

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЯ СТАЛЬНЫХ КАРКАСОВ ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

С.А. Матвеешкин

*Директор управления промышленной безопасности ООО «ВЕЛД», г. Магнитогорск,
кандидат технических наук*

К.И. Еремин

*Генеральный директор ООО «ВЕЛД», г. Магнитогорск,
доктор технических наук, профессор*

Качественный анализ надежности каркасов проведен на основе метода структурной схемы надежности (ГОСТ 51901.14-2005) и метода анализа дерева неисправностей (ГОСТ 51901.13-2005).

Указанные методы применены для выявления пути реализации опасного события и определения логической связи компонентов, обеспечивающих работоспособность системы.

При проведении анализа применялась следующая терминология:

- система элементов – каркас здания без деформационных швов или часть каркаса в пределах одного температурного блока;
- элемент системы – отдельные элементы каркаса, а именно, колонны, стропильные фермы, подкрановые конструкции, связевые элементы покрытия;
- отказ элемента – нарушение работоспособности элемента связанное с его разрушением;
- отказ системы – разрушение каркаса здания или его части с неприемлемыми последствиями.

В качестве отказов элементов системы или системы в целом в данном случае рассматриваем такое разрушение конструкций, после которого их восстановление невозможно. Таким образом, рассматриваемая система относится к системам без восстановления при этом порядок появления отказов системы не имеет значения, так как рассматриваемая система относится к системе, в которой возможен только один отказ.

Следует отметить, что последовательность отказов элементов системы, несомненно, следует учитывать, что обусловлено конструктивными особенностями каркасов. То есть отказ отдельных элементов покрытия возможен, при сохранении работоспособности колонн и подкрановых балок, в то же время отказ отдельных колонн будет сопровождаться отказом, как минимум, смежных подкрановых балок и стропильных ферм.

Дерево неисправностей – организованное графическое представление условий или других факторов, вызывающих нежелательное собы-

Предотвращение аварий зданий и сооружений

тие. Под нежелательным событием примем отказ системы, который заключается в разрушении всего каркаса или обрушении всех конструкций покрытия.

На данном этапе анализа не рассматриваются причины, приводящие к отказам отдельных элементов системы. Анализ проводится путем определения последовательностей отказов отдельных элементов, которые приводят к вершине событий, а именно, к отказу системы.

При проведении анализа принята следующая расчетная схема каркаса:

- колонны жестко защемлены в основании;
- стропильные фермы шарнирно сопряжены с колоннами;
- подкрановые балки – разрезные.

Процедура построения дерева неисправностей проведена с применением концепции «непосредственная причина».

На рис. 1 представлено дерево неисправностей системы «каркас здания». Анализ представленной схемы позволяет сделать следующие выводы:

- события, связанные с одновременным отказом всех колонн или стропильных ферм, маловероятны;
- наиболее вероятной представляется цепочка событий, которая начнется с отказа одного из элементов – фермы или колонны;
- необходимым условием обрушения конструкций покрытия является безотказность (неразрушимость) элементов связей всех или в таком количестве, чтобы обеспечить последовательность обрушений всех ферм «одна за другой» (каскадное или прогрессирующее обрушение конструкций покрытия).

На следующем этапе произведена оценка надежности конструкций покрытия каркаса методом структурной схемы надежности.

Под отказом системы принимаем обрушение всего покрытия, то есть обрушение одной или нескольких ферм является отказом отдельных элементов системы, а не всей системы в целом.

Рассматриваемая система представляет собой следующую модель: основными элементами системы являются стропильные фермы, а связевые элементы определяют схему взаимодействия отдельных элементов между собой. Первая модель представляет собой последовательную структурную схему, в которой обеспечена безотказность связевых элементов при отказе стропильных ферм. Вторая модель – параллельная структурная схема, то есть отказ стропильной фермы ведет к отказу смежных связевых элементов, но при этом смежные стропильные фермы сохраняют работоспособность.

Предотвращение аварий зданий и сооружений



Рис. 1. Дерево неисправностей системы «каркас здания»

Для систем, состоящих из n элементов, принимая, что это однотипные элементы и вероятность безотказной работы каждого элементов равны, получим следующие значения вероятности безотказной работы системы «конструкции покрытия каркасного здания»:

- для последовательной структуры $R_{s1} = R^n$;
- для параллельной структуры $R_{s2} = 1 - (1 - R)^n$.

