Содержание

с.

1 Теоретические и нормативно - правовые основы повышения эффективности тушения ландшафтных пожаров пожарным автомобилем 6

1.1 Тактические особенности ландшафтных пожаров и применение пожарных автомобилей на базе ЗиЛ-131 6

1.2 Нормативно – правовая база и методы оценки оперативной эффективности боевого развёртывания 9

1.3 Современные направления модернизации пожарных автомобилей для тушения природных пожаров 12

2 Исследование объекта и оценка исходных условий доработки автомобиля АЦ - 40 ЗиЛ - 131 15

2.1 Исследование объекта 15

2.1.1 Характеристика территории, пожароопасной обстановки и динамики ландшафтных пожаров 15

2.1.2 Силы, средства и уязвимые элементы боевого развертывания при первом прибытии 24

2.2 Расчётно - аналитическая оценка исходной схемы тушения 32

2.2.1 Анализ штатной схемы боевого развёртывания и идентификация ограничений 32

2.2.2 Сценарии тушения в условиях одиночного реагирования и оценка временных затрат 39

2.2.3 Формирование технических требований к доработке 43

2.2.4 Действующие организационно-технические решения и недостатки подачи воды 46

3 Разработка мероприятий по повышению эффективности тушения ландшафтных пожаров 50

ВКР УдГУ

					ВКР.20.03.01.3292/01.01-05.13.26.ПЗ			
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата				
Разработал		Матвеев Д.А.			Доработка автомобиля АЦ – 40 ЗиЛ - 131 для тушения ландшафтных пожаров путем установки системы пожаротушения на переднем бампере	Лит.	Лист	Листов
Рук.проекта		Щепин П.А				у		88
Н.контроль		Щепин П.А				УдГУ Кафедра ЗЧСиУР ЗУсБ-20.03.01.02-41		
Утвердил		Широбовов С.В						

3.1 Организационные и технические мероприятия по доработке автомобиля 50
3.2 Гидравлический расчёт потерь напора и расхода воды 61
3.3 Оценка влияния предложенного решения на время развёртывания, безопасность и результативность тушения 67
4 Технико - экономическое обоснование предложенных решений 72
4.1 Расчёт затрат и календарный план реализации мероприятий 72
Заключение 78
Список использованных источников 81

ВКР УДГУ

Введение

Ландшафтный (природный) пожар [1]. - неконтролируемый процесс горения, стихийно возникающий и распространяющийся в природной среде, охватывающий различные компоненты природного ландшафта.

Ландшафтные (природные) пожары представляют собой одну из наиболее серьёзных угроз экологической и экономической безопасности Российской Федерации. Ежегодно огонь уничтожает огромные площади лесных массивов, торфяников и степей, нанося невосполнимый урон биологическому разнообразию и приводя к значительным материальным потерям.

Ландшафтные пожары для сельских территорий Удмуртской Республики остаются оперативной задачей, которая каждый пожароопасный сезон возникает вновь. Горение сухой травы, древесно-кустарниковой растительности, лесной подстилки и торфянистых участков развивается быстро, особенно при ветре и продолжительной сухой погоде.

Для сельских пожарных частей проблема стоит в том, что населенные пункты расположены далеко друг от друга, дороги местами разбиты, а в дежурном карауле на суточное дежурство заступает один или два человека, а также отдельные посты, где только добровольцы. В реальности нередко случается так, что на вызов первым приезжает один водитель. Он до прибытия основных сил и средств, должен сам определить решающее направление, провести боевое развертывание и приступить к тушению пожара. При ландшафтном пожаре такая схема создаёт потерю времени именно в тот момент, когда распространение огня ещё можно сдержать сравнительно малыми силами.

Автомобиль АЦ – 40 ЗиЛ – 131, несмотря на возраст конструкции, продолжает оставаться одной из наиболее распространённых единиц пожарной техники в сельской местности. Его высокая проходимость,

ВКР УдГУ

простота устройства и ремонтопригодность по-прежнему делают эту машину востребованной. Поэтому возникает простой практический вопрос: можно ли без серьёзного вмешательства в насосную установку повысить результативность первого этапа тушения.

Цель работы: разработать проект доработки автомобиля АЦ – 40 ЗиЛ – 131 для повышения эффективности тушения ландшафтных пожаров путем установки системы пожаротушения на переднем бампере.

Для достижения поставленной цели поставлены следующие задачи:

1) проанализировать теоретические и нормативно – правовые основы повышения эффективности тушения ландшафтных пожаров пожарным автомобилем.

2) исследовать объект и оценку исходных условий доработки.

3) разработать мероприятия по повышению эффективности тушения ландшафтных пожаров.

4) провести технико – экономическое обоснование предложенных решений

Объект исследования – пожарный автомобиль АЦ – 40 ЗиЛ – 131.

Предмет исследования – система пожаротушения, установленная на переднем бампере автомобиля АЦ – 40 ЗиЛ – 131 для тушения ландшафтных пожаров.

Теоретическую основу работы составляют труды отечественных специалистов в области пожарной тактики, эксплуатации пожарной техники и организации тушения природных пожаров.

Нормативную базу образуют федеральные законы, технические регламенты, государственные стандарты, правила по охране труда и уставные документы, регламентирующие применение пожарных автомобилей и ведение боевых действий при тушении пожаров.

