ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ПУТЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ВЫБОРА ЭЛЕМЕНТА В РАСЧЁТЕ НА ПРОГРЕССИРУЮЩЕЕ ОБРУШЕНИЕ

USE OF THE ALTERNATIVE PATHS METHOD FOR AUTOMATION OF AN ELEMENT SELECTION IN CALCULATION FOR PROGRESSIVE COLLAPSE

УДК 624

Евсин Р.Г., магистрант Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург

Evsin R. G., a1n1o1@yandex.ru

Аннотация

В статье рассмотрена проблема выбора ключевого элемента расчётной схемы, удаляемого в процессе расчёта здания на прогрессирующее обрушение. Приведён алгоритм выбора элементов, удаление которых с большей вероятностью приведёт к возникновению непропорционального обрушения здания. Описан алгоритм расчёта представляющий собой модификацию метода альтернативных путей и его программная реализация с помощью открытого программного интерфейса инженерного комплекса SAP2000.

Annotation

The article considers the problem of choosing a key element of the design scheme which is removed in the process of calculating the building for progressive collapse. An algorithm for selecting elements, the removal of which is more likely to lead to a disproportionate collapse of the building, is given. The calculation algorithm is described, which is a modification of the method of alternative paths and its software implementation using the open software interface of the engineering complex SAP2000.

Ключевые слова: SAP2000 OAPI, прогрессирующее обрушение, ключевой элемент, метод альтернативного пути, автоматизация, алгоритм.

Keywords: SAP2000 OAPI, progressive collapse, key element, alternative paths, automation, algorithm.

Введение. В российских строительных нормах прогрессирующее обрушение определяется как «Последовательное (цепное) разрушение несущих строительных конструкций, приводящее к обрушению всего сооружения или его частей вследствие локального разрушения». В своде правил [2] приводятся методики его выполнения. Там указывается что прогрессирующее обрушение не должно происходить при удалении одного любого несущего элемента здания. Таким образом расчёт сводится к выбору начального элемента, его удалению из первичной расчётной схемы и исследования прочностных свойств вторичных расчётных схем (с исключённым выбранным элементом и элементами, чьи напряжения или деформации превышают предельные).

Выбор начального элемента предлагается осуществлять, основываясь на наиболее вероятных сценариях обрушения. Это требует для каждой исследуемой расчётной схемы составлять индивидуальный план проведения расчётов, что может быть довольно трудоёмко. Одним из способов уменьшения трудоёмкости может быть использование программных средств. Сам процесс проведения расчётов на прогрессирующее обрушение алгоритмизован и описан в работе [1].

Актуальность работы обусловлена важностью расчёта на прогрессирующее обрушение, как мероприятия, направленного на повышение надежности конструкций зданий и сооружений, исключение возможности обрушения зданий в условиях постоянного роста объёмов строительства.

Основная проблема исследования заключается в автоматизации процесса расчёта на прогрессирующее обрушение, что способствует более

тщательному исследованию расчётной схемы и, в свою очередь, проектированию более безопасных зданий и сооружений.

Объектом исследования рассматриваемой работы выбрано явление прогрессирующего обрушения зданий и сооружений.

Предметом исследования для данной работы являются методы и алгоритмы автоматизированного выбора ключевого конструктивного элемента конечноэлементной модели здания для расчёта на противодействие прогрессирующему разрушению.

Целью рассматриваемой работы является исследование алгоритма выбора элемента для расчёта зданий на прогрессирующее обрушение и получение методов его автоматизации.

Задача работы заключается в разработке алгоритма ранжирования конструктивных элементов по «перспективности» их использования в качестве ключевых элементов в расчёте на прогрессирующее обрушение.

В качестве программного комплекса, используемого для расчётов, выступает SAP2000. Этот продукт сертифицирован на территории Российской Федерации в том числе и для расчётов на прогрессирующее обрушение. Также SAP2000 подходит для сформулированной задачи, так как имеет открытый программный интерфейс (OAPI), распространяемый в виде динамической библиотеки (DLL).

Описание исследования. Существующие подходы к алгоритмизации и автоматизации выбора начального элемента основаны на нахождении наиболее нагруженного элемента. Предполагается, что такая нагрузка, перераспределившись на смежные элементы, может вызвать их разрушение. В данной работе описывается другой алгоритм (однако, имеющий некоторое сходство с указанным ранее) который основывается на конструктивном методе противодействия прогрессирующему обрушению, описанном в строительном кодексе города Нью-Йорк [6] — методе альтернативных путей.

Разработанный метод использует данные, получаемые в результате проведения предварительного расчёта модели здания с помощью

конечноэлементного программного комплекса. Расчёт рекомендуется проводить в статической нелинейной постановке. Обычно к началу расчёта на прогрессирующее обрушение предварительный расчёт уже выполнен в ходе анализа расчётной схемы на соответствие нормальным условиям эксплуатации.

Получим усилия присоединения для каждого элемента расчётной схемы, максимальные усилия присоединения смежных элементов и их коэффициенты использования.

Усилия присоединения элементов – это значения, получаемые в результате расчёта усилий и моментов, оказываемых элементом на узел. Формулировка термина соответствует используемой в локализованной версии расчётного комплекса SAP2000.