Из представленных данных видно, что с увеличением числа элементов системы в первом случае общая надежность системы снижается, а во втором – стремится к единице.

На практике указанные системы имеют вполне ограниченное число элементов, это определяется размерами температурных блоков зданий и сложившимися унифицированными подходами при проектировании стальных конструкций каркасов производственных зданий.

Предотвращение аварий зданий и сооружений

Размеры температурных блоков зданий из стальных конструкций зависят от климатических условий района строительства и характеристики зданий (СНиП II-23-81* «Стальные конструкции»), при этом максимальный размер температурного блока по длине здания установлен в пределах от 100 до 230 м. Наиболее применимый унифицированный размер шага стропильных конструкций покрытий промышленных зданий составляет 6,0 м. Таким образом, принимаем количество стропильных ферм в пределах одного температурного блока в интервале от 20 до 40 единиц.

Вероятность безотказной работы отдельной стропильной фермы назначим исходя из следующих условий – задаем характеристику безопасности β от 1,65 до 3,11, тогда вероятность безотказной работы примет значение в интервале от 0,950 до 0,999.

В табл. 1 представлены результаты оценки надежности системы «конструкции покрытия каркасного здания» для различных исходных данных. График изменения надежности системы в зависимости от числа элементов при последовательной структурной схеме и заданной надежности отдельного элемента представлен на рис. 3.

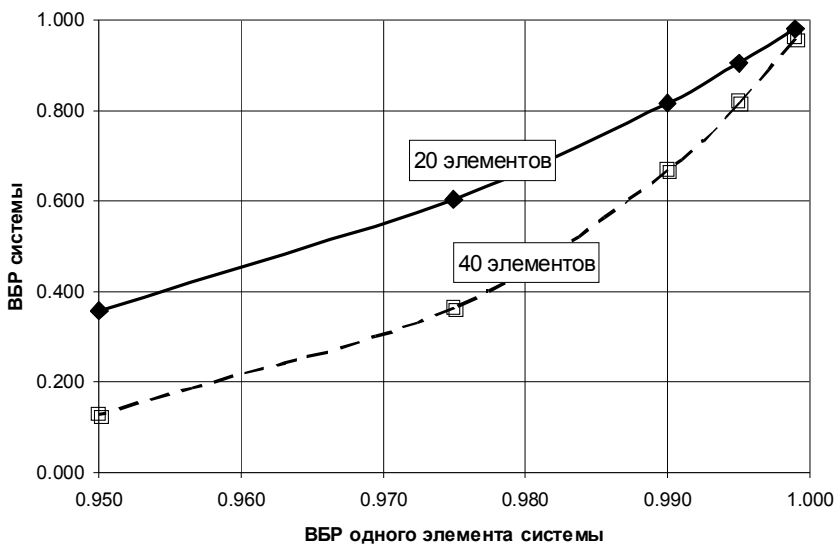


Рис. 3. График изменения надежности системы при последовательной структурной схеме

Предотвращение аварий зданий и сооружений

Таблица 1

Результаты оценки надежности системы «конструкции
покрытия каркасного здания»

Структурная схема	Характеристика безопасности β	ВБР элемента	ВБР системы при числе элементов (n)	
			20	40
Последовательная	3,11	0,999	0,980	0,961
	2,56	0,995	0,905	0,818
	2,32	0,990	0,818	0,669
	1,96	0,975	0,603	0,363
	1,65	0,950	0,358	0,129
Параллельная	3,11	0,999	1	1
	2,56	0,995		
	2,32	0,990		
	1,96	0,975		
	1,65	0,950		

Полученные результаты свидетельствуют о том, что параллельная структурная схема идеальна по отношению к последовательной, но эта идеальность только сравнительная, то есть тяжесть последствий при обрушении одной фермы всегда меньше, чем при обрушении целого блока.

Следует отметить, что принятая равная для всех элементов системы вероятность безотказной работы в реальных конструкциях, накопивших за время эксплуатации дефекты и повреждения, несомненно, будет различной. Но при этом задача обеспечения в реальных конструкциях структуры максимально приближенной к параллельной, несомненно, является актуальной.