

Висновки

В результаті проведених досліджень було отримано залежності між числами Рейнольдса та Струхала для тіл обтікання, що мають форму трикутної та трапецієвидної призми із різними величинами кута при вершині. Встановлено, що при зменшенні кута картина течії за ТО наближається до картини поздовжнього обтікання прямокутної пластини, а при збільшенні – до поперечного обтікання.

Кут при вершині ТО слід обирати виходячи з діапазону вимірюваних витрат та виду вимірюваного середовища: при високих числах Рейнольдса (велика витрата, в'язка речовина) доцільніше використовувати тіла обтікання з більшим розміром вздовж потоку, в той час як для малих чисел Рейнольдса більш придатними є тіла з невеликим кутом при вершині.

Запропоновано використання у вихорових витратомірах адаптивного фільтра, призначеного для пропускання смуги частот, в якій повинен знаходитися вихідний сигнал первинного перетворювача згідно визначеної для конкретного ТО залежності $Sh=f(Re)$, що дає можливість усунути вплив завад, частота яких суттєво відрізняється від прогнозованої частоти сигналу з витратоміра.

ЛІТЕРАТУРА

1. Роуч П. Вычислительная гидродинамика Мир 1980.
2. Остапів В.В., Піндус Н.М., Чеховський С.А. Критерії оптимізації форми тіл обтікання вихорових витратомірів // Системи обробки інформації – 2010 - Вип. 00 (00). – С. 00 – 00. Укр.
3. В.Ушаков Анализ обтекания тел с отрывом потока в системе SolidWorks/FloWorks // CAD/CAM/CAE observer – 2003 – Вип. 03(12)
4. Suresh Behara, Sanjay Mittal Flow past a circular cylinder at low Reynolds number: Oblique vortex shedding // Physics of Fluids – 2010 - Issue 5(22)
5. Бычков И.М. Верификация пакета OpenFOAM // Сб. материалов XIX школы-семинара "Аэродинамика летательных аппаратов". - М.: Изд-во ЦАГИ -2008
6. Popov, S. G. Dependence between the Strouhal and Reynolds numbers in two-dimensional flow past a circular cylinder - 1968
7. J. F. Ravoux, M. Provansal, A. Nadim, L. Schouveiler Strouhal-Reynolds number relationship for bluff-body flows numerically simulated by an artificial boundary method // Phys. Rev. E 68, 055702(R) - 2003
8. Uwe Fey, Michael König, Helmut Eckelmann A new Strouhal-Reynolds-number relationship for the circular cylinder in the range $47 < Re < 2 \times 10^5$ // Physics of Fluids – 1998 - Issue 7(10)
9. Киясбейли А.Ш., Перельштейн М.Е. Вихревые измерительные приборы. – М.: Машиностроение, 1978.–152 с.
10. Вихревые расходомеры Digitalyewflo компании "Июкогава".
11. В К Gandhi, S N Singh, V Seshadri, Jeeot Singh Effect of bluff body shape on vortex flow meter performance // Indian Journal of Engineering & Materials Sciences – 2004 – Issue 5(11).

пост. 15.12.2010

Использование принципа обобщения нечетких параметров агрессивной среды в моделях оптимизации конструкций

ЗЕЛЕНЦОВ Д.Г., КОРОТКАЯ Л.И.

Днепропетровский государственный химико-технологический университет

В статье предложена новая постановка задачи оптимизации корродирующих конструкций при интервальных характеристиках параметра агрессивной среды. Этот параметр описывается лингвистической переменной, каждому значению которой соответствует заданный интервал изменения параметра. Для формализации нечеткой информации используется α – уровневый принцип обобщения. Приводится анализ результатов численного эксперимента.

У статті запропонована нова постановка задачі оптимізації кородуючих конструкцій при інтервальних характеристиках параметра агресивного середовища. Цей параметр описується лінгвістичною змінною, кожному значенню якої відповідає заданий інтервал зміни параметра. Для формалізації нечіткої інформації використовується α – рівневий принцип узагальнення. Наводиться аналіз результатів чисельного експеримента.

