

Е. Н. Каменская

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

учебное пособие

ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ЮФУ
РОСТОВ-НА-ДОНУ-ТАГАНРОГ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-технологическая академия

Е. Н. КАМЕНСКАЯ

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Учебное пособие

Ростов-на-Дону – Таганрог
Издательство Южного федерального университета
2022

УДК 504.05(075)
ББК 20.18.я73
К181

Печатается по решению кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности Института управления в экономических, экологических и социальных системах Южного федерального университета (протокол № 8 от 7 апреля 2022 г.)

Рецензенты:

доктор педагогических наук, профессор кафедры общей педагогики Таганрогского института им. А. П. Чехова (филиал) «РГЭУ (РИНХ)» *Л. В. Быкасова*

кандидат технических наук, заведующий кафедрой машиностроения ПИ (ФИЛИАЛ) ДГТУ в г. Таганроге *Л. В. Толмачева*

Каменская, Е. Н.

К181 Пожарная безопасность : учебное пособие / Е. Н. Каменская ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2022. – 132 с.

ISBN 978-5-9275-4122-5

В работе рассматриваются основные характеристики пожаров, причины их возникновения, классификации пожаров, опасные факторы пожара, система пожарной безопасности на производстве, способы пожаротушения и эвакуации людей при пожаре.

Учебное пособие позволяет освоить принципы работы охранно-пожарной сигнализации.

Рекомендуется для студентов всех специальностей.

УДК 504.05(075)
ББК 20.18.я73

ISBN 978-5-9275-4122-5

© Южный федеральный университет, 2022
© Каменская Е. Н., 2022
© Оформление. Макет. Издательство Южного федерального университета, 2022

ВВЕДЕНИЕ

Человек значительно расширил свои возможности, когда научился использовать огонь в своей жизни. Это помогло ему стремительно развиваться и создавать комфортные условия своей жизни. Однако забывать о контроле данной стихии нельзя, так как вырвавшись из-под контроля огонь способен в считанные минуты уничтожить все, что человек создал и построил за долгие годы. Поэтому вопросы пожарной безопасности никогда не потеряют актуальности и относиться к данной проблематике нужно ответственно и внимательно и четко соблюдать все требования пожарной безопасности. Современные здания и сооружения построены с применением полимерных, синтетических материалов, и они оснащены промышленным, офисным оборудованием, предметами быта, мебели, которые при горении выделяют токсичные материалы, опасные для человека. В дыме пожара содержится более сотни химических соединений, оказывающих вред здоровью и жизни человека. Особую опасность представляет оксид углерода, который вступает в реакцию с гемоглобином, в результате которой кровь перестает обеспечивать органы человека кислородом. Восемьдесят процентов смертельных случаев при пожаре происходят именно по причине увеличения оксида углерода в воздухе. Огонь представляет собой реакцию окисления в результате которой происходит быстрое удаление кислорода из атмосферы. Если пожар происходит на производстве, в офисе, в любом закрытом помещении, то содержание кислорода значительно снижается в воздухе, что приводит к нарушению двигательной функции человека. Причем это происходит при снижении кислорода в воздухе всего на три процента.

Учебное пособие рассматривает основные характеристики пожаров: продолжительность пожара и его площадь, среднеобъемная температура, интенсивность тепловыделений, экономические убытки, пожарная нагрузка, температура тепловоспринимающих поверхностей.

Учебное пособие раскрывает причины возникновения пожаров, их классификации, опасные факторы пожара, систему пожарной безопасности на производстве, а также способы пожаротушения и эвакуации людей при пожаре.

Учебное пособие позволяет освоить принципы работы охранно-пожарной сигнализации.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Пожар: основные термины и характеристики

Огонь приносит тепло и комфорт в наши дома, производственные и общественные здания, сооружения, но может молниеносно их разрушить. Он помогает в приготовлении еды, поддержании комфортных микроклиматических условий нашей жизнедеятельности, но, если выходит из-под контроля, может лишить здоровья, жизни, принести огромный материальный ущерб.

