

УДК 622.232

## АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ УЧАСТКА ТРУБОПРОВОДА ПРИ ПРОЧНОСТНЫХ РАСЧЕТАХ В СРЕДЕ ANSYS

Овсянников В.П., канд. тех. наук., доц.,

Оверко В.М., канд. тех. наук., доц.,

Зима П.Ф., канд. тех. наук., проф.,

Донецкий государственный технический университет

*Приведен алгоритм и программа построения расчетной модели участка трубопровода при прочностных расчетах с использованием метода конечных элементов в среде комплекса программ .ASNSYS*

*There is given the algorithm and program of analytical model construction of a pipeline section at durability analysis using method of final elements in ASNSYS complex of programs environment.*

Как известно, потеря устойчивости вертикальных трубопроводов отмечается время от времени как на водоотливных, так и на других стационарных установках шахт. При этом корректируются строительные нормы в сторону уменьшения длин свободных пролетов, тем самым необоснованно завышаются запасы прочности и увеличиваются, соответственно, издержки на строительство и эксплуатацию гидросистем, что свидетельствует о недостаточной обоснованности принятых расчетных методах [1,2].

Конструкция крепления трубопровода в стволе шахт приведена в [3]. Ее прочностные расчеты всегда представляли актуальную задачу [2]. Особый интерес вызывает проблема анализа устойчивости вертикальных участков трубопровода при дополнительной статической или динамической нагрузках. Подобного рода задачи, как правило, решаются с использованием метода конечных элементов.

Нами разработана программа для построения модели участков трубопровода в стволе шахт с целью анализа их устойчивости в среде ANSYS. Задача решается в объемной постановке.

Исходными данными для расчета являются:

- NT- количество промежуточных участков трубопровода;
- LT – расстояние между направляющими хомутами для скользящего соединения трубопровода к расстрелам
- L1,L2,L3- длины участков на опорной двутавровой балке;

- параметры материала труб и опорной балки:
  - EX – модуль Юнга;
  - NUXY- коэффициент Пуассона;
  - DENS – плотность стали;
- параметры двутавровой опорная балки W1;W2;W3;T1;T2;T3 [5,6];
- параметры трубопровода R1;H1;R0 [5,6]

Первым шагом алгоритма является определение вида в котором формируемая модель будет изображаться на рисунках, системы используемых единиц измерения, наименование баз данных в которые записываются результаты расчетов и подписей на чертежах:

