

В результате сравнения нормируемого расчета момента трещинообразования с учетом трехлинейной диаграммы состояния бетона при армировании стеклопластиковой арматурой с экспериментальными данными показывает применимость использования методики расчета железобетонных конструкций. При дальнейшем уточнении специфических параметров стеклопластиковой арматуры позволит уточнить применяемую методику.

Список литературы

1. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. – М.: ООО «Аналитик», 2012. – 158 с.
2. СП 295.1325800.2017. Конструкции бетонные, армированные полимерной композитной арматурой. Правила проектирования/ ТК 465 "Строительство".
3. Курочкина, Е.И. Деформативность изгибаемых бетонных элементов, армированных композитной арматурой [Текст] / Е.И. Курочкина, А.Н. Радченко, Моргунов М.В.// Поколение будущего: взгляд молодых ученых: Сборник научных статей 5-й международной научной конференции. В трех томах. – Т.3. – 2016. – С. 48-53.
4. Моргунов, М.В. Экспериментальные исследования деформирования бетонной балки армированной стеклопластиковой арматурой /М.В.Моргунов, Д.И. Копелиович// Инновации и инвестиции. – 2019. – № 4. – С.278-281.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШТРАФНЫХ ФУНКЦИЙ В ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМАХ ОПТИМИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Парфенов С.Г. (ФГБОУ ВО «БГИТУ», г. Брянск, Россия), Алексейцев А.В., Дедушев К.В., Мурашкина Л.С. (ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», г. Москва, Россия)

Проводится общий анализ работ по применению генетических алгоритмов для решения задач оптимизации железобетонных и стальных несущих конструкций. Излагаются особенности адаптации общей схемы генетических алгоритмов для выбора рациональных параметров конструкций различных типов, в частности, приводятся основные формулировки штрафных функций. Предлагается один из подходов к реализации процедуры поиска решения на основе использования пре- и постпроцессора Siemens FEMAP.

Одним из перспективных направлений в современных информационных технологиях является эволюционное моделирование, в частности генетические алгоритмы. Они основаны на вероятностной математической интерпретации механизмов эволюции видов в живой природе и используются в настоящее время как в экономике, информатике, машиностроении так и в других областях техники. В последнее время это направление развивается и в строительной науке применительно к оптимизации несущих конструкций. В монографиях [1, 2] был построен эволюционный алгоритм для оптимизации несущих систем на дискрет-

ных множествах структур и параметров и выполнена оптимизация каркаса промышленного здания. В дальнейшем на основе данной процедуры были рассмотрены решения задач оптимизации сетчатых куполов [2], различных стальных и железобетонных конструкций ферм, рам и балочных систем [3-7, 9-12].

Следует отметить, что этими алгоритмами удается осуществлять достаточно эффективную оптимизацию сложных объектов. Получить работоспособную схему оптимизации, удалось за счет использования базы данных улучшенных вариантов конструкции. Ее функция состояла в том, что при любом случайном изменении параметров основной группы проектов варианты с наилучшими целевыми показателями не терялись и использовались для последующих итераций. В то же время было предусмотрено жесткое отсеивание проектов, не удовлетворяющих поставленным ограничениям, что приводило к ситуации, когда для некоторых задач выход на какие-либо решения получался только после выполнения нескольких сотен итераций. В дальнейшем удалось устранить данную проблему за счет использования комбинированных эволюционных стратегий [8, 11-14], предусматривающих более гибкие подходы к учету ограничений, введение механизмов адаптации, использование систем слабо взаимодействующих групп проектов.

Наиболее эффективным подходом к учету ограничений является включение в рассмотрение решений, в незначительной степени нарушающих одно или несколько ограничений. При этом для оценки степени нарушения ограничений можно использовать несколько типов штрафных функций. Приведем некоторые из них.

