

ОГЛАВЛЕНИЕ

АВТОРСКОЕ ПРИЗНАНИЕ	4
ВВЕДЕНИЕ. Безопасность строительных объектов с позиции теории риска	5
Глава 1. ПРОБЛЕМА КОНСТРУКЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА	17
1.1. Терминология и специфика проблемы	17
1.2. Угрозы и сценарий строительной аварии	19
1.3. Ключевые задачи проблемы и подходы к их решению	23
1.4. Концепция и методология теории прогноза риска аварии	24
Глава 2. ПРИЕМЛЕМЫЙ, ПОРОГОВЫЕ И КРИТИЧЕСКИЙ РИСКИ СТРОИТЕЛЬНОЙ АВАРИИ	27
2.1. Математическая модель для прогноза риска аварии объекта	27
2.2. Приемлемый риск аварии для новых (строящихся) объектов	33
2.3. Пороговые и критический риски аварии каркаса объекта	35
2.4. Конструкционный износ и безопасный ресурс объекта	38
Глава 3. РИСК-МЕНЕДЖМЕНТ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	43
3.1. Риск-менеджмент застраиваемой территории	43
3.2. Норматив на риск аварии несущего каркаса объекта	50
3.3. Менеджмент проектного риска аварии объекта	51
3.4. Прогноз риска аварии при возведении и эксплуатации объекта	59
Глава 4. ГАРАНТИИ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА	73
4.1. Гарантии безопасности в системе сертификации	73
4.2. Страховая гарантия конструкционной безопасности объекта	75
4.3. Проблема строительного страхования в России	80
4.4. Тарификация при страховании объектов на случай аварии	85
4.5. Оценка качества и конструкционной безопасности на стадии строительства	89
Глава 5. ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА	103
5.1. Общие сведения об экспертных системах	103
5.2. Базы знаний экспертной системы по управлению риском аварии	107
5.3. Проектирование экспертной системы комплексной оценки качества	108
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	115
ПОСЛЕСЛОВИЕ АВТОРОВ	117
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Пример базы знаний экспертной системы по управлению риском аварии	120
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Примеры менеджмента риска аварии объекта на различных стадиях	129
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Об энциклопедии «безопасность строительного комплекса» и о «человеческом измерении» качества строительства	151
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	161

АВТОРСКОЕ ПРИЗНАНИЕ

Подготовка учебного пособия по безопасности систем несущих конструкций строительных объектов инициирована вице-президентом Международного союза строителей В. П. Мардашовым и председателем правления Российского общества инженеров строительства О. И. Лобовым. Авторы выражают благодарность им, а также академику В. И. Соломину, доктору технических наук Р. Г. Губайдулину, доктору технических наук В. Н. Рудину, кандидату технических наук В. С. Малютину за поддержку идеи книги, инженерам В. Г. Косогорову, И. Б. Шлейкову, И. С. Никольскому, А. Н. Рябкову, И. Н. Шевченко за неоценимую помощь при подготовке пособия к изданию. Особая благодарность докторам технических наук В. В. Белову, В. В. Лушникову, И. Б. Рыжкову и Н. Н. Никонову за прочтение рукописи, ее разумную критику и неоспоримый вклад в содержание.

ВВЕДЕНИЕ

БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ С ПОЗИЦИИ ТЕОРИИ РИСКА

*Хотя мы живем в лучшем из возможных миров,
тем не менее, совершенные материалы и искусные
исполнители — недостижимый предел.*

Роберт Гилмор

*Приблизительное умение, как сварганенный плохо
дом, — если даже не мстит немедленно, то обруши-
вается потом!*

Роберт Рождественский

В 90-х годах прошлого столетия в Институте прикладной математики им. М. В. Келдыша по инициативе его руководителя, академика С. П. Курдюмова, для ученых страны были организованы семинары по проблеме безопасности на производстве. На этих семинарах слушателей знакомили с теорией риска академика В. А. Легасова и убеждали их, что универсальной безопасности в природе не существует, а есть ее отдельные виды. Чтобы тот или иной вид безопасности закрепить, надо сначала его назвать, а затем искать в нем число, поскольку «один из фундаментальных принципов современной науки состоит в том, что явление нельзя считать понятием до той поры, пока оно не описано посредством количественных характеристик» (Л. Заде). Господина Л. Заде поддерживает известный философ А. Ф. Лосев, утверждая, «что, не имея понятия числа, мы вообще не смогли бы отличить одну вещь от другой».

