

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА.

Ч.1. Методы оценки

Д.В. Шихалев

Аннотация. Приводятся результаты обзора области и возможностей управления системой обеспечения пожарной безопасности объекта с позиции руководителя (представителя) объекта. Первая часть обзора посвящена общей постановке проблемы исследования и рассмотрению методов оценки пожарной безопасности объекта и безопасности людей внутри здания. Показано, что пожары и гибель людей на них свидетельствуют о наличии определенных проблем либо в области системы обеспечения пожарной безопасности объекта как таковой, либо в области управления такой системой. Установлено, что существующие методы оценки состояния пожарной безопасности объекта не могут быть применены руководителем, так как это требует глубоких знаний предмета оценки и наличия соответствующей квалификации и инструментария (компьютерных программ). В сложившейся ситуации руководитель организации как лицо, принимающее решение, не имеет какой-либо формализованной объективной оценки состояния пожарной безопасности его организации в конкретный момент времени, что существенно осложняет принятие рациональных управленческих решений, а зачастую делает его невозможным.

Ключевые слова: пожарная безопасность, управление, оценка состояния объекта управления, система обеспечения пожарной безопасности, пожарный риск.

ВВЕДЕНИЕ

Каждый объект капитального строительства должен иметь систему обеспечения пожарной безопасности объекта (СОПБ) для предотвращения пожара, обеспечения безопасности людей и защиты имущества при пожаре.

Исходя из назначения системы, в качестве критерия ее оценки целесообразно принять предотвращенный пожар и отсутствие гибели (травмирования) людей. Однако результаты анализа показывают, что, несмотря на общую тенденцию сокращения количества пожаров, они все еще ведут к гибели большого числа людей (ежегодно гибнет не менее 7 000 чел.) и наносят значительный ущерб, который составляет свыше 15 миллиардов рублей ежегодно и продолжает расти [1]. Не менее 90 % людей погибают при пожарах, возникших в результате нарушения правил пожарной безопасности и неосторожного обращения с огнем, что в целом определяет управленческий аспект проблемы.

Качественный анализ крупных пожаров показал, что основными причинами возникновения пожара, приводящего к массовой гибели людей, является либо нарушение мер пожарной безопасности (неосторожное обращение с огнем, курение в неположенных местах, проведение огневых работ и т. д.), либо неисправность электропроводки. Так или иначе, эти проблемы относятся к области организации пожарной безопасности на объекте.

Основными причинами, влекущими за собой гибель и травмирование людей, являются либо отсутствие (отключение) пожарной сигнализации и оповещения, либо отсутствие необходимых мер в области эвакуации (механическая блокировка эвакуационных выходов, отсутствие или плохая организация эвакуации). Как и причины возникновения пожара, причины, приводящие к гибели и травмированию людей, лежат в области организации и управления пожарной безопасностью объекта.

Таким образом, приведенные выше данные свидетельствуют о наличии определенных проблем

либо в области системы обеспечения пожарной безопасности объекта как таковой, либо в области управления такой системой.

Ретроспективный обзор существующей системы обеспечения пожарной безопасности объекта, особенностей ее функционирования и организационно-управленческих аспектов [1] показал, что эта система развивалась весьма медленно, а области управления такой системой не рассматривались и сводились лишь к уточнению организационно-технических мероприятий. В тоже время, нет ни одного документа, определяющего порядок управления такой системой, критерии оценки текущего состояния системы либо механизмов управления такой системой. Таким образом, в настоящее время понятие системы обеспечения пожарной безопасности как объекта управления отсутствует, так как эта процедура не описана, нет критериев оценки эффективности СОПБ, руководитель фактически не понимает, чем ему нужно управлять.

Целью настоящей работы является обзор области и возможностей управления системой обеспечения пожарной безопасности объекта с позиции руководителя (представителя) объекта. Обзор состоит из двух взаимосвязанных частей. Первая часть посвящена методам оценки пожарной безопасности объекта и безопасности людей внутри здания, рассмотрение которых начинается с описания системы обеспечения пожарной безопасности объекта.

1. СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА

Требования действующего законодательства¹ в Российской Федерации определяют необходимость наличия системы обеспечения пожарной безопасности для каждого объекта. Структура СОПБ показана на рис. 1.

В состав СОПБ входят три основных подсистемы: система предотвращения пожара, система противопожарной защиты и комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объекта. Рассмотрим их подробнее.

Целью создания систем предотвращения пожаров является исключение условий возникновения пожаров, которое достигается путем исключения условий образования горючей среды и (или) исключения условий образования в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания¹.

¹ Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 № 123-ФЗ.

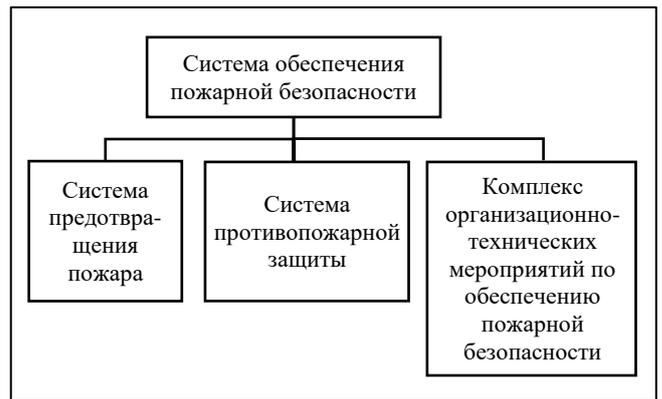


Рис. 1. Структура системы обеспечения пожарной безопасности объекта

Исключение условий образования горючей среды обеспечивается одним или несколькими из следующих способов:

- применение негорючих веществ и материалов;
- ограничение массы и (или) объема горючих веществ и материалов;
- использование наиболее безопасных способов размещения горючих веществ и материалов, а также материалов, взаимодействие которых друг с другом приводит к образованию горючей среды;
- изоляция горючей среды от источников зажигания (применение изолированных отсеков, камер, кабин);
- поддержание безопасной концентрации в среде окислителя и (или) горючих веществ;
- понижение концентрации окислителя в горючей среде в защищаемом объеме;
- поддержание температуры и давления среды, при которых распространение пламени исключается;
- механизация и автоматизация технологических процессов, связанных с обращением горючих веществ;
- установка пожароопасного оборудования в отдельных помещениях или на открытых площадках;
- применение устройств защиты производственного оборудования, исключающих выход горючих веществ в объем помещения, или устройств, исключающих образование в помещении горючей среды;
- удаление из помещений, технологического оборудования и коммуникаций пожароопасных отходов производства, отложений пыли, пуха.

Исключение условий образования в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания достигается одним или несколькими из следующих способов:



- применение электрооборудования, соответствующего классу пожароопасной и (или) взрывоопасной зоны, категории и группе взрывоопасной смеси;

- применение в конструкции быстродействующих средств защитного отключения электроустановок или других устройств, исключающих появление источников зажигания;

- применение оборудования и режимов проведения технологического процесса с защитой от статического электричества;

- устройство молниезащиты зданий, сооружений и оборудования;

- поддержание безопасной температуры нагрева веществ, материалов и поверхностей, которые контактируют с горючей средой;

- применение способов и устройств ограничения энергии искрового разряда в горючей среде до безопасных значений;

- применение искробезопасного инструмента при работе с легковоспламеняющимися жидкостями и горючими газами;

- ликвидация условий для теплового, химического и (или) микробиологического самовозгорания обращающихся веществ, материалов и изделий;

- исключение контакта с воздухом пирофорных веществ;

- применение устройств, исключающих возможность распространения пламени из одного объема в смежный.

Целью создания систем противопожарной защиты является *защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение его последствий*. Это обеспечивается одним или несколькими из следующих способов:

- применение объемно-планировочных решений и средств, обеспечивающих ограничение распространения пожара за пределы очага;

- устройство эвакуационных путей, удовлетворяющих требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре;

- устройство систем обнаружения пожара (установок и систем пожарной сигнализации), оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;

- применение систем коллективной защиты (в том числе противодымной) и средств индивидуальной защиты людей от воздействия опасных факторов пожара;

- применение основных строительных конструкций с пределами огнестойкости и классами пожарной опасности, соответствующими требу-

емым степени огнестойкости и классу конструктивной пожарной опасности зданий и сооружений, а также с ограничением пожарной опасности поверхностных слоев (отделок, облицовок и средств огнезащиты) строительных конструкций на путях эвакуации;

- применение огнезащитных составов (в том числе антипиренов и огнезащитных красок) и строительных материалов (облицовок) для повышения пределов огнестойкости строительных конструкций;

- устройство аварийного слива пожароопасных жидкостей и аварийного стравливания горючих газов из аппаратуры;

- устройство на технологическом оборудовании систем противозрывной защиты;

- применение первичных средств пожаротушения;

- применение автоматических и (или) автономных установок пожаротушения;

- организация деятельности подразделений пожарной охраны.

Обобщение рассмотренных подсистем позволило сформировать дерево целей СОПБ, изображенное на рис. 2.

Исходя из представленной структуры СОПБ, целей подсистем и способов достижения таких целей можно сделать вывод о том, что изначально ставится задача предотвращения пожара, которая возлагается на систему предотвращения пожара, а в случае, если такая задача не решена (произошел пожар), то осуществляется работа системы противопожарной защиты. В то же время, не установлены ни цели комплекса организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности, ни способы его достижения (рис. 2). Однако ранее в ряде документов^{2,3} такие способы формулировались. К их числу относились:

- разработка плана действий администрации, рабочих, служащих и населения на случай возникновения пожара и организации эвакуации людей;

- изготовление и применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности;

- нормирование численности людей на объекте в соответствии с условиями их безопасности при пожаре;

- и др.

