

АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ В САЕ

Гундрум А.В.

НИ ТПУ, ИШПР, Отделение нефтегазового дела, 2БМ36,

E-mail: avg90@tpu.ru

В настоящее время все более распространено применение компьютерного инженерного анализа (САЕ) для оценки прочности и надежности трубопроводов. САЕ позволяет инженерам проводить более точные и эффективные исследования, сокращая затраты на физические испытания и уменьшая время разработки.

Одной из ключевых задач в анализе прочности трубопроводов является определение мест наибольших напряжений и деформаций, которые могут привести к повреждению или разрушению конструкции. САЕ-системы позволяют инженерам моделировать трубопроводы, учитывая их геометрию, материалы и нагрузки, и проводить различные анализы, чтобы оценить их прочность.

Одним из наиболее распространенных методов анализа прочности трубопроводов в САЕ является метод конечных элементов (МКЭ). В этом методе трубопровод разбивается на конечные элементы, аппроксимирующие его геометрию и свойства, и решается уравнение равновесия для каждого элемента. Затем определяются напряжения и деформации в каждом элементе, а также максимальные значения по всему трубопроводу.

Анализ прочности трубопроводных систем в САЕ (Computer-Aided Engineering, компьютерное инжиниринговое моделирование) включает в себя использование специализированного программного обеспечения для моделирования и расчета напряжений, деформаций и прочности трубопроводов.

В процессе анализа прочности трубопроводов в САЕ применяются следующие шаги:

1. Создание геометрической модели трубопровода. С помощью CAD (Computer-Aided Design, компьютерное инженерное проектирование) создается трехмерная модель трубопровода, которая включает в себя все компоненты, такие как трубы, фланцы, отводы, сопла и т. д. Эта модель представляет геометрию трубопровода и служит основой для дальнейших анализов.

2. Применение граничных условий. Задаются условия граничных условий, такие как опорные точки, фиксирование, приложение нагрузок и давления. Это позволяет определить поведение трубопровода при различных условиях нагрузки и деформации.

3. Моделирование материалов. Задаются свойства материалов, из которых сделаны трубы и компоненты трубопровода. Это включает в себя модуль Юнга, коэффициент Пуассона, коэффициенты термического расширения и другие параметры, которые влияют на поведение материала под нагрузкой.

4. Расчет напряжений и деформаций. С помощью метода конечных элементов (Finite Element Method) или других подходов выполняется анализ напряжений и деформаций в трубопроводе. Это позволяет определить места наибольших напряжений, возможные деформации и учитывать различные факторы, такие как внутреннее давление, перепады температур, ударные нагрузки и т. д.

5. Определение прочности и безопасности. На основе результатов анализа прочности определяется, удовлетворяет ли трубопровод требованиям безопасности и нормам проектирования. Если возникают проблемы с прочностью, проводятся дополнительные расчеты и модификации трубопровода, чтобы убедиться в его надежности.

6. Оптимизация и улучшение дизайна. На основе результатов анализа можно вносить изменения в дизайн трубопровода для улучшения его прочности и эффективности. Это может включать изменение размеров, использование других материалов, добавление поддержек или изменение геометрии.

Анализ прочности трубопроводных систем в САЕ позволяет инженерам предварительно оценить прочностные характеристики и предотвратить возможные повреждения

и отказы в эксплуатации. Это помогает экономить время, снижать затраты на испытания и повышать безопасность трубопроводов.

Моделирование трубопроводов с использованием элементов «труба» в программных продуктах АРМ является более эффективным подходом, чем моделирование с помощью оболочечных конечных элементов. Размерность решаемой задачи резко возрастает при использовании оболочечных элементов, что влечет за собой увеличение времени расчета. Элементы «труба» в программных продуктах АРМ позволяют моделировать трубопроводы более точно и быстро.

Моделирование трубопроводов с использованием элементов «труба» можно осуществить двумя способами:

- Моделирование с помощью обычных стержневых элементов, которым затем назначается тип конечного элемента «труба».
- Моделирование с использованием специальных команд, таких как «участок трубы», «тройник», «отвод», «трубопроводная арматура».

Для элементов «труба» необходимо задать дополнительные свойства, такие как:

1. Плотность жидкой среды, чтобы учесть ее присоединенную массу.
2. Плотность и толщину изоляции.
3. Внутреннее и внешнее давление, которые действуют на элемент трубопровода.
4. Допустимую коррозию для учета ослабления прочностных характеристик элементов трубопровода со временем.

Элементы «труба» могут использоваться вместе с другими типами конечных элементов, такими как линейные, оболочечные и объемные, при моделировании конструкций, в которых трубопроводы являются составной частью.

Для элементов «труба» доступны различные типы расчетов, такие как статический расчет, расчет устойчивости, расчет собственных частот и вынужденных колебаний, а также расчет на сейсмическое воздействие. Результатами расчетов являются деформационное состояние конструкции, напряженное состояние, температурные изменения, собственные частоты и формы колебаний, реакции опор, вынужденные колебания, параметры сейсмического нагружения и другие.

Использование элементов «труба» в программных продуктах АРМ значительно сокращает время моделирования и расчета различных задач.

Список литературы

1. Анализ результатов инженерного расчета системы САЕ / Тиханов М.В., Шпехт А.В., Бородин Р.Г., Устинов В.А., Супрун Н.Ю., Меняев К.В. // *Фундаментальные основы механики*. 2017. № 2. С. 126–128.
2. Проектирование и инженерный анализ механизмов ВCAD/САЕ системах / Лашков В.А., Сорокин С.А., Кондрашева С.Г., Ганин Е.А. // *Вестник Технологического университета*. 2018. Т. 21. № 3. – С. 139–142.
3. Математическое моделирование стресс-коррозионной трещины с использованием САЕ-систем / Семенов Л.А. // *Интернет-журнал Науковедение*. 2015. Т. 7. № 2 (27). – С. 117.