

## ВИБРОАКУСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРУБОПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ КОМПРЕССОРА

Миронова Т.Б.<sup>1</sup>, Галкина Н.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Самарский университет, г. Самара, [mironova.tb@ssau.ru](mailto:mironova.tb@ssau.ru)

<sup>2</sup>ТОО «Велестрой» месторождения Тенгиз, Республика Казахстан

*Ключевые слова:* трубопровод, компрессор, вибрация, конечно-элементная модель.

Компрессорные установки широко применяются в различных отраслях промышленности. При этом их вибрация представляет серьезную проблему и может привести не только к негативному воздействию на производственный персонал, но и к снижению производительности работы компрессоров, разрушению трубопроводов и агрегатов и др.

В данной работе была разработана конечно-элементная модель в программе Ansys для определения участков трубопроводной системы компрессора с повышенной вибрацией (рис. 1).

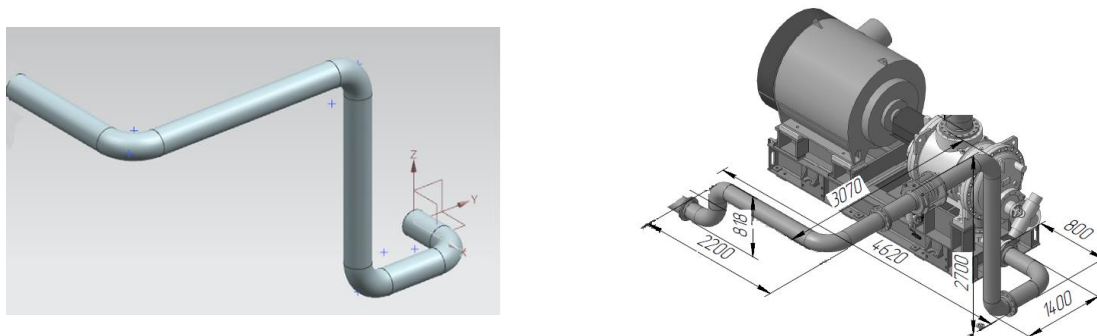


Рис. 1 – Конфигурация трубопроводной системы компрессора

Трубопроводная система имеет следующие параметры:  $l_1=0,8$  м;  $l_2=1,4$  м;  $l_3=2,7$  м;  $l_4=3,07$  м;  $l_5=2,2$  м;  $d_1=0,6$  м;  $d_2=0,4$  м;  $\rho_{pipe}=7850$  кг/м<sup>3</sup>;  $E=2 \cdot 10^{11}$  Па;  $a=3200$  м/с;  $\nu=0,2$  Па;  $\rho_{gasC4H8}=1,062$  кг/м<sup>3</sup>;  $c=430$  м/с, где  $d_1$  – наружный диаметр трубопровода,  $d_2$  – внутренний диаметр трубопровода;  $\rho_{pipe}$  – плотность материала трубопровода;  $a$  – скорость звука;  $\nu$  – Коэффициент Пуассона;  $\rho_{gasC4H8}$  – плотность газа C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>;  $c$  – скорость звука в газе.

Для моделирования газа использовался конечный элемент FLUID220. Для моделирования стенки трубопровода – элемент SOLID168. Моделирование взаимодействия жидкости и стенки трубопровода в программном комплексе ANSYS осуществляется при помощи процедуры FLUID STRUCTURE INTERACTION в модуле Mulphysics.

Граничные условия для механического трубопровода задавались в виде жесткой заделки на концах входной и выходной секции трубопровода. Граничные условия для гидравлической подсистемы трубопровода задавались в виде амплитуды и частоты пульсаций давления на входе в трубопровод. Моделирование производилось для частного случая акустической нагрузки: акустически закрытого конца ( $\alpha=0$  и  $z=\infty$ ;) и нагрузки на неотражающее сопротивление ( $\alpha=1$  и  $z=z_b$ ).

Принятые основные допущения к разрабатываемой модели следующие: отсутствие вязкости в газе; малый средний расход газа; постоянство среднего уровня давления и плотности; адиабатичность волновых процессов; постоянство массовых коэффициентов, коэффициентов демпфирования и жесткости гидравлической и механической подсистем; временная неизменность пространственной области. Задача решалась в трёхмерной постановке.

Для определения собственных частот и форм трубопровода использовался модальный анализ. Результаты расчетов в диапазоне 200-400 Гц представлены на рис. 2. Данный частотный диапазон был выбран из-за того, что на предыдущем этапе, который включал в себя проведение экспериментальных исследований трубопроводной системы компрессора, было определено, что максимальные амплитуды вибраций трубопровода регистрировались именно в данном диапазоне частот. А источником вибрации является компрессор, а точнее дискретная подача рабочего тела.

