

Дата поступления рукописи в редакцию: 24.03.2026 г.

DOI: 10.24412/2782-3830-2026-3-446-450

Дата принятия рукописи в печать: 14.04.2026 г.

ПОПОВА Светлана Вячеславовна,
старший преподаватель кафедры
пожаротушения и аварийно-спасательных работ,
Уральский институт ГПС МЧС России, г. Екатеринбург,
e-mail: mail@law-books.ru

ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ НАСОСНО-РУКАВНЫХ СИСТЕМ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ В УСЛОВИЯХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Аннотация. В статье рассматриваются особенности функционирования насосно-рукавных систем при тушении пожаров в условиях низких температур окружающей среды. Актуальность исследования обусловлена тем, что в зимний период и в районах с холодным климатом эффективность тушения пожаров во многом определяется способностью насосного оборудования, рукавных линий, арматуры и вспомогательных элементов сохранять работоспособность при отрицательных температурах. Основные проблемы связаны с замерзанием воды в полостях насосов и рукавов, ростом гидравлических потерь, снижением эластичности материалов, повышением вероятности механических повреждений и увеличением времени боевого развертывания. В работе раскрываются факторы, влияющие на надежность насосно-рукавных систем, анализируются режимы их эксплуатации, рассматриваются организационные и технические меры предупреждения отказов.

Ключевые слова: пожаротушение, насосно-рукавная система, низкотемпературная эксплуатация, пожарный насос, рукавная линия, гидравлические потери, замерзание воды, надежность пожарной техники.

POPOVA Svetlana Vyacheslavovna,
Senior Lecturer at the Department
of Fire Fighting and Rescue Operations,
Ural Institute of the State Emergency Service
of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Yekaterinburg

FEATURES OF ENSURING THE OPERABILITY OF PUMPING AND BAG SYSTEMS WHEN EXTINGUISHING FIRES IN LOW-TEMPERATURE OPERATION

Annotation. The article discusses the features of the functioning of pumping and bag systems when extinguishing fires at low ambient temperatures. The relevance of the study is due to the fact that in winter and in areas with a cold climate, the effectiveness of fire extinguishing is largely determined by the ability of pumping equipment, hose lines, fittings and auxiliary elements to remain operational at subzero temperatures. The main problems are related to the freezing of water in the cavities of pumps and hoses, an increase in hydraulic losses, a decrease in the elasticity of materials, an increase in the likelihood of mechanical damage and an increase in the time of combat deployment. The paper reveals the factors affecting the reliability of pumping and bag systems, analyzes their operating modes, and discusses organizational and technical measures to prevent failures.

Key words: fire fighting, pumping and hose system, low-temperature operation, fire pump, hose line, hydraulic losses, freezing of water, reliability of fire fighting equipment.

Введение

Эффективность тушения любых пожаров в большей степени зависит от бесперебойной работы технических средств подачи огнетушащих веществ, где одним из важнейших элементов выступают насосно-рукавные системы, обеспе-

чивающие забор воды из водисточника, ее транспортирование по рукавным линиям и подачу к очагу пожара с требуемыми расходом и напором. В обычных условиях их функционирование подчиняется известным закономерностям гидравлики, механики и эксплуатации техниче-

ских систем. Однако при низкотемпературной эксплуатации, характерной для значительной части территории Российской Федерации с холодным климатом, условия работы таких систем существенно усложняются.

Проблема обеспечения работоспособности насосно-рукавных систем в условиях отрицательных температур имеет не только техническое, но и выраженное оперативно-тактическое значение. В зимний период даже кратковременные перебои в подаче воды способны привести к срыву боевых действий по тушению пожара, ухудшению обстановки на месте пожара, увеличению площади горения и повышению угрозы для людей и личного состава пожарно-спасательных подразделений. Отказы насосно-рукавных систем, перемерзание рукавов, обледенение соединительной арматуры, снижение маневренности линий и трудности при разворачивании техники в условиях низких температур нередко становятся определяющими факторами снижения результативности тушения [1].

Следует учитывать, что низкая температура воздействует на насосно-рукавную систему комплексно. Изменяются физические свойства перекачиваемой жидкости, хотя для воды в диапазоне температур, близких к точке замерзания, более существенное значение имеют не столько изменения вязкости, сколько риск фазового перехода и образования ледяных пробок. Одновременно снижается эластичность рукавных материалов, увеличивается хрупкость резинотехнических изделий, ухудшаются условия работы уплотнений, арматуры и подвижных соединений. Замерзание остатков воды в отдельных участках способно вызывать локальные закупорки, резкое повышение сопротивления потоку, повреждение стенок рукавов, разрыв соединений и выход из строя насосных агрегатов [2].

Целью статьи является выявление и систематизация особенностей обеспечения работоспособности насосно-рукавных систем при тушении пожаров в условиях низкотемпературной эксплуатации, а также определение комплекса технических и организационных мер, повышающих надежность их функционирования.

Основная часть

Насосно-рукавная система представляет собой совокупность взаимосвязанных элементов, обеспечивающих транспортирование огнетушащего вещества от источника к месту подачи. В ее состав, как правило, входят пожарный насос, всасывающие и напорные пожарные рукава, соединительные головки, разветвления, стволы, запорная и регулирующая арматура, а также контрольно-измерительные приборы, установленные в насосном отсеке пожарного автомобиля.

Работоспособность такой системы определяется способностью всех указанных элементов выполнять свои функции в заданных режимах работы без недопустимого снижения гидравлических параметров и без повреждений.

В условиях отрицательных температур насосно-рукавная система становится объектом повышенного эксплуатационного риска. Это обусловлено тем, что вода как основной огнетушащий агент имеет ограниченный температурный диапазон применения в жидком состоянии. При потере циркуляции, снижении расхода, локальном застое или контакте с сильно охлажденными поверхностями возникает опасность образования льда. Даже частичное обмерзание внутренней поверхности рукава или арматуры приводит к изменению проходного сечения и росту местных сопротивлений. В результате ухудшается подача воды, возрастают потери напора, нарушается устойчивость режима работы насоса.

Системный характер проблемы состоит в том, что отказ одного элемента способен вызвать каскадное ухудшение работы всей линии. Например, замерзание ствола или рукавного разветвления приводит к снижению расхода, из-за чего вода начинает дольше задерживаться в других участках линии и также подвергается охлаждению. Аналогично засорение или обледенение всасывающей сетки ухудшает забор воды, вызывает нарушения в работе насоса и может привести к срыву подачи.

Следовательно, обеспечение работоспособности в низкотемпературных условиях требует рассматривать насосно-рукавную систему не как набор отдельных устройств, а как единый гидромеханический комплекс, чувствительный к тепловому режиму, временным задержкам и эксплуатационной дисциплине.

А.Д. Семенов, А.О. Семенов, О.Н. Белоржев отмечают, что увеличение диаметра рукавной линии при одновременном снижении расхода огнетушащего вещества способствует возрастанию вероятности ее замерзания. Это обусловлено уменьшением скорости движения воды, увеличением времени ее пребывания в рукавной линии и, как следствие, более интенсивной теплоотдачей в окружающую среду при отрицательных температурах. Своевременное и бесперебойное обеспечение подачи воды к очагу пожара в зимний период сопряжено со значительными организационно-техническими трудностями и повышенной нагрузкой на пожарные насосы. В этой связи надлежащее техническое обслуживание насосного оборудования следует рассматривать как одно из ключевых условий надежного функционирования насосно-рукавной системы и успешного выполнения боевой задачи по тушению пожара [3].

Д.Е. Опарин подчеркивает, что техническое обслуживание пожарных автомобилей в условиях низких температур имеет принципиальное значение для обеспечения эффективного функционирования пожарной техники при воздействии отрицательных температур окружающей среды. Автор обосновывает необходимость разработки и внедрения инновационных подходов, направленных на поддержание систем, узлов и агрегатов пожарной техники в работоспособном состоянии в условиях экстремально низких температур. К числу таких направлений относят: совершенствование способов разогрева и теплоизоляции, применение антиобледенительных устройств, а также реализация иных технических решений, повышающих надежность эксплуатации пожарно-спасательной техники. Комплексное применение указанных мер способствует снижению риска обледенения, замерзания рабочих сред и конструктивных элементов, а также уменьшению вероятности отказов и выхода из строя пожарно-спасательной техники в процессе тушения пожаров при низкотемпературной эксплуатации [4].

А.А. Карапузиков, Н.П. Мураев и Д.Я. Марков отмечают, что при подаче воды в условиях низких температур недопустимо допускать ее остановку и полное перекрытие пожарных стволов, поскольку это может существенно осложнить процесс тушения пожара. Исследователи указывают, что даже при непрерывной подаче воды возможно постепенное промерзание пожарных рукавов от внутренних стенок к центральной части сечения. Данный процесс приводит к уменьшению условного прохода рукавной линии и, как следствие, к снижению ее пропускной способности, что негативно отражается на эффективности локализации и последующей ликвидации горения. Кроме того, в условиях отрицательных температур внутри пожарного рукава возможно образование ледяной каши (ледяной шуги), которая затрудняет движение воды по рукавной линии. Накопление таких ледяных включений способно вызвать засорение пожарного ствола, нарушение нормальной подачи воды и дальнейшее промерзание элементов рукавной системы, что в конечном итоге снижает надежность работы пожарно-технического вооружения [5].

Низкие температуры по-разному воздействуют на отдельные элементы системы, но итоговый эффект выражается в снижении общей надежности.

Пожарный насос при отрицательных температурах подвержен нескольким видам неблагоприятных воздействий. Во-первых, остатки воды в рабочих полостях, патрубках, коллекторе, кра-нах, пеносмесительных устройствах и вспомога-

тельных каналах могут замерзнуть при остановке или нестабильной работе. Во-вторых, замерзание затрудняет движение рабочих органов и арматуры, нарушает герметичность уплотнений и повышает вероятность разрушения корпуса или отдельных элементов из-за объемного расширения воды при кристаллизации. В-третьих, холодный запуск насоса может сопровождаться ухудшением условий смазки и повышенными механическими нагрузками.

Особое значение имеет поддержание непрерывного движения воды через насос. При циркуляции вероятность локального замерзания существенно снижается, тогда как остановка подачи даже на непродолжительное время при сильном морозе создает предпосылки для образования ледяных включений. Поэтому в зимних условиях режим эксплуатации насоса должен строиться с учетом минимизации пауз и обязательного удаления воды из полостей после завершения работы.

Пожарные рукава в мороз теряют часть своей гибкости, становятся более жесткими и чувствительными к перегибам, ударам, волочению по неровной поверхности и резким механическим воздействиям. При замерзании остатков воды внутри рукава может происходить повреждение внутреннего гидроизоляционного слоя, расслоение материала или образование трещин. Существенно усложняется операция сматывания и транспортировки рукавов после их использования. Во время тушения наружная поверхность рукавной линии нередко покрывается льдом, что увеличивает массу рукавов, затрудняет их перемещение и делает менее удобным доступ к соединениям. Обледенение соединительных головок может ухудшать герметичность стыков, а также затруднять разъединение линии. Если расход воды мал или подача периодически прерывается, наиболее интенсивное замерзание наблюдается на концевых участках, в местах разветвлений и у пожарных стволов.

Запорная арматура, разветвления, стволы и переходные головки особенно чувствительны к низким температурам, поскольку имеют локальные сужения, полости и подвижные детали. В этих местах вероятность образования ледяных пробок возрастает. При наличии даже небольшого количества воды в закрытых объемах происходит заклинивание механизмов, что снижает оперативность управления водоподачей. Кроме того, отрицательные температуры влияют на эластомерные уплотнения. Их жесткость возрастает, что может привести к снижению герметичности соединений и протечкам. Утечки, в свою очередь, дополнительно способствуют обледенению наружных поверхностей и ухудшают эксплуатационные условия для личного состава.

В условиях низких температур гидравлические потери возрастают не только вследствие конструктивной длины линии, но и из-за частичного обледенения проходных сечений, шероховатости внутренних поверхностей, неполного открытия арматуры вследствие подмерзания и деформации рукавов. Любое уменьшение живого сечения увеличивает сопротивление потоку и требует поддержания большего напора на насосе. Это приводит к повышению нагрузки на оборудование и увеличению риска аварийного режима.

Работоспособность насосно-рукавной системы в условиях отрицательных температур окружающей среды определяется совокупностью внешних и внутренних факторов.

К внешним факторам относятся температура воздуха, скорость ветра, влажность, наличие осадков, удаленность от водоисточника, характер рельефа, а также продолжительность тушения пожара. Чем ниже температура и выше скорость ветра, тем интенсивнее охлаждение элементов системы и тем быстрее происходит обледенение.

К внутренним факторам относятся конструктивные особенности насоса и рукавного оборудования, техническое состояние системы, наличие остаточной воды до начала работы, степень износа уплотнений, качество обслуживания, выбранная схема подачи воды, фактический расход и устойчивость циркуляции. Важным фактором является также подготовленность личного состава к эксплуатации техники в зимних условиях.

С точки зрения надежности особое значение имеет согласование гидравлического и теплового режимов. Если расход воды достаточен для поддержания непрерывного движения по всей длине линии, вероятность замерзания снижается. Если же система работает прерывисто, с малым расходом или при частых отключениях стволов, ее устойчивость резко уменьшается. Следовательно, тактические решения должны приниматься с учетом не только потребного расхода на тушение, но и безопасного режима работы самой насосно-рукавной системы.

Одним из наиболее эффективных способов предупреждения замерзания является поддержание постоянного движения воды в насосе и рукавных линиях. При временном отсутствии необходимости в интенсивной подаче целесообразно сохранять минимальный устойчивый расход, обеспечивающий циркуляцию через насос и магистраль. Это особенно важно для удаленных участков линии и концевой арматуры. На практике применяются схемы перепуска воды, периодического сброса через свободный патрубок или подача через резервную ветвь с малым расходом. Такие решения позволяют избежать образо-

вания застойных зон. Однако они должны использоваться рационально, чтобы не создавать избыточного расхода воды и дополнительных опасностей обледенения прилегающей территории.

При низких температурах рукавные линии следует прокладывать по возможности без лишних перегибов, провисаний и участков, способных создавать застой воды. Необходимо избегать прокладки по участкам с острыми кромками, через места интенсивного движения транспорта, а также по поверхностям, где возможно быстрое примерзание рукава.

При тушении крупных и сложных пожаров целесообразно предусматривать резервные рукавные линии, запас рукавной арматуры, дополнительные стволы и возможность оперативной замены поврежденных участков. Постоянный контроль давления, расхода и состояния линии позволяет своевременно выявлять отклонения, связанные с образованием ледяных пробок или нарушением герметичности. В условиях сильного мороза контроль должен быть более частым, чем в обычной обстановке.

После прекращения подачи воды и по завершении работы насосно-рукавная система должна быть максимально быстро освобождена от остатков жидкости. Особенно это относится к насосу и пожарным рукавам. Несвоевременный слив приводит к замерзанию воды уже в ходе обратного свертывания линии или при транспортировке техники. Важным условием является наличие отработанного алгоритма дренирования системы, распределение обязанностей между личным составом и контроль полноты удаления воды. При сильном морозе задержка даже на несколько минут может привести к подмерзанию отдельных узлов.

Заключение

Обеспечение работоспособности насосно-рукавных систем при тушении пожаров в условиях низкотемпературной эксплуатации представляет собой комплексную техническую и организационную задачу. Основные угрозы надежной работе системы связаны с замерзанием воды в насосах, рукавах и арматуре, ростом гидравлических потерь, снижением эластичности материалов, обледенением соединений и усложнением действий личного состава.

Устойчивое функционирование насосно-рукавных систем в зимних условиях достигается только при сочетании нескольких групп мер: качественной предварительной подготовки техники, поддержания непрерывной циркуляции воды, рациональной прокладки рукавных линий, своевременного удаления остаточной воды, грамотного выбора схемы водоснабжения и высокой подготовки личного состава. Существенное зна-

чение имеет и конструктивное совершенствование оборудования, направленное на снижение чувствительности к отрицательным температурам.

Список литературы:

[1] Игнатьев, А. Л. Особенности организации тушения пожаров в условиях низких температур / А. Л. Игнатьев // Арктика и Север. – 2011. – № 3. – С. 162-168. – EDN OKFUWX.

[2] Караморин, А. Н. Проблематика тушения пожаров в условиях низких температур / А. Н. Караморин, А. В. Жердев // Студенческий. – 2018. – № 18(38). – С. 70-72. – EDN VAESGU.

[3] Семенов, А. Д. Работа пожарных насосов при тушении пожаров в условиях низких температур / А. Д. Семенов, А. О. Семенов, О. Н. Белорозhev // Пожарная и аварийная безопасность : сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции, посвященной Году культуры безопасности, Иваново, 29–30 ноября 2018 года. Том Часть 1. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2018. – С. 492-495. – EDN ELQFUX.

[4] Опарин, Д. Е. Особенности эксплуатации пожарных автомобилей на пожаре в условиях низких температур / Д. Е. Опарин // Экология и безопасность жизнедеятельности : Сборник статей XXIII Международной научно-практической конференции, Пенза, 11–12 декабря 2023 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. – С. 311-314. – EDN DBGTYE.

[5] Карапузиков, А. А. Особенности проведения боевого развертывания в условиях низких температур / А. А. Карапузиков, Н. П. Мураев, Д. Я. Марков // Развитие современной науки и технологий в условиях трансформационных процес-

сов : Сборник материалов X Международной научно-практической конференции, Москва, 04 апреля 2023 года. – Санкт-Петербург: Печатный цех, 2023. – С. 98-102. – EDN JOLVLH.

References:

[1] Ignatiev, A. L. Features of the organization of fire extinguishing in low temperature conditions/A. L. Ignatiev//Arctic and North. – 2011. – № 3. - S. 162-168. – EDN OKFUWX.

[2] Karamorin, A.N. Problems of extinguishing fires in low temperatures/A.N. Karamorin, A.V. Zherdev//Student. – 2018. – № 18(38). - S. 70-72. – EDN VAESGU.

[3] Semenov, A. D. The work of fire pumps in extinguishing fires in low temperatures/A. D. Semenov, A. O. Semenov, O. N. Belorozhev//Fire and emergency safety: a collection of materials from the XIII International Scientific and Practical Conference dedicated to the Year of Safety Culture, Ivanovo, November 29-30, 2018. Volume Part 1. - Ivanovo: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters," 2018. - S. 492-495. – EDN ELQFUX.

[4] Oparin, D. E. Features of the operation of fire trucks in a fire at low temperatures/D. E. Oparin// Ecology and life safety: Collection of articles of the XXIII International Scientific and Practical Conference, Penza, December 11-12, 2023. - Penza: Penza State Agrarian University, 2023. - S. 311-314. – EDN DBGTYE.

[5] Karapuzikov, A. A. Features of combat deployment in low temperatures/A. A. Karapuzikov, N. P. Muraev, D. Ya. Markov//Development of modern science and technology in conditions of transformational processes: Collection of materials of the X International Scientific and Practical Conference, Moscow, April 04, 2023. - St. Petersburg: Printing shop, 2023. - S. 98-102. – EDN JOLVLH.