На одном из таких семинаров ситуацию с безопасностью в строительной отрасли прояснил первый заместитель председателя Госстроя В. П. Мардашов. Он, на достоверных цифрах, тогда еще в ранге секретных, показал, что наибольшее число летальных исходов и материальных потерь стране доставляют аварийные обрушения несущих конструкций строительных объектов. Это ему принадлежит выражение, вынесенное в начало пособия; он часто его озвучивал. Понадобились годы, чтобы понять и осознать, что ключевой вид безопасности в строительстве — это безопасность конструкционная.

Раньше словосочетания «конструкционная безопасность» в русском языке не было. Но, если есть продовольственная безопасность, а это ситуация, когда нет опасности нехватки продовольствия, то, очевидно, должна быть и конструкционная безопасность зданий и сооружений, когда нет причин для аварийного обрушения несущих конструкций объекта за нормативный срок его служ-

бы. Конструкционная безопасность — это базовое свойство качества строительного объекта. При отсутствии этого свойства аварийные обрушения конструкций объекта практически неизбежны. Для строительной отрасли термин «конструкционная безопасность» — четкий, емкий и правильно ориентированный термин. Глубинная суть термина «конструкционная безопасность» состоит в том, что, если такая безопасность у строительного объекта обеспечена, то его несущий каркас (включая основание) способен противостоять не только проектным нагрузкам, но и за счет запаса прочности непроектным воздействиям, возникающим в чрезвычайных ситуациях.

От физического состояния конструкций системы несущих объекта и его основания зависит его способность сопротивляться аварийным воздействиям. Это с одной стороны, с другой же стороны — экономия ресурсов и безопасность зданий и сооружений — главная забота государства. Потому создание нормативной базы по конструкционной безопасности строительных объектов — одна из важнейших задач технического регулирования строительной отрасли.

Разработка норматива по конструкционной безопасности строительных объектов требует ответа на целый ряд вопросов. Какая величина может служить мерой опасности аварийного обрушения зданий и сооружений? Или какое значение меры опасности нельзя переступать? На первый из них ответил Федеральный закон «О техническом регулировании». Он определил, что мерой безопасности на любом производстве служит величина риска. Причем здесь чрезвычайно важно, в какой форме этот риск представить. В пособии риск аварии строительного объекта представлен в форме отношения фактической вероятности аварии объекта к вероятности аварии, заложенной в нормы для его проектирования. В такой форме риск аварии — это *численная мера* опасности аварийного обрушения строительного объекта. В разделе 2.2 пособия будет показана тесная связь этой меры с размером ущерба, наносимого аварией.

После выхода в свет двух Федеральных законов: «О техническом регулировании» и «Технический регламент „О безопасности зданий и сооружений“» многое, что написано по проблеме безопасности в строительстве, подытожено в энциклопедии «Безопасность России. Безопасность строительного комплекса» [90]. На эту энциклопедию правление РОИС (Российского общества инженеров строительства) заказала рецензию. Автор рецензии д. т. н. Н. Н. Никонов изложил свой взгляд на принципы обеспечения безопасности в строительстве. Рецензия помещена в приложении 3 пособия.

После распада СССР строительные аварии стали происходить чаще, причиняя все возрастающий ущерб экономике и деловому престижу России, но в официальную статистику они попадают не всегда. Если нет летальных исходов при обрушении конструкций объекта, то такая авария, как правило, даже и не регистрируется, а убытки от нее стройбизнес включает в стоимость готового объекта. В 1990-е годы сообщения средств массовой информации о случившихся в стране авариях стали напоминать сводки с мест боевых действий — столько погибло, столько пострадало. Вот, например, хроника сообщений лишь за одну неделю 1997 года (с 14 по 19 июля).

Понедельник, Архангельская область, г. Котлас. В спортзале «Салют» во время соревнований обрушился балкон со зрителями. Пострадало 115 человек. 14 человек погибло.

Вторник, г. Саратов. Обрушилась наружная стена жилого пятиэтажного дома из крупноразмерных кирпичных блоков. Погиб один человек.

Среда, г. Томск. Обрушилось перекрытие трехэтажной казармы высшего военно-командного училища связи. Перекрытия этажей держались на подпорках, убранных в связи с приездом комиссии из Министерства обороны. Погибло 12 человек.

