

УДК 621, 643, 23:531, 3.012.6.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ МОДЕЛЕЙ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОГО ТРУБОПРОВОДА ПРИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЯХ

У.С.Сулейменов
ЮКГУ им.М.Ауезова, г.Шымкент

Существующая методика определения динамических нагрузок в конструкциях основана на использовании их динамических характеристик - собственных частот и форм колебаний, а также способности конструкций рассеивать энергию колебаний.

В связи с этим целью настоящих исследований явилось определение динамических характеристик и изучение особенностей работы моделей трубопроводов на вертикальные (поперечные) динамические воздействия.

Экспериментальные исследования проводились на моделях надземных трубопроводов, выполненных из малоуглеродистой стали в масштабе 1:5 к натурным конструкциям стальных трубопроводов диаметром 1220мм [1]. Моделирование геометрических размеров и параметров трубопровода произведено на основе простого механического подобия между моделью и натурой. Согласно этой теории, между параметрами модели и природы устанавливается постоянство масштабов моделирования. Метод основан на анализе размерностей физических величин [2].

Модель представляет собой фрагмент трубопровода длиной 3980мм, состоящий из трех равных пролетов длиной 1260мм, диаметром 245 мм, уложенных на опоры высотой 0,6м. Модель соответствует по условиям защемления трубопроводу с одной защемленной опорой в торце, двумя свободноподвижными опорами в середине и одной продольно подвижной опорой в другом торце.

Нагрузка от веса продукта создавалась заполнением трубы водой, и рассматривались случаи пустого, частично заполненного и полностью заполненного трубопровода.

Нагрузка от внутреннего избыточного давления на стенки трубопровода создавалась компрессором, контроль давления осуществлялся манометром. Рассматривались случаи отсутствия или наличия внутреннего избыточного давления в пределах от 0 до 1,0МПа. Для создания эффекта предварительного напряжения использована высокопрочная проволока, навиваемая на трубу-основу с шагом навивки $a = d$ и $a = 3d$, угол навивки принят 90° к оси трубопровода (где d - диаметр проволоки).

Для достижения цели экспериментов было изготовлено и испытано три фрагмента модели трубопровода. Труба А базовая, эталонная без предварительного напряжения, Б и В предварительно-напряженные, в которых шаг навивки принимался соответственно равным $a = d$ и $a = 3d$ (d - диаметр навиваемой проволоки).

Усилие навивки для предварительно напряженных трубопроводов принималось равным:

$$S_{np} = 0,25 - 0,75 S_{кр},$$

где $S_{кр}$ - усилие натяжения проволоки, при котором происходит потеря устойчивости трубы, определенное по формуле Э.Б.Рамазанова [3].

Деформации стенки трубопровода определялись тензометрическими средствами измерения. В качестве первичных преобразователей при измерении относительных деформаций применялись одноэлементные петлевые тензорезисторы на бумажной основе типа ПКБ базой 5мм. Для регистрации динамических перемещений стенки трубопровода использовались тензорезисторные преобразователи - динамические прогибомеры. Для регистрации колебательного процесса в экспериментах использовался 12-канальный шлейфовый осциллограф Н-117, с рабочей полосой частот от 0 до 400 Гц. Для усиления сигналов от тензорезисторов применялся универсальный 10-канальный тензоусилитель «Топаз 3-01». Для записи осциллограмм использовалась светочувствительная осциллографная бумага УФ-100 и УФС-100.

Рассматривались случаи частично заполненного (0,5Н; 0,75Н) и полностью заполненного трубопровода (1,0Н). Одновременно рассматривались случаи отсутствия ($P=0$) или наличия внутреннего избыточного давления ($P=1,0$ МПа) в трубопроводе.

Анализ осциллограмм свободных затухающих колебаний обычного и предварительно напряженных трубопроводов показал, что при вертикальных колебаниях частота обычного трубопровода составила $f = 9,6$ Гц, а предварительно напряженных трубопроводов: модели Б - $f = 13,6$ Гц; модели В - $f = 10,8$ Гц. Амплитуда колебаний обычного трубопровода в среднем на 25-45% выше, чем предварительно напряженных. Следует отметить, что убывание каждой последующей амплитуды затухающих колебаний трубопровода без предварительного напряжения происходит более медленно, чем предварительно напряженных. Следовательно, декремент колебаний предварительно напряженных трубопроводов оказался на 36-45% больше, чем обычного трубопровода.

