

Теория расчета строительных конструкций

УДК 69.05(07)

О ПРАВИЛАХ ПО РЕГУЛИРОВАНИЮ РИСКА АВАРИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА СТАДИЯХ ВОЗВЕДЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ

А.П. Мельчаков, Г.А. Беззубкова, В.Г. Косогоров, Д.В. Чебоксаров

ABOUT THE REGULATING RULES OF RISK OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS CRASH ON THE STAGE OF ERECTION AND OPERATION

A.P. Melchakov, G.A. Bezzubkova, V.G. Kosogorov, D.V. Cheboksarov

Изложены основные положения свода правил, предназначенного для снижения негативного влияния человеческого фактора на уровень конструкционной безопасности зданий и сооружений. В основу свода правил положен стандарт на величину риска аварии. Для регулирования риска аварии строительного объекта задействованы процедуры сертификации и страхования.

Ключевые слова: строительный объект, безопасность, риск аварии, ошибки людей, надежность, экспертная система, страховой полис, сертификат соответствия.

The article gives the fundamentals of the code of rules providing the reduction of negative influence of human factor upon level of structural safety of buildings and constructions. The code of rules is based on the standard of the risk of crash rate. In order to regulate the risk of crash of the development the procedures of certification and insurance are applied.

Keywords: development, safety, risk of crash, human errors, reliability, expert system, insurance policy, certificate of conformity.

При проектировании зданий и сооружений строительные нормы и правила за счет так называемых коэффициентов надежности компенсируют целый ряд опасных воздействий на объект. Не компенсированным остается человеческий фактор риска, связанный с организационными и техническими ошибками людей и который по статистике является доминирующей причиной аварийных обрушений несущих конструкций строительных объектов. Для снижения негативного влияния этого фактора на уровень конструкционной безопасности зданий и сооружений в дополнение к существующим строительным нормам разработан свод правил, позволяющий регулировать величину риска аварии объекта на стадиях его возведения и эксплуатации.

В основу свода правил положены следующие научные положения:

1. Абсолютно безопасных зданий и сооружений не существует. Уже на стадии проектирования в них в соответствии с действующими нормами и по умолчанию закладывается так называемая теоретическая вероятность аварии. Фактическая же

вероятность аварии построенного объекта всегда выше теоретической вероятности, поскольку полное исключение ошибок (дефектов) при реализации инвестиционных строительных проектов невозможно.

2. Отношение фактической и теоретической вероятностей может служить показателем уровня конструкционной безопасности строительного объекта, т. е. исполнять роль риска аварии, так как от величины этого отношения существенным образом зависит не только возможность появления негативного события под названием «авария», но и размер ущерба в случае реализации этого события.

3. В правильно запроектированном и построенном объекте величина риска аварии после завершения строительного-монтажных работ не должна превышать величины естественного (нормального) риска аварии на неограниченном множестве новых зданий и сооружений.

4. Существуют так называемые пороговые инвариантные значения риска аварии, при достижении которых строительный объект независимо от его конструктивного типа и этажности переходит

дит в качественно иное техническое состояние: из безопасного в аварийное, а из аварийного состояния в ветхо-аварийное.

Нормативной базой свода правил является стандарт на величину риска аварии строительных объектов, сформированный с учетом пороговых инвариантных значений риска [1]. Стандарт используется в механизмах регулирования риска аварии. Регулирование производится в том случае, если в результате исследования доказано, что строящийся или эксплуатируемый объект не соответствует требованиям стандарта. К механизмам регулирования относятся процедура сертификации соответствия требованиям стандарта и страхование объектов строительства на случай их аварии. Сертификационным испытаниям могут подвергаться не только строящиеся, но и подержанные здания и сооружения. При сертификационных испытаниях строящегося здания оценивается потенциальный риск аварии, формируемый за счет грубых отступлений параметров несущих конструкций объекта от требований проекта.

