

ЛОГИКО-ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ РИСКА АВАРИЙ ЗДАНИЙ НА ОПАСНОМ ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ОБЪЕКТЕ

Пермяков Михаил Борисович

*Декан архитектурно-строительного факультета ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
технический директор ООО «ВЕЛД», г.Магнитогорск,
кандидат технических наук, доцент*

Марков Константин Вячеславович

Начальник отдела обследования гражданских зданий ООО «ВЕЛД», г.Магнитогорск

Хлесткин Антон Юрьевич

Начальник отдела экспертизы зданий и высотных сооружений ООО «ВЕЛД», г.Магнитогорск

Асланов Султан Асланович

Директор ЗАО «Магнитогорский центр технической экспертизы», г.Магнитогорск

Фактический риск аварии складывается из проектного риска и риска, накопленного в процессе эксплуатации здания:

$$R_{аварии} = R_{пр} + R_{деф},$$

где $R_{пр}$ – проектный риск, закладывается (рассчитывается) на стадии проектирования здания;

$R_{деф}$ – дополнительный риск аварии (дефектный), возникающий в здании за счет накопленных дефектов в процессе эксплуатации здания и зависящий от размеров и количества этих дефектов.

Основным условием безаварийной работы промышленного здания служит соотношение:

$$R_{аварии} < R_{ПДУ} \quad \text{или} \quad \frac{R_{аварии}}{R_{ПДУ}} < 1.$$

$$R_{аварии} = R_1 * R_2 * \dots * R_n.$$

Стандартная (общепринятая) схема расчета, где $R_{1,2,\dots,n}$ – риск появления критического дефекта (разрушения) n-го конструктивного элемента промышленного здания.

Расчет риска аварийного обрушения каркаса промышленного здания проводят по одной из трех возможных схем:

Все конструктивные элементы взаимозависимы, и проявление критического дефекта в одном из них обязательно повлечет за собой появление критических дефектов во всех остальных конструктивных элементах.

$$R_{\text{аварии}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n.$$

Все конструктивные элементы независимы, и проявление критического дефекта в одном из них (любом) не повлечет за собой критические дефекты во всех остальных конструктивных элементах.

$$R_{\text{аварии}} = R_1 \cdot R_2 \cdot \dots \cdot R_i + R_3 \cdot R_4 \cdot \dots \cdot R_j + \dots + R_n.$$

Смешанная схема зависимости конструктивных элементов каркаса. В данном случае комбинации $R_1 * R_2 * R_3$, $R_4 * R_5$... – комбинации возможных последствий аварий (взаимовлияющих событий либо просто влияющих на последовательность других событий).

Риск аварии здания нельзя посчитать путем суммирования рисков разрушения отдельных конструктивных элементов здания, так как его величина будет необъективной, и не будет отражать реальное значение риска аварии.

Поэтому расчет по второй схеме следует производить следующим образом:

$$R_{\text{аварии}} = (R_1 + R_2 + \dots + R_n) / n,$$

то есть получается среднеарифметическая сумма всех рисков независимых конструктивных элементов. Но более правильно считать Риск аварии как:

$$R_{\text{аварии}} = \max\{R_1; R_2; \dots; R_n\},$$

то есть за риск аварии берется максимальный риск аварии отдельного конструктивного элемента, критические дефекты которого не влияют на критические дефекты других конструктивных элементов.

Расчет риска аварии по 3-й схеме производится аналогичным образом:

$$R_{\text{аварии}} = \frac{\frac{R_1 \cdot R_2 \cdot \dots \cdot R_i}{i} + \frac{R_3 \cdot R_4 \cdot \dots \cdot R_j}{j} + \dots + R_n}{n},$$

то есть среднеарифметическая всех рисков независимых друг от друга групп взаимозависимых конструктивных элементов каркаса промышленного здания

$$R_{аварии} = \max\{ R_1 \cdot R_2 \cdot \dots R_i; R_3 \cdot R_4 \cdot \dots R_j; \dots; R_n \}$$

то есть за риск аварии берется максимальный риск аварии отдельной группы взаимозависимых конструктивных элементов, критические дефекты которой не влияют на критические дефекты других групп конструктивных элементов.

Графически модель разрушения можно представить в виде схем (рис. 1-3).

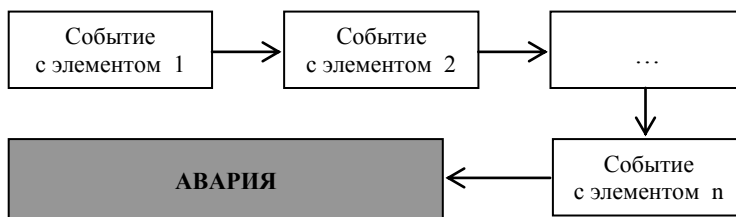


Рис. 1. Схема возможной аварии промышленного здания при взаимосвязанных всех конструктивных элементах

Иными словами, критические дефекты любого конструктивного элемента по первой схеме обязательно повлекут за собой критические дефекты других конструктивных элементов и как итог аварию здания.

