

---

ISSN 2782-4985

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*Центр фундаментального образования*

*НАУЧНОМУ ПРОГРЕССУ –  
ТВОРЧЕСТВО МОЛОДЫХ*

Материалы  
XVII международной молодежной научной конференции  
по естественнонаучным и техническим дисциплинам

*Йошкар-Ола, 22-23 апреля 2022 года*

(посвящается 90-летию со дня образования  
ПЛТИ – МПИ – МарГТУ – ПГТУ)

Электронное научное издание

Йошкар-Ола  
2022

УДК 378.147.88

ББК 74.58

Н 34

**Редакционная коллегия**

*Д. В. Иванов*, член-корреспондент РАН, д-р физ.-мат. наук; профессор;

*С. Г. Кудрявцев*, канд. техн. наук, доцент;

*Э. В. Унженкина*, специалист по учебно-методической работе ЦФО

**Научному прогрессу – творчество молодых:** материалы XVII  
Н 34 международной молодежной научной конференции по естественно-  
научным и техническим дисциплинам (Йошкар-Ола, 22-23 апреля  
2022 г.) / редкол.: Д. В. Иванов и др. Йошкар-Ола: Поволжский  
государственный технологический университет, 2022. 598 с. URL:  
<https://science.volgatech.net/nm/Conferences/Young%20creations/Sborn.pdf>

Представлены результаты научно-исследовательских работ молодых ученых, аспирантов и студентов по секциям «Математика», «Прикладная механика», «Прикладная геометрия и компьютерная графика», «Прикладная и экологическая химия», «Материаловедение и технология машиностроения», «Энергообеспечение предприятий», «Радиотехнические и инфокоммуникационные системы и технологии», «Современные информационные технологии в системах управления», «Биология и рациональное природопользование», «Лесовосстановление и лесоразведение», «Лесопользование и лесоустройство», «Исследование, расчет и проектирование конструкций зданий и сооружений», «Исследования в архитектурном проектировании», «Современные материалы и технологии в строительном комплексе», «Моделирование и прогнозирование социально-экономических процессов».

УДК 378.147.88

ББК 74.58

ISSN 2782-4985

© Поволжский государственный  
технологический университет, 2022

Ульябаева Г. Ш., Гапоненко С. О.

Казанский государственный энергетический университет

### ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА БЕЗДЕФЕКТНОГО И ДЕФЕКТНОГО ТРУБОПРОВОДОВ

**Аннотация.** В данной статье представлена математическая модель колебательного процесса бездефектного и дефектного трубопроводов. В качестве объектов исследования использовались трубопровод без дефекта и трубопроводы с дефектами 2 мм и 3 мм. В ходе работы были определены зависимости влияния дефектов трубопроводов на собственные частоты колебаний в среде конечноэлементного моделирования ANSYS. Анализ переходных динамических процессов в программном комплексе ANSYS позволил получить динамический отклик трубопроводов с дефектами. Определен информативный частотный диапазон для контроля технического состояния исследуемых трубопроводов.

**Ключевые слова:** диагностика, трубопровод, контроль технического состояния, собственные частоты колебаний, дефект

В качестве объекта исследования были выбраны стальной бездефектный трубопровод, а также стальные дефектные трубопроводы с размерами дефектов 2 мм и 3 мм.

Для определения информативного частотного диапазона собственных колебаний как бездефектного, так и дефектных трубопроводов построили их математическую модель в программном обеспечении ANSYS [1].

Расчет исследуемого бездефектного трубопровода.

В результате проведенного исследования определили 25 первых мод колебаний. Результаты представлены в таблице.

Таблица. Расчет исследуемого трубопровода без дефекта

№ мод колебаний	Частота, Гц	№ мод колебаний	Частота, Гц	№ мод колебаний	Частота, Гц	№ мод колебаний	Частота, Гц	№ мод колебаний	Частота, Гц
1	240,38	6	3630,2	11	6670,1	16	8707,3	21	10438
2	645,43	7	4202,3	12	7396,5	17	9131,7	22	10658
3	1220,2	8	4956,7	13	7826,5	18	9386,9	23	10860
4	1929,5	9	5595	14	8068,2	19	9578,1	24	11408
5	2608,6	10	6295,6	15	8378,8	20	9939	25	11651

---

Форма колебания 6 моды при частоте 3630,2 Гц показана на рис. 1.