В Межгосударственном стандарте «ГОСТ 12.3.046-91 Система стандартов безопасности труда. Установки пожаротушения автоматические. Общие технические требования» понятие «*пожар*» трактуется как «неконтролируемое горение, развивающееся во времени и пространстве[1]». Пожар создает опасность жизни и здоровья людей и приносит материальные убытки. Он может возникнуть при наличии трех основных условий: окислитель, горючее и источник воспламенения (рис. 1).



Рис. 1. Условия возникновения пожара

Горючее вещество и окислитель образуют горючую смесь, для зажигания которой нужен только источник воспламенения. Им может оказаться обычная искорка от спички. На данном «треугольнике огня» основываются основные методы тушения пожара и методы пожарной профилактики.

[1] ГОСТ 12.3.046-91 Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Установки пожаротушения автоматические. Общие технические требования. С. 3.

Основными характеристиками пожара являются: его продолжительность и площадь, охваченная пожаром, среднеобъемная температура, интенсивность тепловыделений, экономические убытки, пожарная нагрузка, температура тепловоспринимающих поверхностей, тепловая пожарная нагрузка и др. (рис. 2).

Фазы пожара	Состояние параметров пожара в определенный промежуток времени
Параметры пожара	Величина, характеризующая процесс развития пожара
Зоны пожара	Условная часть пространства (территории), на которой происходит развитие пожара
Опасные факторы пожара	Параметры пожара, которые оказывают негативное воздействие на человека, материальные и другие ценности
Сопутствующие проявления опасных факторов пожара	Явления, сопровождающие опасные факторы пожара

Рис. 2. Характеристики пожара

Продолжительность пожара характеризует время протекания от момента возгорания до полного прекращения горения.

Основные параметры пожара (рис. 3) рассчитываются с помощью специальных методик.

Площадь пожара	$S_п$
Продолжительность пожара	X
Линейная скорость распространения горения	$v_л$
Скорость выгорания горючей нагрузки	$v_м$
Скорость роста площади пожара	v_s
Теплообмен	Q
Газообмен	$I_г$
Температура пожара	$T(+°C)$
Горючая нагрузка	P
Коэффициент поверхности горения	$K_г$

Рис. 3. Параметры пожара

Зоны и характеристики площади пожара (рис. 4, 5).

Площадь пожара представляет собой площадь проекции зоны горения в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

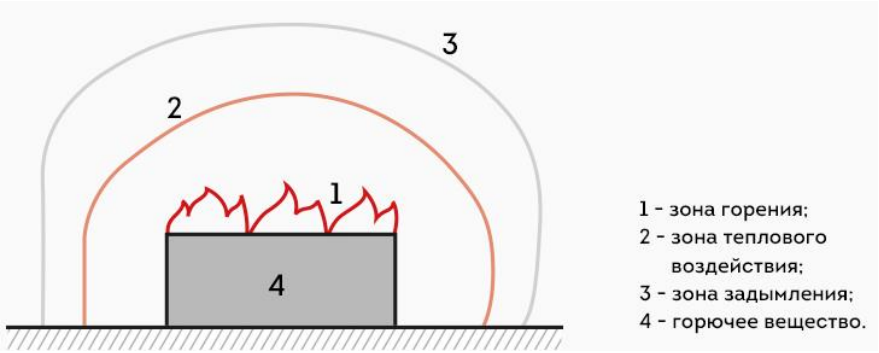


Рис. 4. Зоны пожара

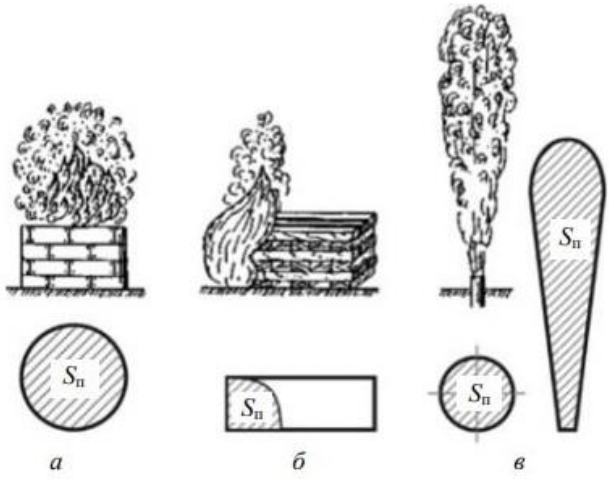


Рис. 5. Характеристики площади пожара

Среднеобъемная температура определяется для пожара, протекающего в помещении, а для пожаров на открытой местности определяется температура пламени.