Четверг, Республика Саха, г. Якутск. Из-за подтопления рухнуло здание речного училища. Жертв нет.

Пятница. Официальных сообщений о случившихся на территории России авариях нет. Но есть из Израиля: город Иерусалим, обрушился пролет моста во время прохода по нему группы спортсменов Всемирной еврейской олимпиады. Пострадало 53 спортсмена. Погибло 3 человека.

Суббота, г. Пермь. От взрыва газа обрушилось здание офиса ОАО «Лукойл». Погибло 17 человек.

Известно, что тяжесть последствий любой чрезвычайной ситуации зависит от степени обрушения зданий и сооружений, попавших в зону бедствия. Поэтому задача обеспечения конструкционной безопасности строительных объектов — одна из важнейших государственных задач в строительной отрасли.

Поскольку в нашем представлении безопасность производства и его продуктов все-таки прерогатива государства, а принятый Госдумой технический регламент «О безопасности зданий и сооружений» ни на один из вышезаданных вопросов, к сожалению, ответов не дает, следовательно, федеральный документ, нормирующий конструкционную безопасность с позиции теории риска, должен быть отдельно разработан и утвержден.

Сегодня через СМИ населению страны пытаются объяснить, что главная причина обрушения того или иного здания (сооружения) — это внешнее непроектное воздействие на объект как природного, так и техногенного характера. Часто в таких репортажах фигурирует фраза «взрыв бытового газа». Но при этом не объясняется, почему одинаковый по мощности взрыв газа в одних случаях приводит к локальным разрушениям, а в других — к массовому обрушению жилого дома и летальным исходам для его обитателей. Здесь уместно привести недавний, трагический, резонансный и имеющий неумолимую тенденцию к повторению, пример. *Астрахань, 27 февраля 2012 года, 12:50.* Полным ходом идет избирательная кампания по выборам нового президента России. Сначала в Интернете, а спустя некоторое время и по всем телевизионным программам появляются леденящие сознание кадры прямого репортажа с места обрушения одной из секций 9-этажного крупнопанельного жилого дома по адресу: г. Астрахань, Советский район, ул. Островского № 150/1 (рис. 1).

Случайные прохожие, увидев зияющую дыру в жилом доме на уровне 3-го этажа, ради любопытства включили камеры своих мобильных телефонов, и вскоре десятки миллионов россиян стали свидетелями гибели сограждан в момент полного обрушения секции дома.



Рис. В1. Момент лавинообразного обрушения секции 9-этажного крупнопанельного жилого дома в Астрахани

В этой аварии погибло десять человек. За государственный счет жертвы аварии похоронены, компенсации выплачены, дом снесен и на его месте устроен парк. Из государственного бюджета на все про все потрачено примерно 500 млн рублей.

В сознании россиян трагедия уже забывается, но у профессионалов есть вопросы. Вопрос первый: кто виноват в трагедии? Первоначально пытались привлечь к ответственности газопоставляющую организацию, эксплуатирующую газовое хозяйство дома, но следствие показало, что все оборудование работает в штатном режиме, утечек газа в системе нет. Отчего произошел взрыв — неизвестно. Предположили такой сценарий: «Некто решил свести счеты с жизнью, включил газовую конфорку, чиркнул спичкой, и — взрыв».

Но такой сценарий был давным-давно учтен проектировщиками, которые первыми предложили оснащать многоквартирные панельные дома газовым оборудованием. При обязательной сертификации и до утверждения этого проекта в государственных органах технического надзора проводились натурные испытания, которые показали, что в зависимости от содержания газа в воздухе результаты взрыва в доме, построенном в соответствии со СНиП, исчерпывающе делятся на три категории:

- 1) разбитые стекла в квартире;
- 2) выбитые оконные рамы в квартире;
- 3) выбитые несущие стеновые панели (перегородки) в квартире.