² ГОСТ 12.1.004–85. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.

³ ГОСТ 12.1.004–91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.

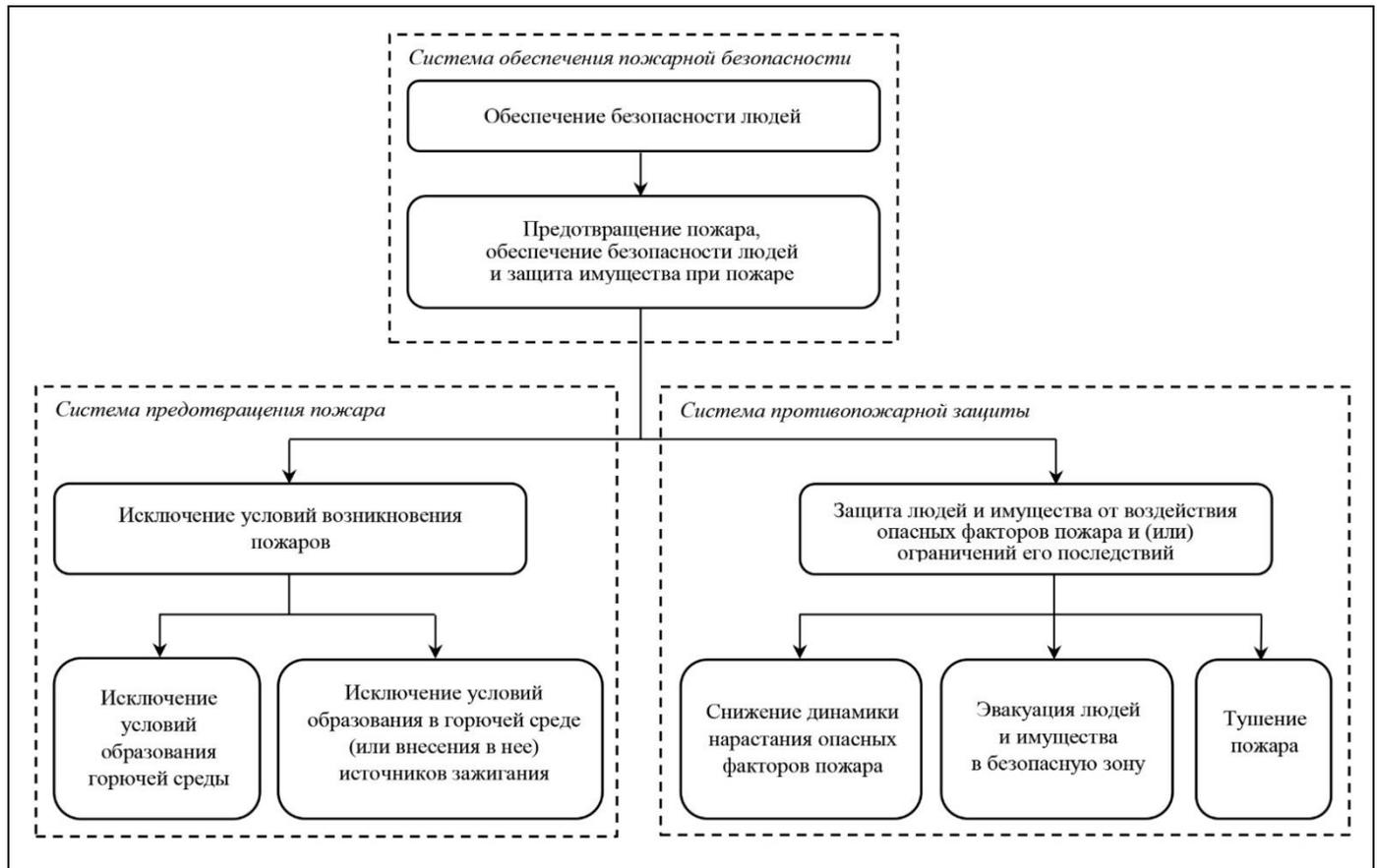


Рис. 2. Дерево целей системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты

Отметим, что подобного рода требования сейчас содержатся в правилах противопожарного режима в Российской Федерации⁴ и представлены в виде списка требований пожарной безопасности, определяющих правила поведения людей, порядок организации производства и (или) содержания территорий, зданий, сооружений, помещений организаций и других объектов защиты в целях обеспечения пожарной безопасности. Тем не менее, цели данного комплекса требований не сформулированы.

Начиная с момента первого введения системы обеспечения пожарной безопасности⁵ в 1977 г. ее структура не претерпела значительных изменений. Из редакции в редакцию происходило уточнение требований к подсистемам. Организационно-техническим мероприятиям в составе системы уделялось очень мало внимания. Происходило изменение критериев оценки функционирования системы, однако количественное значение критерия

оценки не изменялось и составляет $1 \cdot 10^{-6}$. В такой постановке вопроса с учетом того, что руководитель объекта осуществляет управление такой системой и несет персональную ответственность за соблюдение требований пожарной безопасности, необходимо рассмотреть весь процесс государственного регулирования пожарной безопасности и организационную схему управления.

Результаты обобщения проведенного анализа и представленной схемы структуры системы управления пожарной безопасностью объекта (рис. 3) [1] позволяют сделать следующие выводы. Внешняя среда в виде требований федерального законодательства, органов надзора и др. обязывает руководителя объекта осуществлять управление системой пожарной безопасности объекта. Управляемой системой является система обеспечения пожарной безопасности объекта.

В то же время, в классической постановке задачи управления [2] руководитель объекта должен осуществлять соответствующие управляющие воздействия, опираясь на состояние управляемой системы (пожарная безопасность объекта). С точки зрения законодательства оценка состояния управляемой системы характеризуется обязательным

⁴ Постановление Правительства Российской Федерации от 16 сентября 2020 года № 1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации».

⁵ ГОСТ 12.1.004–76. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.



Рис. 3. Существующая структура системы управления пожарной безопасностью объекта: ТР – технический регламент; НПА – нормативно-правовые акты; НД – нормативная документация

выполнением требований пожарной безопасности и величиной индивидуального пожарного риска или полным соблюдением всех требований пожарной безопасности. Иными словами, в любой момент времени (так как система является динамической) руководитель должен осуществлять контроль состояния управляемой системы и при необходимости принимать управленческие решения, направленные на приведение ее в соответствующее состояние.

Кроме того, отметим, что руководитель объекта вправе назначить лиц, ответственных за пожарную безопасность в организации⁴. В таком случае формируется организационная структура, ее пример показан на рис. 4.

Так или иначе, руководителю приходится сталкиваться с необходимостью владения обширными знаниями в области пожарной безопасности, так как именно на нем лежит ответственность по обеспечению пожарной безопасности. Традиционно бытует мнение, что обеспечением пожарной безопасности занимается государственный пожарный надзор МЧС России, однако в полномочия ведомства это не входит. Оно осуществляет лишь контроль/надзор за тем, как соблюдаются требования пожарной безопасности. Таким образом, руководитель объекта несет персональную ответственность за пожарную безопасность в организации. Ряд крупных резонансных пожаров последнего десятилетия свидетельствует о том, что в случае, если при пожаре люди погибли или получают травмы, то для руководителя наступает уголовная ответственность. Как правило, руководитель объекта или ли-

цо, назначенное ответственным за пожарную безопасность, обладает лишь поверхностными знаниями о пожарной безопасности, что значительно усугубляет ситуацию. Однако отметим, что в настоящее время ведется работа по установлению квалификационных требований⁶ к лицам, ответственным за пожарную безопасность (в том числе наличие диплома об образовании в области пожарной безопасности), что потенциально может исправить ситуацию.

В то же время, наличие профильного образования не обеспечивает гарантированного результата. В работе [3] проведена оценка надежности специалистов с опытом работы от трех до пяти лет с профильным образованием в области пожарной безопасности. Надежность определялась разницей между выявленным количеством нарушений требований пожарной безопасности и общим их количеством на примере конкретного объекта. Результаты показали, что такой специалист может выявить лишь 16–20 % нарушений от общего числа.

В сложившейся практике обеспечения пожарной безопасности ситуация развивается следующим образом. Руководитель объекта получает (либо после ввода объекта в эксплуатацию, либо при вступлении в должность) объект с уже определенным набором и структурой СОПБ. При ответственном подходе он осуществляет контроль работоспособности систем противопожарной защиты, организует проведение тренировок по эвакуации, периодическое обучение и инструктажи. При безответственном – нет. Причина, по-видимому, кроется даже не в нежелании руководителя управлять пожарной безопасностью объекта, а скорее в невозможности в настоящее время оценить состояние пожарной безопасности для принятия соответствующих решений. Для проверки данного утверждения рассмотрим существующие способы оценки пожарной безопасности объекта.

2. СПОСОБЫ ОЦЕНКИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА И БЕЗОПАСНОСТИ ЛЮДЕЙ ВНУТРИ ЗДАНИЯ

2.1. Оценка пожарной безопасности на основании законодательства РФ

В настоящее время в Российской Федерации существует несколько подходов к оценке соответствия объектов требованиям пожарной безопасности. Хотя, строго говоря, необходимо разделять

⁶ Законопроект № 1188754-7 «О внесении изменений в статью 24 и 37 Федерального закона “О пожарной безопасности”».

