

## **ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РИСК-МЕНЕДЖМЕНТА СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ПОВЫШЕННОГО УРОВНЯ ОТВЕТСТВЕННОСТИ**

*Е.А. Казакова*

При решении задачи обеспечения конструкционной безопасности зданий повышенной ответственности необходимо применять технологии риск-менеджмента, которые включают: определение риска аварии, норму на его величину и прогноз ожидаемой ситуации риска аварии. Оперативность оценки величины риска аварии достигается с помощью применения автоматизированной системы.

Ключевые слова: безопасность, риск аварии, ошибки людей, надежность, система контроля риска аварии.

В России ежегодно растет число строительных аварий. Наиболее опасные из них – это аварии, связанные с обрушением несущих конструкций зданий (сооружений). По данным МЧС за 2010–2013 годы по тяжести их последствий (числу пострадавших и летальным исходам) они находятся на втором месте после чрезвычайных ситуаций, связанных с авариями транспортных средств [1]. Сложившаяся ситуация демонстрирует неспособность существующих сегодня в инвестиционно-строительной сфере РФ рыночных и административных механизмов выявлять критические с точки зрения безопасности строительных объектов процессы и взаимодействия, а также эффективно управлять ими, обеспечивая оптимизацию характеристик риска строительных аварий и требуемый уровень общественной и го-

сударственной безопасности. Большую тревогу вызывает высокий износ большого числа высокоответственных объектов, имеющих длительные сроки эксплуатации, и состояние которых определяет безопасность проживания в густонаселенных районах.

Для решения данной проблемы необходимо периодически, через определенные промежутки времени контролировать величину риска аварии зданий в форме риск-менеджмента. Основные положения риск-менеджмента (базируются на методике прогноза и оценки риска аварии А.П. Мельчакова [2]):

1. За риск аварии принято отношение фактической и теоретической вероятностей аварии:

$$R = P_{\phi} / P_T . \quad (1)$$

2. Значение  $R$  можно определить следующим образом:

$$R = \frac{1}{\prod_{i=1}^n v_i} , \quad (2)$$

где  $v$  – надежность группы несущих конструкций (например, колонны, плиты перекрытия и т.д.).

3. Нормативную базу для приемлемых значений риска аварии можно принять в виде модели деградации, показанной на рисунке 1. При достижении пороговых значений (рис. 1) строительный объект переходит в качественно иное состояние: при значении 15 – из безопасного (работоспособного) – в ограниченно-работоспособное, при 32 – в аварийное, 83 – в ветхо-аварийное. Доказано, что пороговые риски аварии не зависят ни от конструктивного типа здания, ни от его этажности: они являются инвариантами. При этом определение вида технического состояния позволяет принять правильное управленческое решение относительно необходимости тех или иных мер по обеспечению конструкционной безопасности: текущий, капитальный ремонт или срочная эвакуация людей.

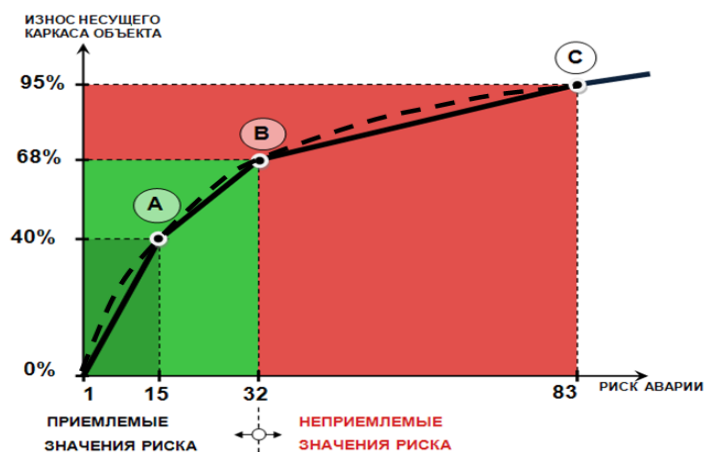


Рис. 1. Модель деградации строительного объекта:  
значения 15, 32 и 83 – это пороговые риски. Причем приемлемый риск аварии для только что построенных зданий равен двум, а 32 – это предельно-допустимый риск для эксплуатируемых зданий и сооружений

4. Обязательным этапом регулирования уровня конструкционной безопасности эксплуатируемого здания является прогноз ожидаемой ситуации риска аварии. Такой прогноз даст возможность определять оптимальные промежутки времени, через которые необходимо осуществлять полные и частичные сертификационные испытания. В первую очередь с этой целью необходимо правильно рассчитывать безопасный остаточный ресурс здания ( $T_{\text{бo}}$ ) – время, по завершении которого объект перейдет в аварийное состояние:

$$T_{\text{бo}} = T_{\text{ф}}(32 - R_{\text{ф}})/(R_{\text{ф}} - 1), \quad (3)$$

где  $R_{\text{ф}}$  – риск аварии строящегося здания (сооружения) на момент времени  $T_{\text{ф}}$ :

$$T_{\text{ф}} = T_{\text{стр}} \cdot k_1 + T_{\text{эк}}, \quad (4)$$

где  $T_{\text{стр}}$  – время строительства объекта. В данном случае во время строительства  $T_{\text{стр}}$  считается с начала строительства до момента сдачи в эксплуатацию. При этом время «консервации», если таковое имеется; время от момента окончания строительства до сдачи здания в эксплуатацию, а также другие факторы, увеличивающие время строительства, при которых здание подвергается проектным нагрузкам не в полном объеме, должны учитываться с поправочными коэффициентами.