Введём коэффициент «перспективности» элемента p — оценку вероятности того, что при проведении расчёта на прогрессирующее обрушение с удалением этого элемента произойдёт обрушение смежных с ним конструктивных элементов. Для вычисления p используем формулу:

$$\mathrm{p} = \frac{F}{\sum_{i=1}^{n}(\frac{F_i}{k_i} - F_i)},$$

где

F – усилия присоединения оцениваемого элемента,

F_i – усилия присоединения смежных с оцениваемым элементов,

k_i – коэффициенты использования смежных с оцениваемым элементов.

Вычисленные коэффициенты «перспективности» сортируются и выдаются в порядке убывания в качестве результата работы алгоритма.

Блок схема разработанного алгоритма представлена на рисунке 1.

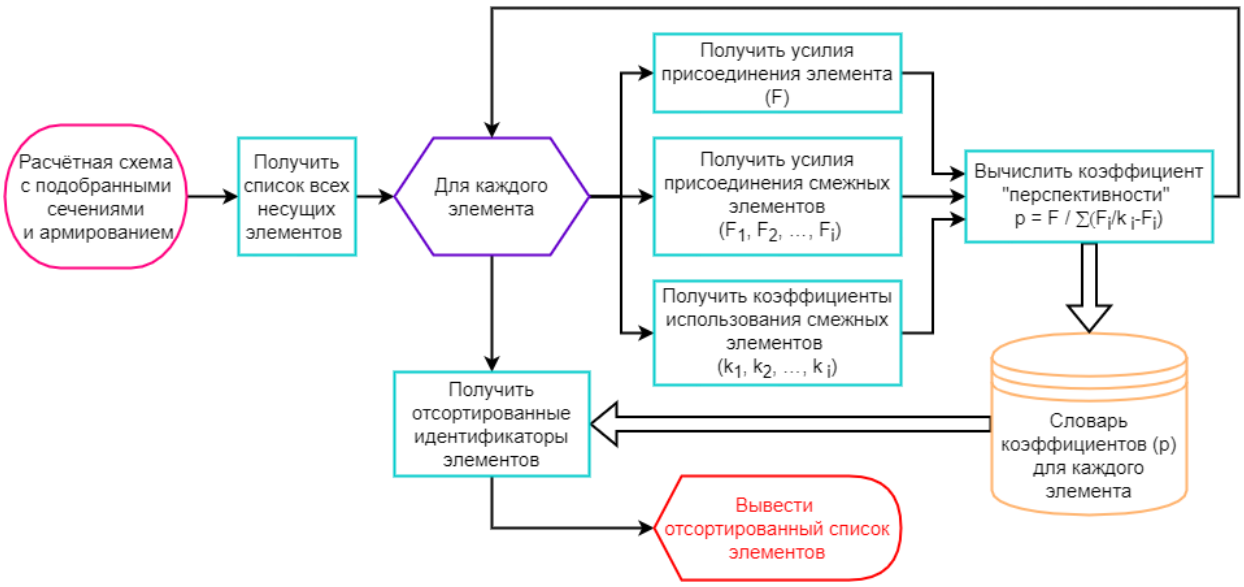


Рис. 1. Схема алгоритма выбора элемента для расчёта на прогрессирующее обрушение

Выводы. Подход, используемый в работе, может помочь проектировщикам в выборе элемента, уменьшить трудоёмкость проведения расчёта на прогрессирующее обрушение и помочь в выборе элемента. При этом алгоритм не гарантирует, что в результате расчёта будут найдены все элементы, удаление которых приведёт к прогрессирующему обрушению. Таким образом результаты работы алгоритма носят рекомендательный характер и не являются исчерпывающими.

Дальнейшее развитие представленного подхода к указанной проблеме позволит решать более комплексные задачи в области расчетов зданий на прогрессирующее обрушение. Разработанный алгоритм может быть интересен для внедрения на предприятиях при условии проведения необходимого тестирования и сертификации.

Литература

1. Евсин Р. Г. Автоматизация расчёта на прогрессирующее обрушение // Научно-образовательный журнал преподавателей и студентов «StudNet». – 2020. – №3, том 5.

2. Леденев В. В. Аварии в строительстве Т.1. Причины аварий зданий и сооружений, Тамбов. – 2014. – 210 с.

3. СП 385.1325800.2018 Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. Правила проектирования. Основные положения.

4. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения

5. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* (с Изменениями N 1, 2)

6. New York Building Code. (Строительные нормы Нью-Йорка).

7. СТО–008–02495342–2009. Предотвращение прогрессирующего обрушения железобетонных монолитных конструкций зданий. Проектирование и расчёт.

Literature

1. Evsin R. G. automation of calculation for progressive collapse // Scientific and educational journal of teachers and students "StudNet". - 2020. - no. 3, volume 5.

2. Ledenev V. V. Accidents in construction Vol. 1. Causes of accidents of buildings and structures, Tambov. - 2014. - 210 p.

3. SP 385.1325800.2018 Protection of buildings and structures from progressive collapse. The rules of design. Fundamentals.

4. GOST 27751-2014 Reliability of building structures and foundations. Fundamentals

5. SP 20.13330.2016 Loads and impacts. The updated edition of SNiP 2.01.07-85* (with Amendments No. 1, 2)

6. New York Building Code. (New York city building codes).

7. STO–008–02495342–2009. Prevention of progressive collapse of reinforced concrete monolithic structures of buildings. Design and calculation.