1. Штрафы с суммированием штрафного члена. Запись функции цели при этом примет вид:

$$F(\vec{x}, r) = f(\vec{x}) + P(r, G_1(\vec{x}) \dots G_n(\vec{x})), \quad (1)$$

где $F(\vec{x}, r)$ – модифицированное штрафом значение функции цели, $f(\vec{x})$ – значение функции цели до модификации, $P(r, G_1(\vec{x}) \dots G_n(\vec{x}))$ – штрафной член, r – коэффициент определяющий значение штрафа в зависимости от значений функций ограничений $G_1(\vec{x}) \dots G_n(\vec{x})$, $\vec{x}$ – вектор варьируемых параметров, n – их число.

2. Штрафы путем увеличения значения функции цели произведением.

$$F(\vec{x}, r) = f(\vec{x})P(r, G_1(\vec{x}) \dots G_n(\vec{x})), \quad (2)$$

Построение и использование штрафных функций зависит от типа решаемой задачи. Обычно нет априорной информации о расстоянии от начального приближения до оптимальных точек в пространстве переменных, есть только расстояние до границы области допустимых решений. При решении задач оптимизации на основе генетических алгоритмов нами использовались следующие общие виды штрафов.

Квадратичный штраф:

$$P = \sum_{i=1}^n r^2 (G_n(\vec{x})), \quad (3)$$

Логарифмический штраф:

$$P_+ = r \sum_{i=1}^n \ln(G_n(\vec{x})); \quad P_* = r \sum_{i=1}^n |\ln(G_n(\vec{x}))|, \quad (4)$$

Штрафной член P_+ при положителен для всех значений $\vec{x}$, таких, что $0 < G_n(\vec{x}) < 1$, и отрицателен при $G_n(\vec{x}) > 1$. При $G_n(\vec{x}) < 0$ функция не определена, поэтому необходимо обеспечить защиту процедуры от попадания рабочей точки в недопустимую область.

Штраф, заданный обратной функцией

$$P = r \sum_{i=1}^n 1 / G_n(\vec{x}), \quad (5)$$

Рассмотренные штрафные члены в составе штрафных функций можно использовать в итерационной схеме оптимизации в рамках блока «проверка выполнения ограничений» приведенного на рисунке 1. Эта схема предусматривает использование системы пре- и постпроцессинга Siemens Femap, решателя NX Nastran и схемы адаптированного генетического алгоритма, реализуемого в рамках авторского программного комплекса.

