

КАЗАНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

VRM.GROUP
VRMASTER

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

**VIII Национальная научно-практическая конференция
(Казань, 8–9 декабря 2022 г.)**

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»

**ПРИБОРОСТРОЕНИЕ
И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД
В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

VIII Национальная научно-практическая конференция
(Казань, 8–9 декабря 2022 г.)

Материалы конференции

Казань
2023

УДК 621.313
ББК 31.261
П75

Рецензенты:

д-р техн. наук, зав. кафедрой электропривода и электротехники
ФГБОУ ВО «КНИТУ» В. Г. Макаров
канд. техн. наук, зав. кафедрой электроэнергетических систем и сетей
ФГБОУ ВО «КГЭУ» В. В. Максимов

П75 Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве : материалы VIII Национальной научно-практической конференции (Казань, 8–9 декабря 2022 г.) / редколлегия : Э. Ю. Абдуллазянов (главный редактор), И. Г. Ахметова, О. В. Козелков, О. В. Цветкова. – Казань : КГЭУ, 2023. – 1040 с.

ISBN 978-5-89873-624-8

Опубликованы материалы VIII Национальной научно-практической конференции «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве» по следующим научным направлениям:

1. Приборостроение и управление объектами мехатронных и робототехнических систем в ТЭК и ЖКХ.

2. Электроэнергетика, электротехника и автоматизированный электропривод в ТЭК и ЖКХ.

3. Инновационные технологии в ТЭК и ЖКХ.

4. Актуальные вопросы инженерного образования.

5. Промышленная электроника на объектах ЖКХ и промышленности.

6. Светотехника.

7. Энергосберегающие технологии в сфере ЖКХ.

8. Эксплуатация и перспективы развития электроэнергетических систем. Контроль, автоматизация и диагностика электроустановок, электрических станций и подстанций.

9. Теплоснабжение в ЖКХ.

Предназначен для научных работников, аспирантов и специалистов, работающих в сфере энергетики, а также для обучающихся энергетического профиля.

Материалы докладов публикуются в авторской редакции. Ответственность за их содержание возлагается на авторов.

УДК 621.313
ББК 31.261

ISBN 978-5-89873-624-8

© КГЭУ, 2023

ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ КОЛЕБАНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ НАГРУЖЕНИИ ДАВЛЕНИЕМ

Гарнышова Елена Владимировна¹, Измайлова Евгения Вячеславовна²,
Ваньков Юрий Витальевич³

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹garnyshova@mail.ru, ²evgeniya-izmailova@yandex.ru, ³yvankov@mail.ru

Увеличить срок службы эксплуатации трубопроводов можно внедрением систем контроля состояния тепловых сетей. В последнее время активно развиваются методы контроля, основанные на модальном и акустическом анализах. Для решения задач использовалось программное обеспечение ANSYS. Целью работы является выявление закономерностей изменения частотных характеристик элемента конструкций.

Ключевые слова: трубопроводы, отложения, метод свободных колебаний, частоты, ANSYS, нагружение давлением.

THE REGULARITY OF CHANGES IN THE NATURAL FREQUENCIES OF VIBRATIONS OF PIPELINES UNDER PRESSURE LOADING

Garnyshova Elena Vladimirovna¹, Izmaylova Evgeniya Vyacheslavovna²
Vankov Yuri Vitalevich³

^{1,2,3}Kazan State Power Engineering University, Kazan

¹garnyshova@mail.ru, ²evgeniya-izmailova@yandex.ru, ³yvankov@mail.ru

It is possible to increase the service life of pipelines by introducing systems for monitoring the condition of heating networks. Recently, control methods based on modal and acoustic analyses have been actively developing. The ANSYS software was used to solve the problems. The purpose of the work is to identify patterns of changes in the frequency characteristics of the structural element.

Keywords: pipelines, deposits, free oscillation method, frequencies, ANSYS, pressure loading.

Одной из важнейших задач при эксплуатации трубопроводов является обеспечение надежности их функционирования. Для этого необходимо внедрение систем контроля трубопроводов [1], учитывающих

их конструктивно-технологические и эксплуатационные особенности. Одним из достоверным методом контроля является акустический, в частности метод свободных колебаний, основанный на измерении частоты собственных колебаний [2] и наличии корреляционных зависимостей между упругими константами материала, из которых изготовлено изделие, и такими физико-механическими свойствами, как твердость, пористость, плотность, прочность и т. п., а также эксплуатационными характеристиками изделий и параметрами их изготовления.

Эти критерии используются для модального анализа в программном комплексе ANSYS.