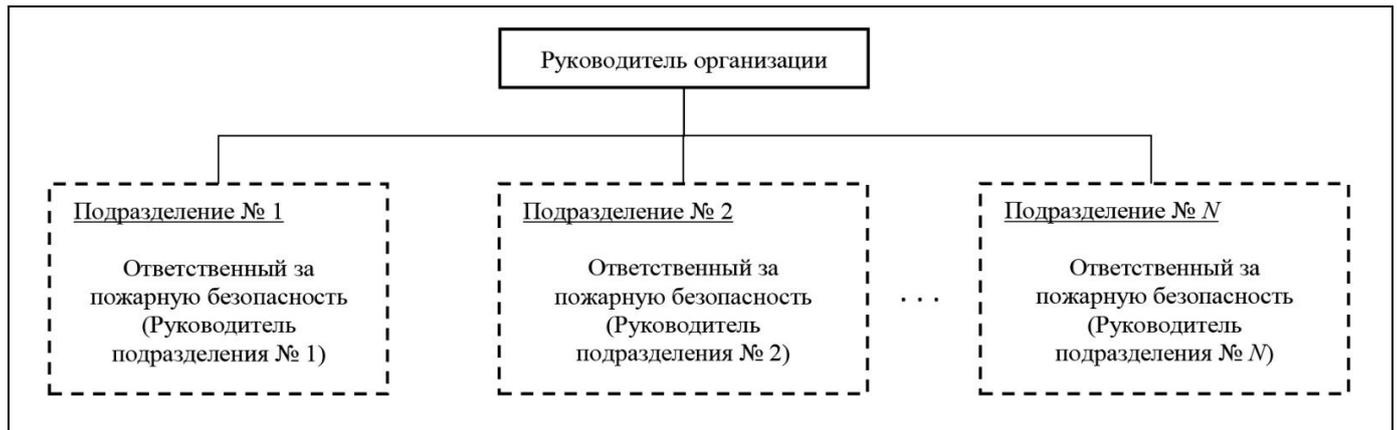


Рис. 4. Организационная структура предприятия с точки зрения пожарной безопасности (N – число структурных подразделений в организации)

пожарную безопасность здания и безопасность людей в случае пожара как наиболее важный ее компонент. Законодательством устанавливаются формы оценки соответствия объектов защиты требованиям пожарной безопасности, к числу которых относятся:

- независимую оценку пожарного риска (аудит пожарной безопасности),
- федеральный государственный пожарный надзор,
- декларирование пожарной безопасности,
- приемку и ввод в эксплуатацию объекта защиты, а также систем пожарной безопасности.

Необходимо уточнить, что указанные формы выбраны только непосредственно для объекта, а не продукции. Если рассматривать среди данных форм те, которые доступны именно руководителю объекта (позиции, которые он может сам инициировать), то к ним можно отнести только независимую оценку пожарного риска (аудит пожарной безопасности). А она, в свою очередь, является коммерческой услугой и предусматривает подтверждение пожарной безопасности объекта специализированной организацией.

Так или иначе, вне зависимости от формы подтверждения для здания существуют два условия соответствия требованиям пожарной безопасности:

- в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности технических регламентов и пожарный риск не превышает допустимого значения (для общественных объектов $1 \cdot 10^{-6}$),
- либо
- в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности технических регламентов и нормативных документов по пожарной безопасности.

При выполнении одного из условий объект (с точки зрения законодательства) считается безопас-

ным в отношении пожаров. Общим для всех условий является соблюдение требований технических регламентов, которые устанавливают общие обязательные требования пожарной безопасности к противопожарным расстояниям, эвакуационным путям, эвакуационным и аварийным выходам, огнестойкости здания и др. Это, как правило, обобщенные требования, не предписывающие что-либо конкретное (например, значение параметра X для группы объектов Y должно быть не менее Z), а устанавливающие необходимость чего-либо (например, здания класса X должны иметь систему типа Y). Таким образом, данные условия являются скорее предписывающими и подразумевают, что если они выполнены, то объект безопасен в отношении рассматриваемого фактора. Такая форма оценки носит директивный характер. Вторая составная часть условий изменяется и также является директивной. Она устанавливает, что если все нормы выполнены, значит, объект безопасен. Однако более развитым инструментом в этой области является вторая часть первого условия, которая устанавливает, что можно выполнить лишь общие требования, при этом пожарный риск не должен превышать $1 \cdot 10^{-6}$. Оценка пожарного риска в отечественной практике осуществляется на основании соответствующей Методики⁷ определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (далее Методика), утвержденной МЧС России, как правило, с применением компьютерных программ.

⁷ Приказ МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности».

Методика расчета пожарного риска представляет собой набор процедур и их последовательность, который сводится к этапам, показанным на рис. 5.

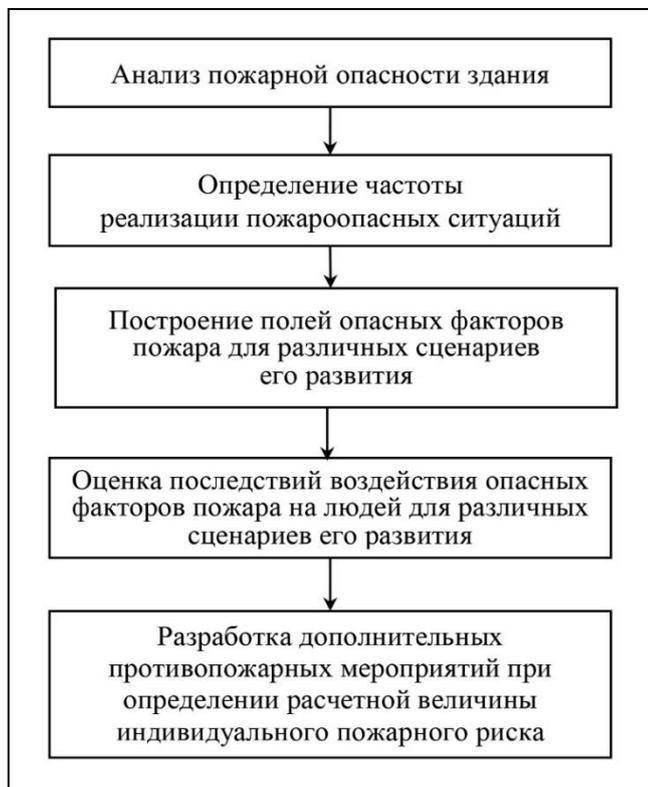


Рис. 5. Этапы оценки пожарного риска

Условие безопасности определяется на основе неравенства

$$Q_b \leq Q_b^H, \quad (1)$$

где Q_b – расчетная величина индивидуального пожарного риска; Q_b^H – нормативная величина индивидуального пожарного риска.

Непосредственно само значение риска вычисляется по формуле

$$Q_{b,i} = Q_{п,i} (1 - K_{ан,i}) P_{пр,i} (1 - P_{э,i}) (1 - K_{пз,i}),$$

где $Q_{b,i}$ – величина индивидуального пожарного риска для i -го сценария пожара; $Q_{п,i}$ – частота возникновения пожара в здании в течение года; $K_{ан,i}$ – коэффициент, учитывающий соответствие установок автоматического пожаротушения требованиям нормативных документов по пожарной безопасности; $P_{пр,i}$ – вероятность присутствия людей в здании; $P_{э,i}$ – вероятность эвакуации людей; $K_{пз,i}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

Затем из всех рассчитанных значений $Q_{b,i}$ выбирается максимальное и сравнивается по выражению (1) с нормативным.

Положения Методики неоднократно обсуждались, поэтому рассмотрим лишь некоторые из них.

Ряд исследователей считает, что Методика требует существенной доработки [4], а именно имеет следующие недостатки:

- отсутствие рекомендаций по выбору вероятности возникновения пожара для зданий, для которых она не определена;
- наличие противоречий в выборе значения параметра $P_{пр}$;
- отсутствие данных и условий, на основании которых выбираются вид одежды для человека (от этого зависит площадь проекции в расчетах) и величина пожарной нагрузки (в том числе критерии выбора пожарной нагрузки);
- не определено, сколько рассматривать сценариев и на каких условиях осуществлять выбор блокирования эвакуационного выхода;
- не учитываются такие параметры, как пожарные проезды, противопожарные расстояния, дренчерные завесы, наружное водоснабжение, средства индивидуальной защиты и др.

В качестве направления совершенствования Методики определяются необходимость разработки показателя качества систем противопожарной защиты и дифференцированные значения пожарного риска. В настоящее время величина риска в соответствии с законом⁸ должна подтверждать пожарную безопасность объекта, а не только людей и имущества. А те показатели, которые присутствуют в формуле расчета, позволяют лишь косвенно определить величину риска для людей и имущества. От лица пожарного сообщества (экспертиза, надзорные органы) выражена [4] мысль о том, что в целом пожарный риск является инструментом обоснования отступлений в отношении параметров путей эвакуации и не является показателем безопасности объекта.

Существуют свидетельства [5] того, что нормативная величина индивидуального пожарного риска в нашей стране значительно занижена и требует пересмотра. Подвергаются сомнению переменные, входящие в состав выражения (1), а также их значения и способы определения. Хотя вопрос о приемлемом (нормативном) уровне риска дискуссионный. Как отмечалось ранее [6], пожарный риск для жизни слишком абстрактен, и поэтому его трудно выразить таким образом, чтобы он мог быть понятен обществу и принят им.