In article new statement of a problem of optimization, designs subject to corrosion deterioration is offered, at interval characteristics of parameter of an excited environment. This parameter is described by the linguistic variable to which each value there corresponds the set interval of change of parameter. For formalization of the indistinct information the principle of generalization is used by α – levels. The analysis of results of numerical experiment is resulted.

Проблемам расчёта и оптимального проектирования конструкций, эксплуатирующихся в агрессивных средах, за последние десятилетия уделяется значительное

внимание. Традиционные известные подходы при решении задачи весовой оптимизации корродирующих конструкций предполагают наличие или полной информации о

природе коррозионного износа или информацию о параметрах и законе распределения. Наиболее распространенный подход [1] – решение указанной задачи в детерминированной постановке, предполагает, что значение долговечности является точечной величиной (далее задача в четкой постановке). Другой известный подход [2] – вероятностный, допускает, что долговечность является величиной интервальной и распределённой по известному закону. Очевидно, что в реальных ситуациях информация о параметрах агрессивной среды, является неполной или неточной, что ставит под сомнение целесообразность решения задачи оптимального проектирования в перечисленных постановках. Ввиду того, что скорость коррозии является не точечной величиной, а интервальной, то в данной работе предлагается новый подход к решению указанных задач при нечеткой информации (далее задача в нечеткой постановке). Такой подход позволяет рассматривать интервальный параметр агрессивной среды, как значения лингвистической переменной – степень агрессивности среды [3].

1. Постановка задачи. Четкая постановка решения задачи оптимизации корродирующих конструкций записывается:

$$\begin{cases} F(\bar{x}) \rightarrow \min \\ g_1: t(\bar{x}, \bar{c}) - t^* \geq 0 \\ g_2: x_i \in [x_i^-, x_i^+], i = \overline{1, n} \end{cases} \quad (1)$$

Здесь \bar{x} – вектор варьируемых параметров; n – их количество; x_i^-, x_i^+ – соответствующая нижняя и верхняя граница i -го варьируемого параметра; \bar{c} – вектор параметров агрессивной среды; $t(\bar{x}, \bar{c})$ и t^* – расчетная и заданная долговечность конструкции; $F(\bar{x})$ – целевая функция.

В приведенной постановке параметр агрессивной среды – скорость коррозии v_0 представляет собой точечную величину. Ввиду того, что параметры агрессивной среды зависят от многих факторов и с трудом поддаются точному описанию, то авторам представляется целесообразным рассматривать скорость коррозии как интервальную величину, заданную значениями лингвистической переменной «степень агрессивности среды». Исходя из её значений, интервалы изменения рассматриваемого параметра считаются известными:

$v_0 \in [v_0^-, v_0^+]$. Предлагается рассматривать параметр агрессивной среды v_0 , как нечеткое число с заданной функцией принадлежности $\mu(v)$. Представляется целесообразным использовать практичный с точки зрения реализации α – уровневый принцип обобщения (далее фузификация). В данной работе этот принцип реализован с помощью шести α – уровней: $\{0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1\}$ или соответствующим кортежем из одиннадцати точек значений параметра агрессивной среды. В результате решения задачи в нечеткой постановке будет получен кортеж значений долговечности, представляющий долговечность как нечеткое число.

В качестве объекта исследований рассматривалась пяти элементная статически определимая ферма.

Нечеткая постановка решения задачи оптимизации корродирующих конструкций может быть записана:

$$\begin{cases} F(\bar{x}) \rightarrow \min \\ g_i: \sigma_i(\bar{x}, \tilde{v}_0, t^*) - [\sigma] \leq 0, \quad i = \overline{1, N} \\ g_j: \sigma_j(\bar{x}, \tilde{v}_0, t^*) - \sigma^*(\bar{x}, \tilde{v}_0, t^*) \leq 0, \quad j \in J \end{cases} \quad (2)$$

Здесь N – число элементов конструкции; $[\sigma]$ – допускаемое напряжение; $\sigma^*(\bar{x}, \tilde{v}_0, t^*)$ – критическое напряжение; J – множество сжатых стержней. Всегда ограничения в постановке (2) могут быть сведены к ограничению по долговечности: $g_1: t(\bar{x}, \tilde{v}_0, t^*) \geq 0$.