Авторами ранее была проведена серия расчетов в программе ANSYS для отработки методики выявления закономерностей изменения частотных характеристик элемента конструкции, который представляет из себя участок трубы, жестко заземленный по обе стороны, при разных условиях: был смоделирован участок чистой трубы длиной 400 мм, внешним диаметром трубы 159 мм, внутренним диаметром трубы 151 мм, материал – структурная сталь (Structural Steel) с плотностью $\rho = 7860 \text{ кг/м}^3$, коэффициентом Пуассона $\nu = 0,3$ и модулем Юнга (модуль упругости) $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$; добавлены разные толщины одного вида отложения (0,5, 1, 1,5, 2, 2,5 мм); добавлены отложения с разными плотностями (оксиды кальция, кремния, магния и железа), и определены во всех случаях собственные частоты колебаний этих труб [3–5].

Для того чтобы правильно продиагностировать состояние трубопроводов по анализу собственных частот, необходимо еще учитывать давление транспортируемой среды. Давление жидкости влияет на амплитудно-частотную характеристику трубопровода. Для определения изменения частот при нагружении трубопровода давлением, было смоделировано воздействие среды на внутреннюю стенку трубопровода и осуществлен анализ структурно-жидкостного взаимодействия в ANSYS. Поэтому в новой серии расчетов в ANSYS проведено математическое моделирование того же элемента конструкции с теми же параметрами – чистой трубы и трубы с отложением (оксида кремния с толщиной 0,5 мм) с шагом нагружения давления каждой 1 МПа.

Анализ результатов показал, что собственные частоты колебаний элементов конструкции (как чистые, так и с дефектами) возрастают при нагружении давлением. Причем у участков трубы с отложением интенсивнее возрастают частоты (см. рисунок).

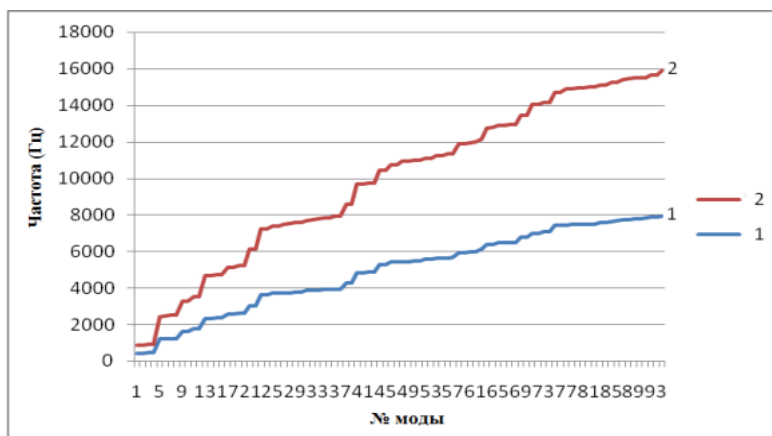


Диаграмма изменения собственных частот колебаний элемента конструкции при созданном в нем давлении: 1 – чистая труба; 2 – труба с отложением

Предлагаемая методика для выявления закономерностей изменения частотных характеристик элемента конструкции, обеспечивает заданную точность и достоверность.

Работа выполнена в рамках гос. задания № 075-03-2021-175/3.

Источники

1. Повышение энергоэффективности контролем трубопроводных систем: моногр. / Ю.В. Ваньков [и др.]. Казань: Изд-во Казанского университета, 2022. 142 с.
2. Гарнышова Е.В., Измайлова Е.В., Ваньков Ю.В. Оценка толщины отложений на внутренней поверхности теплообмена по затуханию собственных колебаний // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 4. С. 106–114.
3. Измайлова Е.В., Гарнышова Е.В., Ваньков Ю.В. Определение информативных критериев для контроля трубопровода с применением ANSYS // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и ЖКХ: матер. VI Нац. науч.-практ. конф.: в 2 т. Казань, 2020. Т. 1. С. 413–416.
4. Измайлова Е.В., Гарнышова Е.В., Ваньков Ю.В. Численное моделирование собственных колебаний поверхностей теплообмена с различными толщинами отложений // Наука, техника и развитие инновационных технологий: матер. науч. конф. посвящ. 30-летнему юбилею независимости Туркменистана: в 2 т. Ашхабат, 2021. Т. 2. С. 145–147.
5. Гарнышова Е.В., Ваньков Ю.В., Измайлова Е.В. Зависимость частоты колебаний поверхности теплообмена от плотности осадка // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: сб. тр. XXVIII Междунар. научн.-техн. конф. Москва, 2022. С. 229.