Изменение уровня предварительного напряжения от $0,25S_{кр}$ до $0,75S_{кр}$ показало, что частота основного тона колебаний модели Б предварительно напряженного трубопровода увеличилась от 11,6 Гц до 17,3 Гц, а модели В - от 10,9 Гц до 16,2 Гц. С ростом усилия натяжения увеличились и декременты колебаний в модели Б ($\alpha = d$) от 0,086 до 0,133, а в модели В ($\alpha = 3d$) от 0,073 до 0,136.

Заполнение модели трубопровода водой до 0,5Н приводит к резкому снижению частот колебаний: модели А до 1,5 раза, модели Б - 1,1-1,2 раза и модели В в 1,3-1,35 раза.

Дальнейшее заполнение моделей трубопровода водой приводит к более плавному снижению частот свободных колебаний, которая составляет в трубопроводе А - 6,6 Гц, в модели Б - 16,3 Гц и в модели В - 13,2 Гц (рисунок 1).

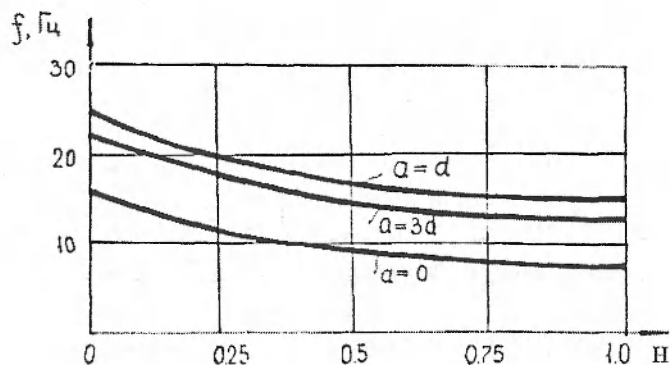


Рисунок 1 - Частоты собственных колебаний в зависимости от уровня заполнения трубопровода

При увеличении уровня заполнения модели трубопровода до $0,5H$ имеет место снижение значений декремента колебаний: модели А - на 54%, модели Б - на 28% и модели В - на 34%. При дальнейшем увеличении уровня заполнения уменьшение значений декремента колебаний всех моделей происходит умеренно и в среднем составляет 10-12% (рисунок 2).

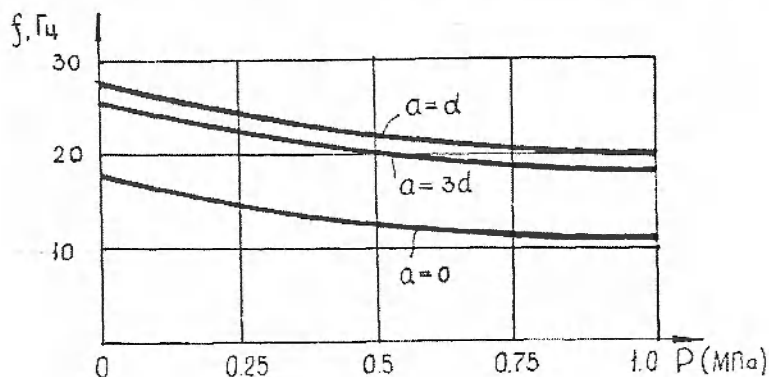


Рисунок 2 - Частоты собственных колебаний в зависимости от внутреннего избыточного давления

Изменение внутреннего избыточного давления от 0,1 до 1,0 МПа привело к снижению частот собственных колебаний обычного трубопровода от 7,6 Гц до 6,8 Гц, для предварительно напряженных моделей трубопровода: модели Б - от 13,8 Гц до 10,3 Гц, модели В - от 15,2 Гц до 13,3 Гц (рисунок 3).

