

УДК 519.853

АДАПТАЦИЯ МЕТОДА СКОЛЬЗЯЩЕГО ДОПУСКА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ КОРРОДИРУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Зеленцов Д.Г.

д.т.н., профессор

Украинский государственный

химико-технологический

университет

dmyt_zel@mail.ru

Денисюк О.Р.

аспирант

Украинский государственный

химико-технологический

университет

denolga91@rambler.ru

Summary: Zelentsov D.G., Denysiuk O.R. Adaptation of Flexible Tolerance Method For Problems of Optimal Design of Corroding Constructions. In the paper authors consider using flexible tolerance method to solve the problems of optimal design of corroding constructions.

Аннотация: В статье рассматривается возможность применения метода скользящего допуска при решении задач оптимального проектирования корродирующих конструкций.

Keywords: corrosion, optimal design, flexible tolerance method.

Ключевые слова: коррозия, оптимальное проектирование, метод скользящего допуска.

В ряде отраслей промышленности технологические процессы предполагают использование агрессивных рабочих сред. Их воздействие часто приводит к коррозионному износу и, как следствие, изменению их геометрических размеров. Игнорирование коррозии при проектировании может привести к значительному ущербу.

Уравнение, описывающее процесс коррозии, имеет вид:

$$\frac{d\delta}{dt} = v_0 \cdot \psi(\sigma), \quad \delta|_{t=0} = 0, \quad (1)$$

где δ – глубина коррозионного поражения; t – время; v_0 – скорость коррозии при отсутствии напряжений; σ – абсолютная величина напряжения; ψ – некоторая известная функция.

Влияние напряжений на скорость коррозии обуславливает появление обратной связи в математических моделях расчета. При решении задачи возникают проблемы эффективности вычислительных алгоритмов и погрешности получаемого решения.

Постановка задачи оптимального проектирования корродирующих конструкций предполагает определение параметров сечений элементов таким образом, чтобы объём конструкции был минимальным, и в течение заданного срока эксплуатации она сохраняла несущую способность.

При вычислении функций ограничений используются две группы уравнений - система уравнений механики и система дифференциальных уравнений (СДУ), описывающая накопление геометрических повреждений в элементах конструкции. Так как для вычисления функций напряжений используются численные методы, то возможно только численное решение СДУ.

Главной задачей представляется выбор метода решения задачи математического программирования с ограничениями. Наиболее перспективными представляются методы скользящего допуска. Стратегия МСД состоит в том, что система ограничений исходной задачи преобразуется к виду:

$$X_D : \{ \bar{x} \in E^n \mid g_1(\bar{x}) = Y(k) - T(\bar{x}, t^*) \geq 0 \} \quad (2)$$

где Y – критерий скользящего допуска, T – функционал над всем множеством функций ограничений (ФО). В качестве Y принимается допустимая погрешность вычисления функции ограничений, в качестве T – относительная погрешность вычисления ФО. Решение задачи ищется как на границе допустимой области пространства решений, так и за её пределами на расстоянии, определяемом критерием скользящего допуска.

Вычисление функционала T предполагает решение задачи управления погрешностью вычислений ФО.

Представим входные данные, необходимые для вычисления ФО в виде векторов варьируемых параметров, параметров конструкции, параметров среды и параметров вычислительных процедур. При любом изменении первых трёх

векторов погрешность вычисления ФО будет меняться. Необходимо научиться определять параметры вычислительных процедур на основании информации о прочих параметрах, получив аппроксимирующую функцию (АФ), формализующую эту зависимость.

Сформулируем условия решения поставленной задачи:

- исходная СДУ путём внесения в неё некоторых изменений может быть преобразована в новую систему, для которой получить эталонное решение не представляет труда;
- погрешности численных решений систем не должны существенно отличаться на заданном множестве значений параметра вычислительной процедуры.

На изменение напряжения в стержневом элементе влияют два фактора: уменьшение площади сечения вследствие коррозии и изменение величины осевого усилия. Если пренебречь изменением во времени величины осевого усилия, то СДУ преобразуется в совокупность несвязанных ДУ, для каждого из которых существует аналитическое решение. Так как скорость изменения площади сечения в разы выше, чем скорость изменения усилия, то преобразованная система может использоваться для построения аппроксимирующей функции.

Для решения СДУ, моделирующей процесс коррозионного деформирования шарнирно-стержневой конструкции, предлагается использовать метод Эйлера с переменным шагом по времени. Параметром алгоритма является постоянная величина - расстояние между узлами на интервале изменения напряжения.

Аппроксимировать зависимость между параметром численного алгоритма решения СДУ, параметрами стержневого элемента и среды и допустимой погрешностью решения предлагается с помощью искусственной нейронной сети. Сети для растянутых и сжатых стержней отличаются входными параметрами. Сеть обучалась с помощью алгоритма обратного распространения ошибки.

Адаптированный алгоритм метода скользящего допуска позволяет существенно снизить вычислительные затраты на начальных итерациях решения оптимизационной задачи и получить результат с требуемой точностью.