Естественно, в случае взрыва «бытового» газа для находящихся в квартире людей есть риск лишения жизни, который возрастает по мере усиления мощности взрыва, но только в квартире, а не в подъезде и тем более не в доме. Так чья вина в этой трагедии? Безусловно, это вина строителей. Именно они при возведении дома не обеспечили достаточную прочность и жесткость его несущего каркаса, из-за чего риск аварии дома был близок к критическому значению, а взрыв газа лишь спровоцировал его обрушение. Сейчас можно только предположить, что при монтаже стеновых панелей дома была применена так называе-

мая технология «прихваток» панелей к плитам перекрытия, а окончательная приварка их к стальным закладным деталям либо вообще не была произведена, либо сама сварка произведена некачественно, и, скорее всего, без дополнительных процедур по защите ее от коррозии. Про замоноличивание платформенных стыков иногда и вовсе забывается. Такая «технология» даже получила свое «научное» название — «скирдование». Ею пользуются в основном неквалифицированные строители, которые всегда стремятся как можно быстрее «закрыть объемы» и сдать объект. В результате платформенные стыки плит перекрытия со стеновыми панелями сплошь некачественные, а жесткость ячеек дома преступно занижена. По мнению авторов книги, именно этот факт и послужил основной причиной лавинообразного обрушения подъезда дома. Кстати, исследованиями специалистов МЧС было подтверждено аналогичное состояние необрушившихся секций дома. На основании их заключения и было принято решение о сносе дома. А вот конкретных людей (монтажников, сварщиков, бетонщиков, бригадиров, мастеров и др.), которые реально виновны в этой строительной катастрофе, опять же нет. Поэтому возникает второй вопрос, тоже для России традиционный: что делать? Вот на этот вопрос наш читатель найдет ответ в этом пособии.

В последние годы существования СССР для Совета Министров проводил семинары выдающийся советский ученый, академик Валерий Алексеевич Легасов. Основой его лекций была разрабатываемая им с конца 70-х годов прошлого столетия концепция безопасности на любом производстве. Трагическое подтверждение этой концепции сделала Чернобыльская АЭС, отказ реактора на которой Легасов, еще задолго до аварии, предсказал. Совместная работа академика В. А. Легасова с председателем Госстроя СССР Ю. П. Баталиным по ликвидации последствий первого взрыва 4-го реактора и их титанические усилия по предотвращению возможного последующего, гораздо более мощного взрыва, убедили руководство страны в необходимости смены всей парадигмы отношения людей к проблеме безопасности. Действовавший ранее в практике хозяйственной жизни страны принцип «реагировать и исправлять» был заменен на новый, предложенный академиком В. А. Легасовым, фундаментальный принцип — «предвидеть и предупреждать».

Тогда при Госстрое СССР была создана рабочая группа по изучению мирового опыта в области безопасности строительства. Но 7 декабря 1988 года плановую работу этой группы прервала строительная катастрофа, вызванная землетрясением в Армении мощностью 7 баллов по шкале Рихтера. Ее последствия — 25 682 погибших, 128 705 получивших ранения или увечья различной тяжести, 514 826 оставшихся без крова из 304 разрушенных населенных пунктов — стали «моментом истины» для всей строительной отрасли СССР. Казалось, во всем была виновата стихия, за 30 с перевернувшая и искалечившая жизни сотен тысяч людей. Однако созданная при Совмине СССР после Чернобыля Государственная комиссия по чрезвычайным ситуациям (ГКЧС, председатель В. Х. Догужиев) была иного мнения. После расследования причин армянской трагедии комиссия опровергла поверхностные суждения прессы о неумолимой жестокости природы. Она пришла к следующему неутешительному

для Госстроя выводу: если бы попавшие в зону бедствия здания или сооружения были построены в полном соответствии с действующими СНиП, то страна в этой чрезвычайной ситуации потеряла бы не более тысячи человеческих жизней. Когда мощные подземные толчки потряхнули с армянских зданий штукатурно-окрасочный «марафет», то обнажились грубые отступления от нормативных требований: вместо арматуры установлена проволока; кладочная смесь почти без цемента, там, где должен быть ровный сварной шов, — ржавые уродливые наросты. Специалистам стало ясно, что во всем виновата халатность строителей, а землетрясение лишь спровоцировало аварийные обрушения зданий, под завалами которых погибло и пострадало огромное число советских граждан. Вслед этой трагедии специальная коллегия Госстроя СССР постановила: «В СССР необходимо создать и ввести систему предупреждения аварий в строительстве!»