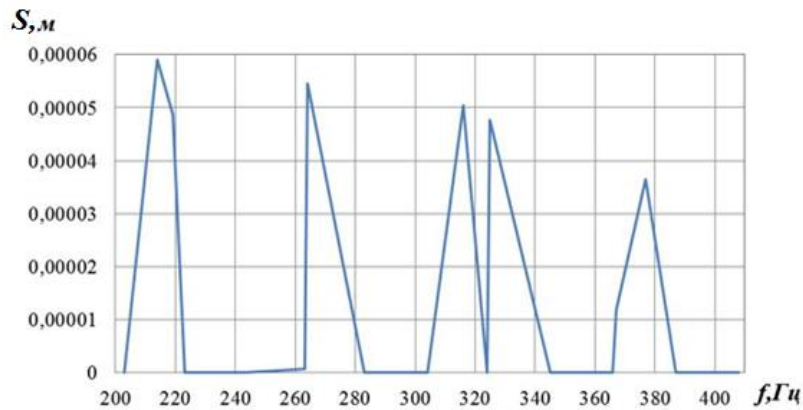


Рис. 2 – Собственные частоты трубопроводной системы компрессора в диапазоне 200-400 Гц

С помощью разработанной конечно-элементной модели был проведен гармонический анализ и рассчитана вибрация трубопровода в заданных точках (рис. 3).

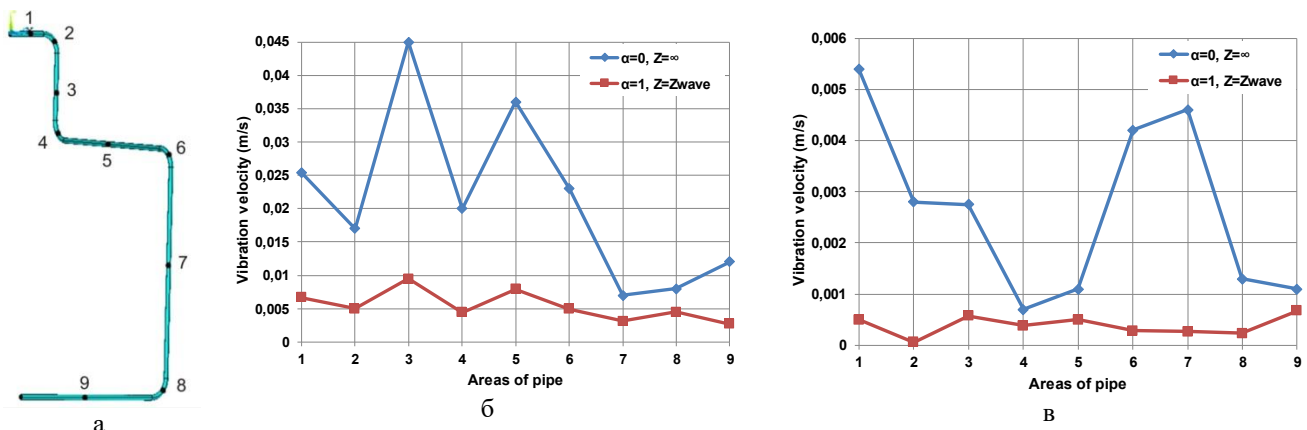


Рис. 3 – Геометрия трубопровода (а); виброскорость трубопровода в заданных точках на частоте 200 Гц (б); на частоте 400 Гц (в)

Были определены секции трубопровода, в которых наблюдалась наибольшая вибрация. Это третье и пятое сечения для случая нагрузки на акустически закрытый конец и первое, шестое и седьмое для случая нагрузки на неотражающее сопротивление. Причем для случая нагрузки на акустически закрытый конец максимальные значения виброскорости в 10 раз больше.

#### Сведения об авторах

Миронова Татьяна Борисовна, канд. техн. наук, доцент, старший научный сотрудник. Область научных интересов: виброакустика, трубопроводные системы, активные методы снижения шума и вибраций, снижение шума и вибрации технических систем.

Галкина Нина Александровна, инженер контроля качества по трубопроводам. Область научных интересов: виброакустика, трубопроводные системы, надежность трубопроводных систем.

## **THE TITLE VIBROACOUSTIC MODELING OF A COMPRESSOR PIPELINE SYSTEM**

Mironova T.B.<sup>1</sup>, Galkina N.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Samara National Research University, Samara, Russia, [mironova.tb@ssau.ru](mailto:mironova.tb@ssau.ru)

<sup>2</sup>VELESSTROY Tengiz Field, Kazakhstan

*Keywords: pipe, compressor, vibration, finite element model.*

ANSYS finite element model of the compressor pipeline system was developed to investigate the dynamic behavior of the pipe and define the places of high vibration. ANSYS Parametric Design Language (APDL) was used for modeling. The calculation results of the model allow us to define high vibration areas of the pipeline.