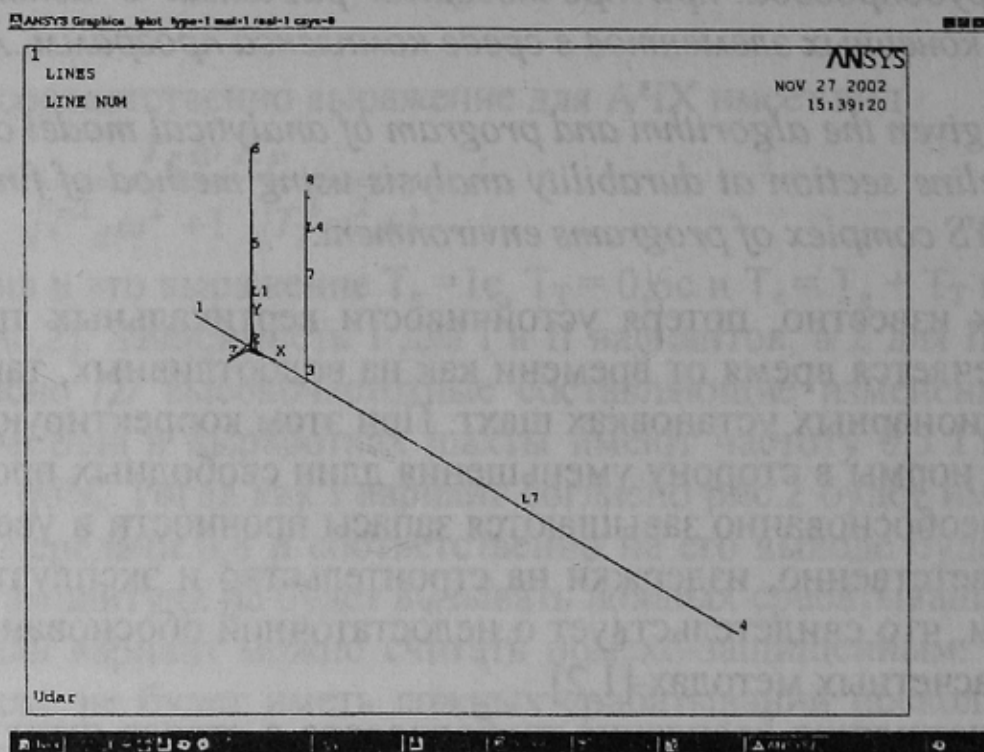


Рис. 1. Геометрическая расчетная модель участка трубопровода между сальниковыми компенсаторами

```

/VIEW, 1,1,1,1 /ANG, 1 /REP,FAST
/UNITS, SI → то есть используется система SI
/FILNAM,UDAR /TITLE,Udar
    
```

Далее необходимо задать численное значение параметров модели.

Команда /PREP7 - вызывает препроцессор построения конечно-элементной модели конструкции [4]. После чего происходит построение системы характерных точек и соединение их прямыми линиями:

- K,1,-L1,0,0 ⇒ Первая точка на опорной балке
- K,2,-L1,0,0 ⇒ Вторая точка на опорной балке



K,3,-L2,0,0 ⇒ Третья точка на опорной балке

K,4,-L2+L3,0,0 ⇒ Четвертая точка на опорной балке

\*DO,I,1,NT,1

Y=I\*LT K,I+4,0,Y,0 ; K,I+4+NT,L2,Y,0

\*ENDDO

LSTR,2,5 → Начало первого вертикального участка

\*DO,J,2,NT,1

LSTR,J+3,J+4 → Продолжение первого вертикального участка

\*ENDDO

LSTR,3,5+NT 5 → Начало второго вертикального участка

\*DO,J,2,NT,1

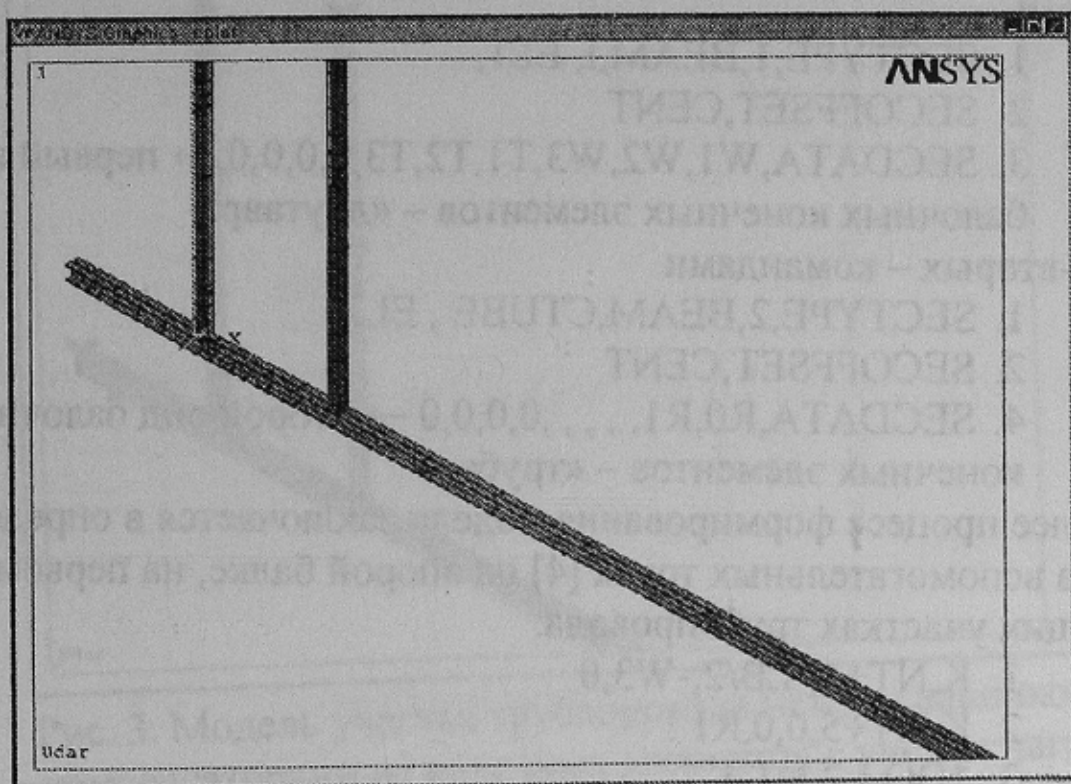


Рис. 2. Расчетная модель участка трубопровода между сальниковыми компенсаторами из конечных элементов