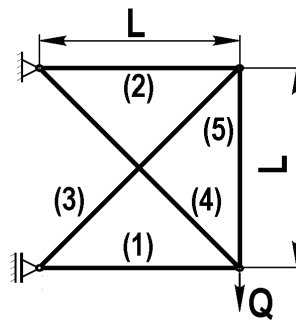


Рис. 1. Расчётная схема фермы

Схема решения задачи в нечеткой постановке с использованием α – уровневого принципа обобщения приведена на рис. 2. Она предполагает вычисление целевой функции (модуль {A}); решение задачи напряженно-деформированного состояния (модуль {НДС}) и для системы дифференциальных уравнений, описывающих коррозионный процесс в элементах конструкции решение задачи Коши (модуль {СДУ}); вычисление функции ограничений (модуль {B}); пересчет варьируемых параметров – (модуль {НЛП}) решение задачи нелинейного программирования. Модули {F} и {DF} – соответственно фузификация скорости коррозии и дефузификация значения долговечности.

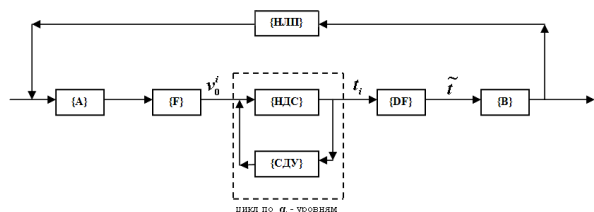


Рис. 2. Схема решения задачи оптимизации

Модуль {СДУ} предполагает решение системы дифференциальных уравнений вида [4]:

$$\frac{d\delta_i}{dt} = v_0(1 + k \cdot \sigma_i(\bar{\delta})) \quad (3)$$

Здесь δ_i и σ_i – глубина коррозии и напряжение в i -м элементе; v_0 – скорость коррозии при отсутствии напряжений; k – коэффициент, учитывающий влияние напряжений на скорость коррозии.

Так как в статически определимой конструкции не происходит перераспределения внутренних усилий в

элементах, то точное решение задачи долговечности может быть получено непосредственно из аналитических уравнений, определяющих долговечность в растянутых или сжатых стержнях произвольного поперечного сечения. Процедура вычисления долговечности каждого стержня статически определимой системы сводится к использованию аналитических формул расчёта долговечности каждого элемента [5]:

$$t^* = t_0 - \frac{2kQ}{v_0 d_1} \left\{ \operatorname{arctg} \left(\frac{2a\delta d_1}{d_1^2 + (2a\delta + b)b} \right) \right\} \quad (4)$$

$$t^* = t_0 - \frac{2kQ}{v_0 d_2} \ln \left\{ \frac{(2a\delta + b - d_2)(b + d_2)}{2a\delta + b + d_2(b - d_2)} \right\} \quad (5)$$

В (4) и (5) приняты следующие обозначения: Q – осевая нагрузка; s – коэффициент формы сечения; δ – глубина коррозионного поражения; P_0 и F_0 – соответственно периметр и площадь сечения в начальный момент времени. В зависимости от формы поперечного сечения стержня ($s = \pi$ для круглого сечения и $s = 4$ для фасонных профилей), а также от требуемой точности, возможны различные варианты решения.

Здесь также $t_0 = \frac{\delta}{v_0}$; $a = s$; $b = -P_0$; $c = F_0 + kQ$. Тогда

дискриминанты $d_1 = \sqrt{4ac - b^2}$ и $d_2 = \sqrt{b^2 - 4ac}$ запишутся следующим образом: $d_1 = \sqrt{4s(F_0 + kQ) - (-P_0)^2}$

и $d_2 = \sqrt{(-P_0)^2 - 4s(F_0 + kQ)}$ соответственно. Решение (4) реализуется при $4ac - b^2 > 0$, решение (5) – при $4ac - b^2 < 0$.