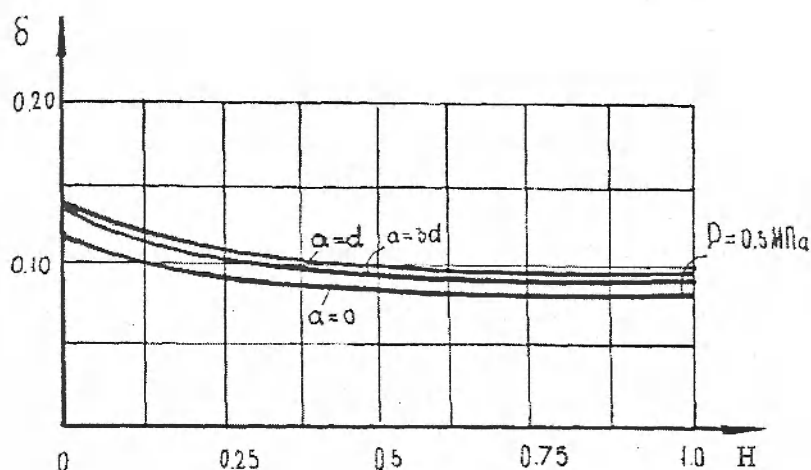


Рисунок 3 - Логарифмический декремент колебаний в зависимости от уровня заполнения трубопровода

Наблюдался значительный рост значений декремента колебаний при повышении внутреннего избыточного давления от 0,5 МПа до 1,0 МПа. Для модели трубопровода А он составил от 0,126 до 0,183, для модели Б - от 0,165 до 0,246 и для модели В - от 0,138 до 0,216 (рисунок 4).

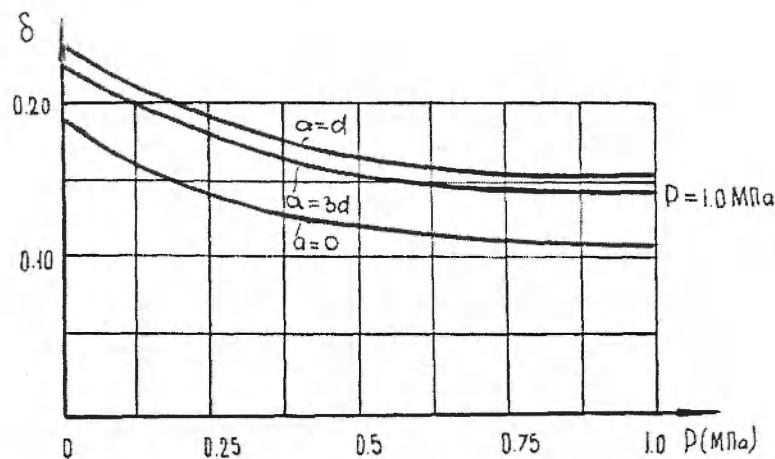


Рисунок 4 - Логарифмический декремент колебаний в зависимости от уровня заполнения трубопровода

По результатам испытаний моделей обычного и предварительно напряженных трубопроводов можно сделать следующие выводы:

- в результате предварительного напряжения стенки модели трубопровода значения логарифмического декремента колебаний повысились в среднем на 26-33% в зависимости от уровня предварительного напряжения, шага навиваемой проволоки, а также уровня заполнения трубопровода и величины внутреннего давления в трубопроводе;
- частота основного тона собственных колебаний предварительно напряженного трубопровода в среднем на 28-43% выше частоты основного тона собственных колебаний обычного трубопровода.

Литература

- 1 Айнабеков А.И., Арапов Б.Р., Сулейменов У.С. Моделирование корпуса стального трубопровода при динамических воздействиях // Механика и моделирование процессов технологии.-Тараз, 2003.- №20.-С.149-152.
- 2 Беленя Е.И., Астряб С.М., Рамазанов Э.Б. Предварительно-напряженные металлические листовые конструкции.- М.: Стройиздат, 1979.- 192с.
- 3 Беленя Е.И., Астряб С.М., Рамазанов Э.Б. Предварительно-напряженные металлические листовые конструкции.-М.:Стройиздат, 1979.-192с.

Қорытынды

Мақалада алдын ала кернеуленген құбырлар үлгілерін тәжірибелік сынау нәтижелері келтірілген. Алдын ала кернеулеудің құбырлар үлгілерінің динамикалық сипаттамаларына оңтай әсері анықталған.

Summary

In article shown the results of experimental searches of press-ressed pipe-lines.