$T_{\text{эк}}$  – время эксплуатации.

$k_1$  – коэффициент, учитывающий процесс возведения здания:

$$k_1 = w/(100 \cdot 12 \text{ мес.}), \quad (5)$$

где  $w$  – площадь под графиком процесса возведения несущих конструкций здания (см. рис.2).



Рис. 2. Схема процесса возведения несущих конструкций объекта для определения  $w$

В случае отсутствия данных по процессу возведения конкретного здания, за  $T_{\text{стр}}$  принимается нормативный срок строительства для такого типа здания по СНиП 1.04.03-85\* «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений». Коэффициент  $k_1$  в таком случае принимается приближенно, исходя из конструктивной схемы здания и метода его возведения.

5. Периодическую оценку величины риска строительного объекта целесообразно осуществлять в виде сертификационных испытаний. Их оперативность достигается с помощью применения автоматизированной системы, схема которой приведена на рис. 3.



Рис. 3. Схема проведения процедуры обследования с последующей выдачей сертификата

Основой для начала работы данной системы является информация, содержащая все данные об обследуемом объекте: проектная документация (при наличии) с указанием вида и типов конструкций, применяемых материалов, информация об участниках строительного-инвестиционного процесса и т.д. Полученная информация передается в блок базы знаний. База знаний является механизмом для представления знаний в исследуемой области и управления ими. Знания – это информация, на которую ссылаются, когда делают различные заключения и выводы на основе экспертной информации. В базу знаний включен банк данных. Банк данных – это систематизированный набор требований (СП, СНиП, ГОСТ, проект и т.д.) к качеству материалов, строительным-монтажным работам и эксплуатации. Также включает в себя перечень возможных грубых ошибок при проектировании зданий и сооружений и перечень контролируемых параметров, ответственных за качество конечной продукции.

На основании базы знаний формируется задание эксперту, т.е. составляется предварительный перечень возможных дефектов, которые повышают риск аварии конкретного здания. Обнаружение данных дефектов является задачей эксперта. Центральное место в автоматизированных системах занимают функции эксперта, предоставляющего исходную информацию для расчета риска аварии исследуемого объекта:

А. Построение для исследуемого объекта «дерева» несущего каркаса – иерархической последовательности возведения групп однотипных конструкций, в совокупности образующих каркас объекта, с обязательным включением в «дерево» грунтового основания. Для объектов, находящихся в процессе строительства, на этой же стадии определяются «промежуточные здания» – часть  $n$ -этажного объекта, составляющая нулевой цикл и  $d=1,2,\dots,n$  его этажей.

Б. Визуально-инструментальное обследование технического состояния групп однотипных конструкций и отыскание в каждой группе наиболее и наименее дефектных конструкций.

Формирование ведомостей дефектов: информация о дефектах в наиболее и наименее дефектных конструкциях в каждой группе конструкций заносится в программный комплекс автоматизированной системы. Здесь же указываются причины дефектов. В качестве причин дефектов несущих конструкций зданий и сооружений следует рассматривать:

- воздействие внешних факторов природного и техногенного характера;
- воздействие внутренних факторов, обусловленных технологическими процессами внутри строительного объекта и условиями эксплуатации;
- ошибки при изготовлении строительных конструкций, при инженерно-геологических изысканиях, при проектировании и возведении (монтаже) строительных объектов;
- нарушения правил эксплуатации строительного объекта.

В. Назначение по специальному правилу, основанному на методологии риска, для каждой включенной в ведомости дефектов конструкции уровня и ранга опасности, характеризующего принадлежность к одному из предельных состояний.

Функции преобразования и надлежащего представления экспертной информации осуществляет блок формализации, в который включаются правила и процедуры для этой формализации. Механизм прогнозирования, закладываемый в блок логических выводов, включает набор решающих правил, позволяющий на основании сведений базы знаний и формализованной экспертной информации сделать логические выводы по существу решаемой задачи:

- на основании сведений об уровне и ранге опасности наиболее и наименее дефектных конструкций в каждой группе конструкций по специальному правилу определяются уровни надежности этих конструкций;
- с помощью метода статистических испытаний (метода Монте-Карло) строится гистограмма распределения риска аварии. Далее рассчитывается среднее значение  $R_{\phi}$ .

Если объект находится на стадии строительства, то  $R_{\phi}$  рассчитывается для каждого «промежуточного здания». Каждое построенное «промежуточное здание» должно удовлетворять условию:

$$R_{\phi} < R^*, \quad (6)$$

где  $R^*$  – нормативный риск аварии – максимально-допустимое значение фактического риска аварии построенного промежуточного здания. Для полностью построенного здания  $R^*=2$ .