Интенсивность тепловыделений характеризуется количеством теплоты, которое выделяется в единицу времени.

Тепловая пожарная нагрузка определяется количеством теплоты, которое выделяет горючий материал при его сгорании.

Пожар имеет сложную физико-химическую природу, включает такие процессы, как «горение», «тепловой обмен», «массообмен».

По теплообмену и массообмену с окружающей средой пожары разделяют на открытые (на открытом пространстве) и закрытые (в помещении, здании, сооружении).

Горение является окислительным процессом, который возникает при взаимодействии горючего вещества, окислителя и источника зажигания. В процессе горения выделяется большое количество света, тепла, а также происходят химические превращения.

Горение может распространяться со скоростью несколько десятков метров в секунду (нормальное), несколько сотен метров в секунду (взрывное) и несколько тысяч метров в секунду (детонационное).

Горение возникает в результате воздействия источника зажигания и этот процесс называется «*возгорание*». Необходимо различать понятия «возгорание» и «самовозгорание». *Самовозгорание* происходит, когда отсутствует источник зажигания и возникает горение, причиной которого является резкое увеличение скорости экзотермических реакций в веществе.

Воспламенением является возгорание, которое сопровождается появлением пламени. Температурой воспламенения является минимальная температура вещества, когда оно выделяет горючие пары и газы с такой скоростью, что при наличии источника зажигания наблюдается воспламенение и устойчивое горение.

Самовоспламенение может возникнуть в результате резкого увеличения скорости экзотермических реакций в смеси вещества с воздухом, которое будет сопровождаться горением с возникновением пламени и возможно взрывом. При взрыве происходит мгновенное химическое преобразование вещества, которое сопровождается выделением энергии и образованием сжатых газов, которые способны осуществлять механическую работу.

Температурой самовоспламенения является минимальная температура вещества, когда резко увеличивается скорость экзотермической реакции, которая приводит к возникновению пламенного горения.

Стремительное сгорание паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, вызванное действием источников воспламенения, называется *вспышкой*. Температурой вспышки является минимальная температура горючего вещества, когда пары и газы, которые образовались над его поверх-

ностью, вспыхивают в воздухе от источника зажигания, но при этом устойчивого горения еще не проявляется.

«Причина загорания или пожара – явление или обстоятельство, непосредственно обуславливающее возникновение пожара (загорания)[2].

Основные фазы пожара:

1. Начальная: начинается с момента возгорания до постепенного нарастания факторов пожара.

2. Нарастание интенсивности пожара.

3. Объемное развитие пожара.

4. Основная: кульминация проявления факторов пожара.

5. Стабилизация параметров пожара.

6. Снижение интенсивности горения.

7. Догорание пожара.

На первой фазе пожара среднеобъемная температура сильно повышается (может достигать 200 ºС) и приточный воздух при этом интенсивно расходуется. Происходит снижение количества кислорода и повышение количества диоксида углерода, поскольку активно протекают экзотермические реакции при разложении горючих материалов.

Количество теплоты, которое выделяется при пожаре за единицу времени, зависит от наименьшей теплоты сгорания материалов, которые были в помещении, площади поверхности, охваченной пламенем и др. факторов.

Первая фаза пожара по времени длится 2–30 % от всей продолжительности пожара. Время колеблется в представленном диапазоне, так как его определяет скорость выгорания материалов и скорость распространения пламени. К концу данной фазы пожара очень сильно увеличивается температура в зоне горения, пламенем охватывается большая часть горючих материалов, возрастает высота факела, падает количество кислорода и возрастают концентрации оксида и диоксида углерода.

На второй фазе пожара объем зоны горения увеличивается, интенсивность конвективного теплового, газового и лучистого потоков, скорость распространения пожара возрастает, температура повышается. Эта фаза протекает 5–10 мин.

Третья фаза пожара характеризуется быстрым нарастанием всех описанных параметров. Температура помещения взлетает до 250–300 ºС. Пла-

[2] ГОСТ 12.1.033-81. Пожарная безопасность. Термины и определения. С. 2.