После принятия постановления было организовано всесоюзное совещание ученых по строительной отрасли, где они получили возможность ознакомиться с выводами объединенной комиссии ГКЧС и Госстроя СССР и последними достижениями зарубежной науки в области безопасности строительства. Именно тогда председатель Госстроя СССР Ю. П. Баталин сформулировал проблему безопасности в строительстве и призвал ученых приступить к исследованию этой проблемы на основе концепции академика В. А. Легасова.

К сожалению, этим планам не суждено было сбыться. В 1991 году пришли новые люди, которые представили новому руководству новой страны армянскую строительную катастрофу как чисто природную. Примером новых воззрений стала статья господина Айзенберга «Строительная наука против сейсмических катастроф» [82]. В ней автор не отрицает факта низкого качества строительства в Армении. Дословно: «Оно низкое не только в Армении, но и в Сибири, и на Дальнем Востоке», но утверждает, что главная причина армянской трагедии не в пресловутом человеческом факторе, а в «особом» характере произошедшего в Армении землетрясения. В ней он делает попытку доказать, что впервые за всю историю наблюдений длина волны сейсмических колебаний земли при землетрясении неожиданно совпала с периодом собственных колебаний всех объектов, построенных в зоне активности, чем вызвала резонанс, и это привело к фатальным для населения последствиям. Вот так. Ни больше и ни меньше! В результате такого «научного» обоснования трагедии, прочно укрепившегося в сознании новых государственных деятелей, никакой системы предупреждения аварий в строительстве в России сейчас нет.

Чтобы ощутить значимость проблемы конструкционной безопасности, надо знать основную причину аварийного обрушения здания (сооружения). Например, наиболее реалистичный сценарий строительной катастрофы на территории Армении такой: к моменту землетрясения конструкционная безопасность большинства строительных объектов, находящихся в зоне активности, из-за многочисленных ошибок людей не была обеспечена; отсюда и трагический результат. В 90-х годах прошлого столетия такой сценарий подтвердили проектировщики из Дагестана. После катастрофы их обвинили в ненадежности построенных на территории Армении по их проекту панельных зданий. Чтобы дока-

зять обратное, они провели натурный эксперимент. В полном соответствии со СНиП ими был возведен каркас панельного здания и произведена имитация землетрясения с постепенным увеличением мощности землетрясения до 9,4 балла по шкале Рихтера. Этим экспериментом было доказано, что при той мощности землетрясения, какое было в Армении (6,8–7,2 балла), правильно построенный по их проекту дом разрушиться не может. В эксперименте первые видимые повреждения дома стали наблюдаться в районе 9 баллов.

После армянской трагедии в СССР издается книга «Вероятностные методы в строительном проектировании» [2]. Ее авторы — три профессора из Италии — Г. Аугусти (Флоренция), А. Баратта (Неаполь) и Ф. Кашиати (Павия). В ней они утверждают, что теоретическая вероятность обрушения конструкций, заложенная в объект при его проектировании, после реализации проекта может за счет человеческих ошибок увеличиться более чем на порядок. В разделе «Анализ надежности в рамках норм проектирования» авторы пишут (дословно): «Методы определения вероятности отказов учитывают лишь случайную природу нагрузок и сопротивлений им, пренебрегая такими источниками отказов, как ошибки и небрежности, которые могут проявлять себя во время проектирования, возведения и эксплуатации сооружений». Книга показала путь, который должны пройти разработчики норматива на величину риска аварии строительного объекта.

С момента распада СССР прошло более 25 лет. За это время строительная отрасль страны существенно преобразилась. Сейчас на территории России зарегистрировано приблизительно 900 тыс. частных предприятий. Естественно, главная цель новоиспеченного «стройбизнеса» — извлечение прибыли. Инвестиций в новые строительные технологии он почти не делает. Ему это крайне невыгодно; на модернизацию заводов, закупку новой техники и переобучение кадров нужно тратить «свои» деньги. Поэтому сама стройка сейчас идет пока «по старинке», и осуществляется она в основном за счет сверхамортизации приватизированной материально-технической базы советской эпохи индустриального домостроения. А когда цены на металл, цемент и энергию внутри страны сравнивались и даже превосходили мировые, выяснилось, что на возведение одного квадратного метра жилья в России тратится в два раза больше металла и цемента, чем в развитых странах мира. Этот факт нынешние руководители строительного комплекса России объясняют не старым технологическим укладом строительства и наглой коррупцией, а якобы «устаревшими» на сегодняшний день строительными нормами.