⁸ Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 № 123-ФЗ.

В целом, отечественный подход к оценке безопасности людей неоднократно подвергался критике – в частности, в статье [7], где также высказывались предложения в отношении улучшения процедуры оценки безопасности людей в здании. В указанной работе представлены сведения о том, что время реакции существенно влияет на общее время эвакуации, а также перечислены факторы, влияющие на время начала эвакуации. Приводятся свидетельства того, что даже персонал объекта (который постоянно проходит обучение) не всегда ведет себя адекватно при срабатывании системы пожарной сигнализации, ищет подтверждающей информации, не начинает эвакуацию и т. д. Кроме того, приводятся данные о том, что принятие человеком решения о необходимости эвакуации осуществляется в контексте восприятия человеком поступающей информации о наличии признаков пожара и сопоставления совокупности факторов, определяющих вероятность пожара и вероятность правдивости этой информации. Иными словами, человек для принятия решения должен преодолеть определенный порог, в качестве которого выступает соотношение «действительно произошел пожар / ложная тревога». В таком случае задача управления эвакуацией сводится к тому, чтобы приблизить этот порог любыми средствами как можно скорее. В указанной работе предлагается применять корректирующие коэффициенты, которые внесут вклад в величину пожарного риска, например, в случае, если персонал знаком с планом эвакуации. Также высказано утверждение, что методика определения уровня пожарной безопасности завышает расчетное время эвакуации людей при пожаре.

Результаты анализа установленных на государственном уровне подходов к оценке пожарной безопасности здания показали, что в настоящее время необходимо выполнить либо все требования норм пожарной безопасности, либо выполнить обязательные нормы и рассчитать пожарный риск (т. е. оценить индивидуальный риск гибели при пожаре для человека). В то же время процедура расчета такого риска неоднократно подвергалась критике и объективно требует развития.

2.2. Отечественные подходы к оценке пожарного риска

Рассмотрим подходы к оценке пожарной безопасности, разработанные отечественными учеными.

Одним из развивающихся подходов является экспресс-оценка пожарного риска [8–12]. Суть данного подхода заключается в сведении математических моделей, описывающих тот или иной

опасный фактор пожара, к более простому виду (обобщение большого количества расчетных показателей до трех-четырех), который может быть рассчитан любым специалистом с базовой квалификацией, и для этого не требуется наличие специального программного обеспечения, т. е. расчет может быть выполнен в рамках проведения обследования объекта защиты с применением простейших технических устройств (мобильный телефон, калькулятор и др.).

Еще одним способом оценки безопасности объекта является сценарный подход, в рамках которого осуществляется разработка базовых сценариев развития той или иной чрезвычайной ситуации [13]. Для каждого базового сценария выделяются аспекты безопасности, связанные с этим сценарием, где каждому аспекту ставится в соответствие определенное количество факторов, влияющих на данный сценарий. Затем на основе операторного мультиграфа выстраивается взаимосвязь последовательных событий развития той или иной чрезвычайной ситуации и с помощью методов имитационного моделирования осуществляется оценка и прогнозирование ожидаемых последствий рассматриваемой чрезвычайной ситуации. Апробация рассматриваемого подхода проведена на примере станции московского метрополитена [14].

Одним из недостатков данного подхода (с точки зрения обеспечения пожарной безопасности) является существенное упрощение процессов, протекающих при развитии пожара. Так, данный подход не позволяет учитывать динамику развития опасных факторов пожара напрямую, т. е. для ее расчета требуется проведение предварительного моделирования опасных факторов пожара (ОФП) и формирование массива критических значений ОФП в каждой расчетной точке. Некорректно принимаются и данные об эвакуации людей. Например, значение скорости эвакуации определяется как 3 чел./с для здорового человека и 2 чел./с для пострадавших (т. е. линейная на всем участке) [15], при том, что фундаментальной закономерностью в области эвакуации людей является логарифмическая зависимость скорости от плотности людского потока [16, 17], а плотность людского потока формируется геометрическими размерами эвакуационных путей, которые в данном подходе не учитываются. Таким образом, рассматриваемый подход целесообразно применять именно для формирования сценариев развития, а не оценки последствий таких сценариев, по крайней мере с точки зрения пожарной безопасности.

Нельзя не отметить направление, существующее в области механизмов оценки безопасности потенциально опасных объектов [18, 19] на основе



теории активных систем [20]. Для его реализации применяется метод деревьев решений и дальнейшее агрегирование снизу вверх. Основные этапы данного механизма заключаются в выборе направлений, характеризующих состояние объекта, оценке объекта по выбранным направлениям, свертке и получении комплексной оценки состояния объекта. В целом, данный подход является перспективным для применения в области оценки противопожарного состояния ввиду его простоты, эффективности и широкой апробации в различных сферах [21–23].

Ряд исследований [24, 25] посвящен обзору и применению индексных методов оценки пожарного риска, в частности, метода Гретенера. В рассматриваемых работах метод применялся для возможности его адаптации к российским условиям, предварительной оценки пожарной безопасности; анализа вероятности возникновения пожара и др. В целом, не приводится систематизированное описание применения данного метода в таком виде, чтобы можно было оценить его эффективность. Более детально этот метод будет рассмотрен при обзоре зарубежных подходов.

Еще одним способом оценки пожарного риска является подход, в котором развита оценка риска с классической точки зрения как произведение вероятности наступления события и математического ожидания ущерба [26–29]. В частности, рассматривается следующая типизация: риск столкнуться с пожаром, риск погибнуть при пожаре, риск уничтожения строения и др. Таким образом, пожарный риск рассматривается в обобщенном виде, зачастую на стратегическом (с точки зрения масштаба) уровне с позиции математической статистики. Если рассматривать такую оценку непосредственно для объекта защиты, можно получить ожидаемый риск пожара или ущерба, но не его количественную оценку на основе характеристик объекта.

2.3. Зарубежные подходы к оценке пожарной безопасности

Анализ способов оценки пожарной безопасности в зарубежной научной литературе раскрыт значительно шире и глубже. Существуют различные требования, руководства и подходы к оценке пожарного риска.

Регулирование области пожарной безопасности в целом и расчетов риска в частности за рубежом значительно отличается. Лишь базовая часть требований пожарной безопасности устанавливается и

регулируется на государственном уровне. Еще одной особенностью является сам подход, именуемый «проектированием на основе характеристик» (*performance-based design*). Он определяется [30] как «инженерный подход к проектированию противопожарной защиты, основанный на согласованных целях и задачах пожарной безопасности, детерминированном и/или вероятностном анализе сценариев пожара и количественной оценке проектных альтернатив в сопоставлении с целью и задачами пожарной безопасности с применением утвержденных (апробированных) инженерных инструментов, методологий и критериев эффективности».

Рассмотрим регламентированные способы оценки пожарной безопасности путем анализа пожарного риска.

В руководстве сообщества инженеров противопожарной защиты (*Society of Fire Protection Engineers, SFPE*) [31] устанавливаются общие требования к проведению оценки пожарного риска. Оно предназначено для специалистов в области проектирования зданий и технологических процессов. В частности, приведен рекомендуемый процесс оценки, способы идентификации опасностей, источники получения данных и методы моделирования и расчета риска.

В Соединенных Штатах Америки национальной ассоциацией противопожарной защиты (*National Fire Protection Association, NFPA*) разработано руководство по оценке пожарного риска [32], содержащее последовательность действий, которую должен выполнить специалист, проводящий данный анализ. В руководстве представлена хорошо проработанная база методов оценки и анализа риска с указанием входных/выходных данных, допущений и ограничений модели, способов выбора сценариев и т. д.

В Великобритании разработан стандарт по оценке пожарного риска [33], который, как и рассмотренные выше руководства, предоставляет специалисту методологические основы анализа и оценки риска. В отличие от стандартов, рассмотренных выше, в данном документе установлены критерии приемлемости риска и приведены способы оценки финансовых потерь.

Международной организацией по стандартизации (ISO) также разработан стандарт, концептуально описывающий процедуру оценки риска [34]. Документ содержит описание процедуры оценки риска, принципы его оценки, а также методы анализа неопределенностей. Важным отличием этого стандарта является наличие рекомендаций по ин-

терпретации полученных результатов оценки риска.

Интересным фактом является то, что в Германии только начинается процедура регулирования области оценки рисков на законодательном уровне и разрабатывается соответствующий стандарт [35].

Перейдем к рассмотрению методов и подходов, разработанных для оценки пожарного риска.

Hazard and Operability Study (HAZOP) – метод анализа риска, направленный на выявление ситуаций, влекущих за собой отказы каких-либо элементов или системы в целом и позволяющий оценить последствия таких отказов [36]. В целом не используется для решения задачи оценки пожарного риска, однако может быть применен для идентификации пожароопасных элементов здания или пожароопасных процессов.

Failure modes and effects analysis (FMEA) и *Failure mode, effects and criticality analysis (FMECA)* – методы анализа отказов (как правило, технических элементов, без учета человеческого фактора) и последствий таких отказов, а также определения, насколько такой отказ критичен [36]. Данные методы достаточно редко применяются в составе процедуры оценки пожарного риска. Тем не менее, предпринимались попытки [37] адаптации метода FMEA для оценки пожарного риска путем синтеза указанного метода и теории нечеткой логики на примере железнодорожного тоннеля. В результате удалось установить два типа рисков, способствующих возникновению пожара и ведущих к трагическим последствиям.