мя занимает весь объем помещения. Когда температура доходит до 300 ºС вылетают стекла, огонь выходит наружу. При этом резко взлетает интенсивность газообмена и пожар в своем развитии переходит на другую фазу.

Четвертая фаза: увеличивается отток горячих продуктов горения и приток свежего воздуха в зону горения. Температура в помещении при этом ненадолго снижается. Меняются условия газообмена, увеличиваются полнота сгорания, скорость выгорания и скорость распространения горения. Приток холодного воздуха, который попал в помещение из-за нарушения остекления окон, способствует резкому повышению температуры, которая может достигать 500–600 ºС. Процесс пожара активизируется, все параметры пожара увеличиваются до максимальных значений: площадь пожара, интенсивность выгорания пожарной нагрузки, среднеобъемная температура, степень задымления. Температура в помещении может достигать 800–900 ºС.

На пятой фазе наступает стабилизация параметров пожара. Ее длительность колеблется в пределах 20–30 мин.

На шестой фазе снижается интенсивность пожара, поскольку уже сгорела основная часть пожарной нагрузки. Обугленный слой уже достигает толщины 5–100 мм, что не позволяет теплу проникнуть вглубь. Поэтому наблюдается беспламенное горение верхнего слоя угля. Концентрация кислорода в помещении 16–17 %. При этом до предельных значений увеличилось количество продуктов горения. Интенсивность горения начинает снижаться и вслед за ней снижаются остальные факторы пожара.

Седьмая стадия пожара представлена медленным тлением и догоранием пожара.

Автоматические системы пожарной сигнализации сейчас активно используются во многих организациях. Они должны сработать на первой стадии пожара.

Автоматические системы пожаротушения также используются на многих промышленных объектах и в организациях. Они должны включиться на первой или второй фазах развития пожара, пока пожар не перешел в активную фазу.

Тушение пожара должно быть через 10–15 мин после сообщения о пожаре и через 15–20 мин после момента загорания (3–5 мин. срабатывание системы сигнализации о пожаре, 5–10 мин. отводится на прибытие на пожар, 3–5 мин отводится на разведку и развертывание сил и средств).

Оперативно-тактические действия разворачиваются в среднем на третьей или четвертой стадиях пожара, а иногда и на пятой. На пятой фазе развития пожара возникают риски обрушений металлических конструкций в результате действия высоких температур.

Пожар разгорается на некоторой площади или в некотором объеме. Его условно разделяют на три зоны. Рассмотрим каждую из них.

Первая называется зоной горения. Она ограничивается пространством, в котором осуществляется подготовка горючих веществ к горению (происходят процессы их подогрева, испарения, разложения), горючие вещества загораются и происходит их горение. Данная зона включает объем паров и газов, находящихся в зоне горения и на поверхности горящих веществ, с которой газы и пары проникают в зону горения.

Если горит и тлеет хлопок, кокс, войлок или торф, то зона горения будет совпадать с поверхностью горения.

Зона горения может ограничиваться элементами конструкций, которыми могут быть стены зданий и сооружений, стенки резервуаров.

Данная зона выполняет функции теплогенератора на пожаре, поскольку именно в ней происходит выделение тепла и возникает максимальная температура. Процесс тепловыделения происходит интенсивно во фронте горения, где формируются самые высокие температуры. Внутри факела пламени температура гораздо ниже. А на поверхности горючего материала она еще ниже и соответствует для твердых горючих веществ и материалов температуре их разложения, температуре кипения жидкости для горючих жидкостей и легковоспламеняющихся жидкостей.

Вторая называется зоной теплового воздействия. Она примыкает к зоне горения и представляет собой зону, тепловое воздействие в которой вызывает заметные изменения материалов и конструкций. Нахождение людей в данной зоне без теплозащитных костюмов невозможно. В качестве специальной тепловой защиты также применяются отражательные экраны и водяные завесы. При нахождении горючих веществ и материалов в зоне теплового воздействия существует большая вероятность их воспламенения и распространения огня под действием тепловых потоков. При расширении зоны горения в результате развития пожара, увеличиваются границы зоны теплового воздействия.