В процедуре сертификации строительного объекта важное место занимают функции экспертов, задача которых состоит в подготовке исходной информации для расчета фактического риска аварии исследуемого объекта. К такой информации предъявляются особые требования. Она должна быть представлена в формализованном виде, позволяющем осуществлять виртуальные испытания риска аварии на основе компьютерного моделирования аварийных ситуаций исследуемого объекта. Для строящихся зданий и сооружений методы диагностирования должны обеспечить не только достоверность информации, но и оперативность ее получения с целью своевременного реагирования на негативные последствия такой информации. Для уже построенных строительных объектов технология диагностики может быть основана на неразрушающих и/или косвенных методах выявления скрытых дефектов. К таким методам можно отнести, например, динамический метод, основанный на определении частоты собственных колебаний несущего каркаса здания с последующим сравнением его с проектной частотой.

В своде правил использованы следующие понятия и определения:

Безопасность конструкционная - базовый вид безопасности строительного объекта, характеризующий степень его защищенности от аварии. Зависит от технического состояния конструкций несущего каркаса здания (сооружения). Трактуются как отсутствие недопустимого риска аварии и считается достаточной, если риск аварии объекта не превышает значения, при котором объект переходит в аварийное состояние.

Риск аварии — мера угрозы аварийного обрушения здания (сооружения) и мера ожидаемого ущерба в случае, если авария строительного объ-

екта произойдет. Представляется в виде случайного коэффициента превышения теоретической вероятности аварии, заложенной в строительные нормы и вносимой по умолчанию в объект при его проектировании.

Нормальный риск аварии - инвариантное значение максимально допустимого риска аварии для законченных строительством зданий и сооружений.

Критический риск аварии — инвариантное значение риска аварии, при превышении которого техническое состояние находящегося в эксплуатации строительного объекта характеризуется как аварийное.

Безопасный ресурс - интервал времени эксплуатации строительного объекта от текущего момента времени до момента достижения им критического значения риска аварии.

Надежность несущей конструкции - степень соответствия несущей конструкции требованиям проекта в части обеспечения ее прочности, жесткости и устойчивости.

Дефект несущей конструкции — отступление параметров конструкции от требований проекта, приводящее к повышению риска аварии объекта.

Сертификат соответствия - документ, подтверждающий соответствие строительного объекта требованию стандарта на величину риска аварии.

Страховой полис - документ, подтверждающий, что объект застрахован на случай аварийного обрушения.

Стандарт на величину риска аварии - это совокупность нормального и критического значений риска аварии. К зданиям и сооружениям он предъявляют следующие требования [1]:

- для законченных строительством зданий (сооружений) фактический риск аварии не должен превышать значения нормального риска, равного 2.

- для эксплуатируемых зданий и сооружений фактический риск аварии не должен превышать значения критического риска, равного 32.

В своде правил предусмотрено, что заявитель (юридическое или физическое лицо, исполняющее функции застройщика или собственника строительного объекта) имеют право подтвердить соответствие объекта требованию стандарта на выбор либо через процедуру сертификации или посредством его страхования на случай аварийного обрушения. Для этих процедур свод правил устанавливает:

1. Правила идентификации фактического риска аварии объекта.
2. Правила сертификации объектов на соответствие требованию стандарта.
3. Правила тарификация при страховании объектов на случай аварии/

При идентификации риска аварии применяются следующие правила:

1. Несущий каркас объекта представляется «деревом» в виде иерархической последовательности возведения групп однотипных конструкций с обязательным включением в их число грунтового основания.

2. В режиме диагностики в каждой входящей в несущий каркас объекта группе конструкций отыскиваются наиболее и наименее дефектные конструкции и для них по специальному правилу [1] устанавливаются уровни опасности.

3. Принятое экспертами решение об уровнях опасности дефектных конструкций подтверждается исследованиями, расчетами или испытаниями. Экспертная информация фиксируется в дефектных ведомостях и специальном документе [1], заверенном ведущим экспертом.

4. По специальной компьютерной программе производятся виртуальные статистические испытания фактического риска аварии объекта, по результатам которых фиксируется следующая итоговая информация:

- Среднее значение фактического риска аварии и среднеквадратичное отклонение риска от среднего значения.

- Размер (в годах) безопасного ресурса исследуемого объекта.

- Диаграмма средних фактических уровней надежности в группах однотипных конструкций несущего каркаса исследуемого объекта.

- Список групп однотипных конструкций несущего каркаса, ранжированный по степени «вклада» каждой группы в величину риска аварии исследуемого объекта.

- Фактический вид технического состояния исследуемого объекта (указывается один из следующих видов: - безопасное, предаварийное, аварийное, ветхо-аварийное).