LSTR,J+3+NT,J+4+NT → Продолжение второго вертикального участка \*ENDDO

LSTR,1,2 ;LSTR,2,3; LSTR,3,4 → Построение линии опорной балки LSEL,ALL → Выделяем все построенные линии.

В результате выполнения первой части алгоритма получим расчетную геометрическую модель, показанную на рисунке 1.

Поскольку моделирование осуществляется «снизу-вверх» [4] и модель строится из конечных элементов, подробно рассмотрим опре-

деления типов применяемых конечных элементов и процесс присвоения параметров участкам трубопровода.

При первоначальном анализе участка трубопровода достаточно использовать балочные конечные элементы типа «BEAM» [6]

Выбор элементов осуществляется двумя командами:

ET,1,BEAM188,0,EL1

ET,1,BEAM188,0,EL2,

То есть тип конечных элементов один и тот же – балочный, но для опорной балки это должны быть элементы швеллера, а для участков трубопровода – элементы трубы.

Уточнение осуществляется следующим образом. Во-первых – командами

1. SECTYPE,1,BEAM,1,EL1,

2. SECOFFSET,CENT

3. SECADATA,W1,W2,W3,T1,T2,T3,0,0,0,0 → первый вид балочных конечных элементов – «двутавр»

Во-вторых – командами

1. SECTYPE,2,BEAM,CTUBE,EL2

2. SECOFFSET,CENT

4. SECADATA,R0,R1,,,,,0,0,0,0 → второй вид балочных конечных элементов – «труба»

Далее процесс формирования модели заключается в определении ряда вспомогательных точек [4] на опорной балке, на первом и последующих участках трубопровода:

1. K,NT+4,-LB/2,-W3,0

2. K,NT+5,0,0,R1 !

3. \*DO,J,2,NT,1

K,NT+5+(J-1),0,LT\*(J-1),R1

\*ENDDO

Присвоение типов конечных элементов линиям происходит следующим образом:

1. LSEL,S,LINE,,,NT+1, → выделяем линия номер NT+1

2. LATT,1,1,1,,NT+4,,1 → присвоение параметров линии номер NT+1, опорная точка номер NT+4

3. LSEL,S,LINE,,,NT+2, → выделяем линия номер NT+2

4. LATT,1,1,1,,NT+4,,1 → присвоение параметров линии номер NT+1, опорная точка номер NT+4

5. \*DO,J,1,NT,1

i. LSEL,S,LINE,,,J,, → выделяем линия номер J



- ii. LATT,2,2,1, ,NT+5+(J-1) , ,2 → присвоение параметров линии номер J, опорная точка номер NT+5+(J-1)  
\*ENDDO

Причем седьмой параметр в команде 4 равен 1, а в команде «ii» он соответственно равен 2. Именно этот прием и обеспечивает различие в видах конечных элементах одного и того же типа – «балочных» и дает то что опорная балка рассматривается как швеллер, а вертикальные линии геометрической модели как трубы.