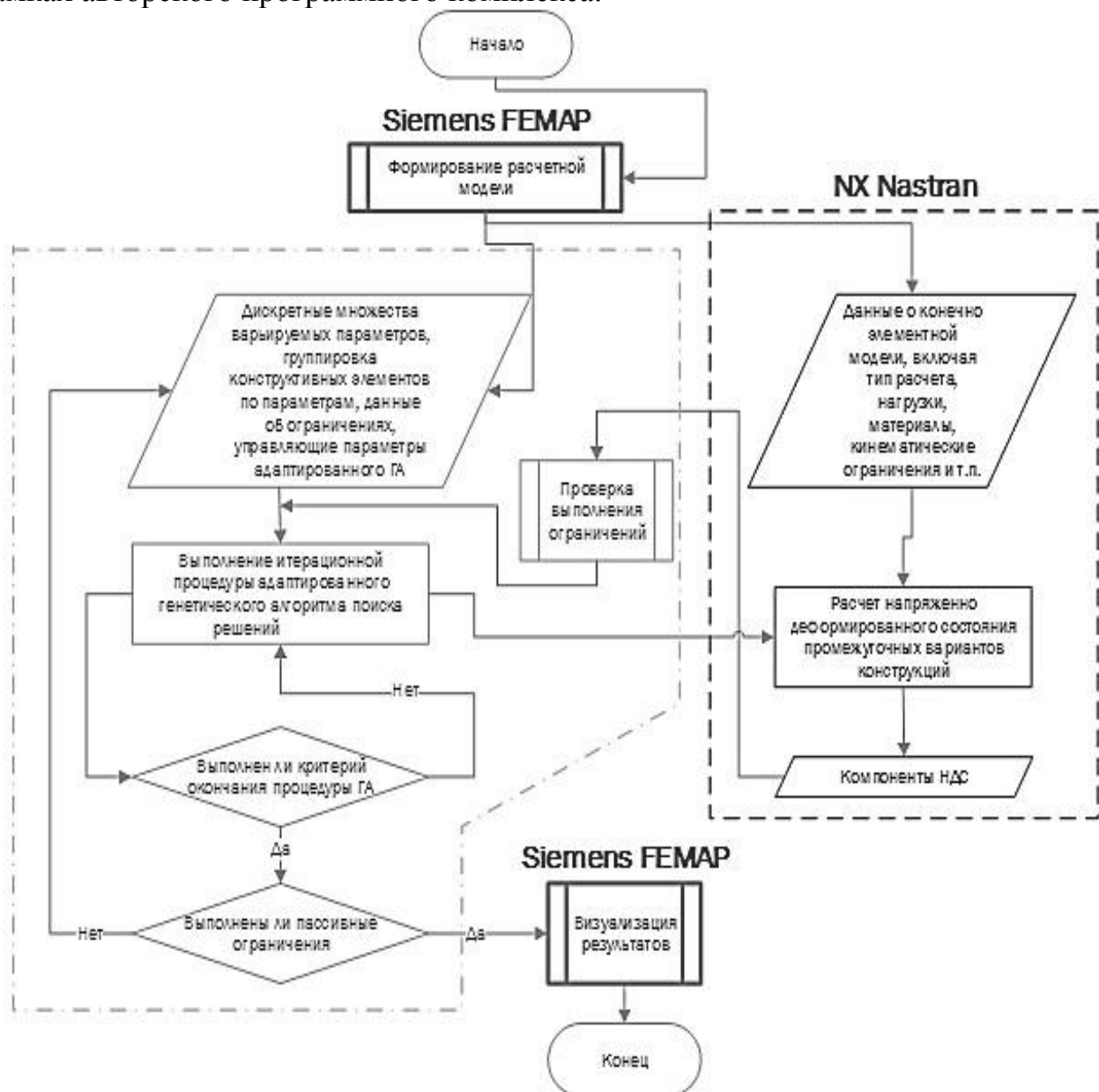


Рисунок 1 – Реализация поиска решений на основе генетического алгоритма и FEA-комплекса

Заключение

Для выхода в область допустимых решений и повышения сходимости генетических алгоритмов наибольший эффект дает использование штрафных функций. Практика расчетов строительных конструкций [1, 2, 12-14] показала, что при ограничениях в виде неравенств наибольший эффект дает использование штрафных функций, основанных на увеличении целевой функции произведением.

