  
mp,prxy,1,0.22  
mp,dens,1,2000  
esize,0,20  
vmesh,all
```

```

nset,s,loc,x,0
nset,r,loc,y,0
d,all,ux,,,,uy,uz
nset,s,loc,x,0.2
nset,r,loc,y,0
d,all,ux,,,,uy,uz
nset,s,loc,x,0.2
nset,r,loc,y,0.1
d,all,ux,,,,uy,uz
nset,s,loc,x,0
nset,r,loc,y,0.1
d,all,ux,,,,uy,uz
nset,s,loc,x,0.097,0.103
nset,r,loc,y,0,0.003
d,all,ux,,,,uy,uz
nset,all
/solu
antype,modal
modopt,lanb,4,0,0
mexpand,4
solve

```

Рис. 3. Пример входного файла ANSYS, сформированного внешней программой для проведения модального анализа.

```

//-----SOLUTION-----
path:=ExtractFilePath(PChar(Application.ExeName));
ANSYS81_DIR := TRegistry.Create;
ANSYS81_DIR.RootKey:=HKEY_LOCAL_MACHINE;
ANSYS81_DIR.OpenKey('\SOFTWARE\ANSYS, Inc.\ANSYS\ANSYS 8.1',false);

CmdLine := ''+ANSYS81_DIR.ReadString('ANSYS81_DIR')+
  '\bin\intel\ansys81.exe'+''+
  ' -b -i '+pathik+'.dat'+ ' -o '+path+'.out';
FillChar(SUInfo, SizeOf(SUInfo), #0);
with SUInfo do
  begin
    cb := SizeOf(SUInfo);
    dwFlags := STARTF_USESHOWWINDOW;
    wShowWindow := word(WindowState);
  end;
Res := CreateProcess(nil, PChar(CmdLine), nil, nil, False,
  CREATE_NEW_CONSOLE or
  NORMAL_PRIORITY_CLASS, nil,
  PChar(ExtractFilePath(ANSYS81_DIR.ReadString('ANSYS81_DIR')+
  '\bin\intel\ansys81.exe')),
  SUInfo, ProcInfo);
if Res then
  WaitForSingleObject(ProcInfo.hProcess, INFINITE);
ANSYS81_DIR.CloseKey;

```

```

ANSYS81_DIR.Free;
//-----POSTPROCESSING-----
n:=scanfile('1.out','MODE FREQUENCY (HERTZ)',false);
if n=-1 then Exit;
GetMem(pp, numberfreq*30); //30 байт на одну СКЧ
with TFileStream.create('1.out', fmOpenReadWrite) do
try
  Seek(n+36, soFromBeginning);
  read(pp^, numberfreq*30);
  pp[numberfreq*30-1]:=#0;
finally
  free;
end;
sl := TStringList.Create;
sl.SetText(pp);
Result:=StrToFloat(copy(StrReplace(StripNonNumeric(sl[i]),',',''),2,14));
FreeMem(pp);
sl.Free;

```

Рис. 4. Основные процедуры внешней программы на алгоритмическом языке Object Pascal в среде Delphi для пре- и постпроцессорной обработки файлов ANSYS.

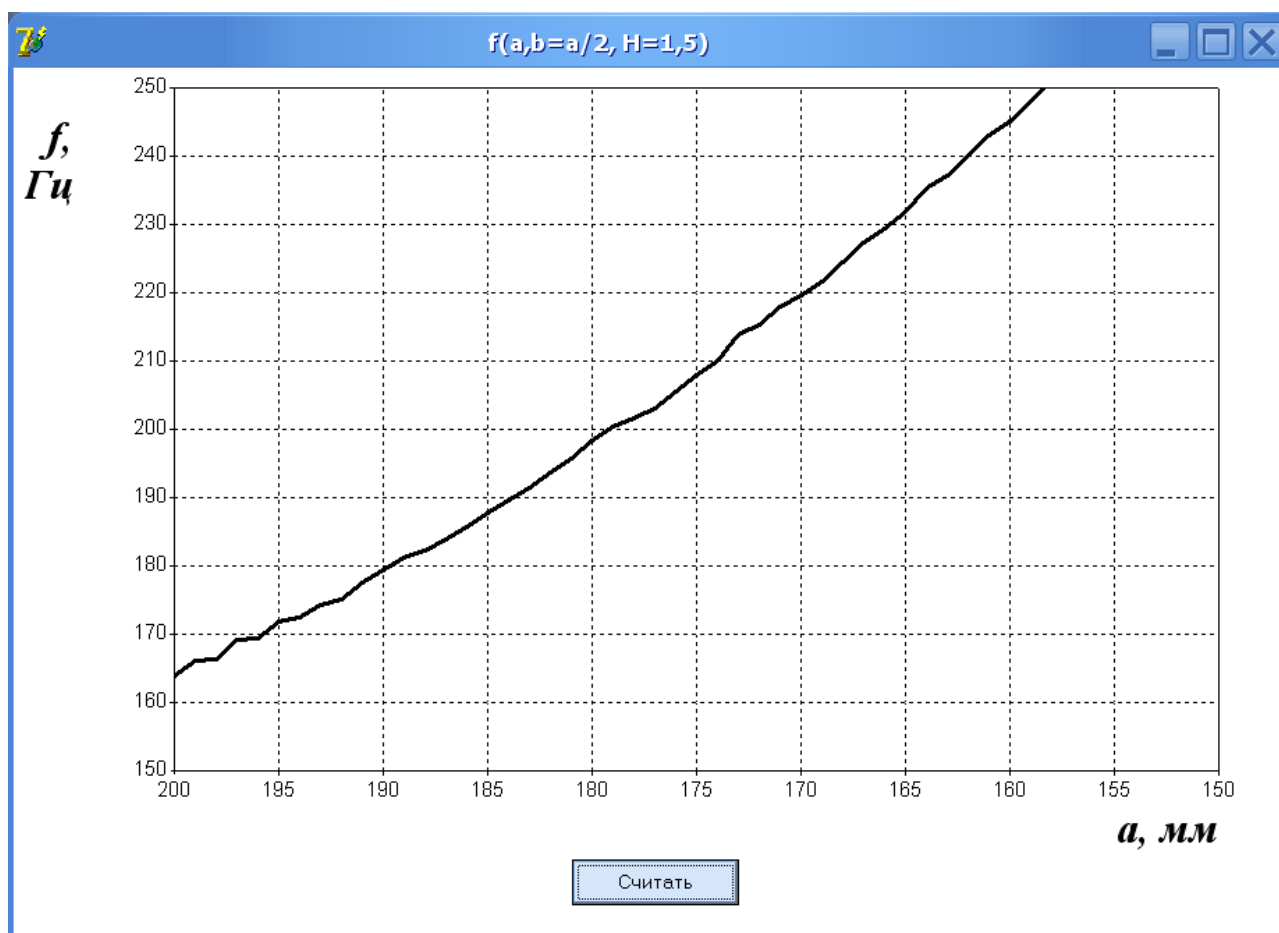


Рис. 5. Пример результата работы внешней управляющей программы модального анализа.

Проведение повторяющихся расчетов с варьируемыми исходными данными в комплексе ANSYS в пакетном режиме под управлением внешней программы значительно повышает эффективность использования вычислительных средств и снижает временные затраты, что особенно важно в задачах оптимизации и принятия решений.

### **Литература:**

1. Евграфов В.В., Талицкий Е.Н. Применение промышленных САПР для оптимизации конструкций электронных средств с демпфирующими элементами // Компьютерные технологии в науке, производстве, социальных и экономических процессах: Материалы междунар. науч.-практ. конф. в 8 ч. / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. Новочеркасск: НАБЛА, 2000. – Ч. 7. - С. 7-8.
2. Басов К.А. ANSYS в примерах и задачах / Под общ. ред. Д.Г. Красковского. – М.: КомпьютерПресс, 2002. – 224 с.
3. Каплун А.Б., Морозов Е.М., Олферьева М.А. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 272 с.