При сертификации строящихся и эксплуатируемых объектов на соответствие требованиям стандарта применяются следующие правила:

1. Подтверждением соответствия требованию стандарта новых (строящихся) зданий (сооружений) служит доказательство, что фактическое значение среднего риска аварии (R_{ϕ}) законченного строительством исследуемого объекта не превышает нормального значения риска аварии $R_H = 2$, а для эксплуатируемого здания (сооружения), что фактическое значение среднего риска аварии (R_{ϕ}) не превышает критического значения риска аварии $R_{\phi}^* = 32$.

2. Срок действия сертификата соответствия для законченных строительством зданий составляет 22 года [1], а для эксплуатируемых назначается по формуле [1]:

$$T_c = [T_{\phi}(32 - R_{\phi})] / (R_{\phi} - 1),$$

где T_{ϕ} - время эксплуатации объекта на момент сертификации.

3. В случае, если доказано, что исследуемый

объект не соответствует требованию стандарта, риск его аварии подлежит процедуре регулирования, исходя из следующих основных принципов:

- По результатам расследования причин недостаточного уровня конструкционной безопасности исследуемого объекта, в ходе которого выявляются ошибки, допущенные при его возведении (монтаже) и эксплуатации, определяется объем и стратегия восстановительных мероприятий по снижению риска аварии.

- В случае если исследуемый объект находится в аварийном или ветхо-аварийном состоянии, необходимо прежде, чем начать ремонтные работы, предусмотреть специальные меры безопасности для персонала, задействованного в восстановительных мероприятиях.

- Если ликвидировать дефекты в конструкции не удастся по техническим причинам или экономическим соображениям, то следует применить дублер-конструкцию, заменяющую и поглощающую риск существующей конструкции в составе несущего каркаса объекта.

- Любое техническое решение по снижению или поглощению риска аварии конкретного объекта должно в обязательном порядке пройти две стадии: - расчетную и проектную.

При добровольном страховании строительного объекта на случай аварии применяются следующие правила:

1. Перед заключением договора страхования производится оценка фактического риска аварии планируемого к страхованию объекта и в случае, если фактическое значение риска аварии превышает критическое значение риска, равного 32, то прежде чем заключить договор страхования необходимо осуществить процедуру регулирования риска аварии на основе принципов, изложенных выше.

2. Нетто-тариф (N), как основа для назначения страховой премии, должен быть адекватен величине фактического риска аварии R_{ϕ} объекта. Он определяется по формуле [1]:

$$N = \{1 - \exp[-0,0365(R_{\phi} - 1)]\} \cdot (1/0,9^{\beta}),$$

где β - коэффициент, учитывающий степень подверженности территории расположения страхового объекта внешним факторам риска.

Коэффициент β определяется по следующему правилу: эксперт по правилу табл. 1 назначает индексы подверженности (g) территории расположения объекта каждому из внешних факторов риска, приведенных в табл. 2. Назначенные экспертом индексы (g) сопоставляются со стандартными индексами (g^*), приведенными в табл. 3. Принимается то значение β , для которого сумма квадратов разности стандартных (g^*) и назначенных экспертом (фактических) индексов (g) подверженности имеет минимальное значение: $\sum(g^* - g)^2 \rightarrow \min$. Решение отыскивается в формате табл. 3.

Таблица 1

Правило экспертного назначения индексов подверженности

Подверженность территории фактору риска в форме высказывания	Индекс подверженности (g)
Территория не подвержена фактору риска	1
Вероятность, что территория не подвержена фактору риска, больше, чем подвержена	2
Вероятность, что территория подвержена фактору риска, больше, чем не подвержена	3
Территория подвержена фактору риска	4

Таблица 2

Внешние факторы риска техногенного и природно-климатического характера

№	Внешние факторы риска
1	Близко расположены опасные производства
2	Близко расположены магистральные нефте(газо)проводы
3	Близко расположены ж/д станции, аэродромы
4	Близко расположены линии метрополитена
5	Подтопление территории, близость водоемов
6	Подработанность и (или) закарстованность территории
7	Частые бури, сели, оползни, наводнения
8	Возможность проявления опасных геопроцессов

