

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТРУБОПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ УСТАНОВКИ ГИДРООЧИСТКИ ВАКУУМНОГО ГАЗОЙЛЯ

Миронова Т.Б.

Самарский университет, г. Самара, mironova.tb@ssau.ru

Ключевые слова: математическая модель, трубопровод, вибрации, пульсации, виброакустическое взаимодействие.

В работе представлен виброакустический расчет трубопровода входящего в обвязку блоков установки гидроочистки вакуумного газойля, взаимодействующего с поршневым компрессором 4В2АС2.43_1 от пульсаций рабочего тела, генерируемых в магистраль нагнетания от вынужденных частот работы компрессора.

На базе использования программного комплекса ANSYS с использованием модуля Harmonic были рассчитаны виброакустические характеристики трубопроводов от силового возбуждения, учитывающие взаимодействие рабочего тела со стенками трубопровода.

Моделирование виброакустического взаимодействия осуществлялось процедурой Fluid Structure Interaction. Расчёт процессов виброакустического взаимодействия пульсирующей жидкости и стенки трубопровода осуществлялся на базе построения трехмерной модели.

Принятые основные допущения модели: отсутствие вязкости в жидкости; малый средний расход жидкости; постоянство среднего уровня давления и плотности; адиабатичность волновых процессов; постоянство массовых коэффициентов, коэффициентов демпфирования и жёсткости гидравлической и механической подсистем; временная неизменность пространственной области.

Задача решалась в трёхмерной постановке. Для моделирования жидкости использовался восьмиузловой пространственный элемент FLUID 30, предназначенный для описания акустических свойств жидкой среды, а также её взаимодействия с упругой конструкцией. Для моделирования стенки трубопровода использовался пространственный элемент SOLID45 предназначенный для трёхмерного моделирования деформируемых твёрдых тел.

Граничные условия гидравлической подсистемы задавались в виде амплитуды и частоты пульсаций рабочего тела на входе в трубопровод. Моделирование производилось для случая акустической нагрузки трубопроводов. Амплитуда пульсации давления рабочего тела рассчитывалась для каждого диаметра трубопровода. При расчете вынужденная частота пульсаций давления от компрессора $f_1=49,3$ Гц в трубопроводе задавалась равной 50 Гц.

Граничные условия механической подсистемы задавались путем ограничения соответствующих степеней свободы в узлах расчетной схемы, исходя из реальных условий креплений участков трубопроводов в виде установленных опор. Упрощение в моделировании опор заключались в моделировании закреплений по узлам сетки конечных элементов по линиям и поверхностям, соответствующим местам расположения опор трубопроводов (см. рис. 1).

На рис. 2 показана вынужденная форма колебаний трубопровода на частоте 50 Гц. Результаты расчета представлены в виде амплитуды виброперемещения для трубопровода. На рис. 2 видно, что максимальное перемещение находится на входном участке трубопровода по направлению движения рабочего тела.

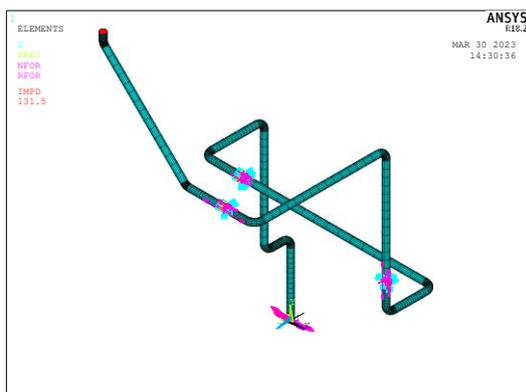


Рисунок 1 – Конечно-элементная модель трубопроводобвязки блока установки гидроочистки вакуумного газойля в программном комплексе Ansys

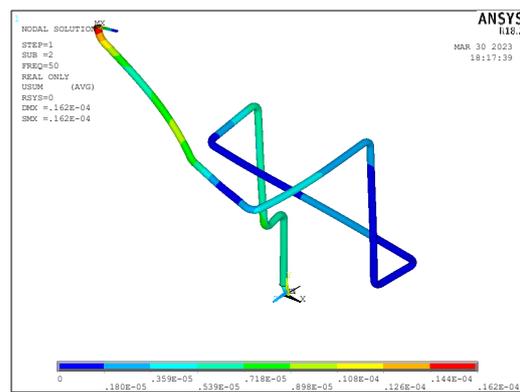


Рисунок 2 – Вынужденная форма колебаний трубопровода на частоте 50 Гц

Результаты расчета в виде амплитуды виброперемещения для трубопровода сравнивались с параметрами, допускаемых значений вибрации трубопроводов для заданных частот по ГОСТ 32569-2013. Максимальные значения амплитуды перемещения по координатам UX, UY, UZ и суммарное перемещение USUM, полученные при расчете в Ansys равны соответственно -15,371 мкм, 9,1664 мкм, 3,659 мкм, 16,159 мкм. Данные значения соответствуют 1 уровню диапазона допускаемых значения амплитуд вибрации ГОСТ 32569-2013, что соответствует удовлетворительному состоянию трубопровода по данному ГОСТу.

Сведения об авторах

Миронова Т.Б., к.т.н, доцент кафедры АСЭУ Самарского университета. Область научных интересов: динамика и виброакустика трубопроводных систем различного назначения, устройства для снижения шума и вибрации технических систем, активные методы снижения шума и вибрации.

MATHEMATICAL MODEL OF THE OF VACUUM GASOIL PIPELINE SYSTEM

Mironova T.B.

Samara University, Samara, Russia, mironova.tb@bk.ru

Keywords: mathematical model, pipe, vibration, pulsation, vibroacoustic interaction.

Ansys finite element model of the vacuum gasoil pipeline system was developed. ANSYS Parametric Design Language (APDL) was used for modeling. Vibroacoustical interaction between oscillation fluid and solid structure (wall of pipe) was modeled with FSI (fluid/structure interaction) procedure. The boundary conditions of the mechanic (piping) subsystem are pipeline rigid fixing supports. The boundary conditions of the fluid subsystem are pressure oscillation amplitude of the pipeline inlet section, outlet section impedance and fluid oscillation frequency for fluid. Assumptions of the model: zero gas viscosity, average flow rate, pressure and density are constant, wave process is adiabatic; mass coefficient, damping ratio and rigidity of mechanical and fluid subsystems are constant. The calculation results of the pipeline vibration were compared with GOST 32569-2013. The calculation results correspond to the satisfactory condition of the pipeline.