2. Численная иллюстрация. В качестве объекта исследований для численной иллюстрации, как уже отмечалось, рассматривалась статически определимая ферма. Предполагалось, что степень агрессивной среды характеризуется лингвистической переменной «сильноагрессивная», для которой $v_0 \in [0,08; 0,12]$ см/год. Задача решалась для следующих исходных данных: $[\sigma] = 240,0$ МПа, заданная долговечность конструкции $t^* = 5$ лет, $Q = 80$ кН. В качестве элементов конструкции были использованы стержни кольцевого сечения. Границы варьируемых параметров для внешнего радиуса: $R \in [1,5; 5]$ см; для внутреннего радиуса: $r \in [0; 4,5]$ см. Предполагалось, что для сжатого стержня два варьируемых параметра; а для растянутого – один. Задача математического программирования решалась с помощью метода случайного поиска; сведением задачи с ограничениями к безусловно оптимальной, осуществлялось методом штрафных функций. В качестве функции принадлежности рассматривалась функция следующего вида [6]:

$$\mu(v) = \frac{1}{2} [\cos(v - \pi) + 1] \quad (6)$$

В таблице 1 приведены результаты решения задачи для различных интервалов изменения параметра агрессивной среды.

Анализ приведенной таблицы показывает, что увеличение интервала изменения скорости коррозии приводит к увеличению объема конструкции, то есть с

увеличением степени неопределённости ухудшается результат. Очевидно, что $\lim_{\Delta v \rightarrow 0} F(\bar{x}) = F_{\text{дем}}$, где $F_{\text{дем}}$ – значение оптимального объема в четкой постановке.

Таблица 1

$v_0 \in [v_0^-; v_0^+]$, см/год	$F(\bar{x})$, куб.см
[0,07; 0,13]	10475,7
[0,08; 0,12]	10029,5
[0,09; 0,11]	9367,2
0,1	8801,5

Для кортежа скорости коррозии $v_0 \in [v_0^-; v_0^+]$ в таблице 2 приведены оптимальные параметры конструкции каждого элемента и соответствующие дефuzziфицированные значения долговечности.

Таблица 2

Номер элемента	R , см	r , см	$t_{\text{деф}}$, лет
1	2,808	1,744	5,0002
2	1,500	0,000	5,4968
3	2,831	2,289	5,3987
4	1,997	0,000	5,0045
5	2,148	0,000	5,2163

Выводы

В данной работе предложен новый подход решения задач оптимального проектирования корродирующих конструкций. Параметр агрессивной среды – скорость коррозии рассматривается не как точечная, а как интервальная величина. Границы изменения этого параметра определяются из значений лингвистической переменной. Предлагается формализовать нечеткую информацию о поведении агрессивной среды с помощью α – уровней. Рассмотрение в качестве объекта исследований статически определимой конструкции позволяет для соответствующего кортежа скорости коррозии получить кортеж долговечностей по аналитическим формулам. Приведенные численные результаты показывают, что использование α – уровня принципа обобщения позволяет решить задачу оптимизации и предложить рациональные параметры конструкции при нечеткой информации о параметрах агрессивной среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зеленцов Д.Г. Расчёт конструкций с изменяющейся геометрией в агрессивных средах. Стержневые системы. – Днепропетровск: УГХТУ, 2002. – 168 с.
2. Радуй О.А., Солодкая Н.А. Расчет конструкций с учетом случайных составляющих коррозионного процесса//Науковий вісник НГАУ. – Дніпропетровськ, 2004. - №11. - С. 3 - 5.
3. Зеленцов Д.Г., Короткая Л.И. Оптимальное проектирование корродирующих конструкций при интервальных характеристиках параметра агрессивной среды// Системные технологии. 2010 - №4(69). –С.51-57.