Безусловно, строительные нормы требуют модернизации и, очевидно, дополнений по ограничению риска аварии строительного объекта. Действительно, если нормы на риск аварии для конечной строительной продукции (зданий и сооружений) нет, то ее производители, как правило, допускают такую степень дефектности, которая обеспечивает им прибыль при минимуме затрат на ее создание. Именно поэтому объекты недвижимости, уже построенные и строящиеся сейчас, конструкционно безопасными в полном смысле этого понятия считать нельзя.

Значимость Федерального закона № 184-ФЗ «О техническом регулировании» заключается в том, что он ввел в хозяйственную жизнь страны, в том числе и в строительство, понятие «риск». В нашем случае — это риск аварии. Возникает естественный вопрос: какова связь риска аварии с прочностью, жесткостью и устойчивостью конструкций строительных объектов? Совершенно очевидно, что чем ниже прочность, жесткость и устойчивость системы строительных конструкций объекта, тем выше риск ее аварии. Поэтому подход к созданию и расчету строительных конструкций с позиций методов теории риска в принципе возможен, и это, по сути, новый подход к созданию строительных объектов. Принципиальные возможности для их создания изложены ниже.

Здесь желательно, чтобы читатель ознакомился с основами теории экспертных систем (см. раздел 5.1). Если излагать кратко, то экспертная система — это специальная компьютерная программа, способная частично заменить не только эксперта-исследователя, но и проектировщика. В теории информатики экспертные системы всегда рассматриваются совместно с базами знаний. Под базой знаний понимается совокупность фактов и логических правил для создания новых безопасных зданий и сооружений. Создать такую базу в принципе возможно, поскольку в России существует достаточно богатый опыт создания строительных объектов различного конструктивного типа. Вместе с этим имеется и перечень случившихся в стране строительных аварий, которые, как отмечают строительные специалисты, служат «ценными уроками» при создании новых зданий и сооружений. Можно сформулировать ряд принципиальных возможностей, которые, в принципе, позволяют создавать здания и сооружения на основе накопленного опыта и методов теории риска аварии. Рассмотрим эти возможности.

Первая возможность. В России существует богатый опыт создания строительных объектов различного конструктивного типа и вместе с этим имеется достаточный перечень случившихся в стране строительных аварий. Опыт и упомянутый перечень аварий (уроков) позволяет не только создавать конструктивные схемы новых строительных объектов, но и назначать для элементов этих схем вполне достоверные геометрические параметры.

Вторая возможность. Существует возможность без традиционных расчетов создать виртуальный проект для строительного объекта. Очевидно, для этого нужно иметь логику проектирования, и, естественно, эта логика должна включать в себя принципы, наподобие семи принципов Н. Н. Никонова [47, 48]. Созданный таким образом виртуальный проект может и не подвергаться расчету на прочность, жесткость и устойчивость.

Третья возможность. Нужна методика оценки риска аварии строительного объекта и нормативная база этого риска. И то и другое в этом пособии имеется. Роль нормативной базы, например, может играть модель деградации несущего каркаса строительного объекта. Модель деградации по величине фактического риска аварии объекта позволяет оценить его конструкционный износ и безопасный ресурс.

Четвертая возможность. Чтобы отрегулировать физическое состояние созданного без традиционных расчетов строительного объекта, достаточно

осуществить процедуру менеджмента риска аварии его несущего каркаса. Технология менеджмента риска аварии для несущего каркаса объекта в этом пособии изложена.

Таким образом, накопленный в России опыт и методики оценки риска аварии — это основа для создания новых строительных объектов, даже без использования традиционных методов расчета.

Чтобы обеспечить безопасность строительного объекта, необходимо, прежде всего, произвести процедуру оценки безопасности для первоначального состояния его несущих конструкций. Она производится на основе норматива на величину риска аварии, и только после этого следует приступить к обеспечению безопасности объекта в целом, включая в процедуру обеспечения безопасности другие конструкции, ограждающие или имеющие декоративный характер.

И наконец, последнее. В этом подходе критерием безопасного существования строительного объекта является величина риска аварии. При этом учета изменчивости внешних воздействий и разброса прочностных характеристик материала почти не требуется. Риск аварии более инертен к ним, чем напряжения. Не требуются также и многочисленные коэффициенты надежности, введенные, как правило, волевым путем в практику существующих методов расчетов строительных конструкций.