Event tree analysis (ETA) и *Fault tree analysis (FTA)* – методы анализа деревьев событий и деревьев отказов, направленные на выявление сценариев развития опасных ситуаций и сценариев развития отказов. Для их применения необходимо построить деревья с указанием вероятностей перехода к нисходящему событию. Вероятность итогового события определяется как произведение предшествующих данной ветке вероятностей. Указанные подходы можно отнести как к качественным, так и к количественным методам оценки риска в зависимости от того, присвоены ли вероятности перехода между событиями. Они достаточно часто применяются для решения задачи оценки пожарного риска, как правило, на этапе выявления потенциальных причин, которые могут привести к аварии, или для построения сценариев развития пожаров [38–42]. Кроме того, отметим, что данные методы чаще применяются для оценки пожарного риска на производственных объектах.

Способ *FN-curves* применяется для представления результатов анализа риска, частоты и послед-

ствий и представляет собой построение кривой риска, которая показывает вероятность иметь N или более смертельных случаев в год в зависимости от значения частоты события F в двойном логарифмическом масштабе [43]. Зачастую данная величина применяется при оценке коллективного риска, а не индивидуального, в основном на производственных объектах [44, 45].

As low as reasonably practicable (ALARP) – скорее базовый принцип, чем метод, направленный на снижение риска до уровня настолько низкого, насколько это практически возможно и целесообразно. Изначально данный принцип был сформулирован в 1954 г. Международной комиссией по радиологической защите и активно применялся при обеспечении безопасности атомных электростанций. Действительно, многие специалисты [46–50] сходятся во мнении, что достижение нулевого риска неосуществимо ввиду различного рода неопределенностей, взаимосвязи рисков и др. Для задачи оценки пожарного риска данный принцип применялся редко. Наиболее проработанный материал появился относительно недавно: в работе [49] принцип ALARP применен к оценке пожарного риска и проведена его апробация на примере подбора автоматической установки водяного пожаротушения и определения размера эвакуационного выхода.

Fire Safety Concept Tree (FSCT) – концепция оценки пожарной опасности и ее последствий [51], строящаяся на двух обязательных к исполнению базовых компонентах: предотвращение возгорания и управление последствиями. Как и в методах ETA и FTA, применяется древовидная структура, однако задание вероятностей перехода не осуществляется.

Simple Analysis Fire Risk Evaluation (SAFRE) – подход, основанный на построении деревьев отказов и событий, предназначенный для оценки пожарного риска зданий культурного наследия. Он позволяет определять возможные сценарии развития пожара и проводить анализ вероятных последствий [52].

Метод Гретенера [53, 54] – индексный метод оценки пожарного риска, который получил широкое применение и претерпел множество изменений и вариаций [55–60]. Изначально в качестве меры пожарного риска выступало произведение вероятности события и степени его опасности, а опасность определялась как отношение потенциальной опасности к мерам защиты с помощью следующих выражений [53].

Пожарный риск вычисляется как

$$R = A \times B,$$



где A – вероятность возникновения пожара; B – пожарная опасность, уровень опасности или степень последствий.

Пожарная опасность вычисляется по формуле

$$B = P / (N \times S \times F),$$

где P – потенциальная пожарная опасность; N , S и F – агрегированные показатели, характеризующие соответственно стандартные меры пожарной безопасности, специальные меры пожарной безопасности и огнестойкость здания.

Модель Карлтонского университета [61] – количественный метод оценки пожарного риска, реализованный в компьютерной программе CUrisk. Данный подход разрабатывался преимущественно для зданий с деревянным каркасом. В рамках этого подхода оцениваются следующие параметры:

- сценарии развития пожара (определяются на основе деревьев событий),
- динамика развития ОФП (рассчитывается на основе модели CFAST [62]),
- устойчивость деревянных конструкций (оценивается при огневом воздействии на основе модели WALL2D [63]),
- эвакуация людей (сведения о модели не приводятся),
- действия пожарных подразделений (сведения о модели не приводятся),
- экономический ущерб (сведения о модели не приводятся).

Результатом расчета являются величины ожидаемого риска для жизни (*expected risk to life*, ERL) [64] и ожидаемого риска травмы (*expected risk injury*, ERI) [61], при этом рассматриваются случаи не только летальных исходов, но и получения инвалидности.

Эдинбургская модель оценки рисков – матричный концепт оценки пожарной безопасности здания, разработанный в Эдинбургском университете, в начальной постановке в отношении зданий больниц [65]. Представляет собой иерархически выстроенные матрицы по следующим уровням:

1. Политика пожарной безопасности объекта.
2. Цели (задачи) пожарной безопасности объекта.
3. Стратегия обеспечения пожарной безопасности объекта.
4. Компоненты пожарной безопасности объекта.

Утверждается, что с помощью данного подхода можно оценить пожарную безопасность любого объекта и, в случае необходимости, ввести помимо п. 1–4 дополнительные уровни иерархий, которые детализируют какую-либо составную часть. По

каждому уровню иерархии составляется матрица сравнений факторов пожарной безопасности на каждом уровне. Затем устанавливается связь между уровнями. Это позволяет проследить на системном уровне взаимосвязь компонентов. В настоящее время данный метод все еще развивается [66, 67].

Рассмотренные выше подходы к оценке риска носят, как правило, частный характер и имеют в своей основе тот или иной компонент, который влияет на итоговое значение риска. Перейдем к рассмотрению комплексных подходов, комбинирующих несколько вышеприведенных способов.

Способ оценки пожарного риска *CESARE-Risk* разработан в центре экологии и инженерии рисков Австралии в развитие требований строительных норм Австралии [68] и предназначен для должностных лиц и инженеров при решении задач выбора экономически эффективных мер пожарной безопасности при приемлемом уровне риска. Содержание способа заключается в следующем.

- Формирование дерева событий для разработки сценариев пожара, при формировании которого учитываются текущее состояние здания, вероятность возникновения пожара, характеристика контингента, находящегося в здании, доступность пожарной охраны и др.
- Моделирование развития пожара. В качестве математической основы моделирования применена собственно разработанная модель развития пожара [69].
- Моделирование эвакуации людей, которое включает в себя реакцию людей на оповещение, модель маршрутизации, с учетом того, что люди могут изменить свое направление движения, если на их пути возникнет дым или открытое пламя, а также учитывает нахождение людей в состоянии алкогольного или наркотического опьянения.
- Моделирование действий пожарной охраны: с помощью деревьев событий моделируется прибытие к зданию и развертывание сил и средств исходя из имеющихся ресурсов. Также моделируется, в зависимости от складывающихся условий, тушение, поиск и спасение людей, локализация и ликвидация пожара.
- Моделирование устойчивости элементов здания, в ходе которого прогнозируется разрешение строительных конструкций по времени и наступлению одного из предельных состояний по огнестойкости. Более подробное описание данного способа представлено в публикации [70].

Способ *FiRECAM* разработан для количественной оценки пожарного риска в жилых домах и офисах в соответствии с требованиями пожарной безопасности Канады [71]. В рамках данного под-

хода для каждого сценария пожара рассчитывается ожидаемый риск для жизни людей и ожидаемый ущерб от пожара, на основании которых концепция пожарной безопасности либо принимается, либо перерабатывается. Для данного способа характерны следующие этапы.

- В качестве сценариев развития пожара рассматриваются шесть типов пожаров для каждого этажа: три типа горения (тлеющее горение, пламенное горение в пределах помещения, пламенное горение с выходом за пределы помещения) и два состояния двери (открытая/закрытая). Вероятности возникновения того или иного типа пожара берутся на основе статистических данных. Например, по данным, представленным в работе [72], пожары в зданиях имеют такие особенности развития: 22 % пожаров – тлеющее горение без последующего развития, 54 % пожаров – пламенное горение в пределах помещения, 24 % пожаров – пламенное горение с выходом за пределы помещения.

- Оценка вероятности возникновения пожара применяется, если здание не является типовым и для него отсутствуют данные о частотах возникновения пожаров. Для этого на основе ряда факторов (тип и горючесть материалов, потенциальные источники пожара, обслуживание систем противопожарной защиты и др.) оценивается вероятность возникновения пожара.

- Моделирование развития пожара для оценки времени наступления опасных факторов пожара.

- Моделирование устойчивости элементов здания на основе теплового воздействия для оценки вероятности распространения пожара внутри здания с учетом работоспособности автоматической установки пожаротушения.

- Моделирование эвакуации людей на основе модели [73], которая учитывает время реакции людей, ситуации, когда люди оказались заблокированы внутри здания, и др.

- Моделирование действий пожарной охраны, учитывающее время движения и время реагирования, а также возможность спасения людей, которые оказались заблокированы внутри здания.

- Экономическая оценка затрат на обеспечение пожарной безопасности выполняется для каждого сценария пожара и рассчитывается как произведение вероятности возникновения сценария и ожидаемого размера ущерба.

- Оценка вероятности гибели людей осуществляется путем сопоставления распространения ОФП и их маршрутов движения. Учитываются такие параметры, как наличие рядом балкона, где оказались

заблокированы люди, или пожаробезопасной зоны. Подробное описание представлено в публикации [74].

Способ оценки пожарного риска *CRISP*, основанный на имитационном моделировании и методе Монте-Карло, предназначен для определения условий безопасной эвакуации путем сопоставления времени блокирования путей эвакуации и времени эвакуации. Данный подход менее комплексный, чем ранее представленные, однако более совершенен в сравнении с действующей в Российской Федерации Методикой. В частности, большое внимание уделено стохастичности процессов – учитываются случайные процессы и случайные начальные условия. В ходе многократного моделирования рассчитывается вероятность гибели людей и вероятность их травмирования, значение которой определяется через дробную эффективную дозу (*Fractional effective dose*, FED) [75]. Более подробно этот способ рассмотрен в статье [76].