Размер зоны теплового воздействия при возникновении внутреннего пожара гораздо меньше, чем при открытом пожаре. Это связано с тем, что

стены зданий и сооружений становятся экранами, а площадь проемов небольшая, через которые возможно излучение. Также дым, который образуется в процессе внутреннего пожара, уменьшает интенсивность излучений, так как выполняет роль поглощающей среды. Направления, по которым передается тепло в рамках зоны теплового воздействия, отличаются при возникновении внутренних и открытых пожарах.

Верхняя часть зоны теплового воздействия энергетически очень сильная, так как происходит совпадение по направлению конвективных токов и излучения.

При возникновении внутренних пожаров направление распространения тепла с помощью излучения не всегда совпадает с конвекционной передачей тепла, поэтому зона теплового воздействия состоит из участков, на которых действуют оба тепловых потока и участков на которых действует либо конвекция, либо излучение.

Для успешной ликвидации пожара необходимо четко определить границы данной зоны. Ближняя граница – зона горения, а дальняя определяется термодинамической температурой или интенсивностью лучистого теплового потока. Граница зоны теплового воздействия, где температура выше 60–70 ºС и является дальней границей. При таком значении температуры люди не могут долго находиться в таких условиях и тушить пожар. По интенсивности лучистого теплового потока дальней границей зоны теплового воздействия является удаление от зоны горения на такое расстояние, где лучистое тепло при воздействии на незащищенные части тела человека вызовет болевые ощущения не сразу, а через время, соизмеримое с оперативным временем, которое рассматривается как время активного воздействия пожарного, экипированного средствами тушения. Численно величину этого времени определили экспериментально. Для внутренних пожаров средней интенсивности развития для пожарного, оснащенного современными средствами, это 15 с.

Третья зона называется зоной задымления, которая примыкает к зоне горения. Ее пространство заполнено дымовыми газами, скопление которых создает угрозу для жизни и затрудняет действия пожарных в процессе тушения пожара. Зона задымления является самой большой частью пространства на пожаре, она может охватывать зоны горения и теплового воздействия. Дым является смесью воздуха с продуктами полного и неполного горения, находящимися в газообразном состоянии, в котором присутству-

ют маленькие жидкие и твердые частицы. Поэтому для его перемещения достаточно даже небольшого конвективного потока. А если конвективный поток мощный, то дым может переноситься на большие расстояния.

Люди, находящиеся в заполненной дымом и токсичными газами среде, по статистическим данным, погибают. Таких смертельных случаев наблюдается около 50 %.

Дым появляется на всех пожарах, он уменьшает видимость и затрудняет эвакуацию людей, которые не могут длительно находиться в задымленной среде. Опасные составляющие дыма могут поражать людей, даже находящих в удаленных местах от очага пожара.

Дым образуется в результате пламенного и беспламенного горения, он только будет отличаться частицами и формой их образования. Дым, образующийся в процессе тления, включает фракции с большим молекулярным весом, которые конденсируются в процессе их перемешивания с холодным воздухом. Это приводит к образованию тумана, который состоит из капелек смолы и высококипящих жидкостей. Капли могут слипаться и при этом образуют мелкие частицы среднего диаметра (один микрон), которые оседают на всех поверхностях и образуют маслянистый остаток.

Дым при пламенном горении состоит из твердых частиц и отличается от дыма при тлении. Эти частицы могут образоваться при выходе из твердого материала, если на материал действует мощный тепловой поток и могут образовываться в газовой форме при неполном сгорании.

В процессе дымообразования важную роль играет химический состав горючего. Некоторые горючие вещества не образуют дым и горят несветящимся пламенем. Остальные образуют дым. Горючие вещества, наполненные кислородом, например этиловый спирт или ацетон, образуют дыма в меньшем объеме, в отличие от углеводородных соединений. Таким образом, древесина при сгорании образует меньше дыма, чем полиэтилен или полистирол.

Размеры зоны задымления обуславливаются размерами площади пожара и метеорологическими условиями. Силы, которые создают движение дыма внутри здания, возникают благодаря следующим факторам:

- сила, образующаяся в результате разностей температур внешней и внутренней среды, которая обеспечивает движение дыма внутри здания;
- выталкивающая сила, обусловленная самим пожаром;