При риск-ориентированном подходе нужно ответить на следующие вопросы. Какая информация требуется, чтобы произвести расчет безопасности несущего каркаса строительного объекта с позиций теории риска? Как вычислить величину риска аварии? Можно, например, искать ответ в книгах по теории катастроф. Строительная авария — это тоже катастрофа. Но авторы пособия считают, что надо пойти другим путем.

Этот путь связан с неизбежностью человеческих ошибок при проектировании и возведении строительного объекта. Именно ошибки несут ключевую ответственность за безопасность, именно они главные виновники произошедших на территории страны строительных аварий. Такая парадигма доказана во введении к изданию, и именно она послужила источником для разработки двух механизмов противодействия человеческому фактору — менеджмента риска аварии и страхования объекта на случай аварии. Поэтому читатель не должен удивляться, почему вопрос о создании строительных объектов на основе методов теории риска отложен на неопределенный период. Во-первых, потому, что проектировщикам надо дать время, чтобы вжиться в изложенный здесь материал, а во-вторых, этот материал (методику) надо освоить. На это тоже нужно время. Но самое главное состоит в том, что прежде всего надо убедить себя в целесообразности перехода в строительстве на методы теории риска. Пока этого не произойдет, методы теории риска останутся вспомогательными к традиционным методам расчета строительных конструкций. А освоить процедуры менеджмента и мониторинга риска аварии — смысл есть. Эти процедуры направлены против злейшего «врага» безопасности строительного объекта — ошибок людей.

Начало широкомасштабных оценок риска для населения от хозяйственной деятельности было положено в 70-е годы XX века в США исследованиями риска ядерных реакторов под руководством Н. Расмуссена из Массачусетского университета. Результаты были оформлены отчетом Комиссии по регулированию ядерной деятельности США (WASH-1400) и опубликованы в 1975 году [118].

За прошедшее время были разработаны методологии и методы, позволяющие с помощью матмоделирования количественно определить риск для населения и окружающей среды от развития той или иной опасной технологии или даже от экономики в целом. В наибольшей степени методология оценки риска развита в ядерной энергетике [112, 119, 120].

Для каждой атомной электростанции (АЭС) проводится исследование всех видов ее воздействия на человека и окружающую среду [112]. Оно включает оценку уровня профессионального риска работников АЭС, риска для населения и природной среды как в процессе штатной эксплуатации АЭС, так и при возможных аварийных ситуациях [121].

Подобные исследования по оценке риска, развившиеся в ядерной энергетике, нашли широкое применение в самых различных областях человеческой деятельности [91, 122]: от оценки риска в горном деле, в химической промышленности, при эксплуатации морских буровых платформ и нефтепроводов, при транспортировке опасных веществ и до оценки риска детских игрушек и бытовой техники. В развитых странах мира количественная оценка риска стала важнейшим аспектом принятия решений на законодательном уровне по защите здоровья людей и окружающей среды, широко используется в лицензионной деятельности [121, 123, 124].

В среднем мировая практика использует следующую классификацию рисков, имеющих психологическую подоплеку реакции человека, как спокойно воспринимаемый риск или риск, вызывающий беспокойство [108]:

- недопустимый риск — значение более 10^{-4} ;
- жесткий контроль риска — при значениях от 10^{-4} до 10^{-5} ;
- приемлемый риск — значение менее 10^{-5} .

В некоторых странах границы допустимого риска установлены законодательно, например в Нидерландах принято, что приемлемый риск соответствует вероятности гибели человека в течение одного года на уровне 10^{-6} , а риск порядка 10^{-8} считается пренебрежимо малым. Между этими значениями допускается поиск компромисса между социальными выгодами и финансовыми убытками. Расчетами установлено: для России предельно допустимый уровень (ПДУ) равен 10^{-4} , а среднескользящее значение составляет $1 \cdot 10^{-5}$, в отдельных районах он часто превышает $1 \cdot 10^{-4}$ [101, 108]. В Великобритании также придерживаются значения ПДУ риска $1 \cdot 10^{-4}$ чел/год.

В Бюллетене 124/125 Европейского комитета по стандартизации (CEN) предложены границы вероятности разрушения сооружений за 50 лет службы от 10^{-3} до 10^{-7} в зависимости от тяжести ущерба и количества людей, подвергающихся опасности. Вероятность разрушения должна быть меньше ПДУ годового индивидуального риска гибели человека 10^{-5} год^{-1} , умноженного на срок служ-

бы сооружения и деленного на среднее количество людей, подвергающихся риску при аварии сооружения.