Еще один способ оценки риска – *Lund QRA* – разработан в Лундском университете, который имеет две версии: стандартную и расширенную. Принципиальное их отличие заключается в учёте случайного характера переменных, поэтому в расширенной версии осуществляется расчет величины риска стандартным способом *Lund QRA* с применением методов Монте-Карло. Для построения сценариев развития пожара применяется дерево событий. Каждый исход в дереве событий имеет набор вероятностей и последствий, именуемый триплетом Каплана и Гаррика. Результаты оценки риска представляются в виде FN-диаграмм или профиля риска на логарифмической диаграмме. В целом риск для человека определяется как «запас безопасности», который в основном сводится к выполнению условий безопасной эвакуации. Наиболее полноценно данный способ описан в публикации [77].

Рассмотрение различных способов оценки пожарной безопасности объекта и безопасности людей внутри здания при пожаре позволяет сделать несколько выводов.

- По форме, установленной законодательством Российской Федерации, проводится оценка соответствия объекта требованиям пожарной безопасности (по данным, приведенным в работе [3], их свыше 100 000). В результате может быть получена оценка пожарного риска, Методика определения которого требует значительной переработки.

- Обзор зарубежных подходов к оценке пожарной безопасности и безопасности людей показал,



что они достаточно сильно развиты и глубоко проработаны. Скорее всего, это связано с отсутствием «сильного» государственного регулирования в области пожарной безопасности.

- Все рассмотренные подходы носят вероятностный характер. Результаты расчета при таком подходе, строго говоря, актуальны только для принятых в них условий и не учитывают динамически изменяющуюся окружающую обстановку.

- Несмотря на весь арсенал подходов в области оценки безопасности, для руководителя объекта эти методы в прямой постановке трудно реализуемы и самостоятельно он их применить не сможет, так как это требует глубоких знаний предмета оценки и наличия соответствующей квалификации и инструментария (компьютерных программ).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение первой части обзора методов оценки пожарной безопасности объекта и безопасности людей внутри здания сформулируем следующие выводы.

- Результаты анализа статистических данных о пожарах в Российской Федерации показали, что число погибших на них людей высоко, а ущерб от пожаров превышает 15 миллиардов рублей ежегодно. Большинство (90 %) людей погибают при пожарах, возникших в результате нарушения правил пожарной безопасности и неосторожного обращения с огнем, что можно трактовать как свидетельство наличия определенных проблем в области управления пожарной безопасностью объекта. Качественный анализ пожаров с массовой гибелью людей подтверждает такой вывод, так как основными причинами возникновения пожара, массовой гибели и травмирования людей является нарушение в области организации и управления пожарной безопасностью объекта.

- В настоящее время система обеспечения пожарной безопасности как таковая отсутствует в понимании как объект управления, так как эта процедура не описана, нет критериев оценки эффективности системы обеспечения пожарной безопасности, руководитель фактически не понимает, чем ему нужно управлять.

- Несмотря на то, что существует большое количество подходов в области оценки безопасности, для их применения необходимо наличие глубоких знаний предмета оценки, а также соответствующей квалификации и инструментария (компьютерных программ). Таким образом, в настоящее время руководитель объекта не в состоянии собственными силами, без привлечения профильных специали-

стов оценить состояние безопасности его организации (объекта).

Во второй части обзора будут рассмотрены способы мониторинга пожарной безопасности объекта, а также методы оценки состояния социально-экономических систем с позиции пожарной безопасности. В заключение будут показаны существующие противоречия в области управления системой обеспечения пожарной безопасности и представлены некоторые способы их решения.

Автор глубоко признателен рецензенту статьи за ценные советы по изложению материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шихалев Д.В. Управленческий аспект в функционировании системы обеспечения пожарной безопасности объекта // Современные проблемы гражданской защиты. – 2021. – № 2. – С. 12–27. [Shikhalev, D.V. The Management Aspect of the Facility's Fire Safety System // Modern Problems of Civil Protection. – 2021. – No. 2. – P. 12–27. (In Russian)]
2. Новиков Д.А. Методология управления. – М.: Либроком, 2011. – 128 с. [Novikov, D.A. Metodologiya upravleniya (Control Methodology). – Moscow: Libracom, 2011. – 128 s. (In Russian)]
3. Козлачков В.И. Проблемы и методы совершенствования подготовки пожарно-профилактических работников: Комплексный подход. – Минск.: Польша, 1991. – 200 с. [Kozlachkov, V.I. Problemy i metody sovershenstvovaniya podgotovki pozharно-profilakticheskikh rabotnikov: Kompleksnyi podkhod (Problems and Methods of Improving the Training of Fire Prevention Workers: A Complex Approach). – Minsk: Polymya, 1991. – 200 s. (In Russian)]
4. Мешалкин Е.А., Бурбах В.А., Вантыакшев Н.Н. О применении методик расчетов по оценке пожарных рисков // Пожаровзрывобезопасность. – 2015. – № 2. – С. 23–31. [Meshalkin, E.A., Burbakh, V.A., Vant'yakshv, N.N. Usage of Methods of Calculation for Estimation of Fire Risks // Fire and Explosion Safety. – 2015. – No. 2. – P. 23–31. (In Russian)]
5. Фирсов А.В. Модели и алгоритмы обоснования величины индивидуального пожарного риска для управления безопасностью людей в зданиях и сооружениях: дис. канд. техн. наук. – М.: 2013. – 296 с. [Firsov, A.V. Modeli i algoritmy obosnovaniya velichiny individual'nogo pozharnogo riska dlya upravleniya bezopasnost'yu lyudei v zdaniyakh i sooruzheniyakh (Models and Algorithms for Substantiating the Value of Individual Fire Risk for Managing the Safety of People in Buildings and Structures): dissertation of the candidate of technical sciences. – Moscow: 2013. – 296 s. (In Russian)]
6. Bukowski, R.W. Risk and Performance Standards. – NIST: USA, 1996.
7. Самошин Д.А. Расчет времени эвакуации людей: проблемы и перспективы // Пожаровзрывобезопасность. – 2004. – № 1. – С. 33–46. [Samoshin, D.A. Raschet vremeni ehvakuatsii lyudei: problemy i perspektivy (Calculation of the Time of Evacuation of People: Problems and Prospects). // Fire and Explosion Safety. – 2004. – No. 1. – P. 33–46. (In Russian)]
8. Хохлова А.Ю. Экспресс-оценка пожарных рисков при осуществлении государственного пожарного надзора: дис. канд. техн. наук. – М.: 1998. – 190 с. [Hohlova, A.Yu. Ehkspress-otsenka pozharnykh riskov pri osushchestvlenii

