

**МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И  
ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ**

Главное управление МЧС России по городу Москве

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ТАКТИКЕ ПРИМЕНЕНИЯ  
АВТОМОБИЛЕЙ, ОБОРУДОВАННЫХ УСТАНОВКАМИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ  
С ВОЗМОЖНОСТЯМИ ГИДРОАБРАЗИВНОЙ РЕЗКИ**

Москва-2017

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник Главного управления  
МЧС России по городу Москве  
генерал-лейтенант внутренней службы

  
«28» ХЧ \_\_\_\_\_ 2017 г. И.П. Денисов

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ТАКТИКЕ ПРИМЕНЕНИЯ  
АВТОМОБИЛЕЙ, ОБОРУДОВАННЫХ УСТАНОВКАМИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ  
С ВОЗМОЖНОСТЯМИ ГИДРОАБРАЗИВНОЙ РЕЗКИ**

**Москва-2017**

**Методические рекомендации по тактике применения автомобилей, оборудованных установками пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки.** – М.: ГУ МЧС России по г. Москве, 2017. – 133 с.

Методические рекомендации разработаны для поддержки управленческих решений по организации и проведению оперативно-тактических действий на местах пожаров и проведения аварийно-спасательных работ с применением пожарных автомобилей, оборудованных установками пожаротушения, обладающих возможностями гидроабразивной резки. Рекомендации содержат сведения о тактических приемах и методах использования при тушении пожаров автомобилей, оборудованных установками пожаротушения с гидроабразивной резкой, а также сведения по тушению внутренних пожаров ручными водяными стволами. Установки пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки реализуют принцип локально-объемного тушения за счет подачи тонкораспыленной воды в виде тумана. Возможности гидроабразивной резки позволяют подавать огнетушащие вещества через ограждающие конструкции за счет образования в них отверстий режущей струей воды с абразивом. Метод пожаротушения реализуется комплексным применением установок в сочетании с тепловизионной разведкой пожара и тактическим вентилированием, которые оказывают существенное влияние на эффективность тушения, особенно, в замкнутых объемах и в труднодоступных местах. При этом максимально обеспечивается безопасность действий участников тушения пожара, так как они находятся за пределами горящего помещения.

Методические рекомендации предназначены для руководителей тушения пожара всех уровней с целью разъяснения основ применения инновационной техники пожаротушения, а также для личного состава подразделений, работающих на рассматриваемой технике, с целью совершенствования навыков ее применения и обслуживания.

По соглашению в Методических рекомендациях использованы фотоматериалы компании ООО «Объединенные спасательные технологии».

***Разработаны авторским коллективом в составе:***

***ГУ МЧС России по г. Москве: Ю.А. Жуковский, М.В. Серегин, В.И. Шумов.***

***Академия ГПС МЧС России: д.т.н., профессор М.В. Алешков, И.А. Гусев, к.т.н. О.В. Двоенко, к.т.н. И.А. Ольховский.***

***ГУ МЧС России по Тверской области: А.В. Зиновьев***

***ГКУ «ПСЦ»: Д.А. Большаков***

*Под общей редакцией к.т.н., доцента А.В. Подгрушного*

## Оглавление

Введение .....	5
Термины и определения .....	7
Сокращения .....	10
I. Общие данные.....	11
1.1. История возникновения метода пожаротушения.....	11
1.2. Основные параметры и принцип действия .....	14
1.3. Описание основных конструктивных особенностей установки пожаротушения .....	21
1.4. Конструктивные особенности автомобилей, оснащенных установками пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки .....	29
II. Параметры пожара .....	41
2.1. Процессы горения .....	41
2.2. Газовый обмен на пожаре .....	43
2.3. Теплообмен на пожаре .....	46
2.4. Зоны и стадии пожара .....	49
2.4.1 Зоны пожара .....	49
2.4.2 Стадии пожара.....	51
2.5. Пожары в замкнутых объемах и тактические основы их тушения .....	54
2.6. Рекомендации по наиболее эффективному применению ручных водяных стволов.....	69
III. Тактические особенности применения установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки.....	80
3.1 Особенности применения установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки.....	81
3.2 Основы применения тепловизоров для решения задач по тушению пожаров.....	84
3.3 Основы тактической вентиляции .....	88
3.4 Тушение пожаров в жилых, административных зданиях и зданиях повышенной этажности.....	93
3.5 Тушение пожаров в подвалах и цокольных этажах .....	99
3.6 Тушение пожаров в чердачных помещениях и на кровле .....	99
3.7 Тушение пожаров в помещениях с большими объемами.....	105
3.8 Тушение пожаров при скрытом горении в строительных конструкциях .....	108
3.9 Тушение пожаров на высотах.....	112
3.10 Тушение пожаров на различных видах транспорта .....	113
3.11 Тушение пожаров на электроустановках .....	114
3.12 Специальные возможности установок пожаротушения .....	115
IV. Охрана труда и техника безопасности при использовании установок.....	118
V. Основные неполадки и способы их устранения.....	120
Список литературы .....	122
Приложение А.....	124
Приложение Б.....	127
Приложение В .....	130

## **Введение**

Сегодняшние темпы развития общества влекут за собой появление новых высокотехнологичных и, в тоже время, пожароопасных производств, разработку новых веществ и материалов, строительство зданий и сооружений, высота которых может достигать нескольких сотен метров. Все это в значительной степени повышает опасность, связанную с возникновением и развитием пожара. Этим продиктована необходимость разработки и создания принципиально новых средств, способов и приемов тушения пожаров.

Мировая статистика показывает, что ежегодно в результате пожаров погибают десятки тысяч людей, в том числе пожарные и спасатели, участвующие в тушении пожара. Помимо разнообразных социальных, политических и организационных проблем, причинами негативной ситуации являются еще и технические: образование объемных вспышек, возгорание горючих газов, возникновение эффекта «обратной тяги», взрывы, обрушение строительных конструкций, воздействие высокой температуры и плотного задымления, поражение электрическим током и многое другое. К сожалению, снизить все риски, порождаемые опасными факторами пожара до нуля невозможно. В связи с этим приходится проводить работы, связанные с тушением пожаров, в условиях постоянных угроз.

Отдельно хотелось бы выделить пожары, происходящие в замкнутых объемах. Именно такие пожары наиболее распространены в условиях городской застройки, а их тушение сопровождается возникновением опасных условий для участников тушения пожара.

Одной из причин образования опасных условий на пожарах в замкнутых объемах является использование в отделке интерьеров и предметах обстановки современных зданий огромного количества различных полимерных материалов. Как правило, многие полимерные материалы, используемые в интерьерах, имеют более высокую теплоту сгорания и при достаточной вентиляции - более высокий уровень выделения тепла по сравнению с традиционными материалами, такими как дерево, хлопок, которые широко использовались ранее. Благодаря применению энергоэффективных технологий современные здания сохраняют большее количество тепловой энергии, ускоряя тем самым процесс роста температуры в огневом отсеке. Поэтому уже через непродолжительное время огонь может охватить весь объем помещения, в котором он возник. С другой стороны, ввиду использования герметичных пластиковых окон и современных дверей, сохраняется вероятность того, что пожар, перейдя в режим контролируемой вентиляцией, начнет затухать, т.к. не будет получать достаточного количества кислорода. Как следствие, прибывающие по вызову пожарные подразделения, при попытке проникновения к местам горения, часто сталкиваются с различными негативными явлениями, сопутствующими пожару.

Для обеспечения безопасности участников тушения пожара, а также для повышения эффективности тушения, необходимо проводить целенаправленное

обучение личного состава действиям, направленным на эффективное тушение пожаров, с проведением специальных работ по обеспечению безопасности участников тушения пожара и сокращению косвенного материального ущерба пожара (от воздействия излишне подаваемых огнетушащих веществ, проведения вскрытия и разборки строительных конструкций, проливки мест горения и т.п.). Помимо изменения подходов к обучению («учить пожарных тому, что необходимо при тушении пожаров»), необходимо разрабатывать новые приемы и способы тушения пожаров, обеспечивающих достижение вышеизложенных условий.

Одной из таких перспективных разработок является способ, заключающийся в снижении среднеобъемной температуры в горящем помещении за счет подачи в огневой отсек тонкораспыленной воды (водяного тумана), обладающего хорошими огнетушащими свойствами. Попадая в зону с высокой температурой, вода испаряется, отводя большое количество теплоты от зоны горения, при этом также происходит разбавление пожарных газов водяным паром и их охлаждение. Для предотвращения образования объемных вспышек и обеспечения безопасности личного состава, подача тонкораспыленной воды в огневой отсек осуществляется через ограждающие строительные конструкции за счет их разрушения потоком воды с абразивом, подаваемой под сверхвысоким давлением. Тем самым также исключается приток кислорода в зону горения, так как для тушения не требуется вскрытие огневого отсека. Пожаротушение с применением гидроабразивной резки является относительно новым инструментом в борьбе с пожарами, и не может полностью заменить традиционное пожаротушение. Однако применение «водяного тумана» в отдельных ситуациях является единственным способом тушения, который способствует значительному снижению рисков для участников тушения пожара и повышению эффективности тушения пожара.

Способ пожаротушения с применением гидроабразивной резки реализован в установках пожаротушения, которые могут быть установлены на передвижной пожарной технике или стационарно, помимо этого могут иметь и контейнерное исполнение.

Так как способ пожаротушения является относительно новым, а техника, оснащенная установками пожаротушения, уже массово поступает в пожарно-спасательные подразделения, возникает необходимость в создании методической базы, определяющей тактику применения установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки на пожарах.

Разработанные Методические рекомендации содержат сведения о порядке действий, принципах и методах применения при тушении пожаров автомобилей, оборудованных установками пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки, а также сведения по применению ручных водяных стволов при тушении пожаров в замкнутых объемах.

## Термины и определения

**1. Пожарная охрана:** Совокупность созданных в установленном порядке органов управления, подразделений и организаций, предназначенных для организации профилактики пожаров, их тушения и проведения возложенных на них аварийно-спасательных работ.

**2. Аварийно-спасательные работы:** Совокупность первоочередных работ в зоне чрезвычайной ситуации, заключающихся в спасении и оказании помощи людям, локализации и подавлении очагов поражающих воздействий, предотвращении возникновения вторичных поражающих факторов, защите и спасении материальных и культурных ценностей.

**3. Руководитель тушения пожара:** Прибывшее на пожар старшее оперативное должностное лицо пожарной охраны (прошедшее соответствующее обучение и допущенное в установленном порядке к руководству тушением пожара), которое осуществляет непосредственное руководство тушением пожара.

**4. Решающее направление:** Направление действий, в соответствии с которым использование сил и средств подразделений в данный момент времени обеспечивает наиболее эффективные условия для решения основной (главной) задачи.

**5. Противопожарное водоснабжение:** Комплекс инженерно-технических сооружений, предназначенных для забора и транспортировки воды, хранения ее запасов и использования для пожаротушения.

**6. Пожарная техника:** Технические средства для предотвращения, ограничения развития, тушения пожара, защиты людей и материальных ценностей от пожара.

**7. Позиция ствольщика:** Место расположения сил и средств пожарной охраны, осуществляющих непосредственное ведение действий по спасению людей и имущества, подаче огнетушащих веществ, выполнению специальных работ на пожаре.

**8. Очаг пожара:** Место первоначального возникновения пожара.

**9. Опасные факторы пожара:** Факторы пожара, воздействие которых приводит к травме, отравлению или гибели человека и (или) к материальному ущербу.

**10. Огнестойкость конструкции:** Способность конструкции сохранять несущие и (или) ограждающие функции в условиях пожара.

**11. Огнетушащее вещество:** Вещество, обладающее физико-химическими свойствами, позволяющими создать условия для прекращения горения.

**12. Локализация пожара:** Действия, направленные на предотвращение возможности дальнейшего распространения горения и создание условий для его ликвидации имеющимися силами и средствами.

**13. Ликвидация пожара:** Действия, направленные на окончательное прекращение горения, а также на исключение возможности его возобновления.

**14. Время свободного развития пожара:** Интервал времени от момента возникновения пожара до момента подачи огнетушащих веществ на его ликвидацию.

**15. Участок тушения пожара:** место, участок местности на пожаре где осуществляются оперативно-тактические действия сил и средств, объединенные единой задачей и единым руководством.

**16. Сектор тушения пожара:** Место ведения действий по тушению пожара, создаваемое в соответствии с решением руководителя тушения пожара и объединяющее несколько участков тушения.

**17. Тактические возможности подразделений:** Способность пожарных подразделений выполнять задачи по спасанию людей, эвакуации имущества и ликвидации горения в определенном объеме и за определенный промежуток времени.

**18. Обстановка на пожаре:** Совокупность условий и обстоятельств, способствующих или препятствующих развитию и тушению пожара, и определяющих управленческие решения.

**19. Зона теплового воздействия:** Часть пространства, в котором протекают процессы теплообмена между поверхностью пламени, ограждающими конструкциями и горючими материалами и оказывается воздействие на участников тушения.

**20. Зона задымления:** Часть пространства, в котором невозможно пребывание людей без средств защиты органов дыхания и в котором затруднено ведение действий пожарными подразделениями из-за ограничения видимости.

**21. Атака на пожар:** Наступательные действия пожарных по ликвидации горения с использованием определенных приемов подачи огнетушащих веществ в зависимости от конкретной обстановки.

**22. Внутренний пожар:** Пожар, происходящий в рамках ограждающих конструкций.

**23. Звено пожаротушения:** Звено ГДЗС, имеющее задачу проведения атаки на пожар.

**24. Объемная вспышка («Flashover»):** Внезапный переход от локального пожара к воспламенению всех подвергающихся тепловому воздействию горючих поверхностей в пределах помещения, где произошел пожар.

**25. Обратная тяга («Backdraft»):** Ситуация, когда огонь, испытывая недостаток кислорода, затухает, а при резком доступе свежего воздуха, например, при открывании двери в помещение, происходит молниеносное, взрывообразное увеличение объема зоны горения с выбросом раскалённых газов навстречу движущимся пожарным или потоку свежего воздуха.

**26. Огневой отсек:** Помещение, в котором происходит горение.

**27. Ствольщик:** Участник тушения пожара, подающий огнетушащее вещество с помощью пожарного ствола с целью прекращения горения и для решения иных задач.

**28. Тепловой баланс:** Баланс между процессами выделения тепла на пожаре и процессами его отвода в рамках тепловых полей по вертикали и горизонтали объема огневого отсека.

**29. Пожарные газы:** Смесь продуктов горения и пиролиза.



**30. Пожары, регулируемые вентиляцией (ПРВ)** – пожары, протекающие при ограниченном содержании кислорода в газовой среде помещения и избытке горючих веществ и материалов. Параметры такого пожара определяются интенсивностью газообмена, поскольку окислителя не хватает для полного сгорания горючих веществ и материалов.

**31. Пожары, регулируемые пожарной нагрузкой (ПРН)** – пожары, протекающие при избытке воздуха для горения. Развитие такого пожара зависит от количества пожарной нагрузки. По своим параметрам такие пожары приближаются к пожарам на открытом пространстве.

## Сокращения

АСР – аварийно-спасательные работы;  
ПСГ – пожарно-спасательный гарнизон;  
ГДЗС – газодымозащитная служба;  
ОДЛ – оперативно-должностное лицо пожарной охраны;  
ОШТП – оперативный штаб тушения пожара;  
ОФПС – отряд федеральной противопожарной службы;  
ПСЧ – пожарная-спасательная часть;  
РТП – руководитель тушения пожара;  
СИЗОД – средства индивидуальной защиты органов дыхания;  
ТВ – тактическая вентиляция;  
УТП – участок тушения пожара;  
СТП – сектор тушения пожара;  
ФПС – федеральная противопожарная служба;  
ЧС – чрезвычайная ситуация;  
ТГМ – твердые горючие материалы;  
ПРД – плоскость равных давлений;  
ОТВ – огнетушащие вещества;  
ОФП – опасные факторы пожара.

## I. Общие данные

### 1.1. История возникновения метода пожаротушения

Еще в 80-е годы прошлого столетия стали зарождаться основы, связанные с тушением пожаров в замкнутых объёмах, появилась тактика по изолированию места горения от кислорода воздуха с целью прекращения горения. Дальнейшее развитие этого направления способствовало появлению новых способов и методов пожаротушения, реализация которых позволила пожарным и аварийно-спасательным подразделениям повысить эффективность действий при тушении пожаров в замкнутых объёмах, при этом выбирая и используя их как индивидуально, так и комбинировано.

Одним из таких способов является пожаротушение с применением гидроабразивной резки, которое позволяет безопасно и эффективно проводить работы по тушению пожаров в замкнутых объёмах.

История возникновения промышленной технологии гидроабразивной резки конструкционных материалов (резка струей воды под высоким давлением с добавлением абразива) уходит корнями в 50-е годы XX века. В 1980 году был разработан и запущен в работу первый прототип промышленного гидроабразивного станка, а с 1983 года началось серийное производство такого оборудования.

Одновременно с этим в пожарной охране европейских стран, а конкретно в Швеции был разработан способ, когда вскрытие кровель и стен в горящих зданиях технически стали проводить при помощи аппаратуры гидроабразивной резки. Причиной тому стало резкое увеличение несчастных случаев, сопровождающихся гибелью и травматизмом личного состава, осуществляющего непосредственное проникновение в горящие замкнутые помещения для тушения пожаров, в результате образования объемных вспышек и выбросов пламени. Характерной особенностью пожаров в замкнутых объёмах было отсутствие выраженных внешних признаков пожара (дым, открытое горение), когда ограждающие конструкции еще не были вскрыты (объем помещения был хорошо «запечатан»). Вспышка или выброс происходили в период от нескольких секунд до нескольких минут после вскрытия помещения и начала активных действий по тушению пожара. При этом, пожарные нередко успевали продвинуться вглубь помещения на существенное расстояние, так как выраженная угроза (интенсивное открытое горение) отсутствовала, а достаточно совершенные к тому времени средства индивидуальной защиты органов дыхания и тела пожарного позволяли продвигаться внутрь помещений, не обращая внимания на задымление и высокую температуру. Проведённые исследования показали, что из-за внедрения в строительство новых материалов (пластмассы и другой синтетики), картина развития пожара в замкнутых объёмах существенно изменилась. Во-первых, в составе пожарных газов значительную часть заняли продукты пиролиза пластиков и древесины, являющиеся, по сути, горючими газами, нагретыми выше температуры вспышки. Гораздо более герметичные и огнестойкие, чем применявшиеся раньше,

окна и двери ограничивали доступ кислорода воздуха в огневой отсек (горящее помещение) извне, что быстро переводило пожар в форму, контролируемую газообменом. При этом среднеобъёмная температура в отсеке оставалась высокой даже при отсутствии видимого пламенного горения. Доступ кислорода воздуха в помещение при проникновении пожарных подразделений неизбежно приводил к вспышке того, что пожарные по «старинке» воспринимали, как «безопасный» дым. Осознание проблемы привело к разработке новых подходов, тактики и техники пожаротушения, направленных на охлаждение пожарных газов, скопившихся в отсеке, минимизацию внесения кислорода и обеспечение безопасных условий нахождения пожарных в горящем отсеке до момента, когда среднеобъёмная температура и/или концентрация опасных газов не будет снижена до пределов, сводящих к минимуму вероятность вспышки.

Метод гидроабразивной резки, изначально рассматривался пожарными, как способ вскрытия строительных конструкций. В ряде стран были созданы установки, позволявшие применять эту промышленную технологию на пожаре. Одновременно был замечен и огнетушащий эффект от применения установок. В ходе гидроабразивного вскрытия кровель чердачных помещений происходило снижение скорости распространения пожара, а в большинстве случаев горение вовсе прекращалось. Дальнейшее развитие тематики гидроабразивной резки получило новое направление и привело к возникновению комбинированного метода пожаротушения с применением гидроабразивной резки, который был запатентован шведами в 1997 году.

Проведенные исследования показали, что мелкодисперсные капли воды, возникающие при работе установки гидроабразивной резки за фокальной точкой режущей струи, интенсивно испарялись, отводя большое количество теплоты от зоны горения, реализуя тем самым тушение пожара способом охлаждения. Высокая интенсивность испарения была обусловлена значительным увеличением площади испарения за счёт дисперсности струи. Эффективности установки также способствует то, что за счёт маленького (порядка нескольких миллиметров) диаметра создаваемого отверстия, практически отсутствует эжекция воздуха в огневой отсек, что снижает вероятность возникновения объёмных вспышек.

Маленький размер образуемых установкой водяных капель привёл не только к увеличению интенсивности их испарения, но и к увеличению срока их «жизни» - периода времени от попадания капли в зону с высокой температуры до ее падения в зону с низкой температурой, где испарение практически не происходит. Фактически, более 90% капель полностью испаряются, так и не упав, что ведет к повышению коэффициента использования огнетушащего вещества к значениям, близки к 100%. Проще говоря, практически вся вода, поданная с помощью установок гидроабразивной резки в пожарный отсек участвует в тушении пожара и не наносит ущерба окружающим конструкциям. При использовании традиционных способов тушения коэффициент использования ОТВ редко превышает 30%. Ещё одним следствием высокого коэффициента использования ОТВ является снижение требуемой

интенсивности подачи ОТВ. Эксперименты свидетельствуют, что при определённых обстоятельствах одна установка пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки с расходом 1 л/с создает огнетушащий эффект, сравнимый с работой ствола «А» с расходом 7 л/с.

Появление в подразделениях тепловизоров позволило создать метод пожаротушения с применением установок гидроабразивной резки и вывело процесс тушения на новый уровень с точки зрения безопасности и культуры тушения. Методы тепловизионной разведки позволяют определить наиболее прогретые места и предположить нахождение очага пожара, установить скрытые очаги горения, что во многом повышает оперативность действий подразделений и позволяет более эффективно и безопасно бороться с огнем.

Следующим этапом в повышении эффективности и безопасности тушения пожаров в отсеках с использованием установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки стало включение в метод приемов тактической вентиляции помещений. Таким образом, был сформирован основной принцип построения тактических действий, используемый в методе: «Сканируй-Охлаждай-Вентилируй-Заходи».

Говоря о тактическом вентилировании, хотелось бы упомянуть, что в Московском гарнизоне огромный вклад в разработку метода управления газовыми потоками на пожаре внес Герой России, полковник внутренней службы Чернышев Е.Н.

Применение рассматриваемых тактических приемов в совокупности способствовало образованию нового тактического мышления, направленного на безопасное тушение пожаров в замкнутых объемах. Установки пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки при использовании их в комбинации с тепловизорами и вентиляторами, позволяют пожарным подразделениям эффективно проводить работы по тушению пожаров, обеспечивая гораздо более безопасные условия для работы личного состава.

На сегодняшний день около 900 установок, реализующих принцип резки и объёмного пожаротушения, используются более чем в 30 странах мира. Их устанавливают на различные пожарные автомобили - от небольших, массой до 2 тонн, до огромных – 20 тонн и более. Установки пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки применяются также на различных типах судов, в нефтеперерабатывающей промышленности, на металлургических производствах, в шахтах, в автомобильной промышленности и на объектах энергетики.

Представителями семейства установок, использующих принцип объёмного пожаротушения тонкораспыленной водой и гидроабразивной резки, являются системы «ColdCutCobra», «PyroLance», «Гюрза».

На сегодняшний день в подразделениях территориального пожарно-спасательного гарнизона г. Москвы находятся пожарные автомобили различного исполнения, оснащенные установками пожаротушения с возможностями

гидроабразивной резки, основу которых составляют автомобили с системами «ColdCutCobra». В связи с этим, рассмотрение тактики применения пожарных автомобилей, оснащенных установками пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки, будет рассматриваться на примере установок пожаротушения «ColdCutCobra» (далее - «Кобра»).

## **1.2. Основные параметры и принцип действия**

Как было упомянуто выше, применение установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки легло в основу метода пожаротушения.

Метод включает в себя:

1. Проведение тепловизионной разведки - одной из целей которой является определение мест с наибольшей среднеобъемной температурой и возможных путей распространения пожара;

2. Подачу в наиболее нагретые области тонкораспыленной воды с применением установок пожаротушения с гидроабразивной резкой через ограждающие пожарный отсек конструкции без ввода в него сил и средств, что значительно снижает риски для участников тушения пожара;

3. Применение приёмов тактической вентиляции с целями:

– ограничить распространение перегретых пожарных газов в еще негорящие отсеки («запереть» пожар избыточным давлением);

– улучшить условия для работы личного состава на границе огневого отсека, тем самым еще более снизив риски;

4. После снижения температуры в огневом отсеке:

– вентиляция огневого отсека с целью улучшения условий для работы в нем личного состава;

– дотушивание оставшихся очагов пожара традиционными средствами и разборка конструкций.

Тонкораспыленная вода представляет собой дисперсную систему, основным определяющим параметром которой является степень дисперсности, характеризующаяся размерами капель жидкости. Помимо размера капель к основным параметрам, характеризующим огнетушащую способность тонкораспыленной воды, относятся скорость движения капель, напор струи, проникающая способность струи в зону горения. Все эти параметры в свою очередь и во многом зависят от технических средств подачи огнетушащих веществ.

Струи тонкораспыленной воды являются оптимальным средством для тушения пожаров классов А, В (твердых веществ и легковоспламеняющихся жидкостей с температурой вспышки не ниже 30°C), Е (оборудования, находящегося под напряжением до 36 кВ включительно). Они эффективны и на открытых пространствах при положительной температуре.

Было установлено, что для эффективного тушения пожара целесообразно использовать тонкораспыленную воду, средний диаметр капель которой должен

составлять менее 200 мкм. Имея малые размеры, капли интенсивно испаряются, так как дольше находятся во взвешенном состоянии, отводя большие количества тепла от зоны горения, что приводит к снижению температуры и разбавлению зоны горения.

Рассмотрение особенностей поведения тонкораспыленной воды и влияние ее геометрических параметров на процесс тушения более детально приведено в **приложении А**.

Основной причиной повышения эффективности огнетушащих свойств воды при распылении является увеличение площади, с которой происходит испарение жидкости, а значит и увеличение интенсивности затрат теплоты на испарение жидкости и, как следствие, увеличение скорости падения температуры в пожарном отсеке. При распылении 1 грамма воды до капелек жидкости диаметром 1 мм (1000 мкм) и капелек жидкости диаметром 0,1 мм (10000 мкм), получается, что суммарная площадь поверхности капель во втором случае будет больше, чем в первом, в 100 раз. Это говорит о том, что площадь контакта одного и того же количества воды, распыленного до различных размеров, существенно различается [8].

При этом капли меньшего размера, а соответственно и меньшей массы, могут дольше находиться во взвешенном состоянии, что позволяет им дольше не покидать зону высокой температуры и продолжать отбирать тепло за счет испарения, а не падать на пол и превращаться в излишне пролитую воду. Было установлено, что при работе с ручными водяными стволами лишь 20% воды идет на тушение, а 80% не участвует в тушении пожара. При использовании тонкораспыленной воды порядка 80% ее испаряется.

Применяя данный способ тушения необходимо также учитывать, что слишком малый размер капель не всегда является положительным. Капли меньших размеров могут попросту не достигать очага, испаряясь от высокой температуры на подлете к нему. В связи с этим огнетушащий эффект будет очень незначительный, или вовсе не будет достигаться.

Помимо отвода тепла от зоны горения, подача тонкораспыленной воды в замкнутый объем пожарного отсека обеспечивает тушение пожара за счет разбавления горючих пожарных газов водяным паром, образующимся при испарении капель воды. Известно, что соотношение объема воды и водяного пара (1:1700) является одним из уникальных свойств этой жидкости.

При создании установок пожаротушения с гидроабразивной резкой выбирались такие технические параметры, которые обеспечивали бы формирование мелкодисперсной водяной струи, в которой соотношение размеров капель обеспечивало бы как оптимальные огнетушащие свойства, так и хорошие режущие свойства струи. Средний размер капель в струе, формируемой установкой «Кобра» составляет около 170 мкм, что во много раз меньше размера капель жидкости ствола высокого давления (рисунок 1).

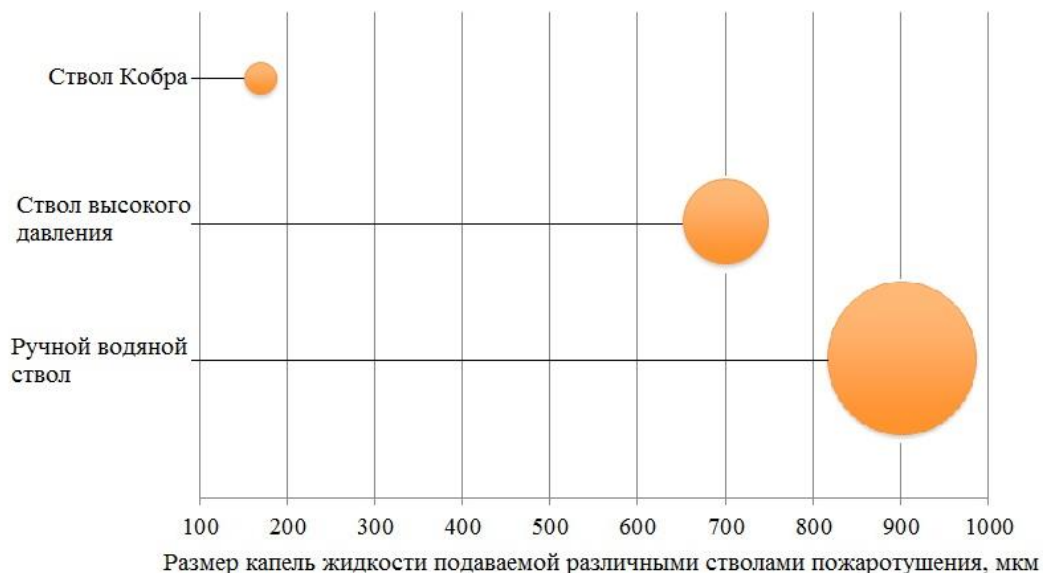


Рисунок 1. Размер капель жидкости, подаваемый различными типами пожарных стволов

Применение установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки исключает приток кислорода в зону горения, и не нарушает целостность объема. Это достигается за счет подачи воды сквозь ограждающие конструкции через отверстие диаметром около 3 мм, прорезаемое водяной струей с добавлением абразива. Образование смеси абразива и жидкости осуществляется за счет дозирования в водяные коммуникации установки абразивного материала в количестве 4% от расхода воды по объёму. Абразивный материал образует с водой смесь, поток которой за счет большой скорости и маленькой площади пятна прорезает практически любой конструкционный материал.

Абразив представляет собой твердое мелкозернистое вещество размером от 0,3 до 0,8 мм (рисунок 2), основными компонентами которого являются:  $Fe_2O_3$  от 40 до 60%;  $FeSiO_3$  от 30 до 40%;  $Al_2O_3$  от 1 до 3%;  $MnO_2$  от 2 до 4%, могут быть и другие составы.



Рисунок 2. Абразивный материал, применяемый для резки конструкций



Основным компонентом установки, за счет которого происходит формирование мелкодисперсной струи воды, а также фокусированная подача смеси абразивного материала и воды на прорезаемую поверхность является распылительная форсунка (рисунок 3)[16].

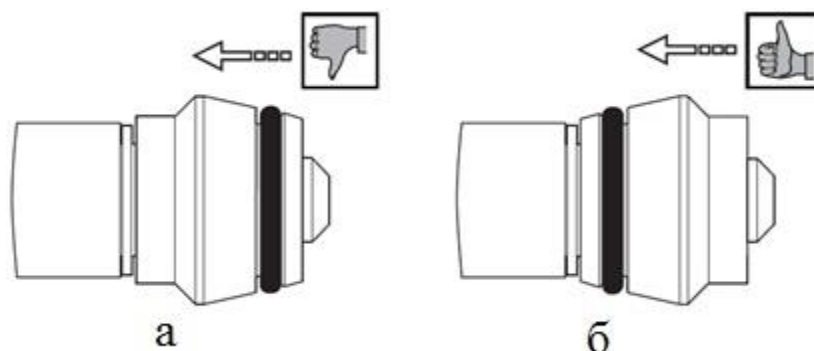


Рисунок 3. Расположение основных элементов распылительной форсунки  
а – не правильное расположение; б- правильное расположение

Общий вид установки и основные ее компоненты показаны на рисунке 4.

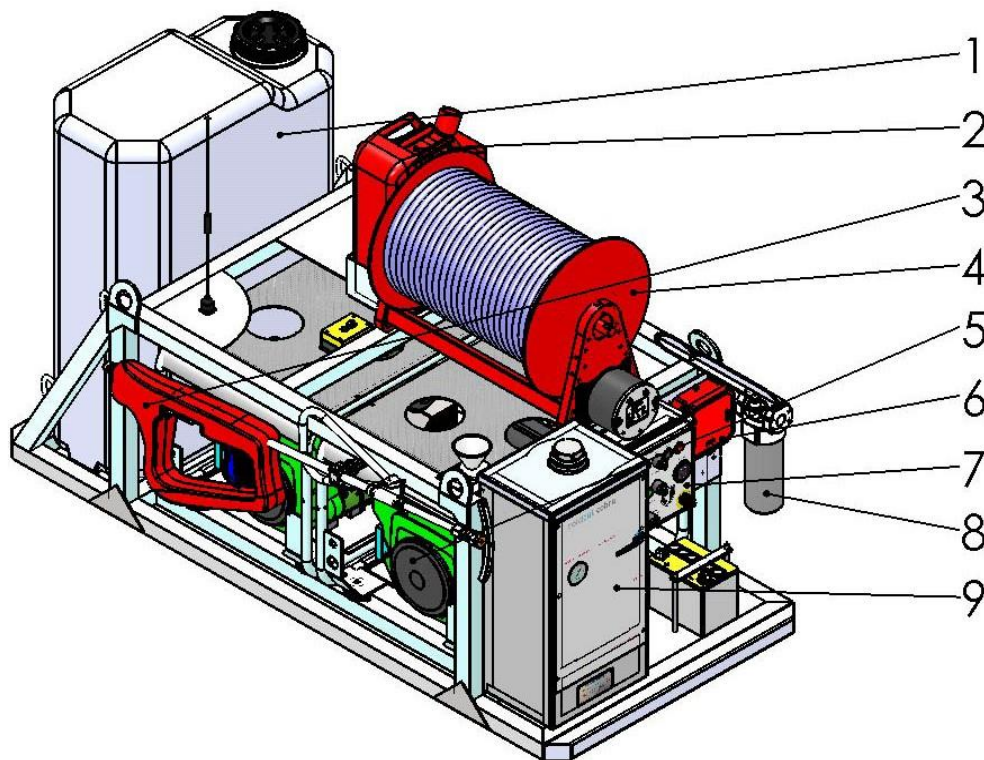


Рисунок 4. Основные компоненты установки пожаротушения «Кобра»  
1.Цистерна для воды; 2. Топливный бак; 3. Ствол- копьё; 4. Рукавная катушка и рукав;  
5. Силовая установка; 6. Радиосистема; 7. Система / панель управления;  
8.Водяной фильтр; 9. Емкость для абразива.

Основные тактико-технические характеристики установки «Кобра» отражены в таблице 1.

## Основные тактико-технические характеристики установки

Таблица 1.

№	Наименование параметра	Значение
1	Рабочее давление на выходе из насоса, атм	280-300
2	Расход воды, л/мин	56-60
3	Расход пенообразователя, л/мин	4
4	Расход абразива при резке, кг/мин	4,2
5	Скорость подачи воды на выходе из ствола, м/с	200
6	Объем емкости для абразива, л	10 или 20
7	Объем емкости для пенообразователя, л	10 или 23
8	Длина рукавной катушки, м	80
9	Габаритные характеристики ствола:	
а) Ствол для резки и «проколов»		
	– длина, ширина, высота, мм	1320x100x420
	– диаметр сопла, мм	2,3
	– масса, кг	5,6
б) Ствол для «проколов»		
	– длина, ширина, высота, мм	900x100x420
	– диаметр сопла, мм	1,6
	– масса, кг	5
10	Линейная скорость резки, см/мин	
	– углеродистая сталь толщиной 2мм	34
	– углеродистая сталь толщиной 12мм	5
11	Время проникновения, с	
	– углеродистая сталь толщиной 3мм	5-10
	– углеродистая сталь толщиной 10мм	30-40
	– бетон М300 толщиной 200мм	100

Установка может иметь автономный привод от двигателя внутреннего сгорания или электродвигателя. Также возможен привод от коробки отбора мощности автомобиля через механическую или гидравлическую передачу, которые приводят в действие насос высокого давления (2), обеспечивающий подачу огнетушащего вещества в рукавную линию. При необходимости резки конструкций через клапан (4) и штуцер (5), вода поступает в резервуар для абразива (7), где происходит образование гомогенной смеси абразива и воды, затем смесь подается в рукавную линию через трубопровод (6) и далее к распылительной форсунке (8), где за счет специального профиля сопла формируется фокусированная струя, направляемая на конструкцию (9), после разрушения которой тонкораспыленная струя (10) (водяной туман) попадает в отсек за конструкцией. Принципиальная схема установки пожаротушения показана на рисунке 5.

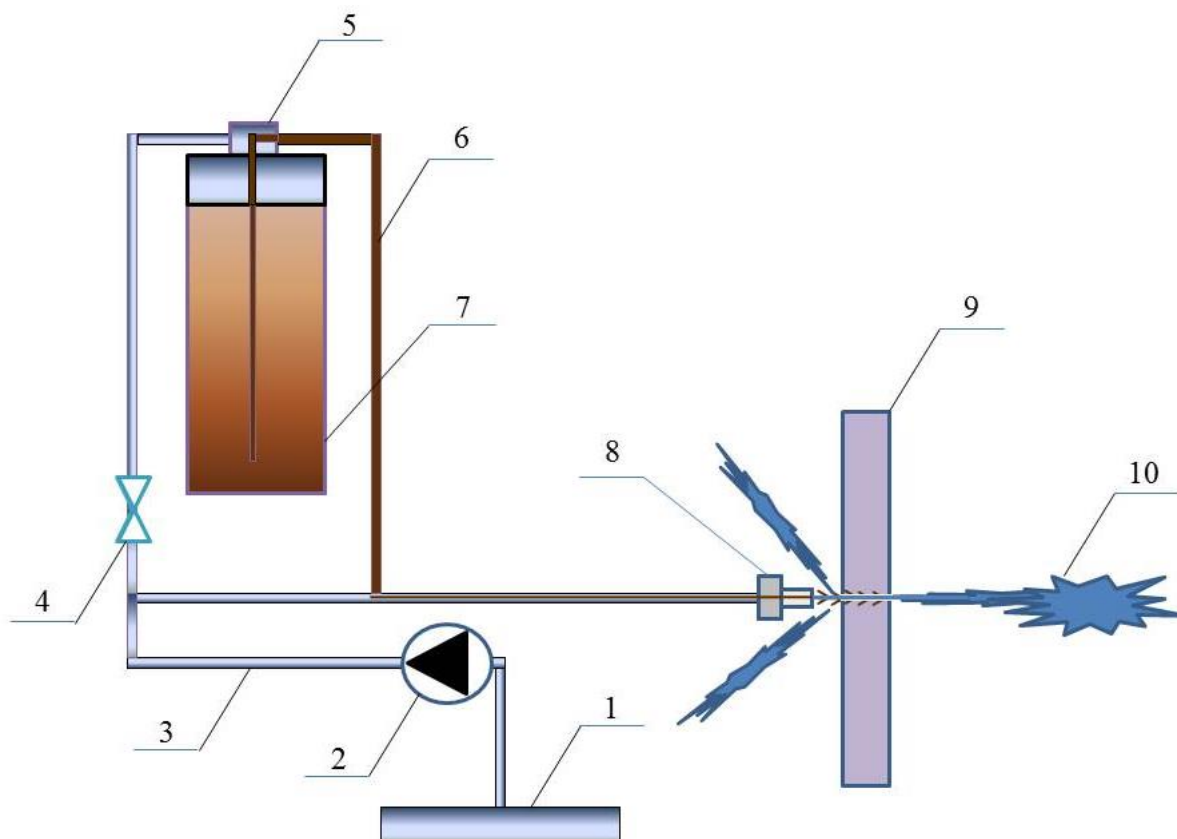


Рисунок 5. Принципиальная схема установки пожаротушения

1-Емкость для огнетушащих веществ; 2 - Насос высокого давления;

3 - Коммуникации для транспортировки ОТВ; 4 – Электронный клапан для подачи воды в абразивный резервуар; 5 – Горловина абразивного резервуара; 6 – Коммуникации для транспортировки абразива; 7- Абразивный резервуар; 8 – Распылительная насадка;

9 – Элемент конструкции здания; 10 – Тонкораспыленная струя ОТВ

Для эффективного применения установки пожаротушения необходимо знать параметры огнетушащей струи.

Исследования показали что струя, выходящая из ствола, распадается на различных расстояниях. Это связано с тем, что капли воды, формирующие струю, имеют разные диаметры и, соответственно, разную дальность подачи. Структура струи представляет собой поток жидкости, имеющий внутренний стержень, содержащий бóльшую часть воды и наружный угол с менее точным пучком. Было установлено, что на расстоянии около 7 метров от сопла струя распадается. Что касается общей дальности подачи, то было определено визуально, что длина составляет около 15 метров. Скорость капель воды после распада струи оценивается величиной порядка 5 - 10 м/с [8].

По данным шведских специалистов струя воды остается в компактной форме без каких-либо существенных отклонений сразу же после проникновения через прорезаемую поверхность, и имеет два различных характерных состояния, которые были оценены. В первой части до 5 метров отдельные капли струи отклоняются от центра на  $5^{\circ}$ , далее угол меняется на  $10^{\circ}$ , как показано на рисунке 6.

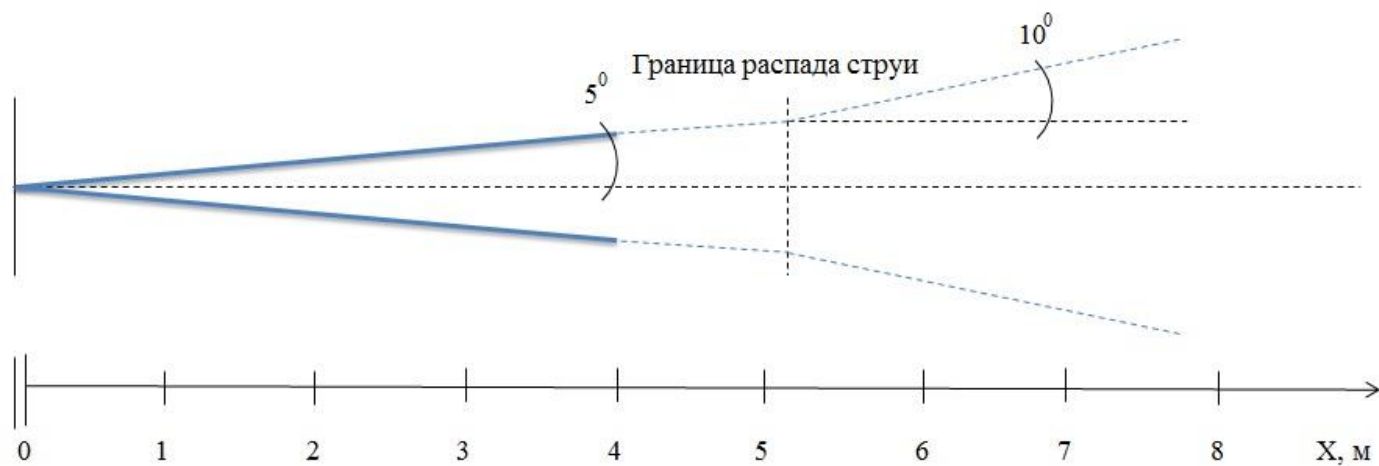


Рисунок 6. Распад струи после проникновения через разрезаемую поверхность

С практической точки зрения необходимо понимать, что наибольшая огнетушащая способность достигается, на расстоянии около 7 метров от прорезаемой поверхности (рисунок 7). Это необходимо учитывать при подаче в зону горения огнетушащих веществ, выбирая наиболее оптимальные участки работы.



Рисунок 7. Качественные показатели эффективности струи

Основные характеристики струи отражены в таблице 2.

### Основные характеристики струи

Таблица 2.

Дистанция от среза сопла, м	0	1	4	7
Диаметр «сердцевины» струи, мм	2	15	60	-
Внешний диаметр, мм	2	100	400	1100

Как правило, установки пожаротушения оснащаются стандартными 80-метровыми катушками. Рукав высокого давления предназначен для транспортировки по нему воды, смеси воды и абразива, раствора пенообразователя. При транспортировке абразива его основная масса сосредоточена в центре рукава, в связи с этим, при работе с абразивом, необходимо избегать изгиба рукава радиусом менее 50 см, так как это приводит к повышенному износу рукава (рисунок 8).

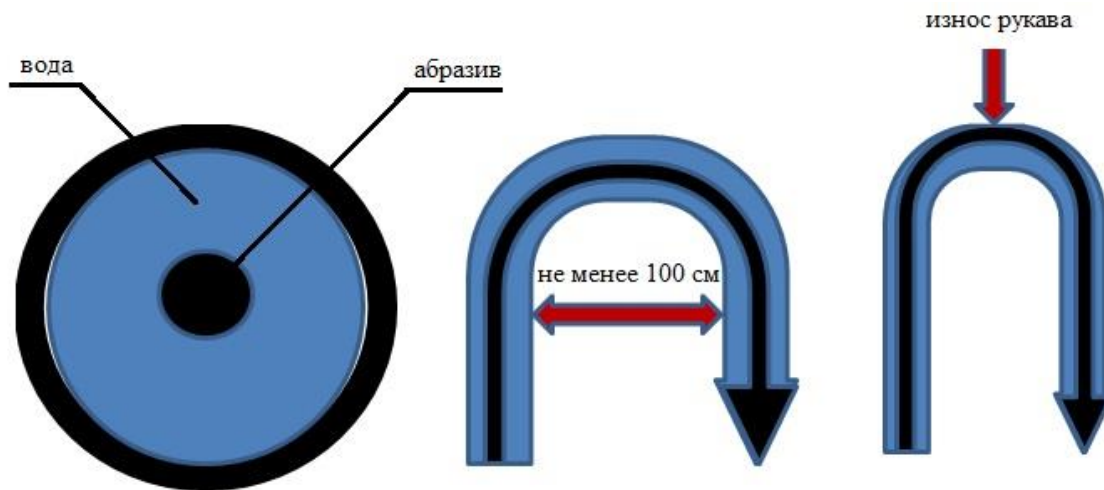


Рисунок 8. Движение воды и абразива по рукаву высокого давления

Эффективность установки сохраняется при давлении на стволе не ниже 260 атм. Таким образом, длина рукавной линии при прокладке по горизонтали теоретически может быть увеличена до 200 метров, но проведенные экспериментальные исследования (раздел 3.9) позволяют утверждать, что работоспособность установки сохраняется при длине рукавной линии около 400 метров.

### 1.3. Описание основных конструктивных особенностей установки пожаротушения

Установки пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки могут иметь различное исполнение, но принцип, реализуемый ими, остается прежним. Установка «Кобра», имеет несколько модификаций, различающихся между собой как по конструктивному исполнению, так и по типу привода.

Модели системы «Кобра»:

С 360 Н;

С 360 Р / С 330 Р;

С 360 В;

С 360 D;

С 330 М;

Специализированные решения.

В зависимости от вида системы, находящейся в подразделении, могут различаться и панель управления системой. Вся необходимая информация должна быть отражена в руководстве по эксплуатации на конкретную установку.

Рассмотрим далее основные компоненты установки пожаротушения (рисунок 9) [16].

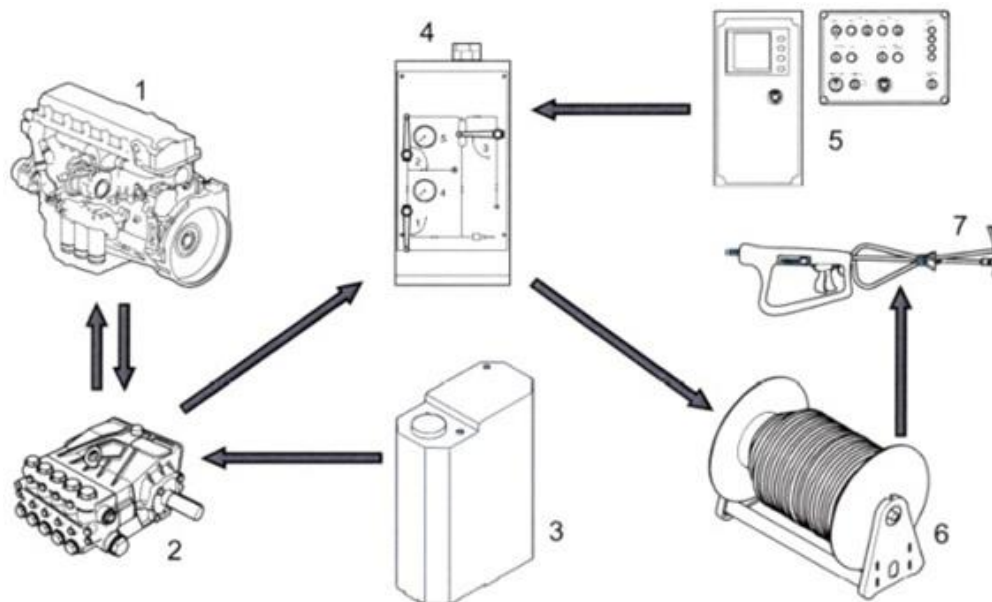


Рисунок 9. Основные элементы установки пожаротушения

1. Источник питания; 2. Насос высокого давления; 3. Бак с водой; 4. Абразивный сосуд;
5. Контрольная панель; 6. Рукавная катушка; 7. Ручной ствол.

Ручной ствол установки представляет собой устройство, обеспечивающее подачу воды, смеси воды и абразива, а также раствора пенообразователя для тушения пожара и резки конструкций. Ствол может иметь различную конфигурацию. Он может быть стандартным (1320 мм) или укороченным (900 мм), в зависимости от условий применения. Основные компоненты ствола отражены на рисунке 10.

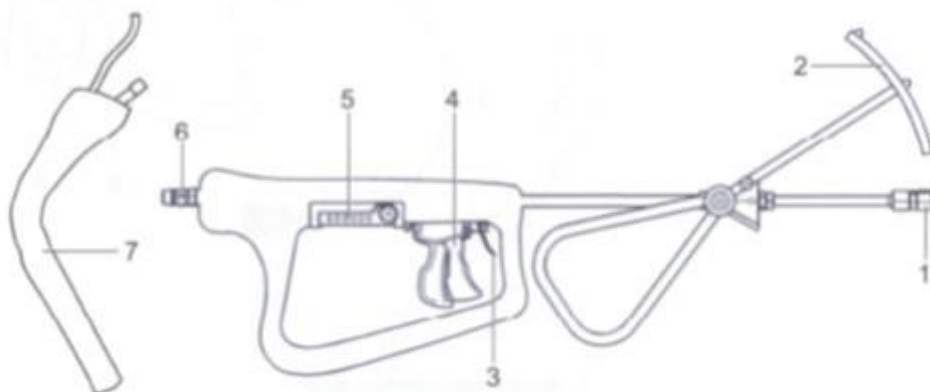


Рисунок 10. Основные компоненты стандартного ствола

1. Держатель форсунки и форсунка; 2. Упор для резки; 3. Рычаг для пуска абразива; 4. Рычаг для пуска воды; 5. Радиопередатчик с защищенным выключателем;
6. Быстроразъемное соединение; 7. Защитный чехол.

Одним из основных элементов ствола является распылительная форсунка, которая формирует на выходе водяной туман и обеспечивает точечную подачу абразивного материала в режиме резки конструкций. На рисунке 11 показано, как правильно должна быть выполнена сборка основных элементов форсунки. Ошибки в результате сборки приводят к неработоспособности установки.



Рисунок 11. Сборка элементов распылительной форсунки

При работе со стволом необходимо **учитывать воздействие на оператора возникающей реактивной силы**, которая составляет около 150 Н (~ 15кг). Особенно важно помнить об этом при работе на высотах или скользкой поверхности.

Управление работой установки осуществляется оператором за счет радиопередатчика, установленного на стволе или проводного управления. Радиопередатчик (рисунок 12) является мобильным, что позволяет осуществлять управление установкой на дистанции, либо при закреплении ствола на средство подачи. Питание радиопередатчика осуществляется за счет аккумуляторной батареи, расположенной в задней части передатчика. Светодиодный индикатор, находящийся на лицевой стороне радиопередатчика, сигнализирует о его включении и степени заряда батареи: зеленый сигнал свидетельствует о том, что батарея заряжена, красный – о том, что необходимо произвести замену или подзарядку аккумуляторной батареи.

При работе установки радиопередатчик закрепляется на стволе и при нажатии рычагов для подачи воды и абразива, за счет толкателей происходит воздействие на кнопки передатчика. Нажатие на кнопку (№3) осуществляет подачу воды, при подаче воды и абразива кнопки (№3) и (№4) нажимаются **одновременно**. Подача пенообразователя осуществляется при нажатии кнопки подачи пены вместе с кнопкой подачи воды, либо при включении насоса для подачи пенообразователя на пульте управления установкой, расположенной в автомобиле.

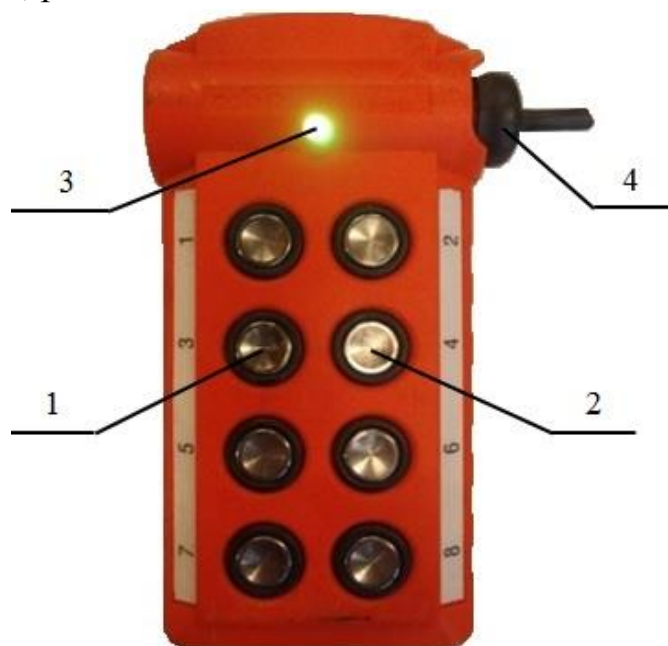


Рисунок 12. Радиопередатчик управления работой установки

1.Кнопка для подачи воды; 2. Кнопка для подачи абразива; 3. Индикатор включения пульта и заряда батареи; 4. Кнопка включения и выключения радиопередатчика

Конструктивные особенности ствола позволяют выполнять работы, связанные с резкой конструкций. Наличие на стволе упора для резки с тремя точечными упорами (рисунок 13) позволяет оптимизировать расстояние до разрезаемой поверхности, при выполнении точечных проколов, либо для резки круглого отверстия диаметром 60 мм.

Если упор для резки разблокирован, возможно выполнение продольных разрезов длиной 420 мм, либо резка отверстий диаметром 180 мм.



Рисунок 13. Упор для резки с тремя точечными опорами и системой фиксации

В зависимости от условий эксплуатации установка может быть оснащена укороченным стволом (рисунок 14). Удобство укороченного ствола заключается в его использовании в условиях, когда конструктивное исполнение объекта не позволяет в полной мере использовать возможности стандартного ствола. Однако при использовании укороченного ствола возможно проведение только «проколов».

**Важно помнить, что при использовании укороченного ствола возрастает угроза получения травм конечностей.**

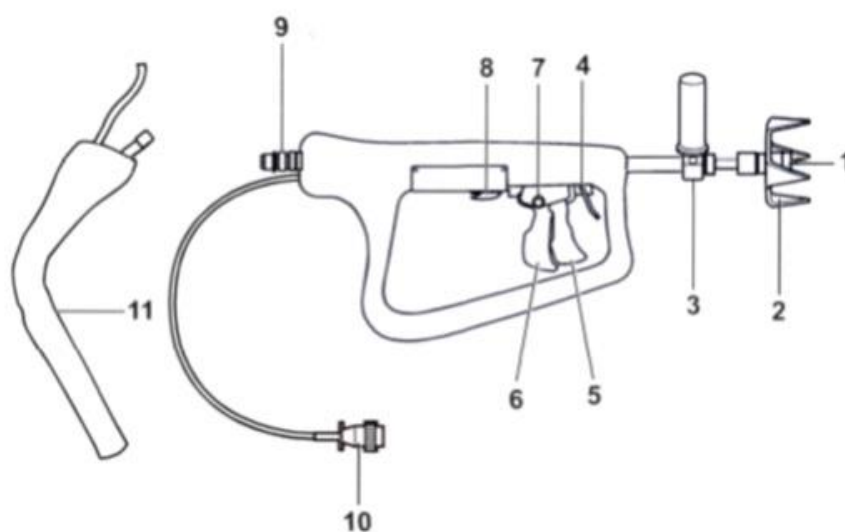


Рисунок 14. Основные компоненты укороченного ствола с проводным управлением

1. Форсункодержатель и форсунка; 2. Четыре точечных опоры; 3. Рукоятка; 4. Рычаг для пуска абразива; 5. Рычаг для пуска воды; 6. Ручка держатель; 7. Защитный переключатель; 8. Защитный переключатель; 9. Быстросъемное соединение; 10. Соединительный кабель; 11. Защитный чехол



Быстроразъёмное соединение ствола обеспечивает его замену, а наличие фиксатора – надежное крепление рукава высокого давления на стволе во время работы установки. Процесс разъединения ствола и рукава высокого давления показан на рисунке 15.



Рисунок 15. Порядок разъединения ствола и рукава высокого давления

Резервуар для абразива (рисунок 16) предназначен для хранения абразива и его дозирования в насосно-рукавную систему при резке. Сигнал на открытие клапана и дозирование абразива поступает от радиопередатчика, расположенного на стволе, при нажатии пускового рычага для подачи абразива. Подача абразива осуществляется **одновременно** с подачей воды.

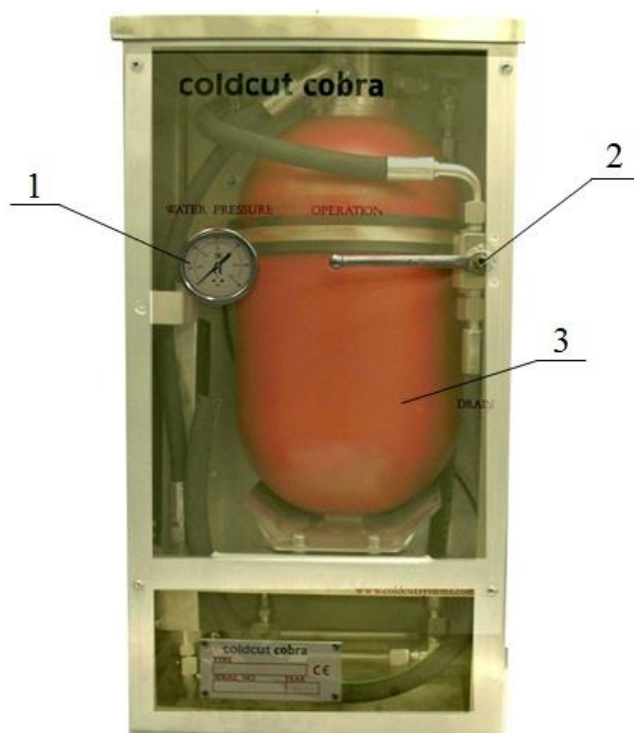


Рисунок 16. Абразивный резервуар

1. Датчик давления в сосуде; 2. Маховик дренажного клапана, 3. Емкость для абразива

При тушении пожара, когда возникает необходимость резки конструкций, нужно учитывать, что при заданном расходе абразива, емкости объемом 20 литров (около 38 кг абразива при насыпной плотности  $1900\text{кг/м}^3$ ) хватает примерно на 10 минут работы в режиме непрерывной подачи. Далее возникает необходимость заправки абразивного резервуара абразивом.

Абразивный резервуар оснащается манометром, который позволяет контролировать давление в системе. Необходимое рабочее давление в системе нагнетается насосом высокого давления. Производительность насоса может быть 28 л/мин, либо 60 л/мин. в зависимости от модификации установки. В большинстве случаев на пожарные автомобили устанавливаются насосы высокого давления с производительностью 60 л/мин и мощностью 33кВт (рисунок 17) [16].

Насос высокого давления работает при наличии внешнего источника питания. Система может использовать различные типы источников питания:

1. Один (С330Р) или два (С360Р) двигателя внутреннего сгорания.
2. Ремённый привод (С360В).
3. Гидравлические двигатели (С360Н).

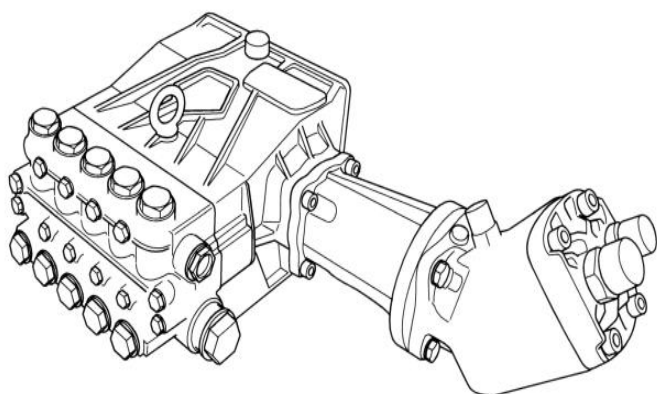


Рисунок 17. Насос высокого давления

Управление насосной установкой может осуществляться как со ствола, по радиоканалу, так и из насосного отсека автомобиля в режиме ручного управления.

В зависимости от модели установки, компоновка панели управления может быть различной, но основные органы управления на всех системах практически одинаковые. Рассмотрим положение основных компонентов управления установкой на примере панели управления, показанной на рисунке 18.

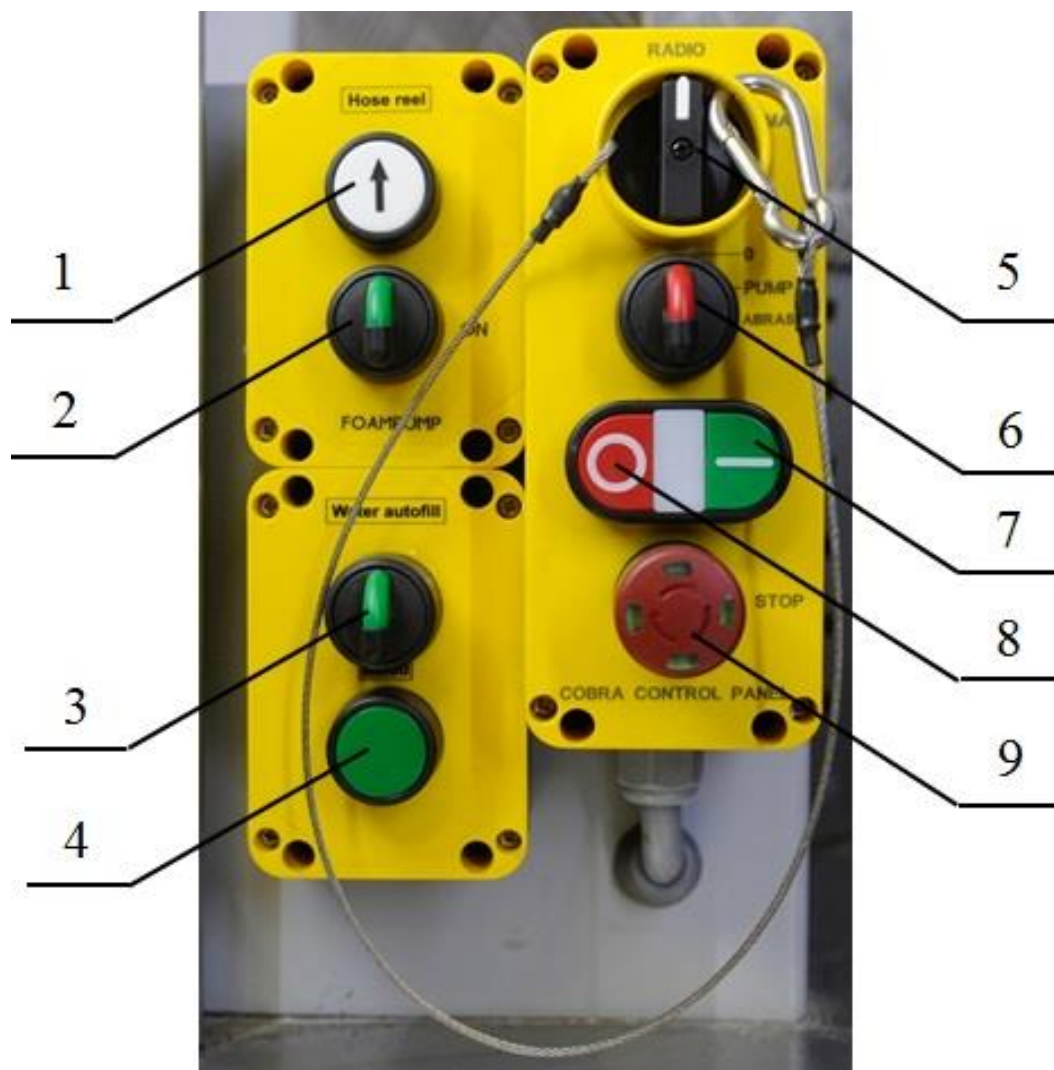


Рисунок 18. Панель управления установкой пожаротушения

1. Привод рукавной катушки для смотки рукава высокого давления;
2. Тумблер включения пенного насоса;
3. Тумблер включения автоматического заполнения емкости водой;
4. Кнопка клапана сброса давления из заливной магистрали;
5. Тумблер переключения режимов управления установкой Радио/Ручной;
6. Тумблер переключения режимов подачи воды и воды с абразивом в режиме ручного управления;
7. Кнопка включения электропитания системы;
8. Кнопка выключения электропитания системы;
9. Кнопка аварийной остановки системы

При помощи панели управления можно управлять работой установки в случае, если управление по радиоканалу невозможно. Как правило, в таких случаях управление осуществляется за счет передачи команд от оператора водителю автомобиля по средствам радиосвязи, что подразумевает наличие радиостанций у всего отделения, или жестами, а водитель управляет работой установки с панели управления.

Поступление воды в систему осуществляется из бака с водой. Если установкой оснащаются пожарные автомобили, имеющие цистерну для воды, то установка запитывается от нее. Так как в установке используется насос высокого давления поршневого типа, то предъявляются высокие требования к чистоте воды, подаваемой в насос. Для исключения попадания твердых частиц в емкость для воды при заправке автомобиля, на входе установлен проточный фильтр тонкой очистки.

От насоса вода, вода с абразивом или раствор пенообразователя подаются к стволу через рукав высокого давления. Рукав высокого давления находится в смотанном состоянии на рукавной катушке (рисунок 19).

Рукав разматывается вручную и наматывается на катушку как вручную, так и с помощью электрического двигателя. Электрический двигатель управляется с панели управления установкой. Когда катушка размотана на длину, подходящую для работы, для блокировки катушки в удобном положении необходимо затянуть стопорный винт. Перед намоткой стопорный винт должен быть ослаблен.

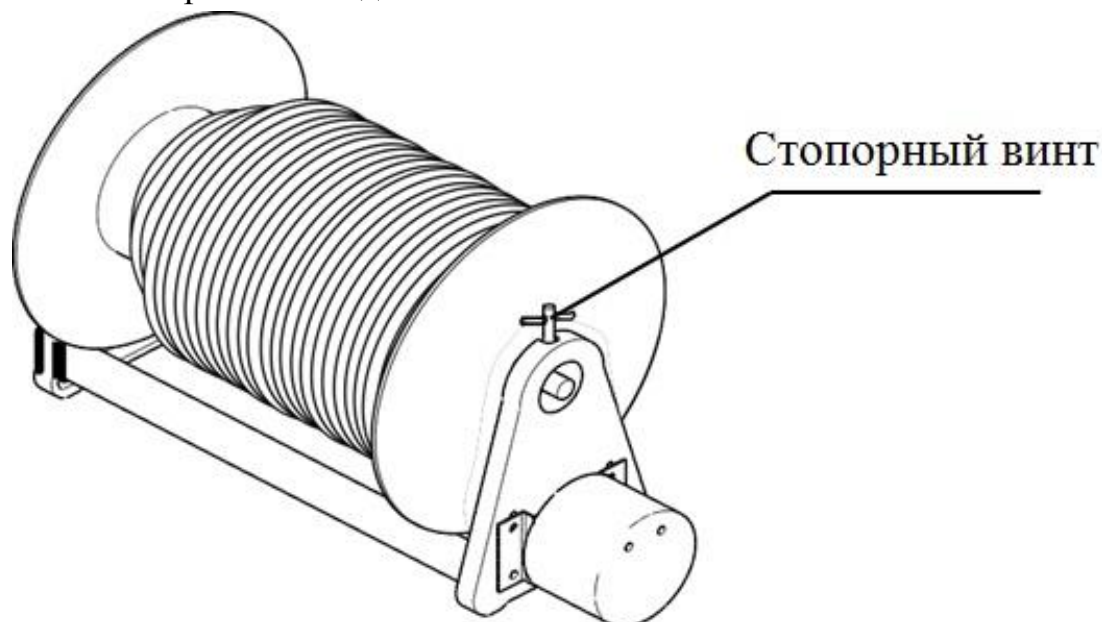


Рисунок 19. Рукавная катушка с рукавом высокого давления стандартной длины 80 м

При подаче только воды допускается работать, не раскручивая катушку полностью. При подаче воды с абразивом, в целях уменьшения износа рукава, рекомендуется раскручивать катушку полностью, при этом необходимо избегать перегибов рукава с радиусом менее полуметра.

При нажатии рычага подачи абразива система начинает дозировать абразив в рукавную линию, при этом нужно учитывать, что от момента открытия клапана до достижения абразивом форсунки требуется около 18-ти секунд. Понять, что абразив приближается к распылительной форсунке можно по характерному шипящему звуку, возникающему за счет трения абразива о стенки рукава.

Рассмотренные конструктивные элементы установки пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки позволяют сформировать представление о конструкции системы в целом. Помимо рассмотренных основных элементов, в зависимости от модели установки, они могут быть оснащены системами, обеспечивающими работоспособность при отрицательных температурах, системами дополнительного охлаждения гидропривода установки и др.

#### **1.4. Конструктивные особенности автомобилей, оснащенных установками пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки**

В настоящее время в странах Западной Европы и Великобритании около 10% основных пожарных автомобилей оснащены установками пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки, и это не считая стационарно установленных. Практическое применение установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки за 10 летний срок использования подтвердило их эффективность. На основании статистических данных по пожарам доказано, что в 8 из 10 случаев, при тактически правильном использовании, установки пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки эффективны в борьбе с пожарами.

В Российской Федерации накоплено еще мало опыта по использованию при тушении пожаров установок с возможностями гидроабразивной резки, но техника, оснащаемая ими, все интенсивнее поступает в пожарно-спасательные подразделения. В связи с этим, рассмотрим наиболее распространённые виды пожарных автомобилей, оснащенных установками пожаротушения, с возможностями гидроабразивной резки.

##### **АЦ 3,2-40/4 на шасси Камаз 43253**

Наиболее распространённым пожарным автомобилем, оснащённым установкой пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки, является пожарная автоцистерна АЦ 3,2-40/4 на шасси Камаз 43253 (рисунок 20). Рассматриваемый пожарный автомобиль серийно выпускается и находится на оснащении в большинстве подразделений пожарной охраны.



Рисунок 20. АЦ-3,2-40/4 (43253) с установкой пожаротушения «Кобра»

Автоцистерна пожарная АЦ-3,2-40/4 предназначена для тушения пожаров в жилых зданиях, сооружениях, на промышленных объектах, доставка к месту вызова расчета, пожарно-технического и аварийно-спасательного оборудования, запаса огнетушащих веществ.

Интегрирование в конструкцию автоцистерны установки пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки является эффективным решением, расширяющим тактические возможности автоцистерны. Установка довольно компактно размещена в отсеке пожарного автомобиля (рисунок 21), что позволяет сохранить необходимое для размещения другого ПТВиО пространство.



Рисунок 21. Размещение установки пожаротушения в отсеке АЦ-3,2-40/4

Наличие на автоцистерне установки пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки позволяет проводить дополнительные виды работ, такие как:

- подача тонкораспыленной воды и раствора пенообразователя под высоким давлением в горящие помещения, в скрытые очаги пожара для снижения температуры в горящих объемах, доступ к которым затруднен, либо невозможен;
- гидроабразивная резка конструкционных материалов, в том числе во взрывоопасных средах.

Применение установки позволяет устранить или значительно снизить воздействие опасных факторов пожара, возникающих в закрытых помещениях, воздействию которых могут быть подвергнуты участники тушения пожара.

На рисунке 22 показано, как осуществляется подача огнетушащих веществ в объем помещения через ограждающие конструкции, при этом ствольщик находится

снаружи, что способствует повышению его безопасности и исключает приток кислорода воздуха в зону горения.



Рисунок 22. Работа установки при подаче ОТВ через ограждающие конструкции

При использовании рассматриваемого автомобиля достигается условие, сокращающее время подачи ствола первой помощи. За счет своих весовых и технических характеристик рукав высокого давления может быть проложен быстрее обычной рукавной линии, а рукавная линия установки пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки обеспечивает маневренность ствольщику даже после подачи в нее огнетушащих веществ. За счет конструктивных особенностей автоцистерны, оснащенной установкой, обеспечивается и экономическая целесообразность использования установки, ведь на пожар прибывает один автомобиль, оснащенный двумя системами, вместо двух транспортных единиц.

Основные тактико-технические характеристики АЦ 3,2-40/4 на шасси Камаз 43253, оснащенной установкой пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки, отражены в таблице 3.

### Тактико-технические характеристики АЦ 3,2-40/4 с установкой пожаротушения

Таблица 3.

Наименование параметра	Значение
Колесная формула	4×2
Полная масса, кг, не более	15500
Насос	Rosenbauer NH-30
Вместимость цистерны для воды, л,	3200
Вместимость пенобака, л, не менее	200
<b>Параметры насоса:</b>	
Ступень нормального давления	40
Номинальная подача, л/с	

Наименование параметра	Значение
Напор насоса при номинальном числе оборотов, МПа	1,0
Наибольшая геометрическая высота всасывания, м, не более	7,5
Время забора с наибольшей геометрической высоты всасывания, с, не более	40
<i>Ступень высокого давления</i> Номинальная подача, л/с	4,0
Напор (общий) насоса при номинальном числе оборотов, МПа	Переменный 1,0÷5,0
<b>Установка пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки</b>	
Рабочее давление, МПа	28,0-30,0
Расход воды, л/мин	56-60
Расход пенообразователя, л/мин	4
Расход абразива при резке, кг/мин	4,2
Скорость подачи воды на выходе из ствола, м/с	200
Емкость для абразива, л	10
Объем емкости для пенообразователя, л	23
Длина рукавной катушки, м	80

### **Мобильный комплекс «Гюрза» для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ на объектах с конструкциями из высокопрочных материалов**

Одним из представителей отечественных разработок систем пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки является комплекс «Гюрза», предназначенный для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ на объектах с конструкциями из высокопрочных материалов (рисунок 23).



Рисунок 23. Мобильный комплекс «Гюрза» на шасси Silant



Мобильный комплекс «Гюрза» выполнен в виде отдельной пожарной единицы, способной проводить аварийно-спасательные работы по тушению пожаров на объектах с конструкциями из высокопрочных материалов.

Основные тактико-технические характеристики мобильного комплекса «Гюрза» отражены в таблице 4.

#### Тактико-технические характеристики мобильного комплекса «Гюрза»

Таблица 4.

Наименование параметра	Значение
Шасси	Silant
Тип двигателя установки	бензиновый
Вместимость цистерны, л	750
Расход ствола, не менее л/мин	50
Рабочее давление системы, МПа	30
Длина рукава высокого давления, м	80
Максимальная загрузка емкости с абразивом, кг	18
Расход абразива, е более кг/мин	1
Вместимость бака пенообразователя, л	10
Расход пенообразователя, не более, л/мин	0,5
Вес ствола-распылителя, не более, кг	6,7
<b>Технические характеристики вскрытия в режиме резки</b>	
Кирпичная стена 510 мм	15 сек.
Железобетон 30 мм	20 сек.
Конструктивная сталь 6 мм	20 сек.
Алюминиевый лист 20 мм	30 сек

Комплекс может работать в трех режимах:

– режим резки, где струя с абразивом подается со скоростью не менее 200 м/с и режет листовой металл, металлоконструкции, бетон, кирпич и другие строительные материалы;

– режим пожаротушения водой, при котором происходит ее подача в распыленном виде, снижая при этом температуру в объеме помещения и осаждая продукты горения;

– режим пожаротушения водой с добавкой пенообразователя позволяет производить тушение пожаров класса В.

Для обеспечения работоспособности установки в пожарной надстройке комплекса расположен двигатель внутреннего сгорания, который и обеспечивает работу насоса высокого давления.



Рисунок 24. Отсек с размещением установки

### **Пожарно-спасательный автомобиль АПСР на шасси КАМАЗ 4308**

Пожарно-спасательный автомобиль (далее – АПСР), предназначенный для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ. Выполнен на высокоманевренном шасси отечественного производства Камаз 4308 (рисунок 25).



Рисунок 25. Пожарно-спасательный автомобиль, оборудованный установкой пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки («Кобра») на шасси Камаз 4308

АПСР предназначен для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ на объектах с конструкциями из высокопрочных материалов.

Конструкция АПСР обеспечивает:

- доставку к месту пожара или ликвидации последствий ЧС пожарного расчета, аварийно-спасательного и пожарного оборудования, огнетушащих веществ;
- проведение различных аварийно-спасательных работ по ликвидации последствий ЧС и тушения пожаров;
- проведение аварийно-спасательных работ на объектах с конструкциями из высокопрочных материалов;
- автономное освещения места работ по ликвидации ЧС;
- подачу на тушение воздушно-механической пены низкой кратности;

Для выполнения работ по резке конструкций, тушению пожара и проведения аварийно-спасательных работ автомобиль оборудован установкой пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки.

Установка способна работать в трех режимах:

- резки;
- пожаротушения водой;
- пожаротушения водой с добавлением пенообразователя.

Источник питания представляет собой два автономно существующих бензиновых двигателя внутреннего сгорания, которые обеспечивают работоспособность насоса высокого давления, подающего ОТВ для целей пожаротушения или резки.

Отсек с установкой размещен в задней части автомобиля, что обеспечивает сохранение пространства для размещения остального ПТВиО.



Рисунок 26. Отсек с размещением установки пожаротушения

## Пожарно-спасательный автомобиль с установкой «Кобра» АЦ на шасси ГАЗ-33088



Рисунок 27. Пожарно-спасательный автомобиль с установкой «Кобра» на шасси ГАЗ-33088

Как и в случае с автомобилем АПСР установка размещается в заднем отсеке автомобиля, что обеспечивает удобство ее обслуживания и применения (рисунок 28).



Рисунок 28. Отсек с размещением установки пожаротушения «Кобра»

Для эффективного применения установки, автомобиль оснащается комплектом специального оборудования для проведения тактической вентиляции, а также комплектом аварийно-спасательного оборудования.

## Автомобиль быстрого реагирования АБР «Кобра»

Автомобили быстрого реагирования АБР «Кобра» базируются на легковом шасси типа Mercedes-Benz Sprinter или Volkswagen Crafter (рисунок 29). Легковые шасси автомобилей позволяет эффективно применять их в условиях городского движения и ограниченного пространства. Дополнительно к установке пожаротушения автомобили оснащаются комплектом аварийно-спасательного инструмента. Исходя из тактических особенностей установок, которые будут рассматриваться далее, автомобили оснащаются носимыми вентиляторами и специальными рукавами, обеспечивающими нагнетание свежего воздуха при выполнении тактического вентилирования.



Рисунок 29. АБР «Кобра» на шасси легковых автомобилей

Габаритные характеристики установок пожаротушения позволяют компактно размещать их в салоне автомобиля (рисунок 30).



Рисунок 30. Размещение установки пожаротушения в салоне автомобиля

Применение автомобилей, оснащенных установками пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки, не заменяет традиционные способы тушения пожара, а являются эффективным дополнением, которое во многих ситуациях может

не только обеспечить безопасные условия для работы пожарных, но и эффективно ликвидировать горение.

Для удобства управления силами и средствами на пожаре, а также для того, чтобы понимать какими специальными возможностями обладает та или иная пожарная и аварийно-спасательная техника, в Московском гарнизоне пожарной охраны введены специальные обозначения. Маркируется не только техника, но и снаряжение личного состава, который прошел обучение и допущен к работе с установкой или иным средством тушения.

Личный состав, прошедший обучение и допущенный к работе с установкой пожаротушения, обладающей возможностями гидроабразивной резки «Кобра», помимо основных обозначений на защитном шлеме пожарного, имеет дополнительное обозначение в виде индекса «К», который наносится перед номером подразделения, (**К-29, К-201** и др.) (рисунок 31) [17].



Рисунок 31. Обозначение на защитном шлеме специалиста по работе с системой пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки «Кобра»

При маркировке техники, помимо установленных обозначений, добавляется надпись «Кобра», если автомобиль оборудован именно этой системой [19] (рисунок 32).



Рисунок 32. Обозначение автомобилей, оборудованных установками пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки на примере системы «Кобра»

Наносимые обозначения на технику и оборудование помогают РТП и штабу пожаротушения оценивать возможности прибывающих подразделений и быстро ориентироваться в условиях пожара, особенно если привлечение сил и средств происходит по повышенному номеру вызова. Это условие помогает быстрее сосредоточить необходимое количество техники, оборудованной установками пожаротушения, на участке, где планируется их применение.

Помимо обозначений, наносимых на технику и оборудование, были разработаны и условные графические обозначения ствола «Кобра», необходимые для точного составления схем расстановки сил и средств при тушении пожаров (ЧС или иных происшествиях), а также для формирования у участников тушения пожара понимания, какая техника работает и какие виды стволов участвуют в тушении (рисунок 33).

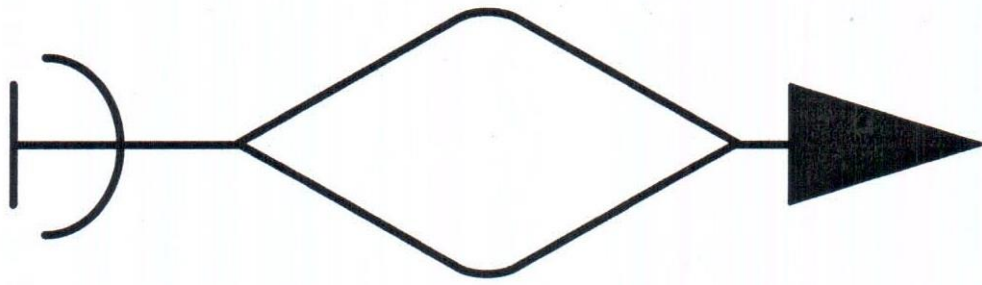


Рисунок 33. Графическое обозначение ствола установки «Кобра»

Рассмотренные выше особенности, связанные с историей возникновения, принципом действия и конструктивным исполнением дают общее представление о системах пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки. Понимания того, как запустить установку и как осуществляется резка конструкций недостаточно для ее эффективного применения. Для этого необходимо профессиональное представление о процессах, происходящих внутри горящего помещения и какие меры необходимо предпринять для эффективного тушения пожара. Для рассмотрения тактических особенностей применения автомобилей, оснащенных установками пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки при тушении пожаров, необходимо детально рассмотреть и изучить особенности динамики пожаров, происходящих в замкнутых объемах, и принципы их тушения.



## II. Параметры пожара

### 2.1. Процессы горения

Давно известно, что пожаром называется неконтролируемое горение вне специального очага, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства.

Рассматривая пожар с физической точки зрения, можно сказать, что это сложный комплекс физико-химических процессов, среди которых основным является процесс горения.

**Горение** – сложный физико-химический процесс превращения компонентов горючей смеси в продукты сгорания с интенсивным выделением тепла и свечением.

Основными условиями горения являются: наличие в зоне химических реакций горючего вещества и окислителя, а также непрерывное выделение в достаточном количестве тепла, необходимого для поддержания процесса горения.

Возникновение и распространение процесса горения по поверхности веществ и материалам происходит не сразу, а постепенно. Источник горения воздействует на горючее вещество, вызывая его нагревание, при этом в большой мере нагревается поверхностный слой, происходит активация поверхности, деструкция и испарение вещества материала вследствие термических и физических процессов, образование аэрозольных смесей, состоящих из газообразных продуктов деструкции и испарения (для жидкостей), достигает критических значений, происходит воспламенение продуктов и твердых частиц исходного вещества.

Весь процесс горения можно представить в виде так называемого «треугольника горения» (рисунок 34), основными компонентами которого будут являться:

1. Горючее вещество;
2. Кислород, содержащийся в воздухе (21% по объему), который находится в контакте с горючим веществом;

Источник зажигания (высокая температура), необходимые для воспламенения горючих газов.



Рисунок 34. «Треугольник горения»

«Треугольник горения» сочетает в себе компоненты, без которых процесс горения в большинстве случаев был бы невозможен. Зачастую наличие в достаточном количестве одного из рассмотренных компонентов влияет на процесс развития пожара, который в зависимости от условий может протекать по-разному. Также на развитие пожара могут влиять такие факторы как:

- удельная пожарная нагрузка;
- массовая скорость выгорания;
- линейная скорость распространения пламени по поверхности материалов;
- температура пожара;
- теплота пожара и др.

### **Удельная пожарная нагрузка**

Удельная пожарная нагрузка – количество теплоты, которое может выделиться в помещении при пожаре, отнесенное к площади размещения находящихся в помещении горючих и трудногорючих веществ и материалов.

Различают постоянную и временную пожарную нагрузку. В постоянную пожарную нагрузку включаются находящиеся в строительных конструкциях вещества и материалы, способные гореть (оконные рамы, деревянный пол и т.п.). Во временную пожарную нагрузку включаются вещества и материалы, обращающиеся в производстве, в том числе технологическое и санитарно-техническое оборудование, изоляция, материалы, находящиеся в расходных складах, мебель и другие, способные гореть предметы. Расчетная пожарная нагрузка для зданий и сооружений характеризует продолжительность пожара (чем больше нагрузка, тем продолжительней будет пожар).

### **Массовая скорость выгорания**

Массовая скорость выгорания характеризует скорость термического разложения материалов и сопровождается уменьшением их массы.

Под массовой скоростью выгорания понимают потерю массы материала в единицу времени при горении со всей площади пожара.

По сути, массовая скорость выгорания - это скорость газификации горючего, отнесенная к  $1 \text{ м}^2$  площади пожара, и она называется *удельной массовой скоростью выгорания*.

### **Линейная скорость распространения горения**

Линейная скорость распространения горения представляет собой физическую величину, характеризующую поступательное движение фронта пламени по поверхности горючего материала в единицу времени. Она зависит от вида и природы горючих веществ и материалов, от начальной температуры, дисперсности и пространственного расположения, интенсивности газообмена на пожаре, направления движения конвективных газовых потоков и других факторов.

## Температура пожара

Под температурой внутреннего пожара (пожара в помещении или замкнутом объеме) понимают среднеобъемную температуру газовой среды, находящейся в помещении, под температурой открытого пожара – максимальную температуру пламени.

## Теплота пожара

Теплота пожара, это количество тепла, выделяющееся в зоне горения в единицу времени. Она зависит от массовой скорости выгорания ( $V_m$ , [кг/с]), низшей теплоты сгорания вещества ( $Q_n$ , [кДж/кг]), и полноты сгорания вещества:

$$q_n = v_m \cdot Q_n \cdot \beta \text{ кВт} \quad (1)$$

где  $\beta$  - коэффициент полноты сгорания.

Для пожаров, регулируемых вентиляцией (притоком воздуха), увеличение притока воздуха обычно приводит к увеличению теплоты пожара.

## 2.2. Газовый обмен на пожаре

Как правило, на пожарах горение является диффузионным и выражается это в том, что скорость химической реакции зависит от скорости притока воздуха извне, а также от скорости удаления образующихся газообразных продуктов. Данный процесс называется газообменом.

При пожаре в результате термического воздействия выделяются газообразные, жидкие и твердые вещества. Их называют продуктами горения. Они распространяются в газовой среде и создают задымление.

**Дым** – дисперсная система, состоящая из газов, паров и раскаленных твердых мелких частиц.

При горении твердых материалов в огне происходит выделение летучих горючих газов, их воспламенение над огнем вызывает появление столба пламени и горячих дымовых газов, которые благодаря тому, что их плотность ниже плотности холодного окружающего воздуха, перемещаются вверх.

Движение дыма и горячих газов при пожаре в здании определяется двумя главными факторами:

- собственной подвижностью (плавучестью) дыма;
- циркуляцией воздуха в здании, которая не оказывает большого влияния на силу пожара, но может способствовать распространению дыма.

Вблизи огня доминирует первый фактор, а при увеличении расстояния от огня (где дым менее нагрет) возрастает влияние второго фактора.

Движение дыма из-за собственной плавучести обусловлено, во-первых, разностью давлений при расширении газов во время нагрева огнем и, во-вторых, разностью плотностей горячих газов над огнем и менее нагретого воздуха вокруг огня.

Циркуляция воздуха в здании может быть охарактеризована тремя независимыми факторами:

– эффектом «дымовой трубы», при котором возникает разность давлений из-за разности температур воздуха внутри и снаружи здания; благодаря этому эффекту воздух внутри здания может двигаться вверх или вниз в зависимости от того, выше или ниже его температура по сравнению с температурой наружного воздуха;

– воздействием ветра: все здания имеют большее или меньшее количество щелей, через которые проникает ветер, способствуя движению воздуха внутри здания;

– наличием в здании систем принудительной вентиляции.

Когда пожар произошел в здании, имеющем отверстия в ограждающих конструкциях, давление на уровне пола несколько ниже атмосферного (кислород воздуха поступает в зону горения), а давление под потолком немного превышает атмосферное. На каком-то уровне между этими крайними положениями находится зона, где давление изнутри и снаружи здания равны, - так называемая «нейтральная зона» или «плоскость равных давлений» (далее - ПРД) (рисунок 35).

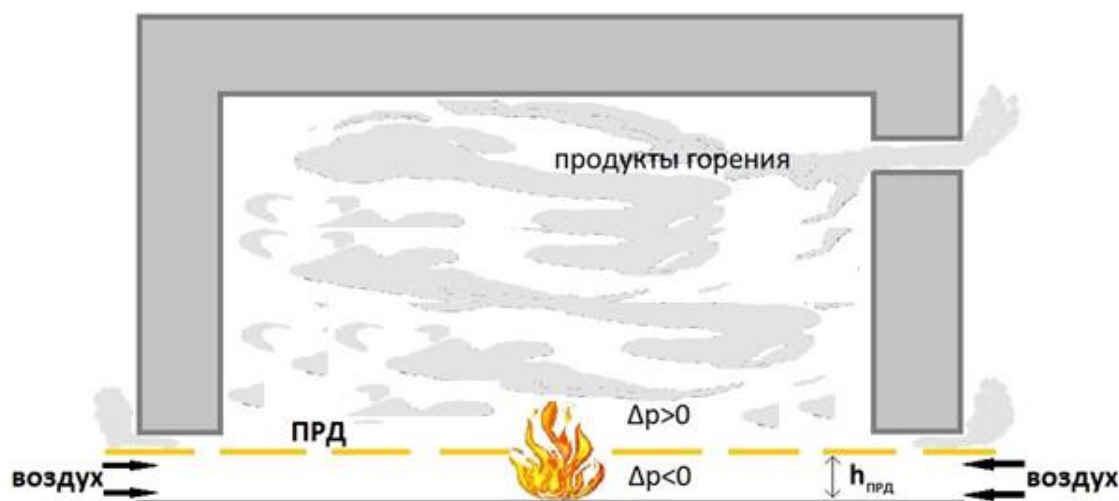


Рисунок 35. Схема газообмена в помещении

$h_{\text{ПРД}}$  – высота плоскости равных давлений;

$P$  – избыточное давление газовой среды.

Через все отверстия, расположенные выше ПРД, продукты горения выходят из помещения, а все что ниже ПРД работает на приток воздуха к зоне горения. Положение ПРД зависит, главным образом, от температуры газов и размеров отверстий в ограждающих конструкциях помещения. Пока ПРД располагается выше верхней отметки проема, газы из помещения не удаляются, и проем работает только на приток воздуха (рисунок 36а). Если ПРД находится между верхней и нижней отметками проема, выше ПРД из помещения выходят нагретые газы, ниже - в помещение поступает воздух (рисунок 36б). В тех случаях, когда ПРД опускается ниже нижней отметки проема, приток воздуха в помещение прекращается, интенсивность горения уменьшается, массовая скорость выгорания падает (рисунок 36в). Вследствие этого уменьшается объем выделяющихся газов и, соответственно, давление в помещении. Плоскость равных давлений поднимается, и в помещение поступает воздух (рисунок 36г).



а)



б)



г)



в)

Рисунок 36. Высота плоскости равных давлений в зависимости от стадии пожара

Горючие газы могут воспламеняться или взрываться, если они смешаны в определенных соотношениях с воздухом и нагреты не ниже температуры их воспламенения.

Различают нижний и верхний пределы взрываемости — минимальное и максимальное процентное содержание газа в смеси, при которых может произойти ее воспламенение и взрыв (рисунок 37).



Рисунок 37. Параметры образования взрывоопасных концентраций

По химической сущности взрыв газовой смеси представляет собой процесс мгновенного горения, приводящий к образованию продуктов горения, имеющих высокую температуру и повышению давления в помещении.

Пределы взрываемости смесей горючих газов с воздухом различны и зависят от химических свойств дыма. Основной причиной воспламенения дыма при пожаре является резкое понижение концентрации дымового облака, например, при открывании двери в задымленное помещение. Именно при этих условиях зачастую пожарные могут столкнуться с возникновением таких эффектов как обратная тяга или объемная вспышка, о которых будет говориться далее.

По характеру газообмена пожары делятся на открытые и внутренние.

Первые протекают на открытом пространстве, вторые - в помещениях. На внутренних пожарах параметры горения, возможность и скорость распространения пожара определяются не только физико-химическими свойствами, количеством и характером распределения горючих материалов, но и такими факторами, как проемность помещения, его высота, размеры очага. Если в силу ряда причин процесс горения не распространился на все горючие предметы или материалы, находящиеся в помещении, внутренний пожар называется локальным; если горением охвачено все помещение - объемным.

### 2.3. Теплообмен на пожаре

По своей природе процесс горения является химической реакцией между горючим веществом и окислителем, которая протекает с выделением тепла. Часть тепла расходуется в зоне химических реакций на нагрев продуктов горения и поддержание горения, часть – передается в окружающую среду, а часть идет на нагрев горючих материалов, располагающихся в помещении или вблизи от источника горения. Данный процесс является теплообменом.

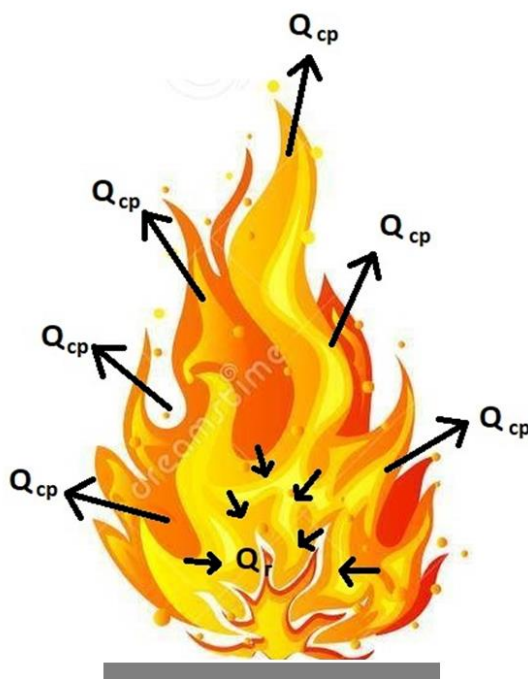


Рисунок 38. Выделение тепла в зоне горения

Во время пожара присутствуют все три вида теплообмена. Однако их соотношение может быть разным в зависимости от вида пожара, стадии его развития, свойств горючего вещества.

**Теплопроводность (Кондукция)** – процесс, при котором теплота передается от одной части вещества к соседней без видимого перемещения вещества. Теплопроводность определяет время прогрева горючих материалов под действием теплового потока до температуры воспламенения и, следовательно, влияет на скорость распространения пожара. При установившемся горении теплопроводность определяет поведение строительных и ограждающих конструкций при пожаре, в результате прогрева которых могут быть достигнуты критические значения по несущей способности.

**Конвекция** – процесс, при котором часть горячего вещества движется, как единое целое, перенося тем самым свою теплоту в другую область. Конвекция существует в жидкостях и газах, но отсутствует в твердых телах. Примером огромного конвективного потока является ветер. Конвективный теплообмен значительно присутствует на всех стадиях пожара.

При пожарах в помещениях влияние конвекции зависит от стадии пожара, интенсивности тепловыделения в очаге, геометрии помещения и других факторов. Например, при недостаточной вентиляции под потолком может скапливаться теплый воздух. Очаг пожара в самом начале его развития, как правило, является точечным с небольшой интенсивностью тепловыделения. В этом случае разность плотностей восходящих газов и воздуха по высоте помещения быстро убывает. Кроме того, факел, формируемый восходящими потоками, интенсивно охлаждается вследствие разбавления воздухом. Все это приводит к тому, что подъемная сила уменьшается и может стать недостаточной для преодоления сил вязкого сопротивления еще до того, как газовый поток достигнет потолка. В случаях, когда такая ситуация реализуется, помещение задымляется практически равномерно по всей высоте, что затрудняет эвакуацию людей.

По мере развития процесса горения температура газов в конвективной колонке повышается, ее высота увеличивается и достигает потолка. Газы растекаются вдоль потолка, вызывая конвективный перенос тепла в строительные конструкции. Постепенно в конвективные потоки вовлекается весь объем воздуха, находящегося в помещении, и начинают прогреваться горючие материалы, находящиеся на удалении от очага пожара. Если среднеобъемная температура газовой среды превысит температуру воспламенения горючих материалов, может произойти мгновенный охват пламенем всего помещения. Это явление называется «общей вспышкой».

**Излучение (Радиация).** Излучение является определяющим видом передачи тепла на пожаре, так как его действие может проявляться на больших расстояниях.

Такое распространение теплоты происходит чрезвычайно быстро и строго прямолинейно, поэтому его и называют «излучением» или «радиацией». Этот термин присущ любому потоку, который прямолинейно расходится во все стороны, подобно

спицам колеса. Опыты показывают, что все виды такого излучения представляют собой расходящиеся электромагнитные волны, к которым относится и солнечный свет.

На внутренних пожарах, в помещениях с низким потолком (обычно менее 3м) пламя вместе с конвективной колонкой быстро достигает потолка и отклоняется в горизонтальном направлении. В результате этого увеличивается тепловой поток, действующий на материалы, расположенные внизу. Если лучистый тепловой поток превышает критическую величину, то через определенное время его воздействия при появлении источника зажигания облучаемый материал воспламеняется (рисунок 39).

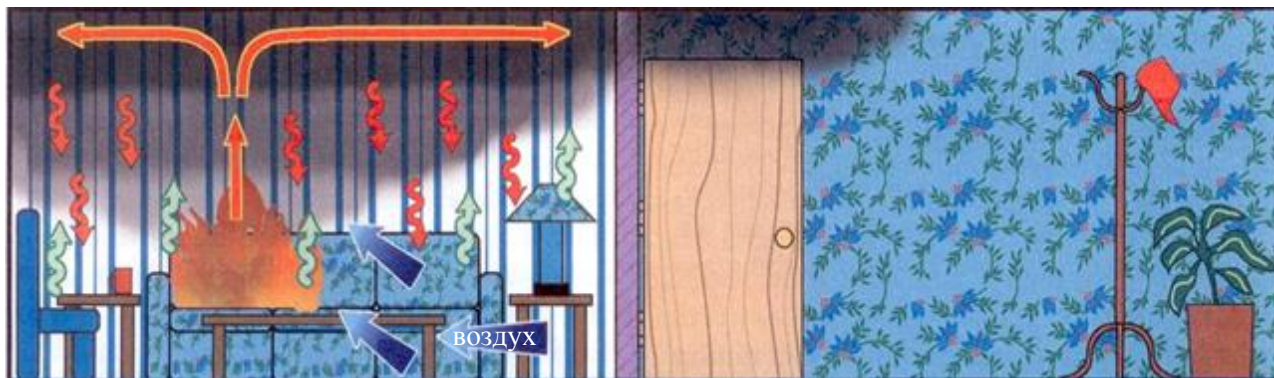


Рисунок 39. Влияние излучения на развитие внутреннего пожара

Зависимость времени воспламенения  $\tau_v$  от плотности падающего теплового потока описывается формулой (2):

$$\tau_v = \frac{A}{(q - q_{кр})^n} \quad (2)$$

где  $A, n$  – эмпирические коэффициенты,  $A = 4,36 \cdot 10^3$ ,  $n = 1,61$ ;

$q$  – падающий тепловой поток, кВт/м<sup>2</sup>;

$q_{кр}$  – критический тепловой поток, кВт/м<sup>2</sup>.

Величина  $q_{кр}$  зависит от вида горючего материала. Например, для чистой древесины она составляет 10–12 кВт/м<sup>2</sup>, для обугленной – 16–20 кВт/м<sup>2</sup>, для ДСП – 12 кВт/м<sup>2</sup>. Это означает, что при отсутствии источника зажигания может произойти самовоспламенение поверхности. Так, сосновая древесина самовоспламеняется при тепловом потоке 33,5 кВт/м<sup>2</sup> через 120 с; хлопчатобумажная набивная ткань при тепловом потоке 29,8 кВт/м<sup>2</sup> – через 9 с.

На пожаре источником тепла является зона горения (см. п.2.4). Интенсивность тепловыделения прямо пропорциональна массовой скорости выгорания.

Если бы тепло, выделяющееся в зоне горения, расходовалось только на нагрев газовой среды внутри помещения, то ее максимальная температура постепенно достигала бы температуры пламени.

Однако часть тепла, выделяющегося в зоне горения, поглощают строительные конструкции, часть теряется в результате излучения через открытые проемы, затрачивается на нагрев горючих материалов (главным образом в ходе начальной



стадии пожара п.2.4), уходит из помещения вместе с продуктами горения через проемы.

Установлено, что с увеличением теплопроводности ограждающих конструкций огневого отсека максимальная температура пожара снижается. Тепло, которое теряется в результате излучения, зависит как от площади проемов, так и от излучательной способности пламени.

Например, пламя горящего спирта прозрачное, малокоптящее. Его излучательная способность низкая. Нефтепродукты и твердые горючие материалы при горении выделяют большое количество сажи (коптящее пламя), которая в пламени нагревается до температуры свечения. Пламя таких материалов имеет более низкую температуру, но более высокую интенсивность излучения.

Интенсивность поглощения тепла горючими веществами зависит от их теплофизических свойств и проявляется главным образом на начальной стадии пожара, что оказывает малое влияние на температуру пожара.

Таким образом, интенсивность поглощения тепла горючими веществами и ограждающими конструкциями обусловлены характеристиками огневого отсека (горящего помещения) и горючих материалов. Поэтому управлять потерями тепла наиболее эффективно путем увеличения интенсивности удаления тепла из помещения нагретыми газами.

Рассмотренные выше особенности позволяют говорить о том, что процессы горения, тепло и газообмена взаимосвязаны между собой и являются основополагающими при пожаре. За счет них происходит распространение огня, прогрев горючих материалов, строительных конструкций, заполнение помещения продуктами горения, перенос продуктов горения на значительные расстояния, что создает немало трудностей, связанных как со спасением людей, так и с тушением пожара в целом.

## **2.4. Зоны и стадии пожара**

### **2.4.1 Зоны пожара**

Пространство, в котором развивается пожар, условно подразделяется на три зоны: горения, теплового воздействия и задымления. Установить четкие границы зон пожара практически не представляется возможным, так как происходит их непрерывное изменение, и можно говорить лишь об условном их расположении. Такое условное деление пространства пожара трактуется в пожарной тактике с целью решения организационных вопросов пожаротушения.

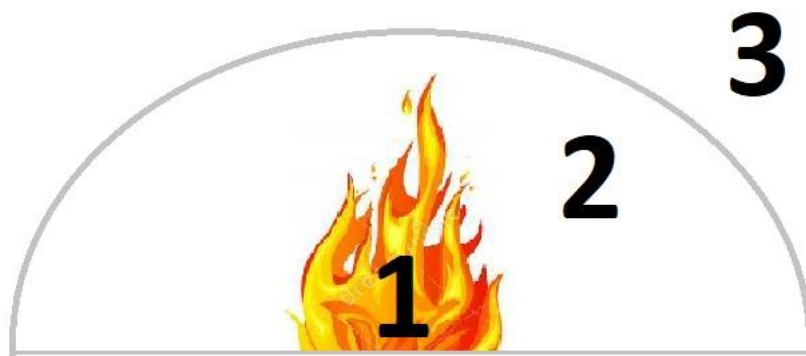


Рисунок 40. Зоны пожара

1. Зона горения; 2. Зона теплового воздействия; 3. Зона задымления

### **Зона горения**

**Зона горения** – это часть пространства, в котором происходит процесс горения, как в гомогенном (горение паров бензина), так и в гетерогенном (тление дерева) режимах. При пожарах газов и жидкостей зоной горения считается объем видимого пламени. Горение твердых горючих материалов (ТГМ) в силу ряда причин может быть беспламенным (гетерогенным). У некоторых ТГМ (табак, хлопок, войлок и др.) этот вид горения является преобладающим. В таких случаях зона горения совпадает с поверхностью горения. Для большинства же ТГМ на пожаре характерно наличие обоих видов горения.

На внутренних пожарах, при полном охвате пламенем помещения, зоной горения считается весь его объем. До этого момента, то есть на стадии распространения пожара, в зону горения включаются объем пламени и тлеющие участки материала.

### **Зона теплового воздействия**

**Зона теплового воздействия** – это часть пространства, примыкающая к зоне горения, в которой процессы теплообмена приводят к заметному изменению состояния материалов и конструкций, а также делают невозможным пребывание людей без средств тепловой защиты.

Для тела человека без тепловой защиты граница зоны теплового воздействия определяется по двум параметрам: повышенной температуре –  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  и плотности теплового потока –  $1,4\text{ кВт/м}^2$ . Для конструкций и материалов границей данной зоны является расстояние, на котором плотность падающего теплового потока равна критической.

На внутренних пожарах зона теплового воздействия ограничена строительными конструкциями. Факел пламени, вырывающийся из проемов, облучает фасад здания и конструкции, расположенные выше. Принято считать, что при развившемся пожаре пламя достигает середины вышерасположенного этажа. Если горят два или больше этажей, расположенных один над другим, пламя вытягивается. Это объясняется тем, что газы, поступающие в факел из каждого этажа, не успевают сразу смешиваться с воздухом и горючая смесь образуется во время их движения в конвективной колонке.

Граница зоны теплового воздействия, определяемая конвективными потоками в здании, зависит от вентиляции здания. Чем сильнее разбавляются воздухом газы, выходящие из помещения с очагом пожара, тем ниже их температура и короче зона теплового воздействия.

### **Зона задымления**

Под **зоной задымления** понимается часть пространства, примыкающая к зоне горения, в которой концентрация продуктов горения создает угрозу для жизни и здоровья людей или затрудняет действия пожарных. Границы задымления определяют показатели, представляющие опасность для жизни и здоровья людей: видимость, пониженная концентрация кислорода, предельно допустимая концентрация продуктов горения и пиролиза. При пожарах в зданиях и сооружениях опасные факторы пожара являются основным препятствием для выполнения действий пожарными подразделениями по решению поставленных задач, создают опасность для жизни и здоровья людей, оказавшихся в зоне задымления. Особое влияние зона задымления оказывает на обстановку пожара в зданиях повышенной этажности и на объектах с массовым сосредоточением людей. Зона задымления может включать в себя всю зону теплового воздействия и значительно превышать ее.

На открытых пожарах положение зоны задымления зависит от площади пожара и скорости ветра. При скорости ветра менее 2 м/с дым уходит вверх, а при скорости ветра более 8 м/с – прижимается к земле и интенсивно разбавляется воздухом. В обоих случаях дым практически не оказывает влияния на действия людей. Таким образом, на открытых пожарах зона задымления проявляется при скорости ветра от 2 до 8 м/с.

На внутренних пожарах дым является наиболее опасным фактором. Размеры зоны задымления в помещении (здании) зависят от условий распространения газовых потоков и газообмена очага пожара с внешней средой.

### **2.4.2 Стадии пожара**

Любой пожар, при наличии трех основных компонентов, проходит четыре стадии:

1. начальную;
2. стадию развивающегося пожара;
3. развитую стадию пожара;
4. затухания.

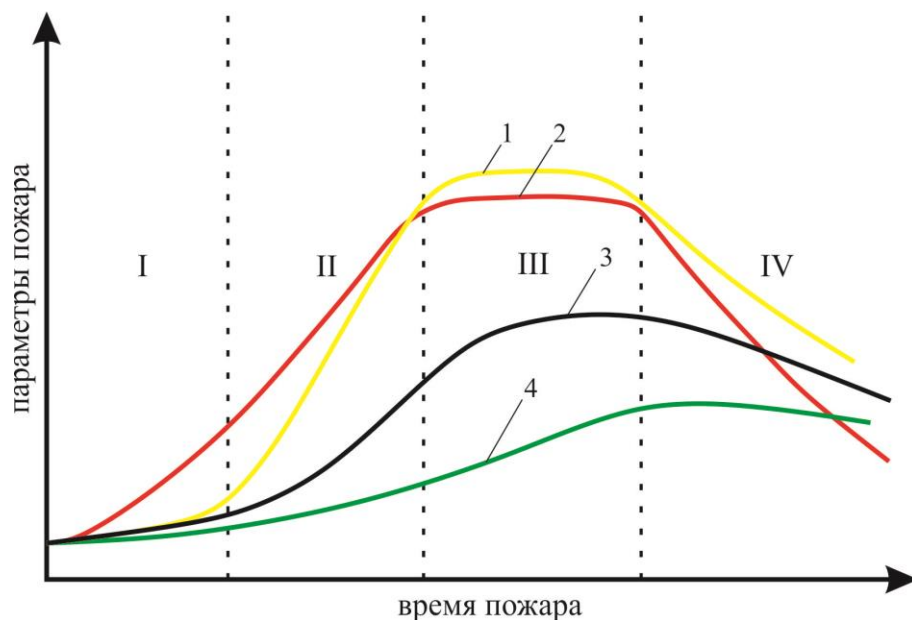


Рисунок 41. Зависимости параметров пожара от времени

1 – температура пожара; 2 – скорость выгорания; 3 – температура поверхности строительной конструкции; 4 – температура прогрева защитного слоя.  
 I – начальная стадия; II – стадия развивающегося пожара; III – развитая стадия; IV – затухания

### I – Начальная стадия

**Начальной стадии** соответствует время развития пожара от момента зажигания до момента, когда помещение будет полностью охвачено огнем. На этой стадии происходит нарастание температуры в помещении и снижение плотности газов в нем. При этом количество удаляемых газов через проемы больше, чем количество поступающего воздуха вместе с перешедшими в газообразное состояние горючими материалами и веществами.

На начальной стадии пожара воздух и продукты горения в помещении увеличиваются в объеме, создается избыточное давление, в результате чего газовая смесь выходит из него через неплотности в стыках строительных конструкций, зазорах в притворах дверей, окон, воздуховодах и через другие отверстия. Горение поддерживается кислородом воздуха в помещении, концентрация которого постепенно снижается. Если помещение достаточно изолировано от окружающей среды, например, не нарушено остекление оконных проемов или они вообще отсутствуют, плотно закрыты двери и перекрыты заслонки на воздуховодах, развитие процесса горения в нем может замедлиться или прекратиться вообще. В противном случае на начальной стадии пожара горение распространяется на значительную площадь помещения, прогреваются конструкции и материалы, среднеобъемная температура в помещении поднимается до 200-300°C, в дыму возрастает содержание оксида и диоксида углерода, происходит интенсивное дымообразование, снижающее видимость.

В зависимости от объема помещения, степени его герметизации и распределения пожарной нагрузки начальная стадия пожара продолжается 5-40 мин (иногда может

достигать нескольких часов). Однако опасные для человека условия возникают уже через 1-6 мин.

Начальная стадия пожара, как правило, не оказывает существенного влияния на огнестойкость строительных конструкций, поскольку температуры пока еще сравнительно невелики.

## **II – Стадия развивающегося пожара**

Стадия развивающегося пожара включает период времени от полного охвата пламенем поверхности пожарной нагрузки до достижения постоянной скорости выгорания материалов пожарной нагрузки. Характеризуется резким подъемом скорости тепловыделения и ростом температуры в помещении. В период развивающейся стадии пожара строительные конструкции подвергаются нарастающему интенсивному тепловому воздействию.

## **III – Развитая стадия пожара**

Развитая стадия пожара характеризуется наибольшей интенсивностью пожара. Все параметры, обуславливающие развитие пожара (скорость выгорания, газообмен, температура, тепловые потоки, концентрация продуктов горения), принимают максимальные и, практически, постоянные значения. На этой стадии сгорает 80-90% объемной массы горючих веществ и материалов.

Данная стадия развития пожара называется установившейся, при этом расход удаляемых газов из помещения приблизительно равен притоку поступающего воздуха и продуктов пиролиза. На этой стадии вскрытие дополнительных проемов (дверей, окон и т.п.) существенного влияния на интенсивность горения не оказывает.

Значительную опасность для действий пожарных подразделений, представляет пожар «регулируемый вентиляцией» (далее - режим ПРВ). Как правило, он происходит на начальной стадии пожара. При этом в условиях, когда недостаточно воздуха для сгорания пожарной нагрузки, интенсивность горения снижается, но среднеобъемная температура в помещении достаточно велика для процесса пиролиза (термического разложения) горючих материалов. При этом продукты пиролиза накапливаются в объеме помещения, создавая взрывоопасную концентрацию. В случае быстрого поступления кислорода (например, за счет вскрытия оконных или дверных проемов), может произойти объемная вспышка или как ее еще называют отложенная горячая вспышка, при которой выделяется большое количество тепла. При этом возникает прямая угроза жизни и здоровью пожарных и распространения огня по всему объему помещения. Среднеобъемная температура в помещении возрастает до 650–850 °С.

Говоря про возникающую объемную вспышку необходимо упомянуть, что она может быть «богатой» или «бедной». «Богатая» – количество окислителя не лимитировано (открытая на улицу дверь), «бедная» – количество окислителя лимитировано (открытая из горячей квартиры дверь в подъезд).

#### IV – Стадия затухания

Стадия затухания начинается с момента снижения скорости выгорания пожарной нагрузки и заканчивается временем достижения исходного значения среднеобъемной температуры. Показатели тепловыделения и средняя температура газовой среды в очаге пожара снижаются, оставаясь, однако, в начале этой стадии еще достаточно высокими и опасными по тепловому воздействию на строительные конструкции.

##### 2.5. Пожары в замкнутых объемах и тактические основы их тушения

В настоящее время около 90 % пожаров во всем мире происходит внутри различных помещений, представляющих собой относительно замкнутые объемы. Такие пожары наносят наибольший суммарный социальный, экономический и экологический ущерб. Установлено, что наибольшая гибель на пожарах происходит именно в условиях возникновения и развития пожара в помещении.

Первичный очаг пожара в большинстве случаев является точечным. То есть его площадь в момент возникновения намного меньше площади поверхности горючей нагрузки в помещении (рисунок 42а). Возникший процесс горения сначала стремится охватить максимально возможную площадь (рисунок 42б,в), если его вовремя не ликвидировать, он может распространиться на все помещение очага пожара (рисунок 42г), затем на смежные помещения, в результате пламенем будет охвачено все здание [7].



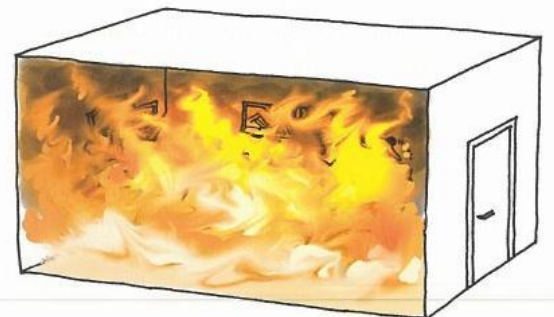
а)



б)



в)



г)

Рисунок 42. Развитие пожара в помещении

а) возникновение пожара; б) развитие пожара

в) распространение пожара г) горение по всей площади

При этом обстановка на пожаре во многом определяется развитием пожара в помещении первичного очага. Пожар в современных зданиях развивается по сценарию, отличному от распространения огня в помещениях старого типа (развивается в разы быстрее). Одной из причин этого является высокое содержание искусственных материалов в конструкциях зданий.

В процессе горения искусственные материалы в большом объеме выделяют нагретые газы, кроме того, у них очень высокая температура горения и высокая степень высвобождения энергии.

Все эти причины обуславливают вероятность взрыва нагретых газов или молниеносного распространения огня по помещениям, о которых было упомянуто выше. Развитие рассматриваемых видов пожаров зависит от газообмена на пожаре.

### **Пробежка огня по газовой фазе («rollover»)**

Пробежка огня по газовой фазе – это вспышка скопившихся газов и продуктов горения, находящихся в легковоспламеняющемся состоянии [16].

В начальной стадии пожара в помещении находится достаточное количество горючих веществ и окислителя. В процессе термического разложения материалов (пиролиза) начинают выделяться нагретые газы. Если при дальнейшем развитии пожара в помещении присутствует доступ кислорода, то там происходит струйчатое горение (на границе между слоем дыма и бездымным слоем) (рисунок 43).



Рисунок 43. Горение пожарных газов

Наиболее распространённым признаком такого пожара является остроконечное пламя. В процессе сгорания нагретых газов за счет обменных потоков между слоем дыма и притоком воздуха.

### **Объемная вспышка**

Объемная вспышка («**flashover**») – внезапный переход от локального пожара к воспламенению всех подвергающихся тепловому воздействию горючих поверхностей в пределах помещения, где произошел пожар.

Кислород, поступающий в помещение по каким-либо причинам, усиливает горение уже воспламенившихся материалов, тем самым температура в помещении

начинает стремительно повышаться. Под потолком образуется слой дыма, в котором из-за восходящих потоков повышается атмосферное давление. У пола потоки воздуха устремляются к огню и обеспечивают его кислородом. Давление воздуха внизу меньше чем в потолочном слое, в результате образуется пограничное пространство, называемое плоскостью равных давлений.

Слой дыма постепенно начинает опускаться. В результате, к огню поступает меньше свежего воздуха и, как следствие, кислорода. Поэтому интенсивность горения уменьшается, а концентрация и высота слоя несгоревших газов в припотолочном пространстве увеличивается.

На нижней границе слоя дыма газы начинают сталкиваться с потоками воздуха. После того, как температура газов пиролиза становится достаточной для воспламенения, слой дыма загорается, начиная с нижней границы (воспламенение слоя дыма).

Сначала воспламенение слоя дыма происходит медленно, в виде языков пламени. Они перемещаются по нижней границе слоя дыма, и нагретые газы и воздух начинают перемешиваться (турбулентное горение). Интенсивность горения в слое дыма возрастает, интенсивнее выделяется тепло. Языки пламени и продукты горения распространяются по помещению не только по нижней границе слоя дыма, но и по потолку. Поэтому их сложно заметить.

Если в этот момент в помещение начинает поступать кислород, в результате вскрытия проемов (разбитые окна, открытая дверь), а количество горючих газов и их температура находятся в достаточных количествах, может произойти вспышка всего свободного объема помещения.

### **Признаки объемной вспышки**

- резкое повышение температуры горения в помещении;
- языки пламени в слое дыма;
- опускание к полу «нейтральной зоны»;
- газы пиролиза сгорают не полностью;
- распространение пламени под потолком, что приводит к повышению температуры и образованию еще большего объема газов пиролиза;
- интенсивное выделение дыма из оконных и дверных проемов;
- распыл воды под потолок, если капли не возвращаются, то образовались все условия для образования объемной вспышки.

Наиболее опасным явлением считается замедленная объемная вспышка, когда воспламенение горючих газов происходит с некоторой задержкой и может возникнуть в тот момент, когда пожарные приступают к тушению пожара, находясь внутри горящего помещения. Процесс образования отложенной горячей вспышки показан на рисунках 44 и 45.



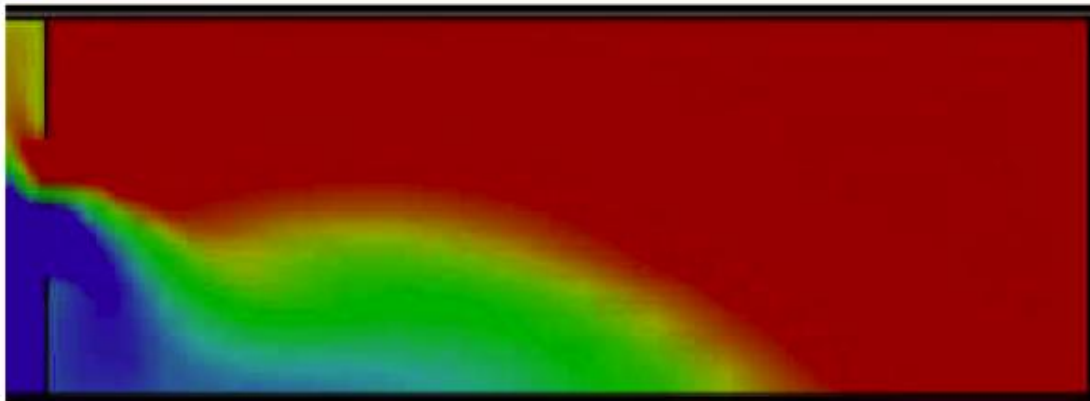


Рисунок 44. Процесс образования объемной вспышки

Красная область – смесь горючих газов с превышением верхнего концентрационного предела воспламенения;  
Зеленая область – смесь газов с поступающим воздухом, формирующая стехиометрическую концентрацию.

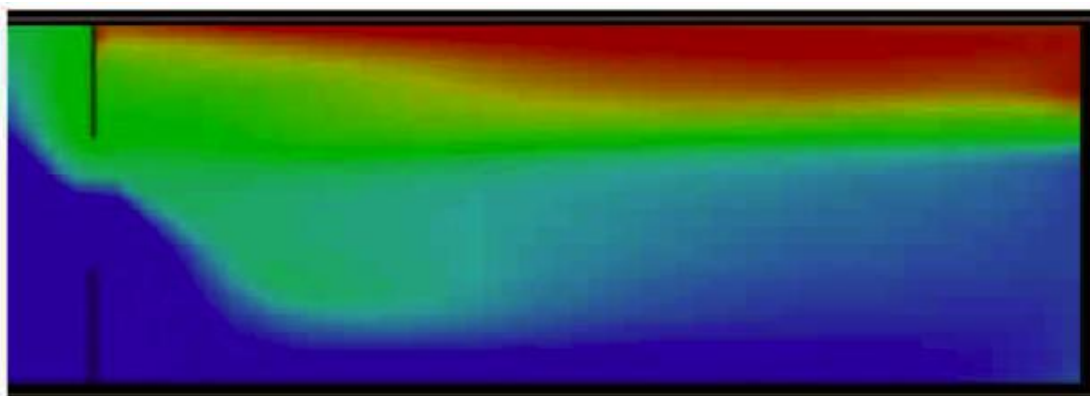


Рисунок 45. Процесс образования объемной вспышки

После того, как пожар переходит в основную стадию, особенно интенсивное горение происходит за счет достаточного доступа кислорода и возможного перемешивание газов пиролиза и кислорода вблизи окон и дверей. Эта стадия пожара развивается, пока в помещении достаточно кислорода.

### **Пожар с обратной тягой («backdraft»)**

Пожар с обратной тягой – это вспышка несгоревших нагретых газов со взрывом (мгновенный пиролизный взрыв). Она происходит, если в горящее помещение, в котором значительно уменьшилась концентрация кислорода, внезапно поступает воздух.

Условием для возникновения пожара с обратной тягой является недостаточный доступ кислорода в помещение. Так как образующиеся газы и продукты пиролиза не сгорают из-за недостатка воздуха, они заполняют все свободное пространство помещения.

После вскрытия проема воздух начинает поступать в помещение. Сначала между слоем несгоревших нагретых газов и холодным воздухом, поступающим в помещение, возникает разделительный слой.

Затем, когда поток холодного воздуха наталкивается на противоположную стену комнаты и распространяется по помещению, происходит перемешивание этих слоев. Нагретые газы смешиваются с кислородом.

Для того, чтобы произошло воспламенение смеси газов с воздухом, достаточно нескольких секунд или нескольких минут, что зависит от размеров помещения. Соответственно, взрыв нагретых газов может произойти не сразу, а с замедлением.

Воспламенение нагретых газов сопровождается взрывом. Газы при взрыве формируются в шар, который устремляется к выходу из помещения, затем происходит его воспламенение и вытеснение из горящего помещения (рисунок 46).



Рисунок 46. Возникновение эффекта обратной тяги (фото MarkusVogt)

### **Признаки возникновения эффекта обратной тяги**

Внешние признаки:

- огонь пульсирует («дышит»);
- недостаток кислорода приводит к неполному сгоранию нагретых газов (образование масляных подтеков на стеклах) (рисунок 47);
- огонь не гаснет окончательно;
- прогретые двери;

Внутренние признаки:

- мощный засос воздуха;



Рисунок 47. Образование масляных подтеков на стеклах ввиду неполного сгорания нагретых газов

При поступлении в горящее помещение кислорода происходит следующее:

- в помещении образуется зона, в которой перемешиваются кислород и несгоревшие газы пиролиза;
- в этой зоне воспламеняются нагретые газы;
- после открытия двери или окна через несколько секунд или минут может произойти взрыв газов;
- огненный шар устремляется из горящего помещения.

**Следует обратить внимание на то, что перед самым взрывом нагретых газов явных признаков или сигналов нет!**

#### **Наличие признаков, на которые необходимо обращать внимание при тушении пожаров в замкнутых объемах**

- пожар развивается в закрытом помещении без больших вентиляционных отверстий;
- на оконных стеклах появляются маслянистые отложения - конденсат продуктов горения как признак пожара без достаточного доступа кислорода (рисунок 47);
- высокая температура дверей в горящее помещение указывает, что пожар развивается в помещении уже длительное время и, возможно, с недостаточным доступом кислорода;
- пульсирование дыма («дыхание»);
- свистящие звуки из отверстий, через которые поступает воздух.

## Характеристики пожара

При каждом тушении пожара есть признаки, по которым РТП может оценить, в какой стадии развития находится пожар, и как он будет развиваться дальше. Существует четыре составляющих оценки степени развития пожара:

- дым;
- доступ кислорода;
- температура горения;
- пламя.

Основными параметрами дыма являются его цвет, плотность, высота дымового слоя, и др.

**Темный дым:** (чаще всего черный, либо бурый цвет) образуется сильная копоть из-за недостатка доступа кислорода. При поступлении кислорода/воздушных потоков развитие пожара изменяется. Из-за высокой температуры интенсифицируется выделение углерода, содержащегося в нагретых газах (рисунок 48).



Рисунок 48. Горение происходит при недостатке кислорода

**Светлый дым:** высокое содержание продуктов горения. Нагретые газы/материалы при низких температурах разлагаются без образования пламени, при этом большая часть углерода остается в слое нагретых газов (рисунок 49).



Рисунок 49. Светлый дым

Нагретый дым поднимается вверх. Если он при этом наталкивается на горизонтальное препятствие, дым распространяется параллельно ему, пока не найдет вертикальные отверстия для выхода наружу. Чем больше площадь горизонтального препятствия, тем меньше температура нагревания дыма. Это приводит к тому, что воздух и дым частично перемешиваются [16].

Высота дымового слоя (плоскости равных давлений) свидетельствует о стадиях развития пожара:

**Высоко:** пожар в начальной стадии развития.

**Низко:** большая вероятность объемной вспышки в помещении или развития пожара с обратной тягой.

**Резко поднимается вверх:** приток кислорода/функционирование вентиляции.

**Постепенно снижается:** скопление нагретых газов в горящем помещении. Вероятность вспышки в помещении.

**Резко опускается:** пожар усиливается. Вероятность развития пожара с обратной тягой.

**Пульсирующий дым:** (пожар «дышит») активно развивающийся пожар с попеременным доступом и недостатком кислорода. Вероятность развития пожара с обратной тягой.

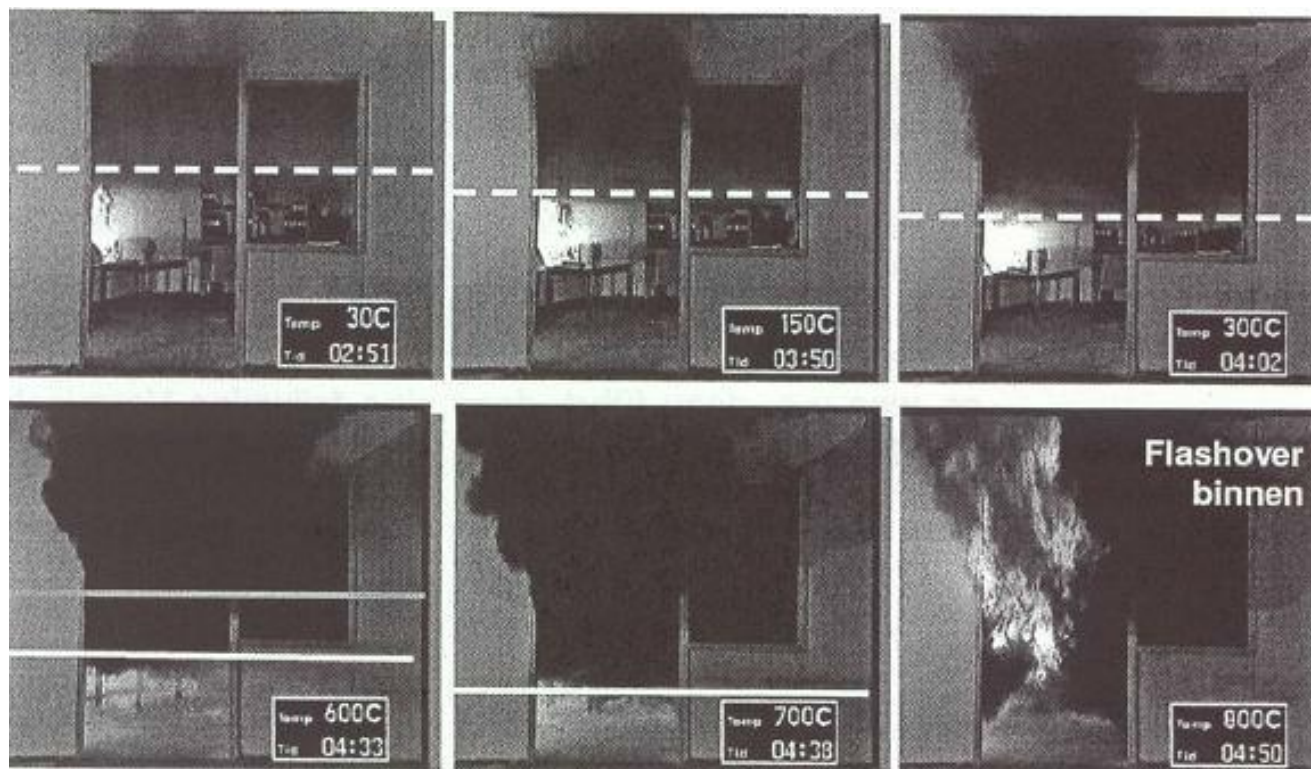


Рисунок 50. Различные высоты дымового слоя (плоскости разных давлений)[16]

**Резкий приток воздуха:** вероятность развития пожара с обратной тягой.

**Медленный приток воздуха:** пожар в начальной стадии развития с доступом кислорода.

**Вихревой приток воздуха:** развивающийся пожар с доступом кислорода.

**Свистящие звуки:** доступ воздуха через щели и трещины.

При этом, как было отмечено ранее, все проемы, находящиеся выше плоскости равных давлений, будут работать на выпуск продуктов горения и пиролиза, а проемы, находящиеся ниже – на доступ кислорода воздуха в зону горения. В зависимости от степени развития пожара можно наблюдать интенсивность выхода продуктов горения из отверстий и ощущать свистящие звуки при доступе воздуха в зону горения. Все это происходит благодаря распределению давлений внутри горящего помещения (рисунок 51, смотреть «сверху-вниз»)[16].

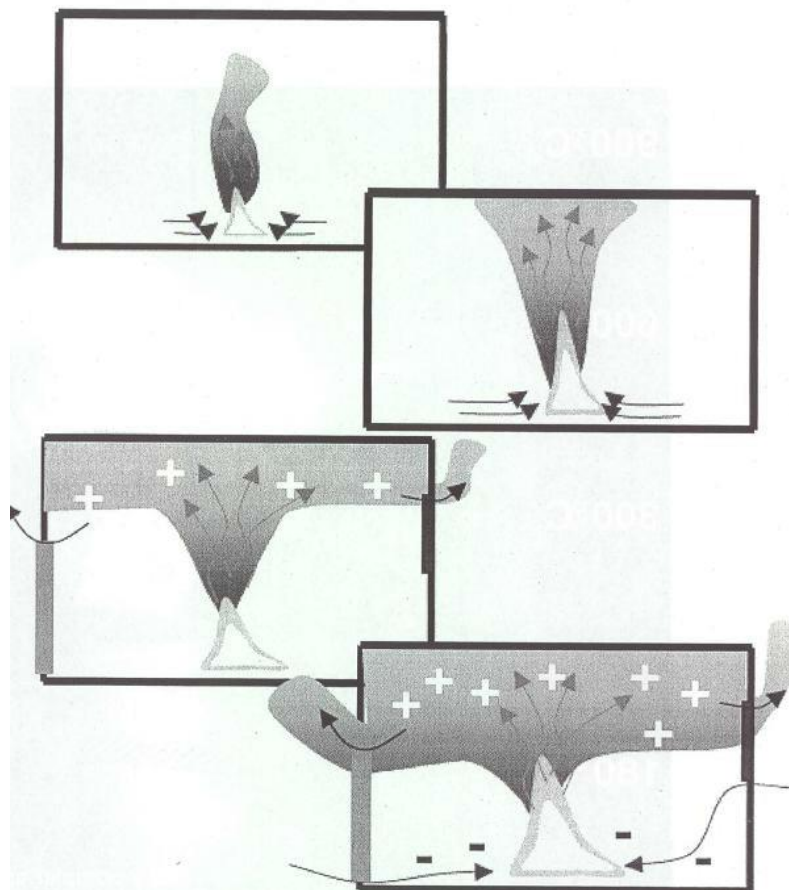


Рисунок 51. Распределение давления в горящем помещении

Таким образом, характеризовать пожар и степень его развития по дыму возможно. Основными показателями могут являться цвет дыма, интенсивность его выделения, положение плоскости равных давлений («нейтральной зоны»). Цвет дыма будет характеризовать наличие кислорода воздуха в зоне горения и сигнализировать о возможности образования объемной вспышки или эффекта «обратной тяги». Интенсивность выделения дыма говорит об интенсивности горения. Положение плоскости равных давлений также свидетельствует об интенсивности горения и о том, на какой стадии развития находится пожар.

Температура пожара также является одним из основных факторов, которым необходимо руководствоваться, оценивая обстановку на пожаре.

**Копоть на окнах:** развитие пожара с образованием горючих газов. Вероятность развития пожара с обратной тягой (рисунок 47).

**Трещины на стеклах:** высокая температура горения или среднеобъемная температура.

**Резкое повышение температуры горения:** вероятность возникновения объемной вспышки /развития пожара с обратной тягой.

В горящем помещении необходимо периодически определять температуру сканированием помещения тепловизором, либо просто «чувствовать».

По виду пламени можно определить, при каких условиях протекает горение.

**Желтый оттенок:** достаточный доступ кислорода.

**Красноватый оттенок:** небольшой или недостаточный доступ кислорода. Образование нагретых газов.

**Светло-желтый оттенок:** возможно воспламенение продуктов горения.

**Голубоватый оттенок:** в большинстве случаев этот оттенок наблюдается на промежуточном слое между пламенем и дымом, указывает на содержание углерода.

При тушении пожаров, происходящих как в замкнутых объемах, так и на открытом пространстве, следует обращать внимание на рассмотренные выше особенности. Связано это в первую очередь с личной безопасностью участников тушения пожара. Но даже зная основные признаки, свидетельствующие о возникновении того или иного явления при тушении пожара, нельзя быть полностью уверенным, что пожар поведет себя именно так.

Обеспечению безопасности участников тушения пожара, а также эффективности тушения способствуют еще и умелые действия личного состава при работе с ручными водяными стволами и иными средствами тушения.

Прежде чем переходить к рассмотрению тактических особенностей, связанных с эффективным применением установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки, необходимо рассмотреть особенности применения ручных водяных пожарных стволов, наиболее массово используемых в подразделениях пожарной охраны.

### **Основы тушения пожаров в замкнутых объемах**

Одним из условий прекращения горения, является разрыв любой из связей или исключение одного из элементов схемы «Треугольника горения», что приводит к прекращению горения. Это условие достигается многими способами, которые можно разделить на четыре группы:

- 1) охлаждение зоны горения или горящего вещества;
- 2) разбавление реагирующих веществ;
- 3) изоляция реагирующих веществ от зоны горения;
- 4) химическое торможение реакции горения.

Для этих целей применяются различные огнетушащие вещества, наиболее распространенным из которых является вода. Факторами, обуславливающими достоинства воды, как огнетушащего вещества, помимо доступности и дешевизны, является значительная теплоемкость и скрытая теплота парообразования (1 л воды при нагревании от 0 до 100°C поглощает 419 кДж тепла, а при испарении - 2260 кДж), подвижность, химическая нейтральность и отсутствие ядовитости, несжимаемость. Вода обладает достаточной термической стойкостью (до 1700 °C), превышающей стойкость многих других огнетушащих веществ.

Вода имеет важный вторичный эффект: превращаясь в пар, она расширяется при этом в 1700 раз (с 1 л вода получается 1700 л пара). Возникшее большое облако пара окружает зону горения, вытесняя воздух, в котором содержится кислород, необходимый для поддержания процесса горения.



Таким образом, вода обладает хорошей охлаждающей способностью, а также эффектом объемного тушения. Это происходит за счет нескольких механизмов:

- вода нагревается до  $100^{\circ}\text{C}$  при этом поглощается некоторая часть тепла за счет ее теплоемкости;

- нагретая до  $100^{\circ}\text{C}$  вода превращается в пар, при этом она поглощает огромное количество энергии за счет своей скрытой теплоты испарения;

- перегретый пар (с температурой намного выше  $100^{\circ}\text{C}$ ), образовавшийся внутри огневого отсека или температурно-активированная вода продолжают поглощать энергию и снижать температуру, пока температура пара и окружающей среды не выровняются;

- образовавшийся в замкнутом пространстве пар за счет большого увеличения объема вытесняет кислород, а, следовательно - мощность тепловыделения, что также способствует снижению температуры.

Существенным недостатком воды при ее применении в качестве огнетушащего вещества является ее электропроводность. В связи с этим применение воды при тушении пожаров электрооборудования под напряжением должно быть строго регламентировано, а способы и возможности подачи должны осуществляться в соответствии с требованиями нормативной документации [3].

Воду не используют для тушения веществ, которые бурно реагируют с ней, вызывая выделение горючих газов. К таким веществам относятся щелочные и щелочноземельные металлы, карбиды, гидриды металлов и др. При температурах свыше  $1700^{\circ}\text{C}$  вода разлагается на кислород и водород, поэтому применять ее для тушения высокотемпературных пожаров запрещено.

Также возникают существенные трудности при использовании воды в качестве огнетушащего вещества при тушении пожаров в условиях низких температур.

Воду не используют для тушения нефтепродуктов и других органических несмачиваемых веществ, которые поднимаются на ее поверхность и увеличивают площадь пожара. Тушение пожаров темных нефтепродуктов водой при определённых условиях вызывают такие опасные явления как вскипание и выброс.

К недостаткам воды следует отнести также низкую смачивающую способность и малую вязкость, что делает невозможным тушение волокнистых, пылевидных и тлеющих материалов. Во время пожара тлеют, как правило, материалы, имеющие большую удельную поверхность, в порах которых содержится достаточно воздуха для поддержания процесса горения. Из-за большой силы поверхностного натяжения вода очень трудно проникает в поры таких материалов, поэтому для повышения ее огнетушащего эффекта вводят добавки, так называемые поверхностно-активные вещества, повышающие ее смачивающую способность, вязкость и другие свойства.

Тем не менее, для тушения большинства пожаров подразделениями пожарной охраны во всем мире применяется вода. Благодаря современным техническим средствам эффективность и область применения воды постоянно увеличиваются.

При тушении пожаров водой был сформирован принцип, который гласит, что **«В зону горения необходимо подать такое количество воды, которое полностью поглотит тепло этой зоны»**.

Следовательно, для достижения наилучшего эффекта при тушении внутренних пожаров, в зависимости от конкретной обстановки, подачу воды необходимо осуществить:

- в нужную область пространства огневого отсека;
- в определенном количестве;
- в определенном виде;
- за определенный промежуток времени.

В пожарной тактике для учета большинства этих условий введено понятие интенсивности подачи огнетушащих веществ.

Интенсивность подачи – это количество огнетушащего вещества, подаваемого в единицу времени на единицу площади пожара или объема помещения. Интенсивность подачи определяет интенсивность отвода тепла от зоны горения. Чем больше интенсивность отвода тепла превалирует над интенсивностью тепловыделения в зоне горения, тем быстрее прекращается процесс горения и тем меньшее время будет затрачено на тушение.

Например, процесс тушения древесины на площади в 1 м<sup>2</sup> будет эффективнее, если вылить 3 л воды из ведра в течение 5 секунд, нежели то же количество - в течение 15 минут, так как во втором случае расход воды на тушение в единицу времени будет намного меньшим, и вода не будет оказывать нужного охлаждающего эффекта на всей площади горения. Важным аспектом этого процесса является равномерное распределение воды в зоне горения и область, в которую необходимо подавать воду.

Из приведенного примера видно, что равномерно нужно распределить определенное количество воды, т.е. подавать ее с определенным расходом. Не существует универсального значения расхода воды для тушения любого пожара, как и не существует одинаковых пожаров. Если в область горения подать недостаточное количество воды, то - нужный эффект не будет достигнут и наоборот. Ошибочно полагать, что подав слишком много воды - контроль над пожаром в замкнутом объеме будет получен быстрее. Результаты исследований, проводимых во всем мире, показывают, что большое количество воды, единовременно поданное в объем огневого отсека, крайне неэффективно. Такой объем воды не только не ликвидирует горение полностью, но и наоборот, в результате теплового дисбаланса в горящем помещении приведет к ограничению видимости из-за образования сильных турбулентных потоков и большого количества перегретого пара, а в отдельных случаях и к распространению пожара в смежные помещения.

На рисунке 52 показаны области, подача воды в которые при тушении пожаров будет иметь наилучший огнетушащий эффект (по мере убывания нумерации).

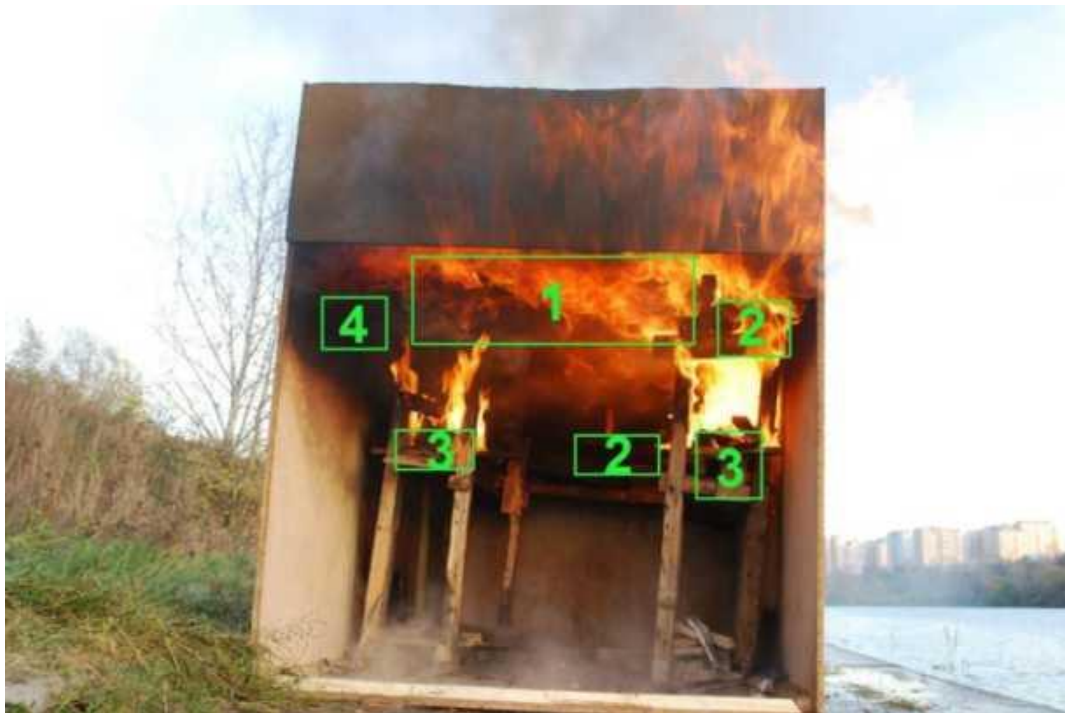


Рисунок 52. Места наиболее эффективного применения воды при тушении пожаров в замкнутых объемах

1. Нагретые пожарные газы (для охлаждения или тушения);
2. Топливные поверхности, горящие в газовой и твердой фазах (для тушения);
3. Не горящие топливные поверхности (для защиты);
4. Раскаленные твердые поверхности (для охлаждения)

Таким образом, для достижения лучших показателей при ликвидации горения твердых горючих материалов вода должна быть распределена максимально равномерно по горящей поверхности, а при ликвидации объемного горения в огневом отсеке - по объему зоны горения. При этом необходимо использовать такое количество воды, которое наилучшим образом ее охладит, практически полностью испарившись, не причинив вреда в результате пролива. Вода, не превратившаяся в пар, будет «бесполезной» (рисунок 53). По ее количеству можно судить о грамотном её применении при тушении пожара и качественном тушении.

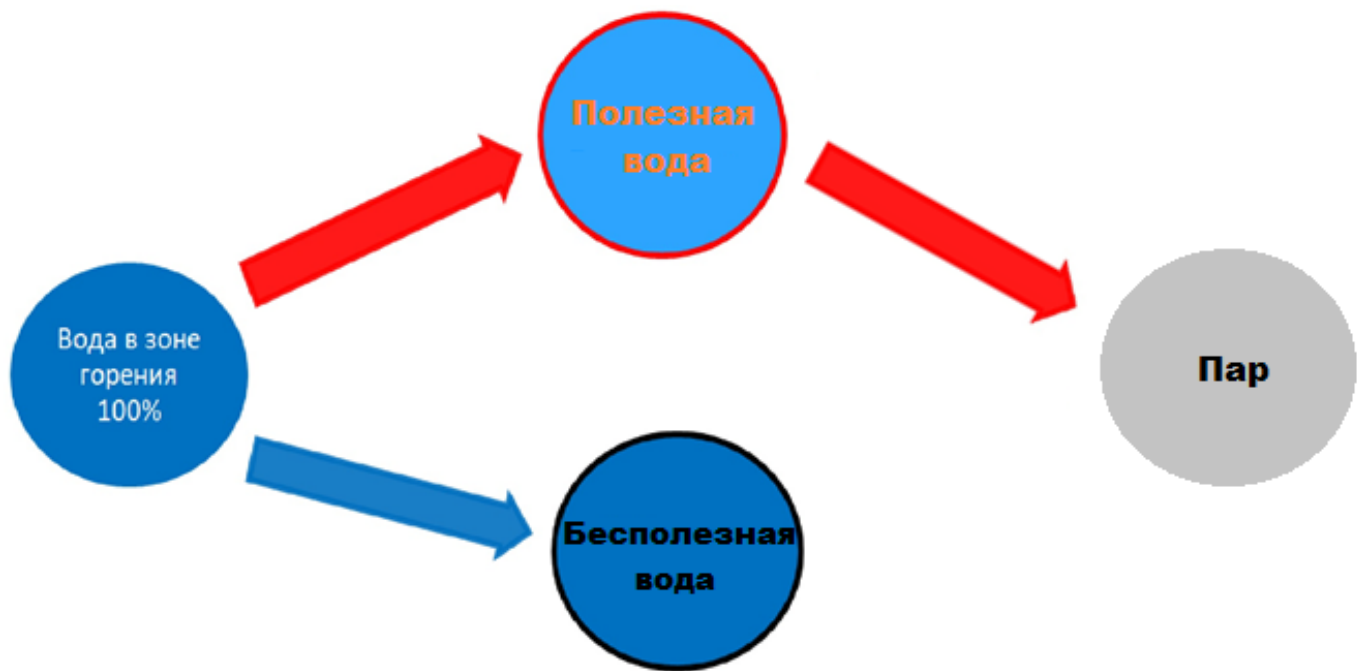


Рисунок 53. Использование воды при тушении пожара

Часть поданной в огневой отсек воды, которая испарится полностью, будет считаться «полезной», та часть, которая окажется после тушения в пределах отсека в жидком виде – «бесполезной». Соответственно процентное соотношение «полезной» и «бесполезной» воды при тушении пожара в замкнутом объеме говорит об эффективности ее применения. Эффективность тушения обратно пропорциональна количеству «бесполезной» воды (рисунок 54).

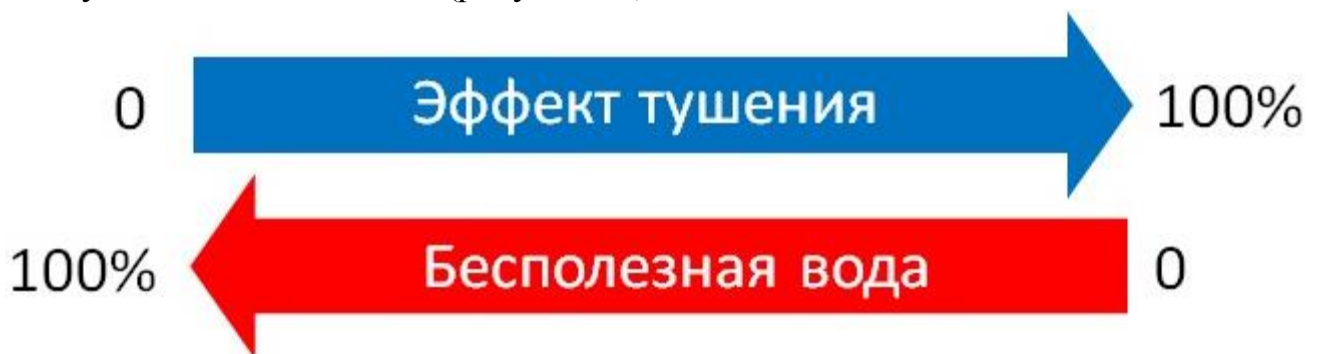


Рисунок 54. Зависимость эффективности тушения от количества бесполезной воды

Даже если вода имеется в неограниченном количестве, она, тем не менее, при тушении пожаров в замкнутых объемах должна применяться экономно и расчетливо, в противном случае «бесполезная вода» может стать причиной косвенного материального ущерба. Особенно это важно в тех случаях, когда большое количество воды подается на верхние этажи высотных зданий.

В пожарном деле для тушения большинства пожаров теоретически необходимо гораздо меньше воды. В практике же все зависит от эффективности ее применения.

Для того чтобы количество «бесполезной воды» свести к минимуму, а эффективность тушения повысить, недостаточно только правильно подобрать нужный расход воды, не менее важно подать ее в определенном виде.

На протяжении многих столетий единственным способом тушения пожаров было применение воды, подаваемой непосредственно на горящую поверхность компактными струями. Но с начала прошлого века для повышения эффективности тушения пожаров воду начали подавать распыленными струями.

Эффективность применения распыленных струй для тушения пожаров зависит от скорости передачи тепла, которая:

1) Пропорциональна площади поверхности огнетушащей жидкости. В отличие от компактной струи, вода, распыленная в виде капель наиболее эффективна. Связано это с тем, что в совокупности капли имеют гораздо большую площадь поверхности, чем поверхность компактной струи воды, следовательно, и большую площадь соприкосновения с зоной горения;

2) Зависит от разности температур между водой и окружающей средой;

3) Зависит от содержания пара в воздухе. Чем выше содержание паров, тем медленнее скорость передачи;

4) Зависит от скорости потока воды в зоне горения. Она должна быть достаточной, чтобы равномерно распределить капли по всей площади пожара.

Параметры 2 и 3 от действий тушащих пожарных никак не зависят, но параметры 1 и 4 вполне поддаются влиянию пожарных. Таким образом, правильно подобрав распыл и наиболее равномерно распределив капли в зоне горения, можно существенно повысить эффективность применения ручного водяного ствола.

## 2.6. Рекомендации по наиболее эффективному применению ручных водяных стволов

Виды струй, наиболее эффективных при тушении пожаров в замкнутых объемах, отражены в таблице 5 и показаны на рисунке 55.

### Виды струй, наиболее эффективные при тушении пожаров в замкнутых объемах

Таблица 5.

Компактные:	Распыленные:	Комбинированные:
1) Сплошная; 2) Параллельная;	3) Узкоугольная; 4) Широкоугольная; 5) Защитная;	6) Комбинированная

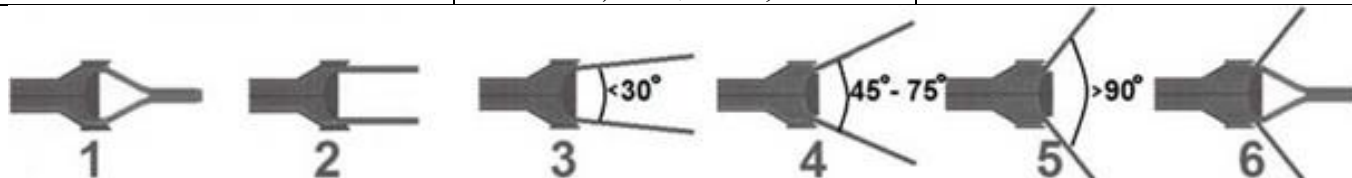


Рисунок 55. Конструктивное исполнение стволов, формирующих различные струи

Выбор струй для проведения атаки на пожар зависит от конкретных целей и характеристик струй, которые отражены в таблице 6.

## Характеристики струй

Таблица 6.

№ п/п	Характеристики струй	Компактная	Распыленная
1.	Дальность полета	+	-
2.	Точность подачи	+	-
3.	Расход (больше или меньше)	+	-
4.	Охлаждающая способность	-	+
5.	Проникающая способность	+	-
6.	Отражаемость от поверхностей	+	-
7.	Эжектирующая способность	-	+

Немало важную роль при применении современных пожарных стволов играет продолжительность подачи огнетушащих веществ. Расход современных пожарных стволов лежит в пределах от 0,4 л/с до 38 л/с для ручных стволов, от 15 л/сек до 60 л/сек для лафетных стволов, от 100 до 500 л/сек для мониторов и водяных «пушек». Соответственно, непрерывно подавая воду для тушения пожара в замкнутом объеме компактной струей стволом типа РСР-50 или РСР-70, мы ежеминутно подаем от 210 до 600 литров воды. В то же время, по статистике для тушения большинства развитых внутриквартирных пожаров, например, в Германии, тратиться не более 300 литров воды за все время тушения. Это происходит благодаря использованию современных приемов ее подачи при помощи комбинированных пожарных стволов для тушения пожаров в замкнутых объемах. Например, подавая воду отдельными импульсами, можно значительно снизить удельный расход и повысить эффективность ее применения.

Подачу воды при помощи ручных водяных стволов можно классифицировать по продолжительности:

1. Краткоимпульсные (менее 1 сек);
2. Длинноимпульсные (2-20 сек);
3. Постоянные.

**Краткоимпульсная подача** (менее 1 сек) (далее - КП) эффективна внутри огневого отсека для охлаждения объема зоны горения малой интенсивности или охлаждения дымовых газов (с температурой более 100°C). После каждого применения такой подачи существует возможность оценки обстановки и при необходимости изменения геометрии струи для достижения наилучшего результата.

Применение КП не должно приводить к ухудшению видимости в огневом отсеке из-за образовавшегося пара. КП крайне неэффективна при подаче на горящие поверхности твердых горючих веществ. Безопасна при рабочем напоре для ручных пожарных стволов и расходе менее 9 л/сек.

**Длинноимпульсная подача** (2-20 сек) (далее - ДП) эффективна внутри огневого отсека для охлаждения больших объемов зоны горения высокой интенсивности, используется в ситуациях, когда эффект от применения КП недостаточен. За счет большей продолжительности ДП достигается максимальное распределение

капельводы в большом объеме зоны горения, обеспечивается ее охлаждение. ДП эффективна при подаче на горящие поверхности твердых горючих веществ.

Продолжительность импульсов должна быть достаточной, чтобы охладить газы.

**Постоянная подача** (далее - ПП) применима в основном для тушения пожаров на открытой местности, т.к.:

- позволяет равномерно распределять воду в зоне горения без ограничений по времени;

- из-за длительного воздействия воды на зону горения образуется соответствующее количество пара, который свободно переносит тепло в окружающую среду;

- не создает сильного нарушения видимости в процессе образования пара;

- не приводит к материальному ущербу от «бесполезной воды».

Для тушения пожаров в замкнутых объемах постоянная подача может использоваться только при условии развития пожара на большую площадь и обеспечения выхода пара (например, при тактической вентиляции или обрушении кровли), при отсутствии его воздействия на людей.

Также постоянная подача применима для защиты различных поверхностей от воздействия ОФП или их охлаждения.

В случае крайней необходимости не стоит отказываться от использования постоянной подачи из-за страха нанесения большого материального вреда водой, если при этом ее использование в данный момент времени обеспечивает наилучшие условия решения основной задачи.

Работа ствольщика по тушению пожара в замкнутом объеме будет эффективной в том случае, если правильно будет выбран вид атаки с учетом пожарной обстановки, расположения и вида пожарной нагрузки, конструктивных особенностей, планировки здания или сооружения, а также наличия людей в здании. В зависимости от конкретной ситуации применяют прямую, косвенную, комбинированную и «3d атаку».

**Прямая атака** заключается в подаче воды непосредственно к основанию очага пожара (на горящую поверхность). Данная атака применяется в случаях, когда достигаем очаг пожара или его можно увидеть с помощью тепловизора. Основной целью данной атаки является охлаждение поверхности, участвующей в реакции горения.

В основе реакции горения твердых горючих веществ лежит процесс пиролиза. Когда поверхность твердого материала достаточно нагревается, его молекулы распадаются на более мелкие частицы. В результате чего, с поверхности выделяются горючие пары и газы, которые еще могут не гореть. Данная смесь называется пиролизными газами, а сам процесс - пиролизом и может быть виден невооруженным глазом. Иными словами, твердое вещество превращается в пиролизный газ, который является топливом для огня. Для воспламенения пиролизных газов необходимо повышение температуры реакции пиролиза до температуры их воспламенения и

наличие достаточного количества окислителя. Пламя на поверхности твердого горючего вещества - пламя от горения пиролизных газов.

Для начала пиролиза необходимо нагреть твердое горючее вещество до определенной температуры. Соответственно, чтобы остановить этот процесс, необходимо понизить температуру поверхности ниже температуры начала пиролиза данного вещества. Это может быть достигнуто путем направления воды на поверхность материала, подвергшегося пиролизу. Вода будет испаряться и, таким образом, отводить тепловую энергию из поверхности топлива. Температура горячей поверхности снизится, что приведет к уменьшению, а затем и остановке выделения пиролизных газов. Если это не будет достигнуто, существует вероятность, что горение возобновится.

Выбор струи для этого типа атаки зависит от расстояния до очага и уровня его расположения. Хорошие результаты достигаются как длинноимпульсным применением компактной, так и распыленной струи воды. Угол распыла будет зависеть от размера горячей поверхности, расстояния до нее и мощности горения. Если вода, вылетающая из ствола, проходит через горячие (горящие) пиролизные газы, часть ее испаряется, не долетая до поверхности. Цель же данной атаки состоит не в охлаждении газов, а в охлаждении поверхности, подвергшейся пиролизу. Важно помнить, что горение нельзя считать ликвидированным, если не видно пламени, процесс пиролиза с выделением горючих газов может продолжаться, если поверхность не охлаждена ниже температуры начала пиролиза данного материала. Не менее важно, чтобы вся поверхность топлива была охлаждена, в противном случае горение может возобновиться. В этом случае тепло, излучаемое с неохлажденной части поверхности топлива, снова нагреет недавно охлажденную поверхность и пиролиз начнется снова.

Следует также отметить, что тушение пожаров избыточным количеством воды считается недостатком в тушении, это в далеком прошлом, когда не было хорошей экипировки у ствольщиков, и отсутствовала возможность достаточно близко приблизиться к очагу пожара. Сегодня мы по-прежнему сталкиваемся с такой проблемой, например, при тушении зданий из конструкций с маленьким пределом огнестойкости. Однако такого не должно быть при тушении небольших пожаров в жилых зданиях, которые могут быть потушены минимальным количеством воды.

Когда ствольщик направляет воду на горящую поверхность топлива, первые капли, долетевшие до нее, останавливают пиролиз. Все последующие капли воды превращаются в бесполезную воду. Это приводит к дополнительному материальному ущербу от воды.

Если очаг пожара находится за препятствием, применяется отраженная прямая атака. Вода подается компактными струями на любую поверхность возле очага таким образом, чтобы отраженный поток капель попал на горящую поверхность.

Наиболее эффективные приемы прямой атаки отражены в таблице 7.



## Приемы прямой атаки

Таблица 7.

№ п/п	Место (область) подачи	Вид струи	Продолжительность подачи	Прием подачи
1.	Непосредственно на горящую поверхность (к основанию пламени для пламенного горения твердых горючих веществ)	Сплошная Параллельная Узкоугольная	Длинноимпульсная подача до ликвидации горения на поверхности, с перерывами между импульсами для оценки обстановки.	Равномерным распределением воды тонким слоем по всей поверхности горения предмета плавными движениями по периметру от края к центру, или движениями из стороны в сторону сверху вниз низким напором, минимизирующим отражение струи от поверхности предмета
2.	Непосредственно на поверхность, подвергающуюся тепловому воздействию для ее защиты	Сплошная (редко) Параллельная Узкоугольная Широкоугольная (вдали от очага)	Длинноимпульсная подача или постоянная подача	Равномерным распределением воды тонким слоем по всей поверхности горения предмета плавными движениями по периметру от края к центру, или движениями из стороны в сторону сверху вниз низким напором, минимизирующим отражение струи от поверхности предмета.
3.	Непосредственно в зону горения при твердофазном горении твердых горючих веществ, расположенных россыпью (куча углей, мусора и т.п.)	Сплошная	Длинноимпульсная подача до полной ликвидации горения с перерывами между импульсами для оценки обстановки.	Интенсивными круговыми движениями диаметром не более одного метра от края к центру с максимальным напором (не выше рабочего для прибора подачи) путем перемешивания слоев углей или материалов. Для зон горения свыше одного метра необходимо их мысленное деление на зоны с диаметром не более метра и их поочередное тушение от края к центру зоны указанным способом.
4.	На горящую поверхность (для пламенного горения твердых горючих веществ) путем отражения от твердой негорящей поверхности	Сплошная	Длинноимпульсная подача до полной ликвидации пламенного горения с перерывами между импульсами для оценки обстановки.	Интенсивными движениями с максимальным напором (не выше рабочего для прибора подачи) обеспечивающими наиболее точное попадание воды к основанию пламени.

**Косвенная атака** используется, когда очаг пожара недостижим или использование звена пожаротушения внутри слишком опасно (экстремально высокая температура горения, высокая вероятность обрушения конструкций и т.п.). Вода подается извне в огневой отсек с ограниченной вентиляцией. Цель состоит в том, чтобы создать как можно больше пара, насколько это возможно, для ликвидации пламенного горения путем вытеснения кислорода из огневого отсека.

Необходимо также учитывать: если в помещении находятся люди, то из-за образования перегретого водяного пара они могут получить серьезные ожоги.

При использовании косвенной атаки существует риск образования обратной тяги при открывании двери для проведения последующих подач. Поэтому повторное открытие двери можно проводить только с одновременной подачей распыленной струи в верхнюю зону помещения для предупреждения вспышек.

После проведения косвенной атаки, в зависимости от ситуации, осуществляется проникновение звена пожаротушения в помещение уже для применения прямой атаки. Наиболее эффективные приемы косвенной атаки отражены в таблице 8.

### Приемы косвенной атаки

Таблица 8.

Место (область) подачи	Вид струи	Продолжительность подачи	Прием подачи
На твердую максимально нагретую поверхность стен и потолка в зоне досягаемости струи внутри огневого отсека начиная от проема, через который осуществляется атака	С последовательно изменяемым углом распыла струи от узкоугольной до сплошной	Длинноимпульсная подача (2-3 сек) до наиболее полного заполнения огневого отсека паром с перерывами между подачами не более 10 сек	Интенсивными движениями из стороны в сторону по параболе с максимальным напором (не выше рабочего для прибора подачи). С закрытием проема между подачами, через который она осуществляется (при условии, что закрыты все остальные проемы) С последовательным сужением угла распыла при каждой следующей подаче для увеличения зоны досягаемости.

**Комбинированная атака** заключается в сочетании методов косвенной и прямой атак и предназначена для охлаждения как горячего припотолочного слоя газов и близлежащих поверхностей, так и непосредственно очага пожара. Данный вид атаки применяется извне и чаще всего на стадиях стационарного горения или в случаях, когда использование звена пожаротушения внутри слишком опасно. Одним из условий атаки является досягаемость для струй воды горящих поверхностей. В отличие от косвенной атаки может применяться в сочетании с тактической вентиляцией в направлении потока.

Стандартными приемами осуществления комбинированной атаки является методика «**Z-O-T**», которая заключается в описании струей воды одной из соответствующих букв латинского алфавита в момент подачи воды. Идея состоит в том, чтобы создать необходимое количество пара для максимального охлаждения всех поверхностей в помещении, в том числе и горящих. Ствольщик должен хорошо понимать, какой результат он пытается достигнуть. Эффективность данной методики зависит также от правильного распределения воды по всему объему зоны горения, для этого выбирается необходимая форма струи (желательно с углом распыла 20-30°), а ствол, по возможности, размещается на расстоянии вытянутой руки от проема.

При описании буквы «**O**» ствол необходимо вращать таким образом, чтобы струя воды максимально охватывала пространство между полом, потолком и стенами. Цель – создать необходимое количество пара во всем объеме помещения, насколько это возможно. Рекомендуется производить вращение по часовой стрелке, если смотреть со стороны ствольщика. Из многочисленных экспериментов было установлено, что вращение по часовой стрелке является более эффективным, чем вращение против часовой стрелки.

Наиболее эффективные приемы комбинированной атаки отражены в таблице 9.

## Приемы комбинированной атаки

Таблица 9.

№ п/п	Место (область) подачи	Вид струи	Продолжительность подачи	Прием подачи
1.	Внутри огневого отсека на наиболее нагретую поверхность стен и потолка, в том числе и на горящие поверхности	Сплошная Параллельная Узкоугольная	Длинноимпульсная подача до момента прекращения горения в газовой фазе или наступления условий прямой атаки с перерывами между подачами не более 10 сек	Интенсивными движениями по методу "Z - O - T", с максимальным напором (не выше рабочего для прибора подачи). Может сочетаться с тактической вентиляцией
2.	Внутри огневого отсека на наиболее нагретую поверхность стен и потолка и одновременно на горящую поверхность	Узкоугольная и сплошная или параллельная (две струи, от двух приборов подачи)	Длинноимпульсная, а при использовании тактической вентиляции постоянная подача воды до момента прекращения горения в газовой фазе или наступления условий применения прямой атаки	Интенсивными движениями из стороны в сторону с максимальным напором (не выше рабочего для прибора подачи) и интенсивным распределением воды по всей поверхности горения предмета

Методы косвенной и комбинированной атак заключаются в понижении температуры помещения и применяются, когда непосредственный вход в горящее помещение невозможен. Эти атаки могут проводиться внутри здания, за пределами огневого отсека или снаружи через оконные проемы. В зависимости от места проведения будут соответственно внутренними и внешними.

Что касается внешних атак - в пожарной охране бытует мнение, что подача воды через окна, может спровоцировать развитие пожара в соседние помещения. Но проведенные в последнее время исследования Национальным институтом стандартов и технологий США показывают обратное. Правильно проведенная внешняя атака только улучшит обстановку на пожаре.

Подача воды при внешней атаке через оконные проемы должна проводиться:

1. Только с помощью компактной струи;
2. Под большим углом к горизонту (близким к 90°);
3. Не более 20 секунд за одну подачу;
4. Стационарно.

Проведение внешней атаки без использования тактической вентиляции при помощи распыленных струй или по методу «Z–O–T» может приводить к гидравлической вентиляции огневого отсека и распространению пожара и перегретого пара в смежные помещения.

Внешняя атака целесообразна, когда для этого доступен огневой отсек и в здании находятся люди. Звенья спасения направляются внутрь для экстренной эвакуации людей и герметизации огневого отсека. Действия по спасению людей и внешней атаке должны быть четко согласованы, в противном случае существует опасность, что звенья спасения и пострадавшие могут получить ожоги паром.

Внутренние атаки в зависимости от стадии и доступности пожара могут осуществляться за счет комбинированной атаки или при возможности в два этапа - косвенной, а затем прямой атаки. Необходимо помнить, что, подавая воду на сильно нагретую поверхность, мы охлаждаем в основном только ее, практически не охлаждая горючие газы вокруг. Если пожар находится в стадиях до стационарного горения, проводят наиболее эффективную прямую атаку с объемным (3d) тушением, основной целью которого, в отличие от косвенной атаки, является охлаждение самих пиролизных газов в объеме огневого отсека. Благодаря применению современных шейперных стволов (формирующих струю огнетушащего вещества) данная атака в последние годы приобретает все большую популярность в пожарной практике.

**3d атака** осуществляется путем импульсной подачи распыленных капель в объем пиролизных газов для ликвидации их горения или охлаждения. Она применяется непосредственно перед прямой атакой и является модифицированной версией комбинированной атаки при тушении внутренних пожаров. (3d) атака может производиться без герметизации огневого отсека. Она эффективна для защиты звеньев пожаротушения при продвижении к очагу пожара под потоком пламени или нагретых до высоких температур дымовых газов от возникновения различных вспышек и т.п.

Наиболее эффективные приемы (3d) атаки отражены в таблице 10

### Приемы (3d) атаки

Таблица 10.

№ п/п	Место (область) подачи	Вид струи	Продолжительность подачи	Прием подачи
1.	Непосредственно в условный объем нагретых (горящих) пиролизных газов, не допуская попадания на горячие твердые поверхности	Широкоугольная	Серия краткоимпульсных подач до момента ликвидации горения пиролизных газов в условном объеме или их охлаждения	Равномерным распределением воды мелкими каплями с распылом 45-75° под углом к горизонту в 45° (для помещений с высотой потолков от 2,5 до 4 метров) серией импульсов по мере продвижения звена пожаротушения к очагу пожара с постоянной оценкой обстановки
2.	Непосредственно в условный объем нагретых (горящих) пиролизных газов, не допуская попадания на горячие твердые поверхности	Узкоугольная	Длинноимпульсная подача до момента ликвидации горения пиролизных газов в условном объеме	Равномерным распределением воды мелкими каплями с распылом 20-30° под углом к горизонту в 30° по мере продвижения звена пожаротушения к очагу пожара с постоянной оценкой обстановки.

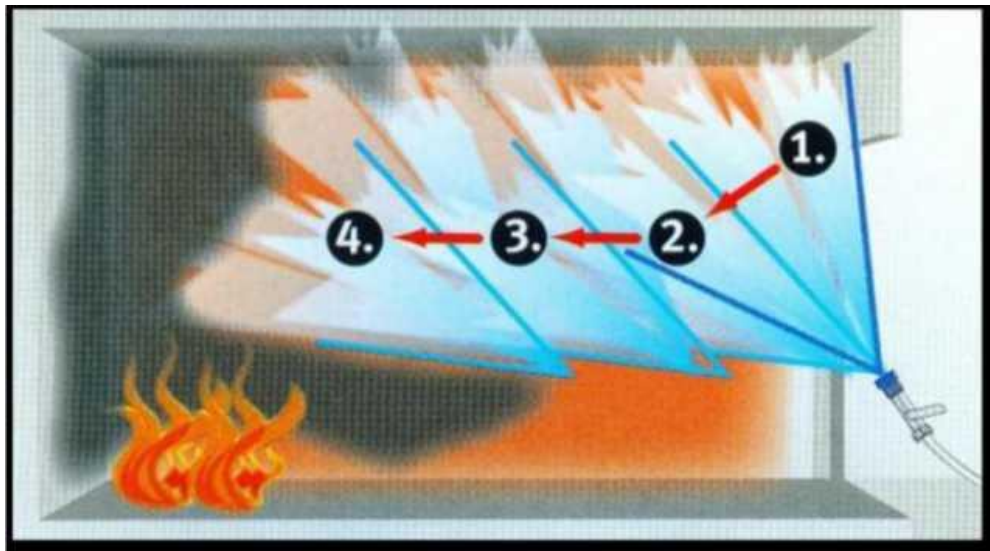


Рисунок 56. Вид (3d)атаки на огонь

Ствольщиком производится три последовательных импульса по схеме «Влево – вверх – вправо» и оценка ситуации после подачи воды. В зависимости от расположения звена пожаротушения относительно ограждающих конструкций схема подачи может быть «В(лево)право–вверх». При этом очень важно охлаждать именно сами пиролизные газы, а не поверхности стен и потолков. Попадание воды на раскаленные поверхности ограждающих конструкций произведет гораздо меньше эффекта и может быть опасно для звена пожаротушения, находящегося внутри огневого отсека.

Методы пожаротушения слишком разнообразны и сложны. Каждая страна, каждое подразделение выбирает для себя свои методы и осуществляет их посредством различных приемов подачи воды при тушении пожаров в замкнутых объемах. Указанные выше приемы атак не могут быть универсальными для любых ситуаций, и должны быть адаптированы (изменены) ствольщиком под конкретную огневую обстановку. Поэтому очень важно, чтобы каждое оперативное должностное лицо пожарной охраны, каждый пожарный хорошо понимали поведение пожара, правильно распознавали стадии реальных пожаров, могли четко определить цель своей атаки в конкретной ситуации, и выбрать вид атаки, который будет лучше всего соответствовать этой цели.

Процесс тушения пожара в жилых зданиях, которые в основном и представляют собой замкнутые объемы, является крайне сложным. При тушении подобного рода пожаров необходимо учитывать большое количество факторов, которые могут повлиять на процесс тушения. В связи с этим, сформировались некоторые рекомендательные требования по тушению пожаров в жилых зданиях.

1. Сначала проводится спасение пострадавших, затем — тушение пожара.
2. Предпочтительнее тушить помещения изнутри, а не снаружи.
3. Следует обследовать здания для альтернативных путей входа пожарных в помещения.

4. Для тушения пожаров внутри здания предпочтительнее участие двух звеньев.
5. Если это осуществимо, то предпочтительнее одновременный ввод звеньев.
6. Выход звена из здания должен проходить по рукаву или путевому шпагату.
7. Если это возможно, то следует ввести резервное звено для подготовки путей отхода или для спасения пострадавших или оказания помощи работающим звеньям.

Если звено, целью которого является спасение пострадавших из помещения, продвигается около очага пожара, то внимание пожарных, в-первую очередь, должно быть направлено на обеспечение собственной безопасности.

8. Командир звена должен обладать информацией о предполагаемом количестве людей, которые могут находиться в горящем и задымленных помещениях.

9. Нельзя продвигаться со стволом, не подключенным к рукаву с наполненной рукавной линией или только подсоединенной к напорному патрубку пожарного насоса. Должна быть обеспечена бесперебойная подача необходимого количества ОТВ.

10. При входе в горящее помещение необходимо (целесообразно) закрыть за собой двери, тем самым ограничить поступление кислорода в зону горения.

11. При обнаружении пострадавшего нельзя класть ствол на пол или закреплять на достигнутом месте, его следует брать с собой.

12. При движении в горящем помещении следует как можно ниже прилегать к полу, при этом контролируя обстановку в помещении.

13. Двери в горящее помещение, исходя из конструктивных особенностей, следует открывать осторожно, при этом необходимо укрываться за строительными конструкциями, ограничивая себя от прямого воздействия пламени.

14. При подготовке действий, непосредственно связанных с тушением пожара, (атаки на огонь), в целях наиболее эффективного и безопасного пожаротушения, ствольщик должен придерживаться основных правил:

- выбрать прием атаки на огонь, чтобы обеспечить надлежащий охват огневого отсека;
- отрегулировать расход огнетушащего вещества для обеспечения соответствующего пожару потока (струи);
- распределить воду должным образом по всей площади или зоне горения;
- перекрыть ствол в нужное время.

В данном разделе методических рекомендаций были рассмотрены особенности, связанные с возникновением и развитием пожара. Также были отражены опасности, возникающие при пожарах в замкнутых объемах, которые чреваты негативными последствиями для пожарных и спасателей, если их не учитывать. Были рассмотрены основные приемы, направленные на повышение эффективности применения ручных пожарных стволов при тушении пожаров в замкнутых объемах. Грамотное применение ручных пожарных стволов при тушении пожаров позволит не только эффективно бороться с огнем, но и обеспечит безопасность для ствольщика и звена в целом.

Рассмотрение вопросов применения ручных пожарных стволов также подразумевало под собой сравнение методов тушения ручными пожарными стволами и стволами установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки, для более детального представления основных различий и формирования знаний о методах пожаротушения и их выборе при проведении работ, связанных с тушением пожара.

### **III. Тактические особенности применения установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки**

Основное предназначение установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки направлено на тушение пожаров в замкнутых объемах.

К таким пожарам могут быть отнесены:

- все виды пожаров в зданиях и помещениях (вентилируемых или невентилируемых);
- пожары в высотных зданиях;
- пожары на кровле и в перекрытиях;
- пожары в подвалах и цокольных этажах;
- пожары в контейнерах,
- пожары на соломенных крышах;
- пожары со скрытым горением в конструкциях;
- пожары в некоторых типах автомобилей,
- пожары в трюмах плавучих средств;
- пожары в кабельных тоннелях, каналах, коллекторах;
- горение сажи в дымоходе;
- пожары в силосных хранилищах;
- горение в воздуховодах и колодцах;
- горение в сложно доступных/закрытых местах.

Использование установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки при тушении пожаров позволяет, помимо решения задач пожаротушения, создавать безопасные условия для работы пожарных, а именно:

- охлаждая горючие газы, снижается риск вспышки и распространения огня;
- сокращается время подачи ствола первой помощи;
- предотвращается распространение горения, позволяя сдерживать его на дистанции;
- осуществляется тушение скрытых очагов горения;
- осуществляется подача ОТВ на тушение через строительные конструкции различной природы;
- проводится подача ОТВ в труднодоступные места (мельницы, фильтрационные установки, вентиляционные системы, пылеуловители, сушилки и пр.);
- проводится эффективная борьба с огнем при пожарах в цистернах, танкерах, силосах, контейнерных хранилищах и прочих аналогичных объектах;
- возможно применение установки с другими средствами тушения пожара, в том числе и на больших высотах.



### 3.1 Особенности применения установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки

Существует значительная разница в тактическом использовании метода пожаротушения с возможностями гидроабразивной резкой и традиционных методов пожаротушения, особенно когда рассматривается пожар в закрытом объеме.

Как было рассмотрено ранее, на возникновение и развитие пожара влияет большое количество факторов, одним из которых является приток кислорода в зону горения. За счет притока кислорода увеличивается интенсивность горения, и, следовательно, увеличивается и дымообразование, происходит повышение температуры. Но самым опасным явлением, с которым очень часто при тушении пожаров в закрытых объемах приходится сталкиваться, является возникновение объемных вспышек и эффекта обратной тяги, механизмы возникновения которых рассматривались ранее.

Чтобы добиться эффекта тушения, необходимо осуществлять подачу огнетушащих веществ непосредственно в очаг пожара, при этом необходимо ограничить распространение огня. При тушении пожаров в закрытых объемах необходимо исключать возможности притока кислорода в зону горения, и это только малая часть всех действий, которые необходимо выполнять пожарным подразделениям при тушении пожара. Но не следует забывать, что выполнение всех мероприятий проходит в условиях воздействия опасных факторов пожара и его вторичных проявлений.

Применение установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки направлено, главным образом, на обеспечение безопасности личного состава, участвующего в тушении, и создания благоприятных условий для пожарных в горящем помещении. Применение установок пожаротушения исключает нахождение человека в горящем помещении. За счет возможностей гидроабразивной резки подача огнетушащих веществ осуществляется через строительные конструкции помещения. Отверстие, которое образуется в результате резки, исключает возможность попадания кислорода воздуха в зону горения. Вместо этого в зону горения попадает тонкораспыленная вода в виде тумана, которая в процессе испарения образует водяной пар, а тот, в свою очередь, эффективно охлаждает горючие газы, снижая общую температуру пожара. Опыт применения установок пожаротушения показал, что это также эффективный инструмент борьбы с хорошо вентилируемыми пожарами.

Основным критерием, интересующим многих, является время работы установки или время подачи огнетушащих веществ в зону горения. Здесь необходимо исходить из условий пожара, параметров горящего помещения и вида пожарной нагрузки. В зависимости от этих условий необходимо выбирать время работы, но было доказано, что оно **не должно быть менее 1 минуты**. Основным критерием, на который необходимо ориентироваться, является смена цвета дыма. Если черный или густой бурый дым при работе установки меняют цвет на белый, это говорит о том, что из

горящего помещения начинает выходить **пар**. Именно это условие является одним из ключевых при оценке обстановки пожара.

Тактика применения установок пожаротушения основывается на совместной работе тепловизионной разведки и применения тактического вентилирования (рисунок 57).

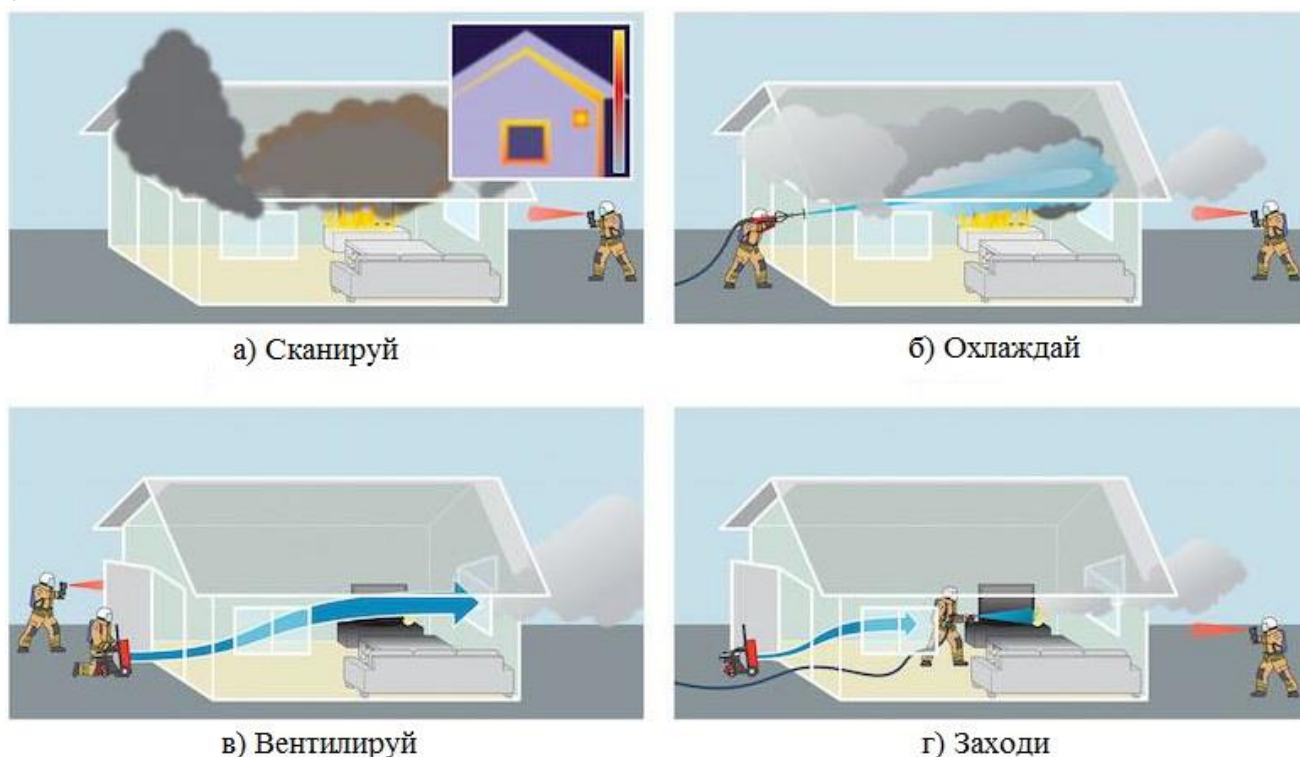


Рисунок 57. Основы тактики применения установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки

а) сканирование тепловизором горящего помещения; б) подача ОТВ на охлаждение и тушение пожара; в) вентиляция продуктов горения, горючих газов и водяного пара; г) дотушивание тлеющих очагов, разборка и проливка.

Первоочередным является проведение тепловизионной разведки для обнаружения наиболее прогретых участков конструкций и, следовательно, для ориентировочного обнаружения очага пожара (рисунок 57а). После того, как сканирование помещения завершено, оператор, работающий с тепловизором, указывает ствольщику место подачи огнетушащих веществ. Ствольщик производит резку конструкций и подачу огнетушащих веществ в зону горения. Подача огнетушащих веществ должна осуществляться под потолок, где температура наиболее высокая, тем самым обеспечивается охлаждение продуктов горения и пиролиза. Вода, находясь в распыленном состоянии, действуя на зону горения, начинает интенсивно испаряться, отводя большое количество тепла от зоны горения. Известно, что из 1 литра воды получается 1700 л пара, соответственно, за счет того, что вода интенсивно испаряется, давление внутри горящего помещения начинает повышаться, за счет чего происходит разбавление кислорода воздуха в горящем помещении и вытеснение горючих газов из горящего помещения (рисунок 57б). После того, как дым сменился на пар, происходит вскрытие дверных и оконных проемов механическим способом.

Заходить в помещение следует с рабочей рукавной линией. С помощью вентиляторов создается подпор воздуха и происходит вентиляция продуктов горения, горючих газов и водяного пара (рисунок 57г). После выполнения указанных мероприятий, при необходимости, производится дотушивание тлеющих очагов, их проливка и разборка конструкций.

Для более эффективного применения установки оператору, работающему с тепловизором, следует постоянно контролировать обстановку, образующуюся в ходе тушения. Контроль должен осуществляться как с помощью приборов, так и визуально. Оператор с тепловизором должен обмениваться информацией со ствольщиком и координировать его действия.

Ствольщику, для достижения наиболее лучшего результата, следует производить резку и тушение в нескольких местах, чтобы добиться распространения огнетушащих веществ по всему объему помещения.

По возможности, для резки следует выбирать наиболее слабые участки строительных конструкций. Наиболее подходящими являются оконные проемы (оконные рамы) и двери помещения (рисунок 58). Исходя из логических соображений, вероятность нахождения за ними каких-либо предметов, будь то холодильник или шкаф, располагающиеся, как правило, около стен, минимальна. Наличие препятствий на пути огнетушащей струи может негативно сказаться на эффективности тушения.



Рисунок 58. Подача огнетушащих веществ вблизи оконного проема помещения

Применение установок пожаротушения возможно при тушении скрытых пожаров, беспламенного горения в междуэтажных перекрытиях, стенах, потолках или других конструкциях.

Помимо огнетушащих свойств, возможно проведение аварийно-спасательных работ с помощью ствола гидроабразивной резки за счет разрушения и резки конструкций потоком воды и абразива.

При работе ствольщика со стволом установки следует учитывать некоторые особенности:

– за счет сверхвысокого давления и скорости движения огнетушащих веществ возникает реактивная сила, при которой ствол воздействует на плечо ствольщика с силой в 150 Н (~15 кг). Это условие необходимо учитывать при работе на высотах или скользких поверхностях, стараясь добиться устойчивого положения;

– при осуществлении резки сигналом того, что абразив поступает в рукавную линию, является характерный гул и небольшие, но ощутимые вибрации;

– при резании конструкций возникает распыление воды с абразивом во все стороны от места резки, если этот эффект прекратился, это свидетельствует о том, что конструкция прорезана;

– при резании конструкций следует не допускать смещения ствола, так как это увеличит время резания, которое начнется по новому месту резки;

– при тушении пожаров в закрытых помещениях и в условиях крупных пожаров, когда радиоэфир перегружен, может возникнуть нарушение радиообмена передатчика на стволе и приемника на автомобиле. В связи с этим, ствольщику необходимо иметь при себе радиостанцию, для обеспечения обмена информацией с водителем(оператором), работающим на насосе установки;

– при выполнении работ, связанных с резкой, ствольщику необходимо опускать забрало защитного шлема либо работать в специально предназначенных для этого защитных очках.

Чтобы перейти к рассмотрению конкретных примеров тушения пожаров с применением автомобилей, оборудованных установками пожаротушения с системами гидроабразивной резки, необходимо рассмотреть некоторые особенности применения тепловизоров и методов тактического вентилирования.

### **3.2 Основы применения тепловизоров для решения задач по тушению пожаров**

При тушении пожаров и проведения аварийно-спасательных работ использование тепловизоров помогает решать ряд задач:

- 1) Проведение первичной разведки пожара (пожарная разведка по прибытию).
- 2) Поиск мест горения и пострадавших в зоне пожара.
- 3) Поиск пострадавших под завалами.

При первичной разведке пожара источником излучения будут являться внешние стены и архитектурные элементы здания, расположенные в непосредственном контакте, или просто вблизи мест горения. Это означает, что наблюдаемое инфракрасное излучение строительных конструкций практически соответствует их реальной температуре и влияние отраженного излучения невелико.

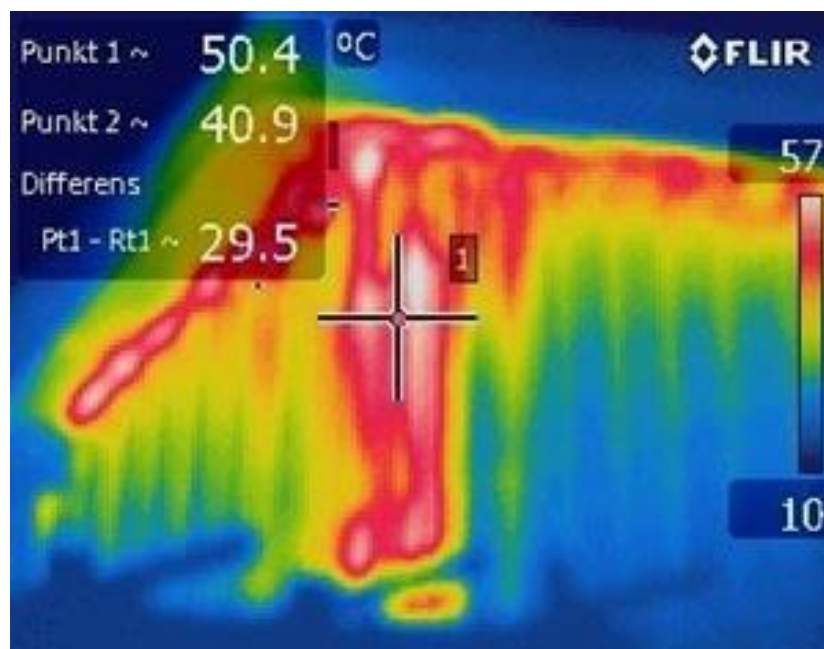


Рисунок 59. Показания тепловизора снаружи здания при прогреве конструкций

С другой стороны, большинство строительных материалов обладают очень высокой теплоемкостью. Соответственно, повышение интенсивности их излучения наступает с задержкой относительно начала нагрева, а понижение – с задержкой относительно момента охлаждения. Проще говоря, если огонь ушел по пустотам в другие помещения, их внешние стены далеко не сразу начнут «светиться» в тепловизоре. Верно и обратное - даже если возгорание ликвидировано, стены будут ещё некоторое время сохранять нагрев и служить источниками инфракрасного излучения.

Важным источником информации могут служить дефекты, позволяющие проникать через стены инфракрасному излучению непосредственно из очага. Такие дефекты могут быть вызваны как строительным браком (плохо заделанные швы и отверстия), так и разрушениями, возникшими в ходе пожара (прогары, разбитые окна). Благодаря тому, что они служат путями непосредственного теплообмена с внешней средой, их можно использовать для получения информации о температурном режиме за преградой.

Важным источником информации, требующим, однако, правильной интерпретации, являются застекленные окна. Как уже было сказано выше, обычные оконные стекла не пропускают волны инфракрасного диапазона и по своим поглощательным характеристикам близки к абсолютно черному телу. Однако теплоемкость стекла сравнительно невелика, и, если окна ярко выделяются на тепловизионном изображении как объекты с высокой температурой, это может значить, что за ними расположен мощный источник тепла.



Рисунок 60. Сканирование помещения тепловизором через оконные проемы

Большую роль при первичной разведке пожара играет пространственная ориентация наблюдаемых в тепловизор элементов конструкции относительно наблюдателя. Если угол между нормалью к поверхности объекта и линией визирования превышает 60 градусов, то поверхность объекта начинает вести себя как вертикальный отражатель.

Поскольку в большинстве случаев первичная разведка пожара ведется с земли, а стены зданий, как правило, ориентированы по вертикали перпендикулярно земле - существует минимальное расстояние между стеной здания и точкой, с которой осуществляется тепловизионный мониторинг. Причем это расстояние растёт с увеличением высоты точки возгорания. Этот фактор особенно важен при разведке и последующем тушении пожара в зданиях повышенной этажности.

В приведенной ниже таблице приведены значения минимального расстояния, с которого следует осуществлять тепловизионный мониторинг в зависимости от номера этажа, на котором произошло возгорание. В качестве величины высоты одного этажа взято значение в 3 метра, характерное для гражданских зданий, составляющих основу жилого фонда в большинстве городов России.

**Значения минимальных расстояний с позиции наблюдателя до горящего помещения в зависимости от этажа**

Таблица 11.

Номер этажа	Высота, м	Минимальная дальность наблюдения, м
5	15	9
6	18	11
7	21	13
8	24	14

Номер этажа	Высота, м	Минимальная дальность наблюдения, м
9	27	16
10	30	18
11	33	19
12	36	21
13	39	23
14	42	25
15	45	26
16	48	28

Кроме того, нельзя забывать, что в зданиях со сложными архитектурными элементами, переменной этажностью и т.д. возможно наличие в поле зрения тепловизора нескольких плоскостей, находящихся под различными углами к линии визирования. В этом случае необходимо:

- во-первых, делать поправку на углы между данными плоскостями и линией визирования. Необходимо помнить, что две плоскости одинаковой температуры, расположенные под разными углами, будут иметь разную яркость на экране тепловизора;

- во-вторых, необходимо иметь в виду, что в областях, прилегающих к местам стыка различных плоскостей, наблюдаются эффекты, связанные с переотражением инфракрасных лучей. Чтобы не вдаваться в сложности геометрической оптики, сформулируем простое решающее правило:

***Если в поле зрения тепловизора имеется одновременно несколько архитектурных плоскостей, то плоскости перпендикулярные линии визирования, холоднее, чем кажутся, а плоскости, расположенные под острыми углами к линии визирования, горячее, чем кажутся!***

Дополнительным фактором, вносящим помехи, будет являться солнце. В летнее время года яркий солнечный свет способен нагревать бетон и прочие строительные материалы до высоких температур, снижая тем самым контрастность наблюдаемой картины.

При ведении действий по тушению пожаров с применением установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки, ведение тепловизионной разведки подразумевает поиск места, где необходимо осуществлять подачу огнетушащих веществ от работающей установки. При ведении тепловизионной разведки наблюдатель должен просканировать все здание и, по возможности, определить очаг пожара и направление распространения огня (рисунок б1).



Рисунок 61. Направления сканирования здания тепловизором

Определив наиболее прогретые участки конструкций, наблюдатель указывает ствольщику место, откуда необходимо начать подачу огнетушащих веществ на тушение пожара (рисунок 62).



Рисунок 62. Сканирование горящего объекта тепловизором и подача ствола установки на тушение пожара

При проведении тепловизионной разведки необходимо помнить, что тепловизор определяет количество теплового излучения конструкций здания и не является рентгеновской камерой, способной «видеть» через конструкции. При использовании тепловизора для первичной разведки пожара в типовых жилых и административных зданиях следует соблюдать минимально допустимое расстояние от здания, устанавливаемое в зависимости от высоты этажа, на котором происходит пожар.

При проведении разведки пожара тепловизор должен расцениваться как помощь, и не должен представлять единственный метод проведения разведки.

### 3.3 Основы тактической вентиляции

**Тактическая вентиляция (ТВ)** – это комплекс мероприятий по управлению газообменом на пожаре с использованием специальных технических средств и



тактических приемов для снижения вероятности воздействия опасных факторов пожара на людей и пожарную обстановку, создания приемлемых условий ликвидации горения или последствий чрезвычайной ситуации.

Основными целями тактической вентиляции являются:

- предотвращение объемной вспышки («flashover»);
- снижение вероятности образования «обратной тяги» («backdraft»);
- снижение интенсивности образования продуктов горения и уменьшение их концентрации;
- понижение температуры пожара;
- предотвращение образования и удаление перегретого пара;
- снижение температуры на участках тушения пожара и проведения работ;
- улучшение видимости в зоне работы звеньев газодымозащитной службы по тушению, поиску и спасению людей;
- снижение концентрации токсичных газов и паров, опасных для людей, находящихся в здании;
- предотвращение распространения огня и дыма.

Следует заметить, что в данном разделе будут рассмотрены основные принципы выполнения тактической вентиляции в комбинации с работой установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки. Рассматриваемые принципы тактической вентиляции во многом пересекаются с основными принципами тактического вентилирования при тушении пожара, которые детально описаны в [6].

Основной принцип ТВ – это активное воздействие на воздушную среду и потоки воздуха в здании или сооружении, где происходит пожар, с целью удаления продуктов горения и водяного пара в нужном направлении и снижения температуры (рисунок 63). Движущей силой вентиляции является разница давлений между горящим помещением и окружающим пространством.

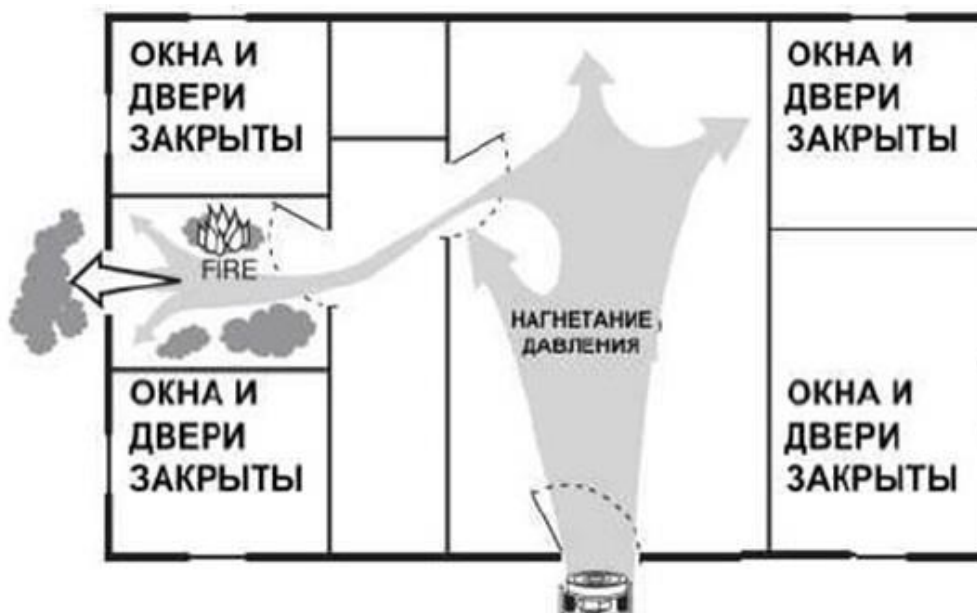


Рисунок 63. Принцип действия тактической вентиляции

При «классическом пожаре» в помещении нагретые продукты горения и несгоревшие газы и пары концентрируются в верхней части. В нижней части помещения в основном находится воздух, который холоднее и более обогащен кислородом, чем верхние слои воздуха. В многоэтажных зданиях разогретые продукты пожара, как правило, поднимаются по лестничным клеткам и другим вертикальным коммуникациям в верхние зоны.

Проведение тактической вентиляции необходимо осуществлять одновременно с процессом тушения пожара и спасением людей.

***Важно знать, при неправильных действиях по тактической вентиляции возможно ухудшение обстановки!***

Важным условием для принятия решения на проведение ТВ является определение стадии пожара. Применение ТВ на стадии, когда «управление» горением осуществляется пожарной нагрузкой, позволит предотвратить или замедлить переход в стадию полного горения, когда пожар будет «управляться» поступающим воздухом (т.е. управление воздухообменом). При этом осуществление одновременных действий по ТВ и тушению будет способствовать быстрой локализации пожара и его полной ликвидации. Если применить ТВ на стадии управления вентиляцией (развитая стадия), то процесс горения будет намного сложнее контролировать и ликвидировать. Из этого следует, что чем раньше применить вентиляцию в общем процессе тушения, тем меньше ущерб имуществу, тем лучше условия тушения и существенно ниже потребность в привлекаемых силах.

Особенностью достижения положительного эффекта от применения ТВ является наличие приточного и вытяжного проемов. Создание двух проемов – одного в нижней части здания, а другого в верхней части горящего помещения обеспечивает целенаправленное движение воздушного потока. Междуприточным и вытяжным проемами должно существовать пространственное соединение, условно представляющее вентиляционный канал, по которому двигаются продукты горения из зоны повышенного давления в зону пониженного.

Приточный проем является одновременно отверстием для нагнетания воздуха от вентиляционного агрегата, местом проникновения сил в здание для тушения пожара, проведения спасения и эвакуации пострадавших, а так же при необходимости, звена вентиляции – для создания вентиляционного канала и вытяжного проема. При проведении операции вентилирования необходимо стараться использовать только один приточный проем. Использование более одного приточного проема снижает созданное повышенное давление, так как воздух частично движется между проемами, уравнивая мощности вентиляторов. Возрастает также отрицательное влияние температуры, ветра, планировки здания на процессы вентиляции при использовании нескольких приточных проемов и установке вентиляционных агрегатов в этих проемах.



Рисунок 64. Установка вентилятора перед приточным проемом

Необходимым условием проведения тактической вентиляции является наличие вытяжных проемов. Количество вытяжных проемов и их размеры зависят от цели, которую преследует организуемая тактическая вентиляция (дымоудаление или удержание участков объекта пожара незадымленными).

Размеры вытяжного проема, по возможности, должны быть равны размерам приточного проема. Множество маленьких вытяжных проемов дает такой же эффект, как и один большой (в зависимости, конечно же, от размера здания и мощности вентилятора). Значительное уменьшение вытяжного проема делает вентиляцию менее эффективной.

По своему конструктивному исполнению вытяжной проем может быть вертикальным, горизонтальным или комбинированным. Учитывая, что создаваемое давление в помещении, в котором происходит пожар, распределяется равномерно, то можно выбирать вытяжной проем произвольно. Однако, идеальным является проем, созданный как можно выше относительно уровня места горения в помещении пожара. В этом случае продукты горения, стремящиеся вверх, будут удаляться максимально эффективно.

При выборе вытяжного проема необходимо предусмотреть меры по нераспространению дыма в другие части здания. С целью предотвращения распространения горячих продуктов горения в другие помещения, вытяжной проем необходимо создавать в месте образования наибольшей температуры.

Вытяжной проем создавать целесообразно снаружи здания, но по различным причинам это может быть невозможно (большая высота, отсутствие подъемных механизмов, высокопрочное стекло и т.д.). Создание вытяжного проема должно быть основано на данных, полученных в ходе проведения разведки пожара. Вытяжным проемом может служить:

- оконный проем;

- вентиляционный короб стационарной системы дымоудаления;
- искусственно сделанный проем в строительных конструкциях (наружных стенах, кровле, и др.).

Зачастую при тушении пожаров достаточно сложно оказать влияние на приточные и вытяжные проемы ввиду сложной планировки зданий, погодных условий и пр. Основным и решающим фактором при выборе вытяжного проема необходимо считать температуру пожара, которая, в свою очередь, зависит от интенсивности горения. Если вытяжной проем находится с наветренной стороны и сила ветра препятствует выходу дыма, то в этом случае необходимо вытяжной проем организовать с подветренной стороны. Если из тактических соображений это сделать невозможно, то механическую вентиляцию нужно остановить и провести дымоудаление естественной вентиляцией.

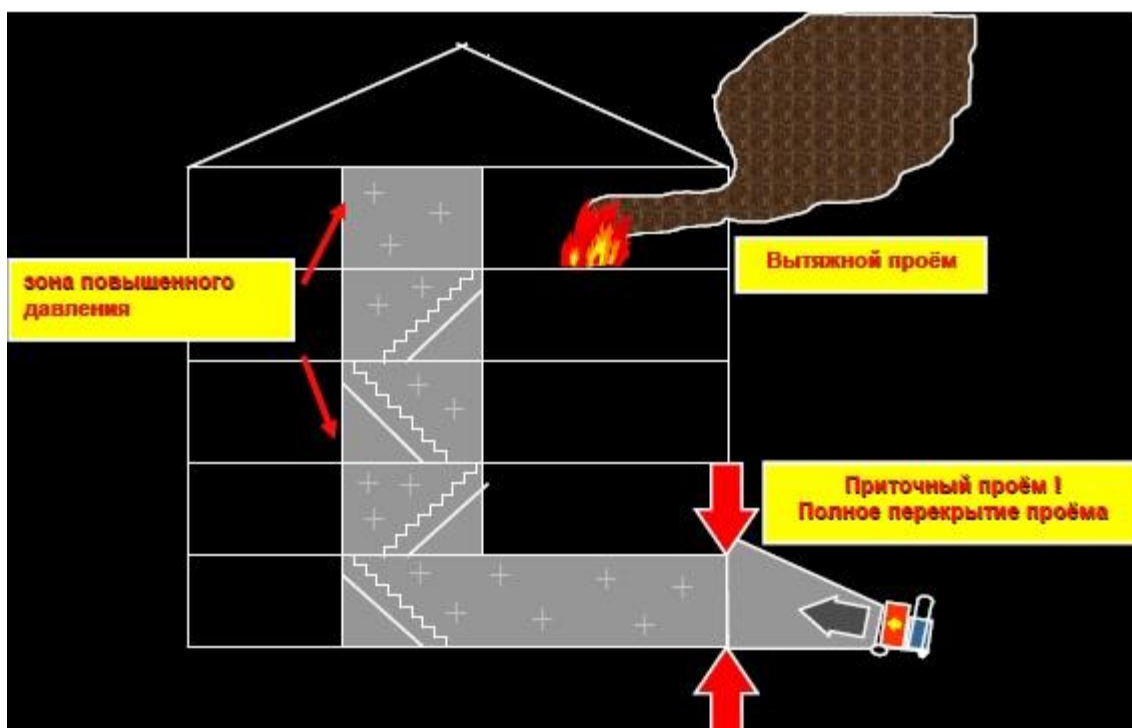


Рисунок 65. Схема правильного проведения тактического вентилирования [7]

Тактика ведения тактического вентилирования совместно с работой установки пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки предполагает совместную работу методов объемного пожаротушения и тактического вентилирования. При пожаре в помещении на тушение подается ствол установки пожаротушения и осуществляется насыщение объема водяным туманом, происходит охлаждение зоны горения, горючих газов и пр. Если рассматривать горение в помещении, имеющем общую лестничную клетку, то необходимо нагнетать воздух в лестничную клетку для удаления продуктов горения из нее и спасения просящих о помощи людей с вышележащих этажей. После работы установки и вскрытия дверного проема, за счет того что температура в горящем помещении снижена, интенсивность дымообразования в разы меньше чем при горении, пожарные подразделения могут проникнуть в помещение и произвести дотушивание оставшихся очагов, при этом

произвести вскрытие оконных проемов изнутри помещения для вентиляции пара и продуктов горения.

При тушении пожаров, где невозможно образование вытяжного проема (подвалы, цокольные этажи, сауны в подвальном помещении), необходимо после работы ствола установки пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки осуществлять вентиляцию таким образом, чтобы часть приточного проема являлась вытяжным (рисунок 66).

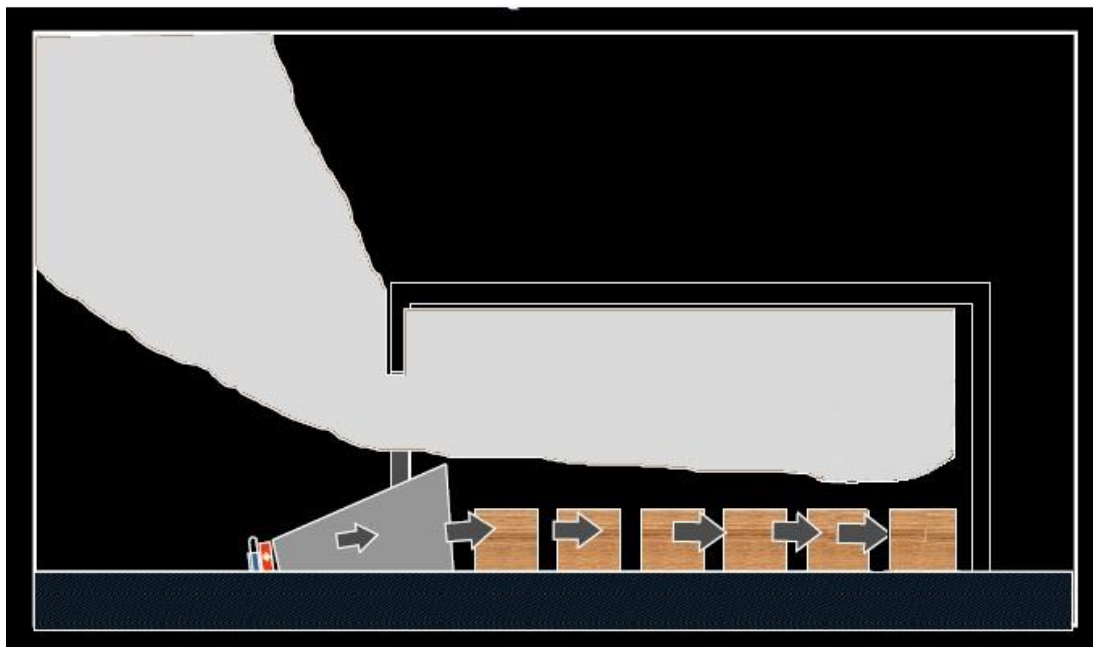


Рисунок 66. Проведение тактического вентилирования после работы ствола установки без вытяжного проема

Нужно заметить, что при выполнении тактической вентиляции после работы установки вентилируется преимущественно водяной пар и лишь относительно небольшая часть - продукты горения.

### **3.4 Тушение пожаров в жилых, административных зданиях и зданиях повышенной этажности**

При выборе решающего направления РТП руководствуется пятью основными принципами, первоочередным из которых является спасение людей. Этот аспект является главным при тушении пожаров в жилых и административных зданиях, так как подразумевается нахождение в них людей, в том числе и в темное время суток.

Причины возникновения пожаров весьма разнообразны. К ним могут относиться, и неисправность электропроводки и оборудования, нарушение правил пожарной безопасности, действия хулиганского характера и прочее. Сопровождаются такие пожары быстрым задымлением и распространением огня (рисунок 67).



Рисунок 67. Распространение продуктов горения и пламени внутри здания

Первым этапом действий подразделений, прибывших к месту вызова, является проведение разведки с целью установления параметров пожара, наличия и выбора способов и приемов спасения пострадавших. Разведка проводится как методами визуального наблюдения, так и с помощью тепловизора и иных приборов. При проведении разведки необходимо установить очаг пожара, его приблизительные размеры и пути распространения (рисунок 68).



Рисунок 68. Проведение тепловизионной разведки

После разведки пожара РТП выбирает направление подачи ствола установки на тушение пожара. В первую очередь для подачи ствола установки необходимо выбирать дверные коробки и оконные рамы (рисунок 69).



Рисунок 69. Подача ствола установки на тушение через оконный проем

Подача огнетушащих веществ должна осуществляться до того момента, пока выходящие продукты горения не сменяются белым паром. Если через некоторое время работы установки желаемый эффект не достигнут, ствольщику необходимо сменить позицию и возобновить подачу огнетушащих веществ.

При выборе места подачи ствола установки необходимо учитывать планировку помещения.

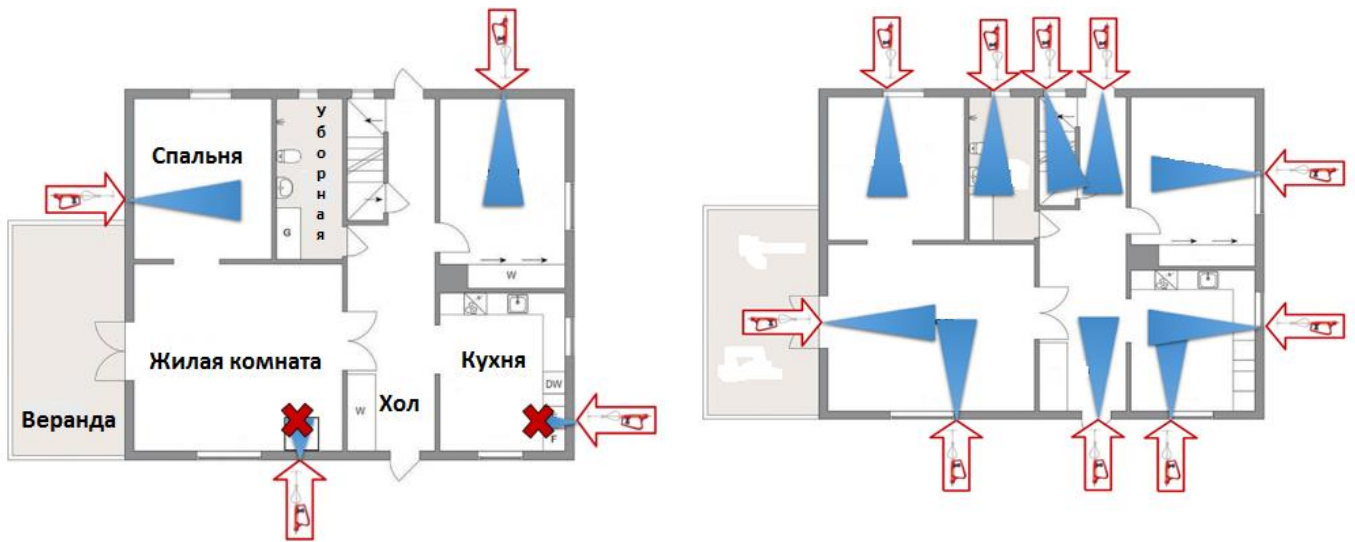


Рисунок 70. Наиболее рациональные участки подачи огнетушащих веществ

Если есть возможность подачи нескольких стволов от нескольких установок, то необходимо одним стволом ограничить распространение горения, а другой подать на тушение. При подаче ствола необходимо обеспечить полное рассеивание струи. Для этого наиболее эффективно осуществлять резку и подачу ОТВ под углом.



Рисунок 71. Подача ОТВ под различными углами

Работа ствола установки до достижения желаемого результата может занять несколько минут. В момент работы установки необходимо осуществлять развёртывание и подготовку к подаче остальных средств тушения.

После того, как достигнут желаемый результат работы установки, необходимо создать приточный и вытяжной проемы и перед входом в помещение провести тактическое вентилирование по времени приблизительно 15-20 сек, после чего звенья ГДЗС, заранее сосредоточенные у входа, осуществляют дотушивание внутри помещения. Вентилятор при этом работает 1-2 минуты, после чего его отключают. После ликвидации открытого горения необходимо проведение разведки внутри горящего помещения с целью обнаружения скрытого горения. Важно при скрытом горении не допускать дальнейшего применения тактической вентиляции. Если



скрытого горения не обнаружено, то РТП, исходя из необходимости, принимает решение о продолжении тактического вентилирования или разборки и проливки конструкций.

При тушении пожаров в административных зданиях, основу которых, как правило, составляют офисные помещения, необходимо рассматривать применение нескольких установок, создавая при этом избыточное давление в прилегающих помещениях (рисунок 72).

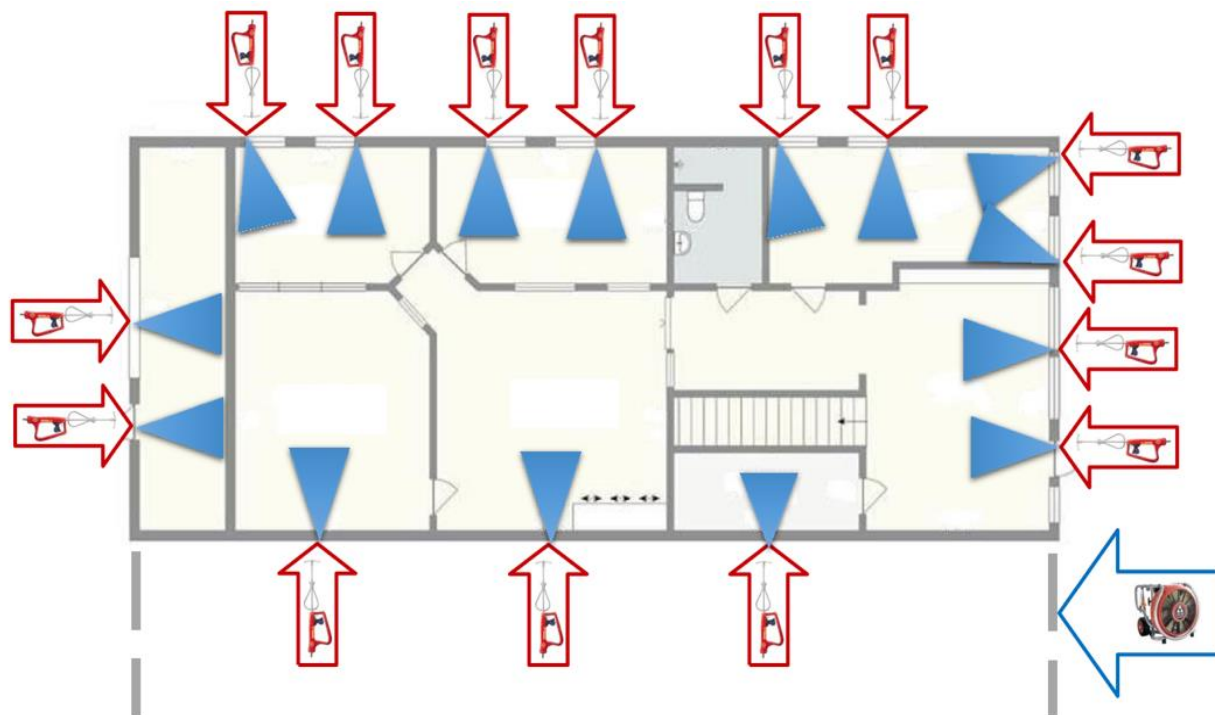


Рисунок 72. Применение установок при тушении пожаров в офисном помещении

Так как административные здания имеют большие площади, работа стволов должна осуществляться достаточное время, необходимое для заполнения всего объема помещения. Подачу ОТВ необходимо осуществлять под потолочное пространство с целью охлаждения горячих газов, продуктов горения и осаждения водяного тумана на зону горения.

Если процесс тушения пожара в отдельностоящем здании или на первом этаже дома является относительно несложным, то тушение пожаров на высотах предполагает приложение дополнительных усилий.

При возникновении пожара на вышележащих этажах необходимо осуществлять одновременные действия, связанные со спасением и тушением пожара. Звено, работающее со стволом установки, осуществляет развертывание и подачу ствола в горящее помещение и при этом, в зависимости от условий, производит спасение пострадавших из горящего помещения. Одновременно звено вентиляции создает приточные и вытяжные проемы и занимается спасением пострадавших с вышележащих этажей. После работы установки и достижения желаемого результата, создаются условия для вентилирования горящего помещения. Если по каким либо причинам отсутствует возможность подачи огнетушащих веществ лестничной клетки,

то подача огнетушащих веществ осуществляется через оконные проемы с использованием пожарных подъемных механизмов, но при этом необходимо, по возможности, исключить выход продуктов горения и образовавшегося пара в лестничную клетку (рисунок 73).



Рисунок 73. Подача ОТВ через оконный проем при помощи пожарного коленчатого подъемника

После того, как достигнут желаемый результат, возможно вскрытие оконного проема механизированным способом для целей тактической вентиляции (рисунок 74).



Рисунок 74. Вскрытие оконного проема механизированным способом

При необходимости, подача огнетушащих веществ может осуществляться из смежных помещений, а также выше или нижележащих помещений.

**Важно!** При работе установки требуется закрепление рукава рукавными задержками.

### 3.5 Тушение пожаров в подвалах и цокольных этажах

Тушение пожаров в цокольных этажах и подвалах зачастую сопровождается отсутствием оконных проемов, которые могли бы послужить в качестве вытяжных отверстий. Следовательно, после подачи огнетушащих веществ вентиляцию следует проводить таким образом, чтобы приточный проем одновременно был и вытяжным (рисунок 66). После прекращения подачи огнетушащих веществ открывать входную дверь следует аккуратно, соблюдая меры безопасности.

Важным условием является наличие коммуникаций приточно-вытяжной вентиляции помещений, так как огонь может распространиться через нее на вышележащие этажи. При обнаружении горения в системе стационарной вентиляции, необходимо осуществить тушение путем подачи ствола установки непосредственно в горящий участок (рисунок 75).



Рисунок 75. Тушение пожара в вентиляции

### 3.6 Тушение пожаров в чердачных помещениях и на кровле

Пожары в чердачных помещениях и на кровле, как правило, являются результатом пожара в комнате и (или) в конструкциях. Отсутствие противопожарных преград на чердаке и недостаточная противопожарная защита могут привести к

быстрому распространению огня. Процесс тушения пожара в чердачных помещениях и на кровле довольно сложен.

Во многих случаях пожары в чердачных помещениях и на кровле приводят к необходимости работать пожарным на высоте и в дыхательных аппаратах (рисунок 76).



Рисунок 76. Тушение пожара в чердачном помещении при помощи установки

Пожары в чердаках и на крышах могут происходить во всех возможных типах зданий и потолочных конструкциях. Для этого рассмотрим примеры различных конструкций потолка.



Рисунок 77. Пример конструкции потолка при наличии чердачного помещения

При горении пожарной нагрузки в чердачном помещении рассматриваемого типа огонь будет оказывать существенное влияние на кровлю. В связи с этим, тушение при помощи установки желательно осуществлять с использованием пожарных

подъемных механизмов с целью недопущения травм участников тушения пожара (проваливание в чердак) (рисунок 78).



Рисунок 78. Способы подачи ствола на тушение при помощи подъемных механизмов

При проведении разведки и обнаружении наиболее прогретых участков чердачного помещения, подача огнетушащих веществ может осуществляться с торца здания под «конек» крыши, либо непосредственно через кровлю (рисунок 79).



Рисунок 79. Варианты подачи стволов на тушение чердачного помещения под «конек»

Подача стволов установки через кровлю осуществляется с помощью подъемных механизмов, либо с крыши соседнего не горящего помещения (рисунок 80).



Рисунок 80. Подача ствола установки через кровлю

Пример конструкции потолка здания, не имеющего чердачного помещения приведен на рисунке 81.



Рисунок 81. Пример конструкции бесчердачного покрытия

При подаче огнетушащих веществ через кровлю ствольщик может столкнуться с такой ситуацией, когда струя огнетушащего вещества попадет в утеплитель, не пробив его, и при этом, осуществляя подачу ОТВ, эффекта тушения достичь невозможно, так как утеплитель будет насыщаться водой. В связи с этим, если есть возможность, необходимо осуществлять подачу ОТВ через световые и оконные заполнения (при их наличии) либо в местах, где отсутствуют подобные преграды (рисунок 82).



Рисунок 82. Способы подачи ствола на тушение через световые и оконные заполнения

Проводя разведку пожара, при горении чердачного помещения или пожаре на кровле, следует определить конструкцию чердачного помещения. Сделать это можно поднявшись в не горящую часть чердачного помещения. Конструкции чердачных помещений могут подразумевать разделение чердака на части противопожарными стенами. В связи с этим тактика тушения предполагает подачу ОТВ непосредственно в горящее помещение через кровлю при помощи подъемных механизмов, либо изнутри здания с соседней секции или нижележащего этажа (рисунок 83).



Рисунок 83. Подача ОТВ на тушение пожара в чердачном помещении здания с разноуровневой кровлей при помощи АКП

При подаче ОТВ на тушение пожара необходимо постоянно сканировать горящее помещение на предмет наиболее прогретых участков (рисунок 84).



Рисунок 84. Сканирования горящего помещения с АКП

Подачей ОТВ установкой в чердачное помещение создаются условия для работы звеньев ГДЗС в чердачном помещении с водяными ручными стволами. Параллельно организуется тактическое вентилирование чердачного помещения, организуются вытяжные проемы в кровле чердачного помещения. Тактическое вентилирование следует осуществлять после начала работы водяных стволов, включая вентиляторы на 1-2 минуты. После чего производится поиск скрытых очагов горения, проливка и разборка конструкций.

В зависимости от обстановки на пожаре могут возникать ситуации, когда РТП должен организовывать действия, направленные на недопущение распространения огня с одновременным его тушением.

Тактика ограничения распространения огня с применением установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки выбирается в зависимости от обстановки, но могут быть и другие варианты.

Тактика сдерживания распространения огня при помощи установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки состоит в том, что работа установки осуществляется на линии остановки огня (в противопожарном разрыве), при этом в помещениях, в которые возможно распространение огня, создается избыточное давление (рисунок 85). При тушении пожаров в чердачных помещениях, при необходимости, возможно проведение вентиляции между отсеками здания, чтобы остановить распространение огня по чердаку.





Рисунок 85. Подача ствола установки на линии распространения огня

Первоначальной задачей установки является снижение скорости распространения огня, тем самым выигрывается время, необходимое для развёртывания сил и средств и организации подачи водяных стволов на тушение пожара в чердачном помещении.

Подачу ствола установки на тушение необходимо осуществлять при помощи подъемных механизмов, так как это наиболее безопасный вариант.

При необходимости создания противопожарного разрыва, он создается в виде межсекционной вентиляции с целью остановки распространения огня по чердачному помещению. Происходит вскрытие кровли на границе секций чердака, для выпуска тепла и горючих газов (рисунок 86).



Рисунок 86. Противопожарный разрыв при тушении пожара в чердачном помещении

Противопожарный разрыв должен быть выполнен по всей ширине крыши. Одновременно с этим должно производиться тушение пожара введенными водяными стволами. До введения водяных стволов возможно применение установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки на путях распространения огня и непосредственно в места активного горения для подачи ОТВ на ликвидацию пожара.

### **3.7 Тушение пожаров в помещениях с большими объемами**

Процесс тушения пожаров в помещениях с большими объемами является довольно трудоемким.

К помещениям такого класса можно отнести:

- промышленные здания;
- помещения складского типа;
- производственные цеха;
- спортивные залы и пр.

Применение установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки на пожарах в рассматриваемых объектах является способом снижения рисков для участников тушения пожара. Функции, выполняемые ими, связаны как с тушением, так и с ограничением распространения пожара внутри помещения. Для достижения желаемого результата необходимо применение нескольких установок одновременно.

По решению РТП (начальника УТП) при одновременной работе на пожаре более 10 отделений, для своевременного управления и большей эффективности, отделения с установкой «Кобра» рекомендуется переводить на радиоканал №5 (Объект).

Тактика применения установок начинается с поиска наиболее прогретых участков конструкций с помощью тепловизора и подачи в найденную точку огнетушащих веществ (рисунок 87).



Рисунок 87. Подача ОТВ на наиболее прогретом участке

Штаб пожаротушения должен обладать информацией о горящем помещении, знать планировку, конструктивные особенности, владеть информацией о наличии обращающихся веществ и материалов. Из анализа всей информации вырабатывается тактика действий по тушению пожара. Применение установок пожаротушения в данном случае выполняется с целью недопущения дальнейшего распространения пожара.

После того, как определены основные направления ввода стволов, осуществляется перегруппировка техники. Автомобили, оснащенные установками, сосредотачиваются на участках ввода стволов. При необходимости, там же сосредотачиваются подъемные механизмы. В соседних с горящим помещениях создается избыточное давление с целью противодействия распространению огня. Производится подача огнетушащих веществ при помощи установок в зону горения (рисунок 88).



Рисунок 88. Применение установок для тушения пожара в складском здании

При работе на кровле необходимо обязательно производить страховку ствольщиков за люльку подъемного механизма. Необходимо избегать работы со стволом с приставных пожарных лестниц. Операторам, работающим с тепловизорами, необходимо координировать места ввода стволов установки. Координация РТП всех действий при тушении пожара имеет первостепенное значение, влияющее на успех тушения.

РТП должен понимать, что эффективность работы установки достигается через определенный промежуток времени. Следовательно, чем больше объем, тем больше требуется времени на подачу ОТВ в зону горения. При этом должны учитываться и временные интервалы работы ствольщиков, когда производится их замена.

При тушении необходим постоянный мониторинг обстановки с помощью тепловизоров, чтобы отслеживать направления распространения пожара и предпринимать соответствующие меры (рисунок 89).

Допускается применение установок совместно с другими средствами тушения, такими как стволы-ломы или стволы системы CAFS.



Рисунок 89. Ввод стволов установки на пути распространения огня

### 3.8 Тушение пожаров при скрытом горении в строительных конструкциях

Тушение скрытых пожаров в строительных конструкциях вынесено для рассмотрения отдельным вопросом, так как применение установок при решении такого вида задач является эффективным методом тушения.

Как правило, пожары, возникающие в помещениях, могут распространяться в соседние помещения и на вышележащие этажи через пустоты стен, полов, потолков, по замкнутым пространствам вертикальных вентиляционных каналов, трубных коллекторов и пр. Банальное загорание в дымоходе может прогреть строительные конструкции и стать причиной пожара (рисунок 90).

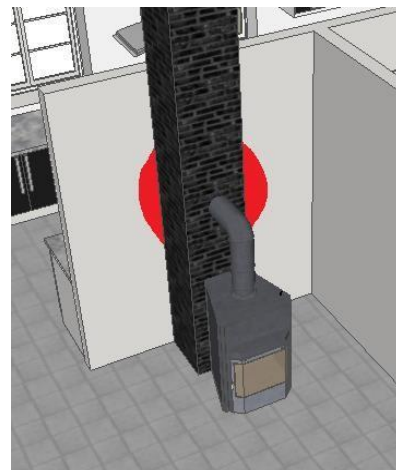


Рисунок 90. Возникновение пожара в результате прогрева строительных конструкций

Тушение внутренних пожаров в строительных конструкциях предполагает первоначальную разборку горящих конструкций с их дальнейшей проливкой ОТВ. Выполнение рассматриваемых действий необходимо проводить достаточно быстро, чтобы не допустить распространения огня и возникновения горения на новых участках.

Основным принципом применения установок при тушении пожаров в конструкциях является доставка ОТВ в зону горения до вскрытия конструкций с целью ограничения распространения и дальнейшего тушения пожара. При традиционном вскрытии конструкций механизированным инструментом возможен приток кислорода в зону горения и усиление горения. Применение установок исключает этот фактор.

Тактика действий при тушении пожара в конструкциях заключается в следующем:

– проведение сканирования помещения тепловизором для определения наиболее прогретых участков конструкции (рисунок 91). При этом необходимо обладать информацией о планировке здания, видах применяемых материалов и пр.

Сканирование тепловизором необходимо проводить как внутри помещения, так и снаружи, для получения более подробной информации о горении и распространении огня.



Рисунок 91. Определение скрытого горения при помощи тепловизора

– подача ОТВ на тушение должна осуществляться короткими порциями по внешнему периметру распространения горения, двигаясь к центру очага (рисунок 92);



Рисунок 92. Тушение пожара в скрытых конструкциях под полом стволом установки

– в процессе тушения пожара, необходимо его контролировать, сканируя ограждающие поверхности тепловизором. После окончания подачи ОТВ необходимо провести контрольное вскрытие горевших конструкций для убеждения в том, что горение прекратилось, и осуществления, при необходимости, проливки конструкций водяными стволами.

Необходимо иметь ввиду, что установки пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки, имеют прямой режущий эффект на расстоянии до 0,8 метра для различных типов материалов. В связи с этим, необходимо при тушении использовать короткие импульсы резки для убеждения в том, что конструкция не прорезана насквозь. Резку конструкций необходимо осуществлять под углом к ним, начиная с внешнего края горения, двигаясь к очагу. При этом необходимо избегать повреждения нижележащих конструкций (рисунок 93).

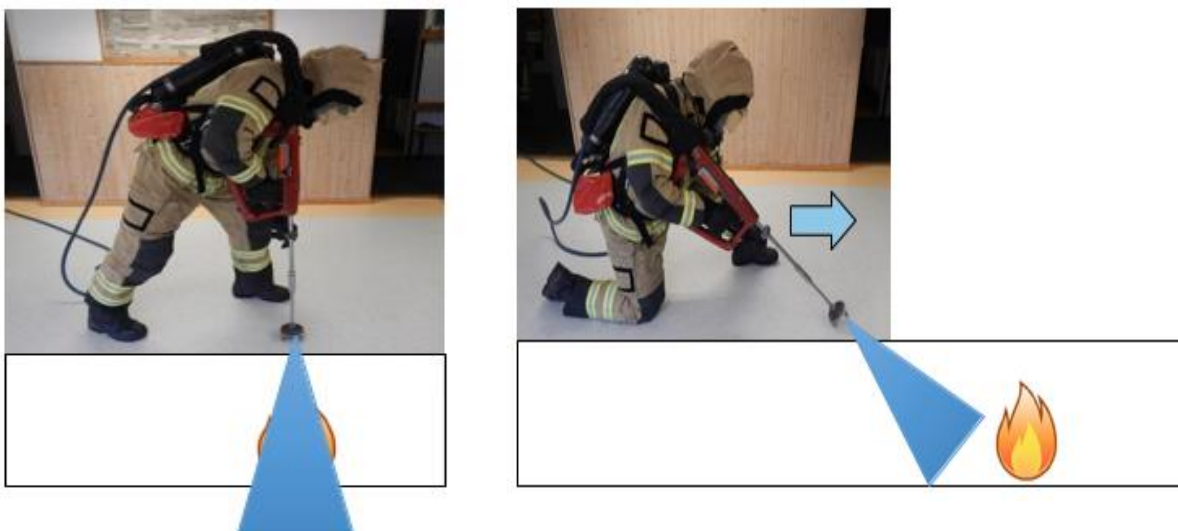


Рисунок 93. Примеры подачи ОТВ на тушение скрытого пожара в конструкциях

Оператор, проводящий сканирование тепловизором, должен обмениваться информацией со ствольщиком о ходе распространения пожара и об огнетушащем эффекте установки. Это позволит исключить ущерб от воды и резки негорящих конструкций.

Для достижения наибольшей эффективности смачивания поверхности и при проливке промасленных поверхностей допустимо применение воды с добавлением смачивателей или пены низкой кратности.

***Важно! При тушении пожара в конструкциях следует избегать применения тактического вентилирования, так как это может ухудшить обстановку на пожаре.***

Выбирая средство и тактику тушения пожара в конструкциях необходимо исходить из складывающейся оперативно-тактической обстановки. Отмечены случаи, когда применение установок к желаемому результату не привело.

#### **Пример:**

Пожар произошёл в результате поражения молнией, после чего в конструкциях возникло два отдельных очага пожара. Один из очагов был внутри стены за лестницей на втором этаже, другой - в конструкциях потолка (рисунок 94).



Рисунок 94. Очаг пожара внутри стены за лестницей на втором этаже

На момент прибытия подразделений площадь пожара не была известна. Загорание в стене было обнаружено при помощи тепловизора и ликвидировано звеном ГДЗС ручным водяным стволом. Загорание в конструкциях потолка найти было значительно трудней. Для ликвидации пожара в замкнутом пространстве решено было использовать комбинацию режущего ствола установки и ствола-лома.

Применение обоих средств тушения не дало нужного результата. Изучением данного случая установлено, что ствол установки не имел эффекта тушения в связи с резкой конструкции насквозь (рисунок 95).



Рисунок 95. Резка конструкции потолка насквозь

Таковыми действиями при тушении был причинен небольшой ущерб нижележащему, не горящему помещению.

Рассматриваемый опыт говорит о том, что при подаче огнетушащих веществ внутрь горячей конструкции необходимо контролировать поступление огнетушащих веществ в саму конструкцию.

### **3.9 Тушение пожаров на высотах**

Тушение пожаров в высотных зданиях установками пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки предполагает под собой подачу огнетушащих веществ для резки и пожаротушения. Как было установлено в ходе проведения испытаний, рукавной 80-ти метровой катушки, установленной на автомобиле, при прокладке рукавных линий по лестничным маршам хватает в среднем до 9 этажа (29,1 м.), это условие необходимо учитывать РТП при расстановке сил и средств. Далее, если возникает необходимость подачи огнетушащих веществ на вышележащие этажи, происходит наращивание рукавных линий с использованием переносных рукавных катушек. А соединение рукавных линий осуществляется при помощи специальных быстросъемных разъемов. При этом, если здание оборудовано пожарным лифтом, подъем переносных рукавных катушек на высоту осуществляется при помощи пожарного лифта. Для удобства прокладки рукавной линии, а также для сокращения времени развертывания, прокладка рукавной линии осуществляется с вышележащих этажей к нижележащим. При этом РТП должен заранее установить, на какой этаж (высоту) требуется подача огнетушащих веществ, а, следовательно, и какое количество переносных рукавных катушек необходимо задействовать и с какой высоты необходимо осуществлять прокладку рукавных линий. При этом необходимо



оставлять запас рукавов на высоте (при прокладке) для маневрирования стволом во время тушения пожара. При отсутствии пожарного лифта, прокладка рукавных линий из переносных рукавных катушек осуществляется с нижележащих этажей.

При прокладке рукавных линий следует избегать ее переломов и перегибов, что особо опасно при подаче абразива. Для фиксации рукавных линий следует использовать рукавные задержки.

Опытным путем при проведении пожарно-тактических учений на башне «Восток» комплекса «Федерация» ММДЦ «Москва-Сити» было установлено, что эффективная работа установки возможна на отметке в 270 метров, при этом длина рукавной линии - 350 метров с учетом горизонтальных участков.

### **3.10 Тушение пожаров на различных видах транспорта**

Первоначально метод объемного тушения разрабатывался для тушения пожаров в замкнутых объемах, представляющих собой трюмы кораблей, глухие чердачные помещения и др. Трюм корабля – замкнутый сварной стальной объем, при пожаре в котором происходит быстрый рост температуры, за счет чего металлические конструкции интенсивно прогреваются. Применение установок при тушении пожара обеспечивает эффективное снижение температуры, которая может достигать от 700 °С и выше, до температур, при которых возможно безопасное проведение работ по тушению внутри трюма.

Применение установок на авиа-и ж/д транспорте с наличием замкнутых объемов также обеспечивает создание безопасных условий для участников тушения пожара. Возможности резки позволяют выполнять тушение как по объему, так при скрытом горении в конструкциях.

Огнетушащие способности установок пожаротушения могут проявляться не только при тушении закрытых объемов, но полностью вентилируемых пожаров (открытые пожары). К ним можно отнести пожары в помещениях и на транспорте.

Опыт применения установок подтвердил их эффективность при тушении пожаров на транспорте, особенно если пожар происходил в местах, представляющих замкнутый объем (рисунок. 97, 98).

Применение установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки позволяет эффективно бороться с огнем, при этом минимизируя ущерб, который мог бы быть причинён в результате вскрытия автомобиля механизированным инструментом.

Конечно, решение о применении для тушения пожаров установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки должно складываться, исходя из оценки оперативно-тактической обстановки, но не исключено, что более эффективным будет другой способ тушения.



Рисунок 96. Тушение загорания в моторном отсеке комбайна



Рисунок 97. Загорание в транспортном контейнере автопоезда

### **3.11 Тушение пожаров на электроустановках**

Тонкораспыленная вода является хорошим огнетушащим составом, применять который можно также при тушении электрооборудования, находящегося под напряжением.

Критерием, характеризующим безопасное применение огнетушащих веществ и средств при тушении пожаров электрооборудования под напряжением, согласно

ГОСТ 12.1.038-82 «Электробезопасность, являются предельно допустимые значения напряжения прикосновения и токов величиной 0,5мА.

Экспериментальными исследованиями установлено, что максимальные значения величин тока утечки по струе тонкораспылённой воды и по струе с абразивом составляют 283,1мкА и 193,7мкА соответственно, что почти в 1,7 и в 2,6 раза меньше максимально допустимого значения.

В связи с этим, можно заметить, что применение установки с гидроабразивной резкой при тушении пожаров электрооборудования под переменным напряжением до 30 кВ и частотой 50Гц на расстоянии не менее 1 метра, возможно, но с учетом строгого соблюдения требований нормативной документации в области охраны труда и электробезопасности.

### 3.12 Специальные возможности установок пожаротушения

Режущие особенности установок пожаротушения необходимо знать для применения в различных условиях обстановки на пожаре. За счет высокого давления и скорости абразивных частиц происходит резка строительных конструкций. Время резки зависит от вида строительных конструкций, их свойств и составляющих материалов.

Было установлено, что режущий эффект установки сохраняется на расстоянии до 0,8 метра (рисунок 98).

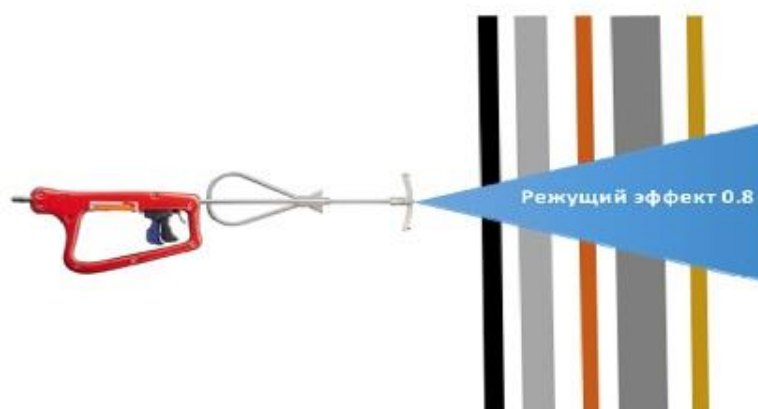


Рисунок 98. Режущий эффект ствола установки

Но практика применения установок показывает, что при резке двойных конструкций (имеется в виду швеллер или труба), время резания второй стенки, расположенной на удалении от первой, увеличивается. Это необходимо учитывать при резании конструкций, так как резание на значительном расстоянии может занять продолжительное время или вовсе не обеспечить резку.

Основные параметры резки конструкций представлены в таблице 12.

#### Параметры резки при различных видах материала

Таблица 12.

Скорость резки, см/мин	Величина
– сталь толщиной 2мм	34
– сталь толщиной 12мм	5

– алюминий толщиной 5мм	30
<b>Время проникновения, сек</b>	
– сталь толщиной 3мм	5-10
– сталь толщиной 10мм	30-40
– бетон толщиной 200мм	100

Следует учитывать, что резку «мягких» поверхностей (например, стекла или дерева) выполнять гораздо сложнее, в виду мягко-упругих свойств разрезаемой поверхности. Возможно скольжение ствола по поверхности, а следовательно и изменение позиционирования.

При необходимости, установки пожаротушения могут оснащаться дополнительными конструктивными элементами. Одним из таких элементов является удлинитель ствола (рисунок 99).



Рисунок 99. Удлинитель ствола установки

Удлинитель ствола установки обеспечивает подачу огнетушащих веществ в высоко расположенные конструкции или помещения (рисунок 100).



Рисунок 100. Применение удлиненного ствола установки при тушении

Универсальность установки можно использовать для проливки и других целей на пожаре или при ликвидации ЧС. Для этого допускается применение распылительных форсунок низкого давления (рисунок 101).



Рисунок 101. Применение форсунок низкого давления

Применение установки совместно с форсунками низкого давления позволяет использовать установку для целей, порой отличных от пожаротушения.

#### IV. Охрана труда и техника безопасности при использовании установок

Так как при работе установки пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки образуемые струи воды обладают параметрами, которые могут быть опасны для жизни и здоровья человека, их применение должно исключать возможности воздействия на человека.

При работе со стволом установки ствольщик должен быть одет в специальную защитную одежду, обеспечивающую безопасность при работе с установкой (рисунок 102).



Рисунок 102. Специальная защитная одежда ствольщика

- 1 – Защитный чехол соединения рукава и ствола; 2 – Шлем пожарного (каска);
- 3 – Щиток (забрало) или защитные очки; 4 – Защитные перчатки пожарного;
- 5 – Защитная одежда пожарного; 6 – Защитная обувь пожарного, 7 - ДАСВ

При подаче ОТВ по направлению движения струи возникают опасные зоны для нахождения человека и других живых существ (рисунок 103), которые составляют от 5 до 10 метров, но нахождение в зоне после 10 метров также крайне нежелательно. Наиболее безопасной зоной по направлению струи является расстояние около 20 метров.

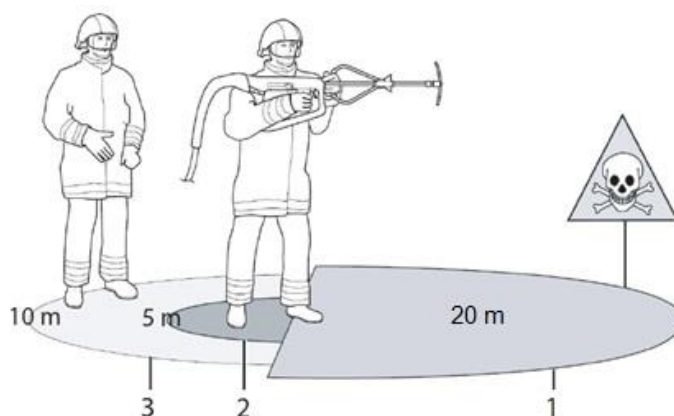


Рисунок 103. Возникающие опасные зоны при работе ствола

Для предотвращения случайного срабатывания установки при переноске ствола не следует держать его за область с кнопками управления и ствол должен быть направлен вниз в землю, передатчик выключен (рисунок 104).



Рисунок 104. Способ безопасной переноски ствола

При проверке работоспособности установки необходимо обращать внимание на герметичность труб и соединений установки, рукавной линии со стволом. Запрещается применение установки с абразивом, не предназначенным для эксплуатируемой модели установки. Это может привести к выходу ее из строя, а в некоторых случаях и причинить вред оператору.

При травме в ходе работе установки необходимо немедленно обратиться в лечебное учреждение для оказания помощи. Нужно помнить, что травма, нанесенная высоким давлением, может привести к ампутации конечности.

При транспортировке пострадавшего, получившего травму, не допускается накрывать поврежденную конечность. При возможности необходимо держать ее в приподнятом положении и в холоде.

При передаче пострадавшего в лечебное учреждение необходимо сообщить о условиях получения травмы и виде используемого абразивного материала.

## **V. Основные неполадки и способы их устранения**

Для обеспечения нормальной работоспособности установки необходимо проводить ее техническое обслуживание, виды которого отражены в руководстве по эксплуатации на конкретную модель.

Рассмотрим наиболее общие для всех установок.

Техническое обслуживание установки после использования:

- промыть рабочую линию и ствол подачей воды на протяжении не менее 30 сек;
- проверить установку на наличие протечек;
- проверить элементы крепления ствола, рукава и коммуникаций на предмет видимых повреждений;
- проверить работоспособность и отсутствие загрязнений на радиопередатчике, при необходимости, произвести замену аккумуляторной батареи;
- при работе в режиме резки необходимо заполнить абразивный резервуар абразивным материалом;
- выполнить дозаправку емкости ОТВ.

Еженедельное обслуживание установки выполняется с целью поддержания установки в работоспособном состоянии, и включает в себя перечень работ:

- промывка водой линии и ствола на протяжении не менее 30 сек;
- проверка установки на наличие протечек и потери давления;
- проверка форсунки на предмет засора, наличие следов износа и видимых повреждений;
- проверка наличия загрязнений на радиопередатчике (обработка контактов батареи смазкой WD 40);
- при необходимости замена или зарядка батареи передатчика;
- проверка водяного фильтра, при необходимости (появление красного сигнализатора) – промывка. Если результата нет – замена.

К основным неисправностям можно отнести засор форсунки. Для решения этой проблемы необходимо:

- остановить работу установки, выключить коробку отбора мощности;
- открыть дренажный клапан на емкости с абразивом для сброса давления;
- убедиться по манометру в отсутствии давления в системе;
- снять фиксирующую гайку и форсунку;
- слить воду/абразив из ствола;
- прочистить форсунку;
- установить обратно и форсунку и фиксирующую гайку.





Рисунок 105. Разборка и прочистка распыляющей форсунки

Если двигатель автомобиля не запускается, необходимо проверить:

- не нажата ли кнопка аварийной остановки;
- заряд аккумулятора автомобиля, кабели и разъемы;
- выключатель зажигания;
- предохранители и реле;
- подачу топлива.

Если произошло самопроизвольное прекращение подачи ОТВ, необходимо проверить:

- работу двигателя автомобиля;
- подачу воды к насосу (уровень в емкости);
- уровень заряда аккумулятора радиопередатчика;
- засоры или повреждения водяного фильтра;
- предохранители.

Если перестала осуществляться подача абразива, необходимо проверить его наличие в абразивном резервуаре и работоспособность радиопередатчика.

При образовании низкого давления в сети, необходимо проверить:

- положение дренажного клапана (должен быть закрыт);
- износ форсунки;
- затяжку фиксирующей гайки;
- наличие протечек на стыках, рукавах и трубах;
- засоры или повреждение водяного фильтра;
- подачу воды к насосу (уровень в емкости).

Остальные виды технического обслуживания и ремонта допускается проводить, если это отражено в руководстве по эксплуатации на конкретную модель. В иных случаях производить ремонт и обслуживание имеет право организация, имеющая соответствующую аккредитацию, либо специально обученное лицо, имеющее соответствующее подтверждение.

## Список литературы

- 1) Федеральный закон «О пожарной безопасности» N 69-ФЗ от 21.12.1994 с изменениями и дополнениями;
- 2) Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» № 123-ФЗ от 22.07.2008. (в редакции ФЗ-117 от 10.07.2012);
- 3) Приказ Минтруда России от 23.12.2014 N 1100н «Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы»;
- 4) Приказ МЧС от 31.03.2011 № 156 «Об утверждении Порядка тушения пожаров подразделениями пожарной охраны»;
- 5) Повзик, Я. С. Пожарная тактика / Я. С. Повзик. — М.: ЗАО «Спецтехника», 1999. — 411с.
- 6) Бобков, С. А. Физико-химические основы развития и тушения пожаров : учеб.пособие / С. А. Бобков, А. В. Бабурин, П. В. Комраков. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. – 210 с.;
- 7) Методические рекомендации руководителю тушения пожара по организации и проведению тактической вентиляции зданий и сооружений при тушении пожаров и ликвидации последствий ЧС на территории города Москвы. – М.: ГУ МЧС России по г. Москве, 2014, 79 с.;
- 8) Gsell, J., Assessment of fire suppression capabilities of water mist - Fighting Compartment Fires with the Cutting Extinguisher, University of Ullster, 2010, 138 p.;
- 9) «Spray characterization of the cutting extinguisher», Michael Försth, Raúl Ochoterena, Johan Lindström, Fire Technology, SP Arbetsrapport 2012:14.;
- 10) Гусев, И.А. Применение установок пожаротушения с системами гидроабразивной резки на объектах атомной энергетики [Текст] / М.В. Алешков, М.Д. Безбородько, И.А. Гусев // Научный журнал «Пожары и ЧС: предотвращение, ликвидация» -, 2016. – №4. – с. 7-12.;
- 11) Исследование закономерностей распространения пламени в условиях его подавления мелкодисперсной водной завесой, Карпов А.И., Новожилов В.Б., Галат А.А., Тонков Л.Е., Лещев А.Ю., Шумихин А.А., Институт прикладной механики УрО РАН, 426067, г.Ижевск, ул.Т.Барамзиной, 34, \*Университет Ольстера, Белфаст, Соединенное королевство Великобритании и Северной Ирландии, Химическая физика и мезоскопия. Том 10, №4;
- 12) «Cutting extinguisher concept - practical and operational use», Sodra Alvsborg Fire & Rescue Services with SP Technical Research Institute of Sweden, Boras, 2010.;
- 13) Ed Hartin, Gas Cooling, *CFBT*, 2014.;
- 14) P. Grimwood, K. Desmet, Interior Firefighting, *CFBT*, 2003;
- 15) M. Bruckmuller, Atemschutz Einsatz im Innenangriff, *OBFV*, 2010;
- 16) Bernd Rotthauer (BOI), Feuerwehr Essen, 2000;
- 17) Система пожаротушения с гидроабразивной резкой «Кобра» К360ГС на АЦ 3,2-40/4 Камаз43253 / Руководство по эксплуатации МК-008.09.15РЭ. – 32 с.

18) Приказ начальника Главного управления МЧС России по г. Москве №979 от 21.12.2015 г. «Порядок маркировки шлемов, боевой одежды пожарного, специальной защитной одежды спасателя и чехлов для баллонов средств индивидуальной защиты органов дыхания»;

19) Приказ начальника Главного управления МЧС России по г. Москве № 593/27-10-671/7 от 02.10.2017 «О Совершенствовании применения специальных систем пожаротушения на базе мобильной пожарной техники».

### Влияние геометрических параметров тонкораспыленной воды на процесс тушения

Огнетушащий эффект воды достигается за счёт отвода тепла от зоны горения. Капли воды забирают теплоту от горячих газов, которое расходуется на ее нагрев до 100 °С и испарение. Во многом скорость переноса энергии зависит от площади поверхности капли и ее относительной скорости в воздухе.

Количество теплоты, необходимое для нагрева воды и ее испарения представим в виде формулы (1).

$$Q_{\text{об}} = Q_{\text{н}} + Q_{\text{исп}} + Q_{\text{нагр.пара}} \quad (1)$$

где  $Q_{\text{об}}$  – общее количество теплоты, необходимое для нагрева и испарения воды, Дж;

$Q_{\text{н}}$  – количество теплоты, необходимое для нагрева воды от собственной температуры до 100 °С, Дж;

$Q_{\text{исп}}$  – количество теплоты, необходимое для испарения воды, Дж;

$Q_{\text{нагр.пара}}$  – количество теплоты, необходимое для нагрева пара, Дж.

Рассмотрим эту огнетушащую способность на примере 1 кг воды, взятого при температуре 20 °С.

Удельная теплоемкость воды составляет  $C_{\text{в}} = 4200$  Дж/(кг · К), следовательно, для нагрева воды на 80 °С (от 20 °С до 100 °С) потребуется 330 кДж энергии, забираемой из зоны горения.

Количество теплоты, необходимое для парообразования воды, рассчитывается по формуле (2).

$$Q_{\text{исп}} = L \cdot m \quad (2)$$

где  $Q_{\text{исп}}$  – количество теплоты, необходимое для испарения воды, Дж;

$L$  – удельная теплота парообразования воды, равная 2260 кДж/кг;

$m$  – масса воды, кг

Следовательно, для испарения 1 кг воды потребуется 2260 кДж энергии.

Общее количество теплоты, идущее на нагрев и испарение 1 кг воды, находящейся при температуре 20 °С, составляет 2590 кДж. Необходимо также дополнительное количество теплоты на нагрев пара.

$$Q_{\text{нагр.пара}} = C_{\text{п}} \cdot m_{\text{п}} \cdot (T_{\text{потух}} - T_{\text{кип}}) \quad (3)$$

где  $Q_{\text{нагр.пара}}$  – количество теплоты, идущее на нагрев пара, Дж;

$L$  – удельная теплота парообразования воды, равная 2260 кДж/кг;

$m$  – масса воды, кг

Пример: для тушения пожара, имеющего теплоту пожара, равную 1 МВт (1000 кДж/с), необходимо нагреть и испарить приблизительно 0,5 кг воды. Но для испарения этого количества жидкости в максимально короткий срок, требуется оптимальный способ.

Было установлено, что тепло, передаваемое капле в единицу времени, пропорционально площади поверхности капли. Скорость прогрева капли прямо пропорциональна передаваемой мощности на единицу объема. Следовательно, для наибольшей эффективности тушения необходимо увеличивать площадь контакта капель с нагретой поверхностью и горючими газами, для их быстрейшего испарения и отвода тепла, которое достигается за счет превращения воды в мелкодисперсную структуру за счет распыления.

Суммарная площадь поверхности капель будет зависеть от их диаметра. Задаем условием, что диаметр капли составляет 1 мм (1000 мкм), масса рассматриваемой жидкости 1 г (1 см<sup>3</sup>). За счет того, что капли очень малы ( $d \leq 1$  мм), их форма близка к сферической, следовательно, они могут быть описаны через диаметр.

Рассчитываем объем одной капли по формуле (4).

$$V_d = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2}\right)^3 \quad (4)$$
$$V_d = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{1}{2}\right)^3 = 0,52 \text{ мм}^3$$

Находим количество капель в рассматриваемом объеме.

$$N = \frac{V_{\text{ж}}}{V_d} = \frac{1000}{0,52} = 1923 \text{ ед.}$$

Определяем площадь одной капли в зависимости от ее диаметра по формуле (5).

$$S_d = 4\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \quad (5)$$
$$S_d = 4\pi \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 3,14 \text{ мм}^2$$

Определяем суммарную площадь поверхности всех капель жидкости, находящихся в рассматриваемом объеме.

$$S_{\text{сум}} = S_d \cdot N = 3,14 \cdot 1923 = 6038 \text{ мм}^2$$

Аналогичный расчет проводим с тем же объемом воды, но диаметр капелек жидкости уменьшаем в 10 раз ( $d=0,1$  мм). Получаем, что суммарная площадь капелек составляет 0,6 м<sup>2</sup>, что в 100 раз больше чем в предыдущем случае. Следовательно, площадь контакта капелек с нагретой поверхностью существенно увеличилась. Но, помимо всего этого, размер капель жидкости оказывает большое влияние на ослабление экранирования тепла, а также на время нахождения капли в воздухе.

Дальнейшие расчеты, проводимые с каплями жидкости рассматриваемых диаметров, показывают, что с высоты 2 метров от уровня пола, капля диаметром 1 мм под действием гравитационных сил с учетом сил трения, достигает уровня пола за 0,5 с, а капли диаметром 0,1 мм - за 5,5 с.

Рассмотрение вопросов испарения капель, проводимые в работе [8] позволяют говорить о том, что продолжительность испарения капли диаметром 1 мм при температуре 400 °С составляет около 230 с, при этом, теоретически преодолеваемая дистанция равна примерно 684 м. Аналогично, для капель жидкости диаметром 0,1 мм продолжительность полного испарения составляет около 0,18 с, а теоретически

преодолеваемая дистанция приблизительно равна 3,2 м. Это говорит о том, что капли меньших размеров испаряются интенсивнее.

Была рассмотрена огнетушащая способность тонкораспыленной воды, связанная с отводом тепла от зоны горения, помимо этого, тонкораспыленная вода в замкнутом объеме обладает свойством разбавления и снижения концентрации кислорода в объеме.

Известно, что кислород или окислитель, необходимый для горения, составляет 21% в воздухе. Снижение его концентрации в воздухе также будет влиять на процесс горения. В данном случае вода будет оказывать свойство, связанное с изменением объема при увеличении температуры.

Рассмотренные огнетушащие особенности тонкораспыленной воды позволяют представить механизм тушения, на который в значительной степени влияет размер капель.

**Теоретический расчет по определению огнетушащих возможностей установки пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки «Кобра»**

Параметры установки, используемые в расчете:

- диаметр капель воды 170 мкм;
- скорость подачи воды 0,5 л/с.

Параметры горящего помещения:

- высота 3 м;
- на момент начала тушения среднеобъемная температура в помещении принимается 300 °С.

Стены помещения считаем бетонными, прогретыми до среднеобъемной температуры. Давление дымовых газов и образующегося пара внутри помещения в течение всего процесса тушения считаем равным атмосферному. Состав атмосферы по объему помещения в течение всего процесса считаем гомогенным. Состав исходящих из помещения газов считаем одинаковым с составом газов в помещении. Все избыточные газы отводятся из помещения.

**На момент начала тушения принимаем следующие условия [5]:**

Средняя скорость выгорания пожарной нагрузки 0,8 кг/(м<sup>2</sup>\*мин);

Среднее тепловыделение пожара 40 кВт/м<sup>2</sup>;

Средний приток воздуха 4 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>\*мин) при нормальных условиях;

Среднее объем продуктов горения 5 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>\*мин) при нормальных условиях.

**В процессе тушения принимаем следующие условия:**

Горение пожарной нагрузки происходит только за счет кислорода из притока воздуха и прекращается при падении среднеобъемной температуры до 150 °С;

Требуется достичь среднеобъемной температуры помещения 100 °С.

**Требуется посчитать:**

- максимальную площадь помещения, которое можно охладить одной установкой и необходимое время работы установки в таких условиях;
- зависимость необходимого времени работы одной установки от площади помещения;
- зависимость необходимого времени работы установок «Кобра» от их числа для заданной площади помещения.

Практика показывает качественное отличие пожаротушения в условиях присутствия притока воздуха в очаг пожара и его отсутствия. Как следствие решаем две задачи.

**Задача 1. Тушение пожара установкой «Кобра» в условиях достаточного притока воздуха для полноценного горения.**

Высота помещения 3м;

Среднеобъемная температура в помещении на момент начала тушения 300°С;

Среднее тепловыделение пожара 40 кВт/м<sup>2</sup>;

Происходит пожар в замкнутом помещении;

Дымоудаление условно неограниченное;

Приток кислорода достаточный для полноценного горения.

В нулевом приближении получены следующие результаты решения поставленной задачи в условиях непрерывной работы установки, производящей охлаждающее воздействие:

На площади пожара  $76\text{ м}^2$ , среднеобъемная температура  $110^\circ\text{C}$  достигается за время 68 ( $\approx 70$ )сек., среднеобъемная температура  $100^\circ\text{C}$  достигается за время 76 ( $\approx 80$ )сек. На площади  $78\text{ м}^2$ , среднеобъемная температура  $110^\circ\text{C}$  достигается за время 99 (100) сек. При этом температура в  $100^\circ\text{C}$  не достигается. На площади пожара  $80\text{ м}^2$ , среднеобъемная температура всегда выше  $110^\circ\text{C}$ .

Из вышеизложенных расчетных данных следует, что при высоте помещения около 3м **одной** установкой «Кобра» уверенно тушится площадь до  $76\text{ м}^2$ , но зависимость времени работы установки от площади пожара не линейная. А как следствие есть следующие рассчитанные данные: если площадь пожара составляет  **$38\text{ м}^2$**  и при этом не берется в расчет значительное число неучтенных, должным образом, свойств охлаждаемой среды, как факторов влияния на температурную зависимость, то с надежностью 0,68 можно говорить, что приемлемая температура в  $100^\circ\text{C}$  -  $110^\circ\text{C}$  будет достигнута за время работы установки **не менее 45сек.**

Если исходная площадь **более  $76\text{-}78\text{ м}^2$** , то необходимо применение установок «Кобра» **более одной**. Зависимость количества установок от площади представлена в таблице 13.

### Зависимость количества установок от площади тушения

Таблица 13.

Площадь помещения, $\text{м}^2$	Кол-во установок, шт.
$\leq 78$	1
79-157	2
158-236	3
237-315	4
316-394	5
395-473	6
474-552	7
553-631	8
632-710	9
711-789	10
790-868	11
869-947	12
948-1026	13
1027-1105	14
1106-1184	15
1185-1263	16

Полученные значения позволяют говорить о том, что на необходимое для тушения пожара количество установок «Кобра» оказывают большое влияние мощность пожара и его площадь.



Влияние иных действующих факторов, которые обуславливают свойства охлаждаемой среды, обладает широкой дисперсией.

Для получения более точных результатов, где теплообмен, выражаемый в виде зависимости температуры от времени, необходимо проведение дополнительных исследований.

Задача 2. Тушение пожара установкой «Кобра» в условиях **ограниченного притока воздуха в зону горения.**

Высота помещения 3м<sup>2</sup>;

Среднеобъемная температура в помещении на момент начала тушения 300°С;

Среднее тепловыделение пожара 40 кВт/м<sup>2</sup>;

Происходит пожар в замкнутом помещении;

Дымоудаление неограниченно/условно ограниченное;

Приток кислорода ограничен.

При непрерывной работе установки «Кобра» в данных условиях, получен следующий результат: в пределах качественной оценки, ограничение притока воздуха в зону горения влечет снижение мощности пожара в несколько раз, при этом возможности установки «Кобра» по снижению температуры в зоне пожара до приемлемых – возрастают.

Снижение мощности пожара и значительная чувствительность по этому параметру – меняет режим теплообмена, изменяются свойства охлаждаемой среды. По этому с надежностью 0,68 можно утверждать, что площадь эффективного тушения пожара **одной установкой** находится в интервале от 180 до 360м<sup>2</sup>.

Из вышеизложенного следует что, задача, при более глубоком уяснении, приобретает **более широкий спектр** и при ее решении имеет место выявление и расчет опасных факторов, которые могут возникать при работе с установкой «Кобра».

Процессы теплообмена являются довольно сложными и трудоемкими при их исследовании, так как требуют комплексного подхода и решения нескольких задач. Представленные результаты являются лишь теоретическими и требуют как дополнительных теоретических исследований, так и проведения экспериментов.

*Материал подготовлен:*

– *физико-математические расчеты:*

*к. ф.-м. н., доцент Борзунов Владимир Николаевич;*

– *практическо-консультационные данные:*

*спасатель Международного класса Борзунов Андрей Владимирович.*

**Состав и радиопозывные отделения (расчёта), работающего с системой пожаротушения с гидроабразивной резкой «Кобра» [19]**

<b>№ п/п</b>	<b>Должность</b>	<b>Радиопозывной, применяемый при работе в эфире на радиоканале «5» - «Объект»</b>	<b>Пример радиопозывного для отделения АЦ-Кобра 50 ПСЧ</b>
1	Командир отделения (старший расчёта)	«номер подразделения» - «должность»	0503
2	Ствольщик (спасатель)	«номер подразделения» - «Альфа»	50 Альфа
3	Подствольщик (спасатель)	-	-
4	Водитель (спасатель)	«номер подразделения» - «Дельта»	50 Дельта