

УДК 681.3.06:624.012.45

Л. Р. ПРАВУК, С. Н. МАШТАЛЕР

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «ЛИРА» ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФОРМ И ЧАСТОТ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ МОДЕЛИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ДЫМОВОЙ ТРУБЫ Н = 250 М

Представлено теоретическое описание выполнения динамического расчета (модального анализа) пространственной модели железобетонной трубы Н = 250 м с использованием программного комплекса «Ли́ра», получены значения форм и частот собственных колебаний расчетной модели в результате динамического расчета.

модальный анализ, программный комплекс, пространственная модель, напряженно-деформируемое состояние

Железобетонные конструкции ряда ответственных инженерных сооружений – дымовых труб, градирен, защитных оболочек АЭС и др. – работают в условиях совместных силовых и температурно-влажностных воздействий и испытывают неодноосные напряженно-деформированные состояния (НДС). Достоверность оценки НДС таких конструкций зависит от вероятности деформации используемой расчетной модели. Конечной целью автоматизации проектирования является обеспечение бездефектного проектирования, то есть применение математических моделей, обеспечивающих оптимальный уровень надежности проектируемых строительных конструкций сооружений [1, 5, 6].

Теоретические и экспериментальные исследования, направленные на изучение особенностей работы инженерных сооружений башенного типа – дымовых труб, башенных копров, вытяжных градирен, угольных башен и т. п., в условиях совместного действия внешних и внутренних силовых факторов всегда актуальны и отличаются высокой сложностью выполнения. Действующие нормы проектирования дымовых труб [2, 3], основанные на расчете по допускаемым напряжениям, давно устарели. Широко применяемые в настоящее время для расчета строительных конструкций методы, основанные на МКЭ, нуждаются в сравнении с нормативными по результатам расчетов [4].

Актуальность данного исследования заключается в получении корректных данных о работе конструкции под нагрузкой, изучении прочностных и деформационных свойств исследуемого сооружения с использованием программного комплекса «Ли́ра».

Целью работы является выполнение расчетов собственных колебаний пространственной модели ствола железобетонной дымовой трубы Н = 250 м, изготовленной из бетона класса В30 от собственного веса и веса футеровки с помощью программного комплекса Ли́ра 9.6 (пакет AcademicSet 2). Графическая среда программы располагает полным набором возможностей и функций для формирования адекватных конечно-элементных моделей для объектов, рассчитываемых их подробного визуального обследования и необходимой корректировки.

Процесс расчетов основной схемы разбит на следующие этапы:

1. Введение исходных данных, суперэлементов – их геометрической формы, совпадения координат узлов стыковки суперэлементов с узлами основной схемы, соответствие жесткостных характеристик, нагрузок и тому подобное.
2. Перенумерация неизвестных с целью уменьшения профиля матрицы жесткости (оптимизация).
3. Формирование матрицы жесткости суперэлементов.
4. Формирование матрицы жесткости основной схемы.

5. Формирование матрицы нагрузок (правая часть).

6. Обработка динамических воздействий на основную схему: определение периодов, частот и форм собственных колебаний.

Порядок решения задачи можно представить в следующем виде: в программном комплексе создается расчетная схема с указанием необходимых параметров жесткости сечений и нагрузок. Расчетная схема дымовой трубы представлена на рис. 1. Геометрические характеристики сечения представлены в таблице 1.



Рисунок 1 – Расчетная схема модели железобетонной трубы Н = 250 м.

Таблица 1 – Геометрические характеристики сечения оболочки ствола дымовой трубы

№ звена	Отметка низа звена, м	Внутренний радиус ствола, м	Толщина стенки ствола, мм	Уклон наружной грани	Толщина футеровки, мм
1	+0.000	21.300	800	0.015	113
2	+5.000	20.500	800	0.015	113
3	+17.500	18.100	800	0.015	113
4	+22.500	17.800	700	0.015	113
5	+35.000	16.250	650	0.015	113
6	+50.000	14.700	600	0.015	113
7	+65.000	13.950	550	0.015	113
8	+80.000	13.400	500	0.015	113
9	+95.000	13.000	450	0.015	113
10	+110.000	12.600	400	0.015	113
11	+125.000	12.200	300	0.02	113
12	+140.000	11.800	300	0.02	113
13	+155.000	11.390	260	0.02	113
14	+170.000	10.960	240	0.02	113
15	+185.000	10.530	220	0.02	113
16	+200.000	10.100	200	0.04	113
17	+249.400	9.650	200	0.04	113
18	+250.000	9.200	250	0.04	113

В качестве постоянной статической нагрузки был задан собственный вес стенок оболочки дымовой трубы, который в ПК «ЛИРА» учитывается автоматически.