Список использованной литературы

1. Серпик, И.Н. Оптимизация металлических конструкций путем эволюционного моделирования [Текст] / И.Н. Серпик, А.В. Алексейцев. – М.: Издательство АСВ, 2012. – 240 с.
2. Генетические алгоритмы оптимизации металлических строительных конструкций / И.Н. Серпик, А.В. Алексейцев, А.А. Лелетко. Брянск, 2010
3. Эволюционный поиск параметров систем "протезирования" деревянных балочных конструкций / Алексейцев А.В., Безбородов Е.Л. Строительство и реконструкция. 2018. № 2 (76). С. 3-11.
4. Алексейцев, А.В. Поиск рациональных параметров стержневых металлоконструкций на основе адаптивной эволюционной модели [Текст] / А.В. Алексейцев, Н.С. Курченко // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2011. – №3. – С. 7-14.
5. Alekseytsev A.V., Akhremenko S.A. Evolutionary optimization of prestressed steel frames // Инженерно-строительный журнал. 2018. № 5 (81). С. 32-42.
6. Серпик И.Н., Алексейцев А.В. Построение высокопроизводительного алгоритма оптимизации стержневых систем на основе комбинированной эволюционной стратегии. Строительная механика и расчет сооружений. 2011. № 5 (238). С. 58-63.
7. Серпик И.Н., Алексейцев А.В. Оптимизация рамных конструкций с учетом возможности запроектных воздействий // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 9 (44). С. 23-29.
8. Курченко Н.С., Алексейцев А.В. Эволюционная модель поиска рационального распределения ресурсов при ограничении продолжительности строительства. Наука и бизнес: пути развития. 2017. № 4 (70). С. 19-23.
9. Тамразян А.Г., Алексейцев А.В. Оптимальное проектирование несущих конструкций зданий с учетом относительного риска аварий. Вестник МГСУ, 2019, выпуск 7, стр. 819-830.
10. Тамразян А.Г. Алексейцев А.В. Эволюционная оптимизация нормально эксплуатируемых железобетонных балочных конструкций с учетом риска аварийных ситуаций / А.Г. Тамразян, // Промышленное и гражданское строительство № 9. 2019. С. 45-50.
11. Serpik I.N., Alekseytsev A.V., Balabin P.Y. Mixed approaches to handle limitations and execute mutation in the genetic algorithm for truss size, shape and topology optimization. Periodica Polytechnica: Civil Engineering. 2017. T. 61. № 3. С. 471-482.

12. Серпик И.Н., Алексейцев А.В., Швыряев М.В. Параметрическая оптимизация стальных балочных клеток // Строительство и реконструкция. 2013. № 4 (48). С. 43-50.

13. Alekseytsev A.V., Al Ali M. Optimization of hybrid i-beams using modified particle swarm method. Инженерно-строительный журнал. 2018. № 7 (83). С. 175-185.

14. Serpik I.N., Alekseytsev A.V., Balabin P.Yu., Kurchenko N.S. Flat rod systems: optimization with overall stability control. // Инженерно-строительный журнал. 2017. № 8 (76). С. 181-192.

ОЦЕНКА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КИРПИЧНЫХ СТЕН ИСТОРИЧЕСКИХ ЗДАНИЙ

Парфенов С.Г., Курченко Н.С. (ФГБОУ ВО «БГИТУ», г. Брянск, Россия),
Макарова А.К., Алексейцев А.В. (ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», г. Москва, Россия)

Приведен состав мероприятий, включающих оценку механических характеристик и несущей способности кирпичных стен исторических зданий и сооружений. Предлагается в рамках общепринятого в нормативных документах порядка исследования конструкций такого типа использовать метод конечных элементов, геодезические измерения, данные разрушающих испытаний и ультразвуковой метод. Приводится выдержка из технического отчета, иллюстрирующая результаты, полученные на основе предложенных мероприятий.

Уровень риска социально-экономических потерь, связанных с ошибками проектирования, аварийными ситуациями [1, 6], не учетом надежности проектных решений [4, 8] случайных факторов в жизненном цикле сооружения [3] все больше возрастает. Данные риски можно снизить путем получения полной и достоверной информации об исследуемой конструкции, а также с использованием методов оптимизации [5, 7, 9], особенно актуально применение этих методов для восстанавливаемых несущих конструкций исторических зданий [2].

В нормативных документах [10] приводится общий перечень мероприятий по определению состояния конструкций зданий. В данной статье предлагается поэтапная схема для оценки технического состояния стен. В ходе подготовки и собственно обследования рекомендуем выполнить следующие этапы:

1) Сбор данных или изучение архивных данных об участке застройки, в том числе сведения о проложенных системах инженерных сетей и категории использования земельного участка.

2) Изучение инженерно-геологических условий. Если данные геологической разведки отсутствуют, следует выполнить изыскания в непосредственной близости от рассматриваемых объектов [10].

3) Получение данных об основных конструктивных решениях, которые могут быть взяты из проектной документации. Если эта документация отсутствует, следует выполнить анализ соответствия конструкций и узлов типовым сериям.