Г. Используя данные  $T_{стр}$  и  $T_{эк}$  по формуле (4) рассчитывают  $T_{\phi}$ . Далее по формуле (3) рассчитывают  $T_{60}$ . На стадии строительства объекта данные расчеты не производятся.

Результаты выдаются в виде отчета о техническом состоянии. Отчет включает:

1) информацию о существующих в наиболее дефектных конструкциях критических дефектах и их причинах (см. функции эксперта п.3), указывается место расположения таких конструкций. Эти данные позволяют извлечь полную информацию о неблагоприятных группах конструкций, внесших наибольший «вклад» в риск аварии исследуемого объекта;

2) значение риска аварии. Для строящихся зданий здесь же приводится карта фактических рисков аварии каждого «промежуточного здания» построенной части здания с указанием нормативных рисков для всех этапов строительства (см. рис. 4).

Такая информация является знаком для регулирования риска, если он превышает критическое (нормативное) значение.

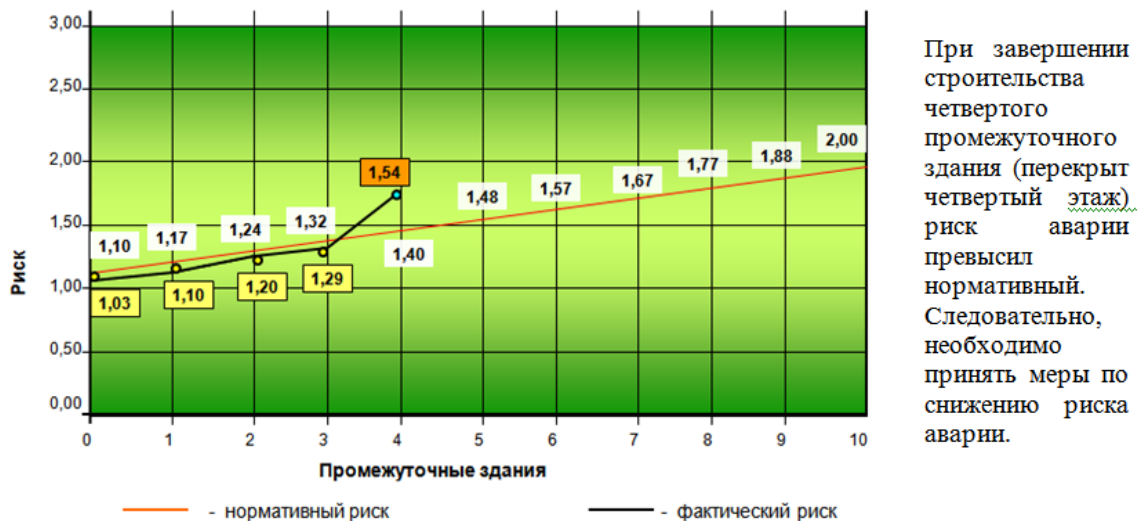


Рис. 4. Карта нормативных и фактических рисков аварии для «промежуточных» зданий 10-этажного жилого дома

3) для достроенного или уже эксплуатируемого строительного объекта в отчете указываются также  $T_{\phi}$ ,  $T_{60}$  и прогнозируемый рост риска аварии на ближайшие 5 лет.

Данный отчет не является отчетом об обследовании, т.к. содержит лишь сведения, которые необходимы:

а) на стадии строительства – для принятия решения о продолжении строительства или о применении мер по снижению риска аварии;

б) при завершении строительства или в процессе эксплуатации объекта – для выдачи сертификата и страхового полиса.

Основываясь на результатах отчета, заказчику (владельцу здания) предстоит решить, исправить выявленные дефекты и тем самым снизить риск аварии и далее застраховать объект по более низкому страховому тарифу, либо оставить всё как есть. При этом следует учитывать, что сертификат соответствия выдается только при  $R_{\phi} \leq 32$ , т.к. в противном случае здание (сооружение) неспособно сопротивляться каким-либо непроектным воздействиям и, соответственно, появление таких воздействий в любой момент может привести к аварии.

Главным принципом регулирования риска аварии является расследование причин низкого уровня конструкционной безопасности исследуемого объекта и построение на основе этого расследования оптимальной тактики и стратегии ремонтно-восстановительных работ по снижению риска аварии.

Совокупность представленных выше основных составляющих риск-менеджмента формируют механизм обеспечения безопасности зданий повышенной ответственности на стадии строительства и эксплуатации в соответствии с требованиями Технического регламента о безопасности зданий и сооружений.

#### Библиографический список

1. Официальный сайт МЧС России. – URL: [http://www.mchs.gov.ru/-Stats/CHrezvichajnie\\_situacii](http://www.mchs.gov.ru/-Stats/CHrezvichajnie_situacii).

2. Мельчаков, А.П. Прогноз, оценка и регулирование риска аварии зданий и сооружений: теория, методология и инженерные приложения: монография / А.П. Мельчаков, Д.В. Чебоксаров. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2009. – 113 с.

[К содержанию](#)