Формирование динамического нагружения выполняется на основе статической нагрузки от собственного веса с коэффициентом преобразования, равным 1.

Целью динамического расчета (модального анализа) ствола дымовой трубы является:

- определение форм и частот собственных колебаний по первым формам для определения корректности схемы и сравнения с нормативным значением собственной частоты;
- корректный расчет ветровой нагрузки, учитывающей пульсационную составляющую ветровой нагрузки, а также необходимость расчета на резонансное вихревое возбуждение в соответствии с нормативными документами.

Результатом расчетов являются табличные значения, представленные в таблице 2, и графические представления частот и форм собственных колебаний, приведены на рис. 2.

Таблица 2 – Периоды и частоты собственных колебаний оболочки ствола дымовой трубы

№ загрузки	№ формы колебания	Собственные значения	Круговая частота (рад/с)	Частота (Гц)	Период (с)
2	1	0,677	1,478	0,235	4,251
2	2	0,661	1,514	0,241	4,151
2	3	0,180	5,552	0,884	1,132
2	4	0,175	5,731	0,912	1,096
2	5	0,077	12,965	2,064	0,485
2	6	0,076	13,171	2,096	0,477
2	7	0,057	17,548	2,793	0,358
2	8	0,057	17,550	2,793	0,358

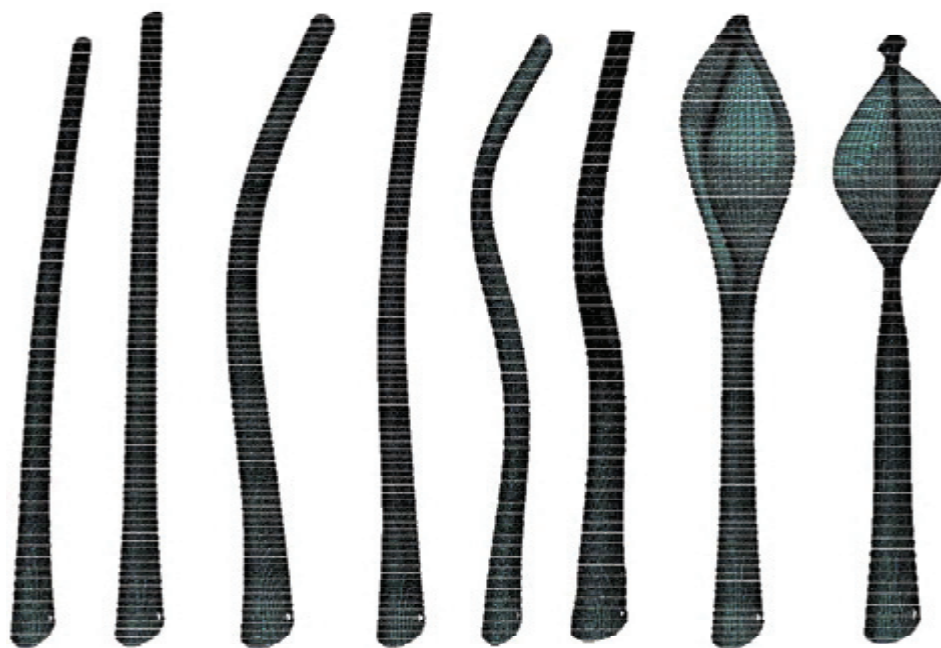


Рисунок 2 – Формы колебаний пространственной модели железобетонной трубы Н = 250 м.

ВЫВОДЫ

1. В работе проанализирована расчетная модель с помощью программного комплекса ЛИРА: Пространственная схемы оболочки железобетонной трубы, переменной по высоте; стержней с различными граничными условиями, а также выявлены формы и частоты собственных колебаний.

2. Результаты проведенной работы показали, что наименьшая частота у первой формы собственных колебаний, представляющая наибольшую опасность в смысле возможности возникновения резонанса с вибрационной нагрузкой.

3. Частота первой формы собственных колебаний составила 0,235 Гц. Период колебаний составляет 4,254 сек.