- gosudarstvennogo pozharnogo nadzora (Rapid Assessment of Fire Risks in the Implementation of State Fire Supervision): dissertation of the candidate of technical sciences. – Moscow: 1998. – 190 s. (In Russian)]
9. Лобаев И.А. Экспресс-оценка пожарных рисков при изменении функционального назначения зданий: дис. канд. техн. наук. – М.: 1999. – 187 с. [Lobaev, I.A. Ehkspress-otsenka pozharnykh riskov pri izmenenii funktsional'nogo naznacheniya zdaniy (Rapid assessment of fire risks when changing the functional purpose of buildings): dissertation of the candidate of technical sciences. – Moscow: 1999. – 187 s. (In Russian)]
 10. Андреев А.О. Разработка метода оперативной обработки информации при использовании первичных средств пожаротушения: дис. канд. техн. наук. – М.: 2005. – 277 с. [Andreev, A.O. Razrabotka metoda operativnoi obrabotki informatsii pri ispol'zovanii pervichnykh sredstv pozharotusheniya (Development of a Method for Operational Information Processing When Using Primary Fire Extinguishing Equipment): dissertation of the candidate of technical sciences. – Moscow: 2005. – 277 s. (In Russian)]
 11. Ягодка Е.И. Поддержка принятия управленческих решений о соответствии объекта защиты обязательным требованиям пожарной безопасности: дис. канд. техн. наук. – М.: 2014. – 250 с. [Yagodka, E.I. Podderzhka prinyatiya upravlencheskikh reshenii o sootvetstviy ob"ekta zashchity obyazatel'nykh trebovaniyam pozharnoi bezopasnosti (Support for Making Management Decisions on the Compliance of the Protected Object with Mandatory Fire Safety Requirements): dissertation of the candidate of technical sciences. – Moscow: 2014. – 250 s. (In Russian)]
 12. Вечтомов Д.А. Информационно-аналитическая система поддержки принятия управленческих решений в процессе мониторинга требований пожарной безопасности: дис. канд. техн. наук. – М.: 2014. – 310 с. [Vechtomov, D.A. Informatsionno-analiticheskaya sistema podderzhki prinyatiya upravlencheskikh reshenii v protsesse monitoringa trebovaniy pozharnoi bezopasnosti (Information and Analytical System for Support of Managerial Decision-Making in the Process of Monitoring Fire Safety Requirements): dissertation of the candidate of technical sciences. – Moscow: 2014. – 310 s. (In Russian)]
 13. Кульба В.В., Шульц В.Л., Шелков А.Б., Чернов И.В. Методы и механизмы планирования и управления в условиях чрезвычайных ситуаций // Тренды и управление. – 2013. – № 2. – С. 134–155. [Kulba, V.V., Shulc, V.L., Shelkov, A.B., Chernov, I.V. Metody i mekhanizmy planirovaniya i upravleniya v usloviyakh chrezvychainykh situatsii (Methods and Mechanisms of Planning and Management in Emergency Situations) // Trends and Management. – 2013. – No. 2. – P. 134–155. (In Russian)]
 14. Шульц В.Л., Кульба В.В., Шелков А.Б., Чернов И.В. Методы планирования и управления техногенной безопасностью на основе сценарного подхода // Национальная безопасность. – 2013. – № 2. – С. 198–216. [Shulc, V.L., Kulba, V.V., Shelkov, A.B., Chernov, I.V. Metody planirovaniya i upravleniya tekhnogennoi bezopasnost'yu na osnove stsenarnogo podkhoda (Methods for Planning and Managing Technogenic Safety Based on a Scenario Approach) // Nota bene. – 2013. – No. 2. – P. 198–216. (In Russian)]
 15. Кульба В.В., Чернов И.В. О методологических подходах к сценарному анализу сложных систем // Материалы международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2012». – 2012. – С. 82–87. [Kulba, V.V., Chernov, I.V. O metodologicheskikh podkhodakh k stsenarnomu analizu slozhnykh sistem (On Methodological Approaches to Scenario Analysis of Complex Systems) // Proceedings of the International Conference «Managing of Large-Scale System Development (MLSD 2012)». – 2012. – P. 82–87. (In Russian)]
 16. Холщевников В.В., Самошин Д.А., Парфененко А.В., Кудрин И.С. и др. Эвакуация и поведение людей при пожарах. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. – 262 с. [Kholshchevnikov, V.V., Samoshin, D.A., Parfenenko, A.V., Kudrin, I.S., et al. Ehvakuatsiya i povedenie lyudei pri pozharakh (Evacuation and Behavior of People in Case of Fires). – Moscow: State Fire Academy of EMERCOM of Russia, 2015. – 262 s. (In Russian)]
 17. Zhang J. Pedestrian Fundamental Diagrams: Comparative Analysis of Experiments in Different Geometries. PhD thesis. – Forschungszentrum Jülich, 2012.
 18. Капашин В.П., Толстых А.В., Бурков В.Н., Назаров А.В. Промышленная безопасность особо опасных химических объектов. – М.: ИПУ РАН, 2009. – 238 с. [Kapashin, V.P., Tolstih, A.V., Burkov, V.N., Nazarov, A.V. Promyshlennaya bezopasnost' osobo opasnykh khimicheskikh ob"ektov (Industrial Safety of Highly Hazardous Chemical Facilities). – Moscow: Institute of Control Sciences of Russian Academy of Science, 2009. – 238 s. (In Russian)]
 19. Титаренко Б.П., Бурков В.Н. Оценка эффективности механизмов управления риском чрезвычайных ситуаций // Вестник МГСУ. – 2017. – № 5. – С. 581–585. [Titarenko, B.P., Burkov, V.N. Otsenka ehffektivnosti mekhanizmov upravleniya riskom chrezvychainykh situatsii (Evaluating the Effectiveness of Emergency Risk Management Mechanisms) // Vestnik MGSU. – 2017. – No. 5. – P. 581–585. (In Russian)]
 20. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Теория активных систем: состояние и перспективы. – М.: Синтег, 1999. – 128 с. [Burkov, V.N., Novikov, D.A. Teoriya aktivnykh sistem: sostoyanie i perspektivy (Active Systems Theory: State and Prospects). – Moscow: Sinteg, 1999. – 128 s. (In Russian)]
 21. Кондратьев В.Д., Щепкин А.В. Комплексное оценивание в области безопасности дорожного движения. – М.: ИПУ РАН, 2002. – 51 с. [Kondratiev, V.D., Shepkin, A.V. Kompleksnoe otsenivanie v oblasti bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya (Comprehensive Road Safety Assessment). – Moscow: Institute of Control Sciences of Russian Academy of Science, 2002. – 51 s. (In Russian)]
 22. Семенов И.Б., Чижов С.А., Полянский С.В. Комплексное оценивание в задачах управления системами социально-экономического типа. – М.: ИПУ РАН, 1996. – 48 с. [Semenov, I.B., Chizov, S.A., Polyanskii, S.V. Kompleksnoe otsenivanie v zadachakh upravleniya sistemami sotsial'no-ehkonomicheskogo tipa (Comprehensive Assessment in the Problems of Managing Systems of a Socio-Economic Type). – Moscow: Institute of Control Sciences of Russian Academy of Science, 1996. – 48 s. (In Russian)]
 23. Андронникова Н.Г., Бурков В.Н., Леонтьев С.В. Комплексное оценивание в задачах регионального управления. – М.: ИПУ РАН, 2002. – 58 с. [Andronnikova, N.G., Burkov, V.N., Leontiev, S.V. Kompleksnoe otsenivanie v zadachakh regional'nogo upravleniya (Comprehensive Assessment in the Tasks of Regional Management). – Moscow: Institute of Control Sciences of Russian Academy of Science, 2002. – 58 s. (In Russian)]
 24. Членов А.Н., Демехин Ф.И. Метод оценки влияния качества пожарной сигнализации на эффективность автоматизированной системы противопожарной защиты промышленного предприятия // Технологии техносферной безопасности. – 2008. – № 5. – С. 1–3. [Chlenov, A.N., Demehin, F.I. Metod otsenki vliyaniya kachestva pozharnoi signalizatsii na ehffektivnost' avtomatizirovannoi sistemy protivopozharnoi zashchity promyshlennogo predpriyatiya (Method for Assessing the Impact of the Quality of Fire Alarm on the Effectiveness of an Au-