Интересно, что в приложении ГОСТ 31937-2011 по обследованию технического состояния зданий и сооружений приведен допустимый уровень риска нанесения ущерба зданию $5 \cdot 10^{-6}$, что равно фоновому уровню для РФ. Недопустимым риском считается значение $5 \cdot 10^{-5}$. Между этими границами требуется регулирование риска с учетом экономических и социальных аспектов.

В «Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию» (Указ президента № 440 от 01.04.1996 г.) была продекларирована необходимость оценок риска при принятии хозяйственных решений на уровне государства. В настоящее время область научной деятельности по вопросам риска оформилась в новое научное направление — анализ риска, а управление риском (менеджмент риска) можно назвать наукой о безопасности.

Риск обычно понимают как вероятность реализации опасности с учетом ущерба, т. е. $R = PU$, где P — вероятность аварии, U — ущерб. Поэтому задача оценки риска распадается на два направления: оценивание вероятности наступления неблагоприятного события (несчастного случая, аварии, катастрофы) и на экономическую оценку ущерба.

Оценка вероятности события — это математическая задача. Как это обычно бывает, теория вероятности и математическая теория катастроф были созданы задолго до практического анализа риска технологий. Размышления над азартными играми в кости и карты постепенно выросли в труды Паскаля, Ферма, Гюйгенса, Бернулли, Лапласа, Гаусса, Пуассона, Пирсона, Колмогорова и других и сформировались в стройную теорию вероятностей.

Источниками теории катастроф являются топология Х. Уитни и теория устойчивости и бифуркаций динамических систем Пуанкаре, Ляпунова и Андроннова. Оба этих направления слились в единую теорию катастроф благодаря усилиям французского математика Р. Тома. Заинтересовавшимся читателям следует познакомиться с основательными обзорными работами В. И. Арнольда [85] и Р. Гилмора [92].

С точки зрения теории катастроф при строительстве здания (сооружения) в нем накапливается потенциальная энергия, обусловленная силой тяжести и внутренней энергией строительных материалов. Здание можно рассматривать как динамическую систему со структурной неустойчивостью. Равновесие этой системы определяется набором определенных параметров (основание, форма, прочность и т. д.). Потеря равновесия происходит от возмущений (внешнего воздействия) в некоторой точке, математически и физически определенной в пространстве (слабое звено системы) и во времени (износ материалов). Слабое звено в равнопрочном сооружении может появиться в результате ошибок, дефектов, неравномерного износа. Математические понятия критической точки, роста катастрофы, возмущения, бассейна притяжения, управляющих параметров имеют вполне определенные физические прототипы.

В приложении к механике строительных конструкций теория катастроф рассматривает задачи общей и местной устойчивости пластин и оболочек, прощелкивания пологой арки, устойчивости эйлера стержня и др. Инженерная опти-

мизация позволяет найти такие формы конструкций, которые описываются уравнением потенциальной функции с минимальной катастрофичностью [92]. Возможно создание управляемых конструкций, приспособляющихся к возмущающим воздействиям [81, 109].

Общие подходы к экономической оценке ущерба при оценивании рисков подробно изложены в трудах И. И. Кузьмина и В. А. Легасова [91, 101, 102], а разнообразные проблемы, связанные с надежностью и безопасностью строительных конструкций, — в книге А. В. Перельмутера [108].

Современные исследования в области риск-менеджмента посвящены: анализу рисков контракта на строительство [129]; определению ключевых рисков в строительных проектах с учетом жизненного цикла объектов и заинтересованных сторон [127, 128]; разработке методологии оценки и контроля рисков для проектов промышленного строительства [125].

Авторы берут на себя смелость предсказать увеличение количества публикаций по развитию технологии риск-менеджмента средствами информационного моделирования [126], глубокого конечно-элементного анализа живучести, экспертных систем, основанных на нечеткой логике и нейронных сетях. Общая же логика научного и практического развития в этом направлении объективно приведет к сертификации объектов на риск аварии и страхованию избыточного риска, накопленного на этапах жизненного цикла в результате неизбежных человеческих ошибок.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru