ISSN 0869-7493

ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ

Fire & Explosion Safety

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ 4'2010

Методика расчета основных параметров тушения пожаров горючих жидкостей в резервуарах

Огнестойкость технологических систем

Современные огнезащитные материалы и их соответствие "Техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности"

Пенообразующие свойства водных растворов алкилсульфатов натрия

Огнезащитные составы и покрытия на основе аминоальдегидных олигомеров

Проблема прогнозирования поведения лесных пожаров

Пожнаука

В. М. Колодкин
д-р техн. наук, профессор, директор Института гражданской защиты Удмуртского государственного университета, г. Ижевск, Россия

Д. В. Варламов
аспирант Удмуртского государственного университета, г. Ижевск, Россия

Д. М. Малых
ассистент Удмуртского государственного университета, г. Ижевск, Россия

УДК 614.84

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПОЖАРНОГО РИСКА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

Для расчета количественных оценок уровня пожарной опасности, в том числе величины пожарного риска, в зданиях и сооружениях образовательных учреждений предлагается использовать возможности проблемно-ориентированного сервиса "Риск-аналитик ОУ". Сервис поддерживает математическое моделирование развития пожара в здании и процесса эвакуации людей из здания в условиях пожара. По результатам моделирования рассчитываются оценки уровня опасности, которые представляются в Сертификате пожарной безопасности. Сервис доступен по сети Интернет.

Ключевые слова: образовательное учреждение, пожарный риск, частота, математические модели пожара и эвакуации людей.

Любой техногенный объект, в том числе и образовательное учреждение (ОУ), порождает определенный уровень опасности для жизнедеятельности людей. Уровню опасности может быть поставлена в соответствие количественная оценка риска. Основной вклад в уровень опасности ОУ вносят последствия пожара. Соответственно, уровень опасности образовательного учреждения может характеризоваться одним из возможных количественных показателей риска — величиной пожарного риска [1]. В связи с этим задача снижения ущерба в ОУ при авариях и катастрофах, формулируемая как задача управления уровнем опасности, непременно включает этап количественной оценки пожарного риска.

Наиболее значимые характеристики уровня пожарной опасности для каждого здания образовательного учреждения могут быть сведены в Сертификате пожарной безопасности. К таким характеристикам могут быть отнесены:

- характеристики наиболее опасного сценария развития пожара в здании ОУ:
  - прогнозируемая частота;
  - возможное количество погибших;
  - возможный экономический ущерб;
- вероятность эвакуации людей из здания:
  - при наиболее опасном сценарии развития пожара;
  - усредненная по всем возможным сценариям развития пожара;
- индивидуальный пожарный риск для людей в здании:
  - при наиболее опасном сценарии развития пожара;
  - усредненный по всем возможным сценариям развития пожара.

В настоящее время общество достигло понимания, что за безопасность нужно платить. Теоретически можно обеспечить любой уровень безопасности. При этом важно, чтобы стоимость требуемого обществом уровня безопасности не превысила возможностей общества, поэтому количественные задачи риск-анализа обычно решаются с учетом финансовых ограничений. Анализ динамики оценок риска, изменения оценок при проведении мероприятий, направленных на снижение уровня опасности (т. е. поиск экономически обоснованного комплекса мероприятий по снижению риска), особенно значимы в условиях ограничения финансовых возможностей.

© *Колодкин В. М., Варламов Д. В., Малых Д. М., 2010*

Вместе с тем уровень опасности — это весьма многогранное понятие. Различия могут иметь место не только в силу нюансов смысла, заложенных в оценки риска, но и в силу сложности, многофакторности и наличия элементов случайности, присущих аварийным процессам. Последние факторы предопределяют сложность математического описания процессов возникновения и развития аварий. Обычно создается ряд моделей, которые отвечают той или иной комбинации основных физических процессов при аварии. Например, при пожаре рассматриваются процессы теплообмена, тепло- и массообмена, с учетом излучения или без учета его; с учетом поглощения стенами тепла, выделяемого при горении, или без учета его и т. д. Возникает множество физико-математических моделей, отвечающих одному и тому же аварийному процессу, но с разной степенью детализации, что приводит к количественным различиям в оценках. Количественные различия в оценках увеличиваются при использовании алгоритмов, отличающихся по степени аппроксимации. Все это приводит к различиям количественных оценок пожарного риска.

Для количественного риск-анализа наибольшее значение имеет сопоставительный анализ оценок в силу имманентных свойств оценок риска. Сравнение оценок позволяет ранжировать объекты по уровню их опасности. Ранжирование ОУ по уровню опасности, в частности, позволяет сформулировать принцип распределения финансовых ресурсов, направленных на обеспечение безопасности. Однако процедура ранжирования ОУ по уровню пожарной опасности будет корректной, если количественная оценка риска для анализируемого множества ОУ выполнена с использованием одних и тех же методологических подходов. Методологические подходы изменяются (уточняются) с характерным временным интервалом один год. Если под множеством ОУ имеются в виду учреждения, расположенные в пределах определенного территориального образования (например, субъект Российской Федерации, Российская Федерация), то количество образовательных учреждений в пределах территориального образования составляет порядка тысячи. Указанные соображения позволяют сформулировать основное требование к оценке уровня опасности образовательных учреждений как основы снижения ущерба при возможных авариях и катастрофах: количественные характеристики уровня опасности для образовательных учреждений, входящих в анализируемое множество ОУ, должны проводиться с использованием одних и тех же допущений, методик и соизмеримой неопределенности в характеристиках. Таким образом, для тысяч образовательных учреждений в течение одного года должны быть выполнены и количественные оценки пожарного риска, и оценки экономического ущерба. Только в этом случае сопоставительный анализ оценок пожарного риска и экономического ущерба при пожаре в ОУ имеет смысл. Только в этом случае возможно корректное ранжирование зданий и сооружений образовательных учреждений по уровню опасности. Только в этом случае возникают условия для корректного управления рисками с помощью экономических, административных и других рычагов.

Один из возможных подходов к оценке уровня опасности размещенных в пределах территориального образования ОУ, который отвечает установленным ограничениям, состоит в том, чтобы использовать возможности проблемно-ориентированного электронного ресурса "Безопасность в техносфере". Проблемно-ориентированный ресурс предназначен для решения задач в области прогнозирования последствий аварий и анализа риска и доступен по сети Интернет (http://rintd.ru/). Ориентация ресурса на решение задач прогнозирования последствий аварий и анализа риска в образовательных учреждениях отражена в проблемно-ориентированном сервисе "Риск-аналитик ОУ" (далее — Сервис).

Сервис представляет собой инструментарий, ориентированный на расчет характеристик уровня пожарной опасности в зданиях и сооружениях образовательных учреждений. Программное обеспечение поддерживает решение следующих задач:

1) прогнозирование частоты возникновения пожара в здании образовательного учреждения;
2) ввод планов зданий и характеристик, относящихся к зданию и к каждому из помещений в здании;
3) моделирование развития пожара в здании;
4) моделирование эвакуации людей из здания в условиях пожара;
5) расчет оценок уровня пожарной безопасности и формирование сертификата.

В результате обработки введенной пользователем информации Сервис формирует набор количественных характеристик уровня опасности, в том числе величину пожарного риска. Рассчитанные параметры имеют смысл в первую очередь в плане ранжирования зданий по уровню пожарной опасности.

Прогнозирование последствий пожара в рамках Сервиса основано на результатах математического моделирования двух основных процессов: развития пожара в здании и эвакуации людей из здания в условиях пожара. При моделировании пожара в каждом помещении контролируются значения опасных факторов пожара: температуры, теплового потока, потери видимости, понижения содержания

кислорода, увеличения содержания CO_2, CO, HCl в помещении. Для моделирования процесса пожара в здании в рамках Сервиса предназначены программные модули, реализующие интегральную [2] и зонную [3] модели.

При моделировании процесса эвакуации людей из здания в условиях пожара используется гибридная модель, объединяющая потоковую модель и модель поведения агента [4, 5]. На каждом временно́м интервале контролируются координаты агентов, находящихся в здании, и возможные траектории перемещения агентов. Модель поведения агента настроена так, что он стремится покинуть помещение за минимальное время с учетом вероятности прохождения им каждого из помещений на пути эвакуации. Вероятность прохождения агентом каждого помещения определяется уровнем отклонения значений опасных факторов пожара от своих критических величин. При превышении опасными факторами пожара в помещении критических значений вероятность прохождения агентом помещения обращается в нуль. При этом строится новая траектория эвакуации агента, т. е. траектории перемещения агентов изменяются с учетом результатов моделирования пожара. Итогом работы программного модуля, реализующего модель эвакуации, являются количественные характеристики процесса эвакуации, например число людей, эвакуированных из здания при пожаре, $N_э$.

Расчет уровня опасности образовательного учреждения нормируется "Методикой определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной опасности" [1], в соответствии с которой задача сводится к расчету индивидуального пожарного риска $Q_в$ для каждого из зданий образовательного учреждения:

$$Q_в = Q_п (1 - R_{ап}) P_{пр} (1 - P_э)(1 - P_{пз}), \qquad (1)$$

где $Q_п$ — частота возникновения пожара в здании в течение года;

$R_{ап}$ — вероятность эффективного срабатывания установок автоматического пожаротушения;

$P_{пр}$ — вероятность присутствия людей в здании;

$P_э$ — вероятность эвакуации людей;

$P_{пз}$ — вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты.

Положения методики [1] используются в проблемно-ориентированном сервисе "Риск-аналитик ОУ" наряду с другими моделями и методиками. Индивидуальный пожарный риск $Q_в$, как нормативная величина, также рассчитывается в рамках Сервиса.

Вместе с тем при использовании возможностей Сервиса возможно уточнение оценок для определения индивидуального пожарного риска $Q_в$. Уточнения касаются двух величин, входящих в формулу (1): частоты возникновения пожара в здании в течение года $Q_п$; вероятности эвакуации людей $P_э$. В частности, в рамках Сервиса для $Q_п$ строится регрессионная модель, связывающая частоту возникновения пожара в здании с основными характеристиками здания и окружающей среды. Математическое ожидание частоты, отвечающее регрессионной модели, количественно совпадает со значением частоты возникновения пожара в здании в течение года в соответствии с [1]. Например, для корпуса университета математическое ожидание частоты возникновения пожара составляет $2{,}43 \cdot 10^{-5}$ в расчете на одного студента.

Оценка вероятности эвакуации $P_э$ основана на результатах математического моделирования эвакуации людей из здания:

$$P_э \approx N_э / N, \qquad (2)$$

где $N_э$ и N — численность людей, эвакуированных из здания при пожаре, и общее количество людей в здании соответственно.

По результатам расчетов формируется Сертификат пожарной безопасности образовательного учреждения.

Ресурс "Безопасность в техносфере" поддержан доступной обучающей системой, которая в режиме дистанционного доступа обеспечивает подготовку пользователей, в том числе сервиса "Риск-Аналитик ОУ". Сервис и обучающая система обеспечивают возможность корректной оценки уровня опасности каждого ОУ, возможность сравнительного анализа образовательных учреждений по уровню их опасности для членов общества. Рейтинг зданий по уровню пожарной опасности позволит задействовать экономические, административные и другие рычаги управления уровнем пожарной опасности. Инструментарий доступен пользователям сети Интернет. Технические возможности Сервиса допускают разработку до нескольких сотен сертификатов в сутки.

Работа выполнена в рамках гранта АВЦП "Развитие научного потенциала высшей школы" "Паспорт безопасности образовательного учреждения как основа управления рисками в образовательных учреждениях России".

Выводы

Проблемно-ориентированный сервис "Риск-Аналитик ОУ", доступный по сети Интернет, позволяет оценить уровень опасности каждого образовательного учреждения, обеспечивает возможность сравнительного анализа образовательных учреждений по уровню опасности. Сервис включает следующие модули: прогнозирование частоты возникновения

пожара в здании образовательного учреждения; ввод планов зданий и характеристик, относящихся к зданию и к каждому из помещений в здании; моделирование распространения пожара в здании; моделирование эвакуации людей из здания в условиях пожара; расчет количественных оценок уровня пожарной опасности и формирование сертификата.

Для прогнозирования последствий пожара в здании реализованы интегральная и зонная модели распространения пожара, для оценки частоты возникновения пожара построена регрессионная модель, оценка вероятности эвакуации основана на результатах математического моделирования эвакуации людей из здания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности : Приказ МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 : зарегистр. в Минюсте РФ 6 августа 2009 г., рег. № 14486 [электронный ресурс]. URL : http://www.mchs.gov.ru (дата обращения: 15.02.2010).
2. **Кошмаров Ю. А.** Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении : учебное пособие. — М. : Академия ГПС МВД России, 2000.
3. Fire Growth and Smoke Transport Modeling with CFAST [электронный ресурс]. URL : ttp://cfast.nist.gov/ (дата обращения: 10.02.2010).
4. **Князев Г. П.** Прогнозирование динамики эвакуации людей из здания при ЧС // Безопасность в техносфере : сб. статей. — Вып. 5. — Ижевск, 2009. — С. 63–65.
5. **Егоров А. А.** Математические модели и алгоритмы эвакуации людей в аварийных ситуациях в учебных заведениях : дис. ... канд. техн. наук. — ГОУ ВПО "Саратовский государственный технический университет", 2008.

Материал поступил в редакцию 19 января 2010 г.
Электронные адреса авторов: kolodkin@wing.uni.udm.ru, big_black_fox@mail.ru, dina@wing.uni.udm.ru.

Издательство «ПОЖНАУКА»

Представляет новую книгу

А. Я. Корольченко, Д. О. Загорский
КАТЕГОРИРОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ И ЗДАНИЙ ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ. — М. : Пожнаука, 2010. — 118 с.

В учебном пособии изложены принципы категорирования помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности, содержащиеся в современных нормативных документах. На примерах конкретных помещений рассмотрено использование требований нормативных документов к установлению категорий. Показана возможность изменения категорий помещений путем изменения технологии или внедрения инженерных мероприятий по снижению уровня взрывопожароопасности и повышению надежности технологического оборудования и процессов.

Пособие рассчитано на студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям "Пожарная безопасность", "Безопасность технологических процессов и производств", "Безопасность жизнедеятельности в техносфере", студентов строительных вузов и факультетов, обучающихся по специальности "Промышленное и гражданское строительство", сотрудников научно-исследовательских, проектных организаций и нормативно-технических служб, ответственных за обеспечение пожарной безопасности.

121352, г. Москва, ул. Давыдковская, д. 12, стр. 7;
тел./факс: (495) 228-09-03; e-mail: mail@firepress.ru