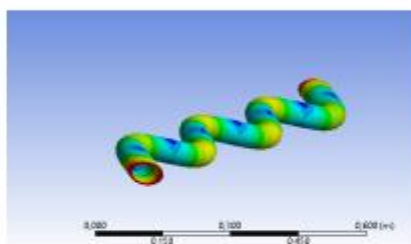


Рис. 1. Форма колебания 6 моды

Расчет исследуемого трубопровода с дефектом 2 мм.

В результате проведенного исследования наиболее характерными частотами для дефекта 2 мм являются 6681; 7156; 7240,1; 7682,5; 8240,2; 8839,2 Гц.

Форма колебания моды при частоте 6681 Гц показана на рис. 2.

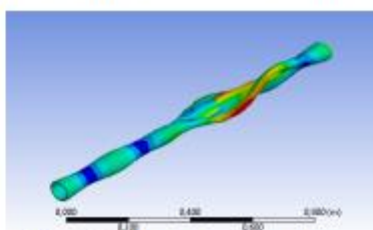


Рис. 2. Форма колебания моды

Расчет исследуемого трубопровода с дефектом 3 мм.

В результате проведенного исследования наиболее характерными частотами для дефекта 3 мм являются 6660,4; 7255,7; 7687,6; 8203,9; 8858,1; 9413,4 Гц.

Форма колебания моды при частоте 6660,4 Гц показана на рис. 3.

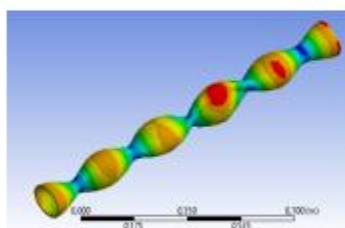


Рис. 3. Форма колебания моды

В результате проведенных исследований был определен информативно частотный диапазон для контроля технического состояния исследуемых трубопроводов [2]. Полученные данные можно использовать для определения размеров дефекта по наличию выявленных частот. На основании расчетов можно сделать вывод, что частоты 6681; 7156; 7240,1; 7682,5; 8240,2; 8839,2 Гц наиболее характерны для дефекта 2 мм; 6660,4; 7255,7; 7687,6; 8203,9; 8858,1; 9413,4 Гц для дефекта 3 мм. Остальные частоты из таблицы являются общими как для дефектных, так и бездефектных трубопроводов и не могут служить основанием для распознавания повреждений [3].

#### Список источников

1. Гапоненко С. О. Разработка комплексной методики контроля технического состояния инженерных коммуникаций на основе математического моделирования и экспериментальных исследований // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы XV международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам (Йошкар-Ола, 17-18 апреля 2020 г.): в 2 ч. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2020. Ч. 2. С. 17-20.
2. Гапоненко С. О. Программно-аппаратный комплекс на основе теоретического моделирования и экспериментального исследования зависимости энтропийных виброакустических параметров линейно-протяженных энергетических объектов от их технического состояния // Тинчуринские чтения. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2019.
3. Шакурова Р. З., Гапоненко С. О. Совершенствование методики контроля технического состояния оборудования энергетических систем и комплексов // XXIV Туполевские чтения (школа молодых ученых). Казань: КНИТУ-КАИ, 2019.

УДК 536.2

Федотова А. О.

Научный руководитель: Ваньков Ю. В., д-р техн. наук, профессор  
*Казанский государственный энергетический университет*

#### **ОЦЕНКА ПЕРЕДАЧИ ТЕПЛОТЫ ЧЕРЕЗ ПЛАСТИНУ, ПОКРЫТУЮ КРАСКОЙ С МИКРОСФЕРАМИ**

*Аннотация. В тезисах представлены результаты расчета тепловой изоляции в виде энергосберегающей краски из микросфер, нанесенной на пластину, в среде COMSOL Multiphysics.*