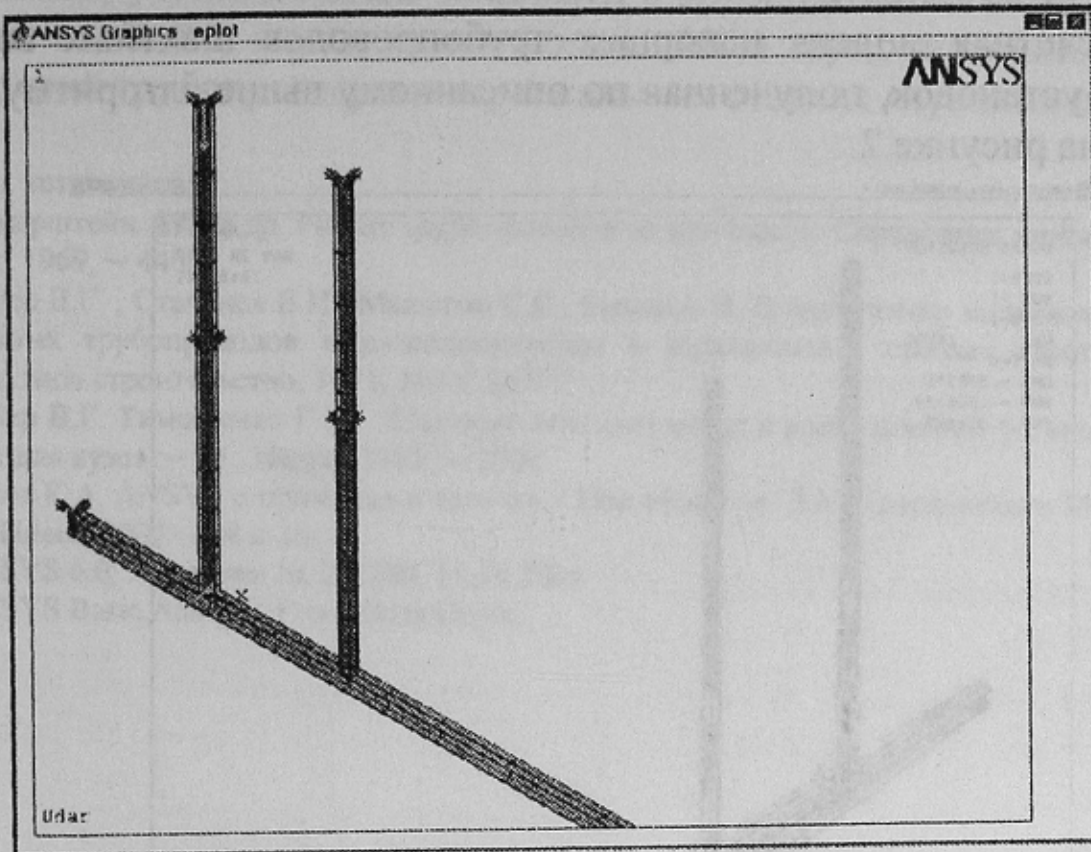


Рис. 3. Модель участка трубопровода между сальниковыми компенсаторами из конечных элементов с учетом нагрузок

Граничные условия определяются конструкцией участка

- опорная балка жестко крепится к стволу, при моделировании это соответствует командам:
  2. DK,1, ,0, ,0,ALL, , , , ,
  3. DK,3, ,0, ,0,ALL, , , , ,
- а каждый промежуточный участок крепится направляющими хомутами для скользящего соединения к расстрелам, что обеспечивает свободу их движения вдоль оси «Y». При моделировании это дают команды:

DO,J,1,NT,1

DK,J+3,UX, DK,J+3,UZ, DK,J+3,ROTX,

DK,J+3,ROTY, DK,J+3,ROTZ,

\*ENDDO

Модель учитывает вес конструкции, что обеспечивается командой: ACEL,0, G, 0, а для того чтобы она рассматривалась системой ANSYS как единое целое, необходима команд LGLUE,ALL.

Далее происходит формирование сетки конечных элементов и оптимизация матрицы жесткости, то есть:

NUMCMP,ALL, LMESH,ALL, LMESH,ALL, /ESHAPE,1.0, WSORT,ALL,0,,MAX.

Расчетная модель напорных трубопроводов шахтных водоотливных установок, полученная по описанному выше алгоритму, приведена на рисунке 2.

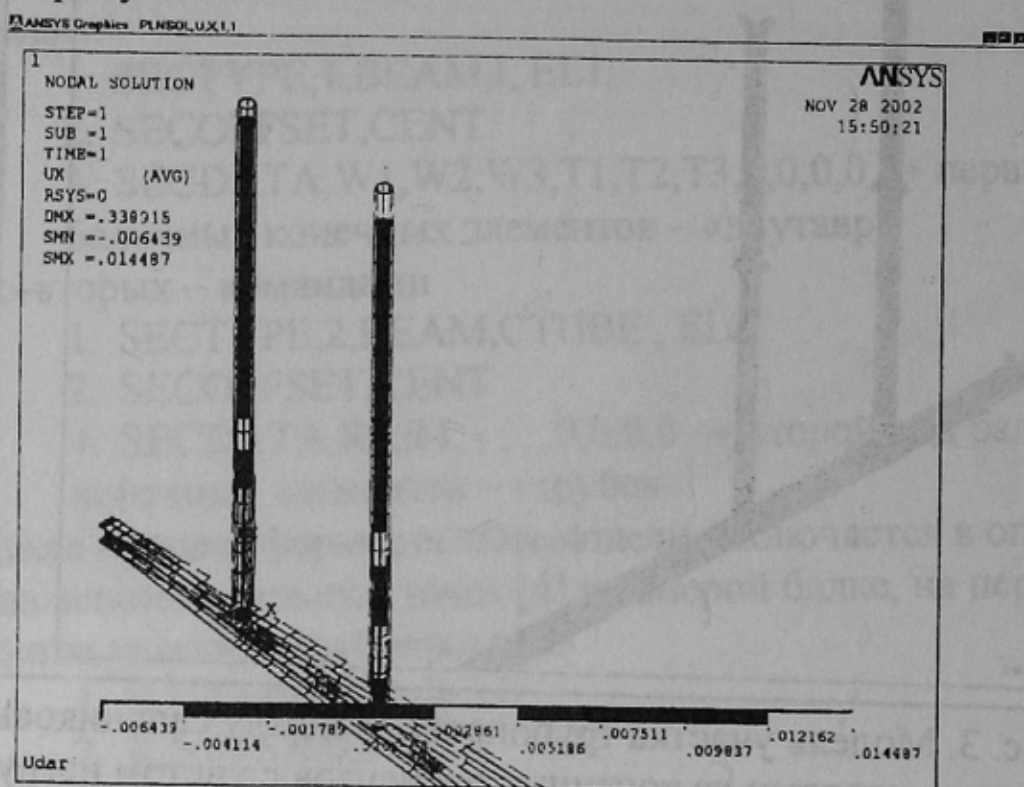


Рис. 4. Результаты расчета состояния трубопровода на участке между сальниковыми компенсаторами

Эту модель можно применять, например, для анализа поведения конструкции при статической нагрузке.

Определение силы производится из экранного меню ANSYS командами: **Preprocessor** → **Loads** → **Apply** → **Force/Moment** → **Onkey-points**.

После выбора точки приложения силы необходимо указать ее направление и величину. В результате получим нагруженный статической силой участок напорного трубопровода (см. рис 3)



Далее командами из экранного меню ANSYS осуществляется запуск программы для расчета: **Solution**→**Solve**→**Current LS**

После выполнения расчетов результаты можно посмотреть после выполнения команд: **General Postproc**→**Plot Results**→**Nodal Sol.** **Ok**, получим результаты проведенного анализа (см. рис 4).

Полученная программа позволяет, в дальнейшем, провести анализ устойчивости трубопроводов при динамических нагрузках, возникающих при гидравлических ударах, в линейной и нелинейной постановках, учесть влияние жидкости в трубопроводах на их механические свойства, осуществить модальный и гармонический анализы состояний трубопроводов в вертикальных стволах глубоких шахт.

Список источников.

1. Камерштейн А.Г. и др. Расчет трубопроводов на прочность. Справочная книга. — М.: Недра, 1969, — 440с.
2. Гейер В.Г., Степанов Е.И., Малыгин С.С., Быков А.И. О повышении надежности водоотливных трубопроводов и рассолопроводов в вертикальных стволах глубоких шахт. Шахтное строительство, 1971, №3 С.15-17.
3. Гейер В.Г. Тимошенко Г.М. Шахтные вентиляторные и водоотливные установки: Учебник для вузов. — М.: Недра, 1987, — 270с.
4. Басов К.А. ANSYS в примерах и задачах. / Под общ. ред. Д.К. Красковского М.: КомпьютерПресс, 2002- 224 с: ил.
5. ANSYS 6.0, Лицензия № 152780, 13.10.2001.
6. ANSYS Basic Analysis Procedures Guide.