Таблица 3

Формат определения коэффициента β

Номер внешнего фактора риска	Фактические индексы подверженности (g)	Стандартные наборы индексов (g^*)			
		для $\beta = 0$	для $\beta = 1$	для $\beta = 2$	для $\beta = 3$
1	.	1	2	3	4
2	.	1	2	3	4
3	.	1	2	3	4
4	.	1	2	3	4
5	.	1	2	3	4
6	.	1	2	3	4
7	.	1	2	3	4
8	.	1	2	3	4
Суммы квадратов разности стандартных (g^*) и фактических (g) индексов		$\Sigma(g^* - g)^2$	$\Sigma(g^* - g)^2$	$\Sigma(g^* - g)^2$	$\Sigma(g^* - g)^2$

Наилучшим способом реализации свода правил в строительной практике является экспертная система, которая с одной стороны обеспечивает оперативность и достоверность результатов при сертификации строящихся зданий и сооружений, с другой - информирует заказчика о результатах выполненных исследований с целью своевременного реагирования на фактическую ситуацию риска объекта. В компьютерной версии экспертной системы в основу «оконного» интерфейса положено «дерево» несущего каркаса объекта, которое одновременно служит управляющим механизмом в процессе обследования здания (сооружения), диагностики и оценки технического состояния строительного объекта. На этом «дереве» в режиме оконного интерфейса организован вывод инфе-

ресующей пользователя информации, связанной с качеством исполнения отдельных видов строительно-монтажных работ с указанием исполнителя, даты исполнения и уровня (требуемого и достигнутого) конструкционной безопасности конечного продукта.

Заключение. Предложенный свод правил позволяет не только регулировать уровень конструкционной безопасности зданий и сооружений на стадиях строительства и эксплуатации, но и идентифицировать «виновников» недопустимого риска аварии, что дает возможность ввести определенные механизмы персональной ответственности, основанные на финансово-правовых принципах и страховых подходах.

Литература

1. Мелъчаков, А.П. Оценка и регулирование уровня конструкционной безопасности зданий и сооружений на стадиях строительства и эксплуа-

тации (Теория, методология и инженерные приложения): учеб. пособие/А.П. Мелъчаков, ВТ. Косо-
горов, Д.В. Чебоксаров. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. - 97 с.

Поступила в редакцию 29 сентября 2008 г.

Мелъчаков Анатолий Петрович. Доктор технических наук, профессор кафедры «Строительная механика» Южно-Уральского государственного университета, тел. 8 351 2679000.

Область научных интересов: конструкционная безопасность зданий и сооружений, технологии предупреждения аварий в строительстве.

Anatoly P. Melchakov. Doctor of technical science, professor of the Structural Mechanics department of South Ural State University, telephone 8 351 2679000.

Scientific interests: structural safety of buildings and constructions, technologies of crash prevention in building and construction.

Беззубкова Галина Алексеевна. Старший преподаватель кафедры «Строительство» машиностроительного факультета Миасского филиала Южно-Уральского государственного университета, тел. 8 35135 53285.

Область научных интересов: конструкционная безопасность зданий и сооружений, технологии предупреждения аварий в строительстве.

Galina A. Bezzubkova. Senior lecturer of the Building and Construction department of the Engineering faculty of the Miass branch of South Ural State University, telephone 8 35135 53285.

Scientific interests: structural safety of buildings and constructions, technologies of crash prevention in building and construction.

Косогоров Валерий Геннадьевич. Ассистент кафедры «Строительная механика» Южно-Уральского государственного университета, тел. 8 351 2679000.

Область научных интересов: конструкционная безопасность зданий и сооружений, ресурс и надежность строительных конструкций.

Valery G. Kosogorov. Assistant lecturer of the Structural Mechanics department of South Ural State University, telephone 8 351 2679000.

Scientific interests: structural safety of buildings and constructions, resource and reliability of building structures.

Чебоксаров Дмитрий Владимирович. Аспирант кафедры «Строительная механика» Южно-Уральского государственного университета, тел. 8 351 2679000.

Область научных интересов: конструкционная безопасность зданий и сооружений, технологии предупреждения аварий в строительстве.

Dmitry V. Cheboksarov. Post-graduate student of the Structural Mechanics department of South Ural State University, telephone 8 351 2679000.

Scientific interests: structural safety of buildings and constructions, technologies of crash prevention in building and construction.