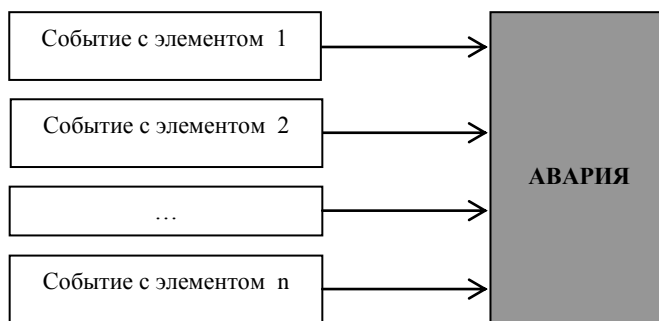


Рис. 2. Схема возможной аварии промышленного здания при независимых всех конструктивных элементах

Иными словами, критические дефекты любого (одного или нескольких) конструктивного элемента по второй схеме не повлекут за собой критические дефекты других конструктивных элементов, но критическое отклонение любого (одного или нескольких) конструктивного элемента обязательно повлечет за собой аварию здания.

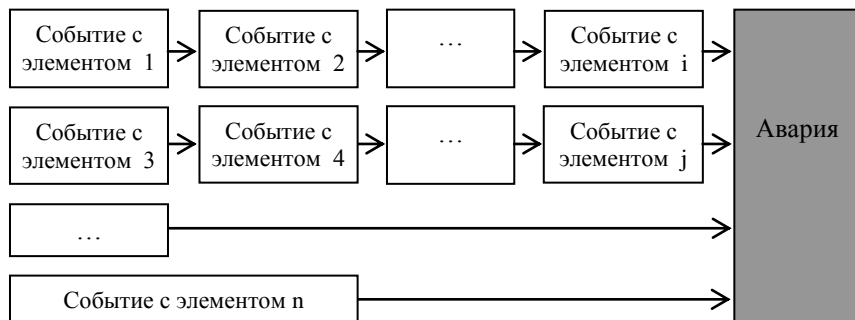


Рис. 3. Схема возможной аварии промышленного здания при смешанных конструктивных элементах

Иными словами, критический дефект одной группы конструктивных элементов по третьей схеме может как повлечь, так и не повлечь за собой критические дефекты других групп конструктивных элементов (в зависимости от сценария развития аварии), но в любом случае эти критические дефекты влекут за собой аварию.

Очередность множителей (либо слагаемых) зависит от очередности событий. Причем, если в 1-й схеме очередность множителей не играет роли (т.к. любое из событий повлечет за собой остальные события), то во 2-й и 3-й схемах на первое место ставится событие (из числа первичных), которое произошло первым и повлекло за собой череду остальных событий. Первичных событий может быть несколько. Т.е. появление критических дефектов может произойти сразу в нескольких местах (узкое место) одновременно и повлечь за собой череду определенных событий.

Тогда встает вопрос о неравности событий по силе своего действия на последующую цепочку событий. Несмотря на одинаковый класс важности конструктивных элементов.

Класс важности конструктивных элементов – величина влияния конструктивного элемента в массе конструктивных элементов на общую прочность здания. Первый класс наиболее подвержен критическим дефектам, второй менее подвержен, третий практически неподвержен.

Первичный риск – риск первого проявления опасности, выраженный в превышении допустимых значений дефектности i -го конструктивного элемента первого класса важности (или совокупности конструктивных элементов ij первого класса важности) до критического уровня, при котором происходит разрушение конструктивного элемента (групп конструктивных элементов) с последующей цепной реакцией на конструктивные элементы этого же класса важности, либо более низкого.

Для расчета риска аварии необходимо так же прибегнуть либо к среднеарифметической

$$R_{\text{аварии}} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n},$$

либо к выбору максимального значения риска аварии из имеющихся, но работать в этом случае придется с исходной формулой:

$$R_{\text{авар}} = \max\{R_1; R_2; \dots; R_n; R_1 \cdot R_2; R_1 \cdot R_3; R_1 \cdot R_i; \dots; R_2 \cdot R_i; R_1 \cdot R_2 \cdot \dots \cdot R_i\}.$$

Библиографический список

1. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с изменениями).
2. Алексеева Е.Л., Хлесткин А.Ю. Изучение закономерностей физического износа несущих конструкций зданий энергетической и химической отраслей: [Электронный документ] // Наука и безопасность. №4 (13), 2014. Электронный ресурс: http://www.наука-и-безопасность.рф/wp-content/uploads/13_dec_2014.pdf