4. Данные значения частот, форм и периодов собственных колебаний свидетельствуют о том, что программный комплекс ЛИРА в целом корректно отображает работу сооружений. Данное исследование позволило удостовериться в точности результатов расчета и возможности сравнить характеристики частот и форм колебаний. Результаты расчёта могут быть различными, т. к. в данном программном комплексе реализованы приближенные численные методы – метод конечных элементов, методы решения физически и геометрически нелинейных задач, задач динамики и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Машталер, С. М. Моделювання залізобетонної димової труби в програмному комплексі «Ліра» для визначення форм та частот власних коливань Комп'ютерне моделювання в освіті [Текст] / С. М. Машталер, Ю. В. Грицук // Комп'ютерне моделювання в освіті : Матеріали IV Всеукраїнського науково-методичного семінару 12 травня 2011 р. / Под ред. І. О. Теплицького, С. О. Семерінова та ін. – Кривий Ріг : Видавничий відділ НМетАУ, 2011. – С. 30–31.
2. Инструкция по проектированию железобетонных дымовых труб [Текст] / НИИЖБ ; ТЕПЛОПРОЕКТ. – М. : Госстройиздат, 1962. – 54 с.
3. ВСН 286-72. Указания по проектированию железобетонных дымовых труб [Текст]. – Введ. 1972-03-01. – М. : ММСС СССР, 1973. – 64 с.
4. Сопоставительный анализ результатов расчетов ствола дымовой трубы $H = 250$ м на действие ветровой нагрузки [Текст] / В. И. Корсун, Ю. Ю. Калмыков, Т. Н. Виноградова, А. С. Волков // Сучасні проблеми цивільного будівництва. – 2010. – № 1, Т. 6. – С. 6–12.
5. Корсун, В. И. Оценка эффективности применения высокопрочных бетонов для возведения дымовых труб [Текст] / В. И. Корсун, А. С. Волков // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2009. – Вип. 2009-4(78). – С. 60–64.
6. Левин, В. М. Железобетонные башенные сооружения. Исследования, расчет [Текст] / В. М. Левин. – Макеевка : ДонГАСА, 1999. – 230 с.

Получено 03.03.2016

Л. Р. ПРАВУК, С. М. МАШТАЛЕР
ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ «ЛІРА» ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ
ФОРМ І ЧАСТОТ ВЛАСНИХ КОЛИВАНЬ МОДЕЛІЗАЛІЗОБЕТОННОЇ
ДИМОВОЇ ТРУБИ $H = 250$ М
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Представлено теоретичний опис виконання динамічного розрахунку (модального аналізу) просторової моделі залізобетонної труби $H = 250$ м з використанням програмного комплексу «Ліра», отримані значення форм і частот власних коливань розрахункової моделі за результатом динамічного розрахунку.
модальний аналіз, програмний комплекс, просторова модель, напружено-деформований стан

LIUDMILA PRAVUK, SERGII MASHTALER
APPLICATION OF «LIRA» SOFTWARE TO DETERMINE THE FORM AND
FREQUENCY OF NATURAL OSCILLATIONS OF COMPUTATIONAL OF
CONCRETE CHIMNEY $H = 250$ M
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The theoretical description of the process of dynamic analysis (modal analysis) of spatial model concrete chimney $H = 250$ m, using a «Lira» software is presented natural oscillation frequencies of the computational model as a result of dynamic analysis, are obtained.

Modal analysis software package, three-dimensional model, the stress-deformed state

Машталер Сергій Миколайович – асистент кафедри залізобетонних конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розвиток методик визначення характеристик напружено-деформованого стану залізобетонних (сталефіробетонних) елементів при простих режимах силового і температурного впливів, оцінка технічного стану і проектування залізобетонних конструкцій.

Правук Людмила Русланівна – студентка Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: аналіз напружено-деформованого стану димових труб з урахуванням фактичної схеми роботи.

Машталер Сергей Николаевич – ассистент кафедры железобетонных конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: развитие методик определения характеристик напряженно-деформированного состояния железобетонных (сталефибробетонных) элементов при простых режимах силового и температурного воздействий, оценка технического состояния и проектирование железобетонных конструкций.

Правук Людмила Руслановна – студентка Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: анализ напряженно-деформированного состояния дымовых труб с учетом фактической схемы работы.

Mashtaler Sergii – Assistant, Reinforced Concrete Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of methods of estimation of characteristics of the stress-strain state of reinforced concrete (steel fiber concrete) elements under simple modes of power and temperature influences, estimation of technical state and design of reinforced concrete constructions.

Pravuk Liudmila – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: analysis of stress-strain state of chimneys based on the actual circuit operation.