- tomated Fire Protection System of an Industrial Enterprise) // Technology of Technosphere safety. – 2008. – No. 5. – P. 1–3. (In Russian)]
25. Якуш С.Е., Эсманский Р.К. Анализ пожарных рисков. Часть I: Подходы и методы // Проблемы анализа риска. – 2009. – № 3. – С. 8–25. [Yakush, S.E., Esmanskii, R.K. Analiz pozharnykh riskov. Chast' I: Podkhody i metody (Fire Risk Analysis. Part I: Approaches and Methods) // Issues of Risk Analysis. – 2009. – No. 3. – P. 8–25. (In Russian)]
 26. Пожарные риски. Выпуск 1. Основные понятия / под ред. Н.Н. Брушлинского. – М.: НАНПБ, 2004. – 47 с. [Pozharnye riski. Vypusk 1. Osnovnyye ponyatiya / pod red. N.N. Brushlinskogo. – M.: NANPB, 2004. – 47 s. (In Russian)]
 27. Брушлинский Н.Н., Глуховенко Ю.М. Оценка рисков пожаров и катастроф // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 1992. – № 1. – С. 13–18. [Brushlinskii, N.N., Gluhovenko, Yu.M. Otsenka riskov pozharov i katastrof (Assessment of the Risks of Fires and Disasters) // Safety and Emergency Issues. – 1992. – No. 1. – P. 13–18. (In Russian)]
 28. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В. О статистике пожаров и о пожарных рисках // Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – № 4. – С. 40–48. [Brushlinskii, N.N., Sokolo, S.V. O statistike pozharov i o pozharnykh riskakh (About Fire Statistics and Fire Risks) // Fire and Explosion Safety. – 2011. – No. 4. – P. 40–48. (In Russian)]
 29. Брушлинский Н.Н., Присяжнюк Н.Л., Слеуев В.И. О взаимосвязи пожарных рисков // Пожаровзрывобезопасность. – 2008. – № 1. – С. 9–13. [Brushlinskii, N.N., Prisyaznyuk, N.L., Sluev, V.I. O vzaimosvyazi pozharnykh riskov (On the Relationship of Fire Risks) // Fire and Emergencies: Prevention, Elimination. – 2008. – No. 1. – P. 9–13. (In Russian)]
 30. SFPE Engineering Guide to Performance-Based Fire Protection / by Richard L. P. Custer. – Quincy: NFPA, 2006. – 260 s.
 31. SFPE Engineering Guide: Fire Risk Assessment / by Michael J. Madden. – Bethesda: SFPE, 2006. – 115 s.
 32. NFPA 551: Guide for the Evaluation of Fire Risk Assessments / by Ashari Luqman. – Quincy: NFPA, 2004. – 119 s.
 33. BS 7974-7: Part 7 – Probabilistic Risk Assessment / London: British Standards Institute, 2003. – 59 s.
 34. ISO/PDTS 16732: Fire Safety Engineering – Guidance on Fire Risk Assessment. – Geneva: ISO, 2004. – 45 s.
 35. DIN 18009-2: Fire Safety Engineering – Evacuation and Life Safety. – Berlin: Standard, 2015. – 29 s.
 36. Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis. – New York: American Institute of Chemical Engineers, 1985.
 37. Nezhad H.S, Zivdar H, Amirnia A. Assessment of Fire Risk in Passenger Trains in Tunnels Using the FMEA Model and Fuzzy Theory: A Case Study in the Zagros Railway // Special Issue of Current World Environment. – 2015. – No. 10. – P. 1158–1170.
 38. Hosseini, N., Givehchi, S., Maknoon, R. Cost-Based Fire Risk Assessment in Natural Gas Industry by Means of Fuzzy FTA and ETA // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. – 2020. – No. 60.
 39. Wang, D., Zhang, P., Chen, L. Fuzzy Fault Tree Analysis for Fire and Explosion of Crude Oil Tanks // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. – 2013. – No. 26. – P. 1390–1398.
 40. Akbar, T. A., Aab, D., Baheramayah, A., Prastyasari, F.I. Risk Assessment on Liquefied Petroleum Gas (LPG) Handling Facility, Case Study: Terminal LPG Semarang // Materials Science and Engineering. – 2019. – No. 588.
 41. Wen-hui, J. Study on Fire Risk and Disaster Reducing Factors of Cotton Logistics Warehouse Based on Event and Fault Tree Analysis // Procedia Engineering. – 2016. – No. 135. – P. 418–426.
 42. MacLeod, J., Tan, S., Moinuddin, K. Reliability of Fire (Point) Detection System in Office Buildings in Australia: A Fault Tree Analysis // Fire Safety Journal. – 2020. – No. 115. – Art. no. 103150.
 43. Farmer, F.R. Siting Criteria: A New Approach // IAEA Symposium on the Containment and Siting of Nuclear Power Reactors. – Austria, 1996. – P. 303–324
 44. Трусова Т.С., Конорев Д.В. Пожарный риск как мера возможности реализации пожарной опасности // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. – 2018. – № 9. – С. 899–902. [Trusova, T.S., Konarev, D.V. Pozharnyi risk kak mera vozmozhnosti realizatsii pozharnoi opasnosti (Fire Risk as a Measure of the Possibility of Realizing a Fire Hazard) // Fire Safety: Problems and Prospects. – 2018. – No. 9. – P. 899–902. (In Russian)]
 45. Гордиенко Д.М. Пожарная безопасность особо опасных и технически сложных производственных объектов нефтегазового комплекса: дис. докт. техн. наук. – М.: 2017. – 386 с. [Gordienko, D.M. Pozharnaya bezopasnost' osobo opasnykh i tekhnicheskii slozhnykh proizvodstvennykh ob"ektov neftegazovogo kompleksa (Fire Safety of Highly Hazardous and Technically Complex Production Facilities of the Oil and Gas Complex): dissertation of the doctor of technical sciences. – Moscow: 2017. – 386 s. (In Russian)]
 46. Fischer, K. Societal Decision-Making for Optimal Fire Safety. Doctoral dissertation. – ETH Zurich, Switzerland, 2014.
 47. Meacham, B.J., Charters, D., Johnson, P., Salisbury, M. Building Fire Risk Analysis // SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. – 2016. – P. 2941–2991.
 48. Watts, J.M., Hall, J.R. Building Fire Risk Analysis // SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. – 2016. – P. 2817–2826.
 49. Hadjisophocleous, G.V., Fu, Z. Literature Review of Fire Risk Assessment Methodologies // International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes. – 2004. – No. 1. – P. 28–45.
 50. Van Coile, R., Jomaas, G., Bisby, L. Defining ALARP for Fire Safety Engineering Design via the Life Quality Index // Fire Safety Journal. – 2019. – No. 107. – P. 1–14.
 51. NFPA 550: Guide to the Fire Safety Concepts Tree / by Ashari Luqman. – Quincy: NFPA, 2002. – 142 s.
 52. Watts, M., Rosenbaum, E.R. Fire Risk Assessment for Cultural Heritage // 9th International Fire Science and Engineering Conference. – 2001. – P. 203.
 53. Gretener, M. Evaluation of Fire Hazard and Determining Protective Measures. – Zurich: Association of Cantonal Institutions for Fire Insurance (VKF) and Fire Prevention Service for Industry and Trade (BVD), 1973.
 54. Gretener, M. Fire Risk Evaluation. – Zurich: Association of Cantonal Institutions for Fire Insurance (VKF) and Fire Prevention Service for Industry and Trade (BVD), 1980.
 55. Fontana, M. Swiss Rapid Risk Assessment Method. – Zurich: ETH, 1984.
 56. Brzezinska, D., Bryant, P., Markowski, A.S. An Alternative Evaluation and Indicating Methodology for Sustainable Fire Safety in the Process Industry // Sustainability. – 2019. – No. 11. – P. 1–15.
 57. Kaiser, J. Experiences of the Gretener Method // Fire Safety Journal. – 1980. – No. 2. – P. 213–222.
 58. Теребнев В.В., Грачев В.А. Оперативно-тактические задачи: Часть I. – Екб.: Калан, 2010. – 406 с. [Terebnev, V.V., Grachev, V.A. Operativno-takticheskie zadachi: Chast' I (Operational and Tactical Tasks: Part I). – Ekaterinburg: Kalan, 2010. – 406 s. (In Russian)]
 59. Hultquist, H. Evaluation of a Fire Risk Index Method for Multistorey Apartment Buildings. – Lund University: Sweden, 2000.
 60. De Smet, E. Theoretical Basis and Technical Reference Guide: Fire Risk Assessment Method for Engineering – FRAME 2008 / Belgium: FRAME, 2008. – 108 s.

61. *Hadjisophocleous, G.V., Fu, Z.* Development and Case Study of a Risk Assessment Model CURisk for Building Fires // *Fire Safety Science*. – 2005. – No. 8. – P. 887–887.
62. *Jones, W.W., Forney, G.P.* Improvement in Predicting Smoke Movement in Compartment Structures // *Fire Safety Journal*. – 1993. – No. 4. – P. 269–297.
63. *Takeda, H., Mehaffey, J.R.* WALL2D: A Model for Predicting Heat Transfer Through Wood-Stud Walls Exposed to Fire // *Fire and Materials*. – 1998. – No. 22. – P. 133–140.
64. *Beck, V.R.* Fire Safety System Design using Risk Assessment Models: Developments in Australia // *Proceedings of the 3rd International Symposium, International Association for Fire Safety Science*. – 1991. – P. 45–59.
65. *Marchant, E.W.* Fire Safety Evaluation (Points) Scheme for Patient Areas Within Hospitals. – University of Edinburgh: Scotland, 1982.
66. *Shields, T.J., Silcock, G.W.* An Application of the Analytic Hierarchical Process to Fire Engineering // *Fire Safety Journal*. – 1986. – No. 11. – P. 235–242.
67. *Donegan, H.A., Shields, T.J., Silcock, G.W.* A Mathematical Strategy to Relate Fire Safety Evaluation and Fire Safety Policy Formation for Buildings // *Proceedings of the Second International Symposium*. – 1989. – P. 433–441.
68. *Performance-Based Building Code of Australia*. – Canberra: Australian Building Codes Board, 1996. – 98 s.
69. *Takeda, H., Yung, D.* Simplified Fire Growth Models for Risk-Cost Assessment in Apartment Buildings // *Journal of Fire Protection Engineering*. – 1992. – No. 2. – P. 53–66.
70. *Beck, V.R.* Performance-Based Fire Engineering Design and Its Application in Australia // *Proceedings of the Fifth International Symposium on Fire Safety Science*. – 1997. – P. 23.
71. *Yung, D., Beck, V.R.* Building Fire Safety Risk Analysis // *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. – 1995. – P. 5–95.
72. *Gaskin, J., Yung, D.* Canadian and U.S.A. Fire Statistics for Use in the Risk-Cost Assessment Model. – National Research Council Canada: Canada, 1993.
73. *Proulx, G., Hadjisophocleous, G.V.* Occupant Response Model: A Sub-model for the NRCC Risk-Cost Assessment // *Proceedings of the 4th International Symposium on Fire Safety Science*. – 1994. – P. 841.
74. *Yung, D., Hadjisophocleous, G.V., Proulx, G.* Modelling Concepts for the Risk-Cost Assessment Model FIRECAM and Its Application to a Canadian Government Office Building // *Proceedings of the Fifth International Symposium on Fire Safety Science*. – 1997. – P. 619.
75. *Hartzell, G.E., Emmons, H.W.* The Fractional Effective Dose Model for Assessment of Toxic Hazards in Fires // *Journal of Fire Sciences*. – 1988. – No. 5. – P. 356–362.
76. *Fraser-Mitchell, J.N.* Modelling Human Behaviour within the Fire Risk Assessment Tool CRISP // *Fire and Materials*. – 1999. – No. 6. – P. 349–355.
77. *Frantzych, H.* Uncertainty and Risk Analysis in Fire Safety Engineering. – Lund University: Sweden, 1998.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии
В.В. Кульбой.*

*Поступила в редакцию 19.07.2021,
после доработки 1.11.2021.
Принята к публикации 22.11.2021.*

Шихалев Денис Владимирович – канд. техн. наук, Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, Москва,
✉ evacsystem@gmail.com.

PROBLEMS OF MANAGING THE FIRE SAFETY SYSTEM OF A FACILITY. PART I: ASSESSMENT METHODS

D.V. Shikhalev

The State Fire Academy, the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (EMERCOM), Moscow, Russia

✉ evacsystem@gmail.com

Abstract. The scope and capabilities of managing the fire safety system of a facility from the position of its representative (head) are overviewed. Part I of the survey is devoted to the general problem statement and methods to assess the fire safety of a facility and the safety of people inside a building. As shown, fires and deaths of people testify to certain problems either in the facility's fire safety system or in the management of such a system. The existing methods for assessing the fire safety of a facility cannot be applied by its head: they require deep knowledge of the subject matter as well as the corresponding qualifications and tools (computer programs). In the current situation, the head (decision-maker) has no formalized objective assessment of the fire safety of his organization at a particular time, which significantly complicates (or even disables) rational decision-making.

Keywords: fire safety, management, facility assessment, fire safety system, fire risk.