Научная новизна работы связана с тем, что для условий сельских и удалённых подразделений предложено конкретное инженерное решение,

ВКР УДГУ

ориентированное не на полную замену штатной тактики, а на сокращение времени до начала подачи воды в наиболее напряжённый начальный период развития пожара.

Практическая значимость работы состоит в возможности реализации предложенной доработки в условиях ремонтных мастерских пожарных частей без радикального изменения штатной насосной установки автомобиля. Реализация решения даёт возможность уменьшить трудоёмкость боевого развёртывания, ускорить начало тушения и повысить эффективность действий первого прибывшего подразделения при ликвидации ландшафтных пожаров.

ВКР УДГУ

1 Теоретические и нормативно – правовые основы повышения эффективности тушения ландшафтных пожаров пожарным автомобилем

1.1 Тактические особенности ландшафтных пожаров и применение пожарных автомобилей на базе ЗиЛ – 131

Выбор технического решения для тушения природного пожара напрямую зависит от того, как определяется сам объект тушения. В полевом справочнике лесного пожарного [8] ландшафтный пожар понимается как горение, охватывающее различные компоненты географического ландшафта – не только древостой или травяной покров.

Ландшафтный пожар нельзя понимать только как вид открытого горения на природной территории. Его развитие определяется совокупностью [9] горючих материалов, метеорологических условий, рельефа и предшествующего состояния участка. При этом одинаково опасными оказываются и низовой пожар в лесу, и быстрое распространение огня по сухой траве вдоль дорог, полей и населённых пунктов. Такое расширенное понимание особенно полезно для сельских районов, где пожарная машина сталкивается не с лесным сценарием, а с мозаикой участков разного типа – пашней, обочиной, кустарником, лесополосой, оврагом, вырубкой.

Причины возникновения природных пожаров [9] распределяются неравномерно. Природные источники, прежде всего молнии, присутствуют постоянно, но антропогенный фактор остаётся преобладающим: выжигание сухой травы, неосторожное обращение с огнём, искры от техники, несанкционированные костры. С одной стороны, очаги нередко возникают вблизи дорог, населённых пунктов, линий

ВКР УДГУ

электропередачи и мест хозяйственной деятельности. С другой - огонь часто развивается в условиях уже существующей инфраструктуры, и поэтому задержка в подаче первого ствола увеличивает риск перехода огня на постройки, склады, технику и коммуникации

На поведение пожара [9] заметно влияет строение горючего слоя. Сухая трава, прошлогодняя подстилка, валежник, мелкий кустарник и порубочные остатки образуют непрерывную цепь распространения пламени, тогда как участки с разрывами, повышенной влажностью или минерализованной поверхностью тормозят продвижение фронта. Отсюда можно сделать вывод: первоочередное воздействие на пожар должно быть направлено на ту часть кромки, где огонь ещё доступен, но уже стремится выйти на более опасный участок

Скорость продвижения кромки делает начальный этап тушения особенно напряжённым. На одном и том же пожаре фронт может ускоряться на открытом сухом участке и почти останавливаться у влажной низины или дороги. Равномерное по площади размещение мелких горючих материалов [9] создаёт условия для устойчивого и быстрого распространения горения, а значит, выигрыш даже в несколько десятков секунд способен повлиять на последующую площадь горения.

В полевом справочнике лесного пожарного прямой способ тушения [8] понимается как непосредственное прекращение горения огня на его кромке водой, растворами, грунтом или захлёстыванием, тогда как косвенные способы опираются на создание рубежей и последующее дожигание.

Для сельских подразделений, располагающих одной автоцистерной и ограниченным боевым расчётом, прямой способ остаётся самым доступным вариантом. Исходя из этого становится заметен смысл фронтальной системы подачи воды: она не отменяет других приёмов,

ВКР УдГУ

но позволяет раньше начать прямое воздействие на кромку огня без прокладывния рукавной линии

Мобильные средства пожаротушения ценятся [10] не только за запас огнетушащих веществ, но и за способность обеспечить доставку боевого расчёта на сложной местности. Для сельской местности, где твёрдое покрытие быстро сменяется грунтовой дорогой, а подъезд к очагу нередко проходит по полю, просёлку или лесной колее, шасси высокой проходимости оказывается рабочей необходимостью. В этом отношении машины семейства ЗиЛ – 131 сохраняют практическую ценность даже при их устаревшей конструкции

Автоцистерна АЦ-40 на шасси ЗиЛ-131 получила широкое распространение не случайно. Конструктивно она сочетает сравнительно простое шасси, полноприводную схему, насосную установку с номинальной подачей 40 л/с, достаточный для первичных действий по тушению пожара объём цистерны и возможность использовать воду из внешнего источника. В полевых условиях особенно ценится ремонтопригодность такой техники. Если современная высоконагруженная машина часто требует специализированного обслуживания, то узлы старых автоцистерн нередко обслуживаются силами самой части или районной мастерской.

Если рассматривать семейство машин на базе ЗиЛ – 131 шире, становится видно, что советская и российская практика давно использовала идею адаптации [10] одного шасси под разные тактические задачи. Базовая автоцистерна, северные исполнения, аэродромные варианты, и авторазливочные станции различались не общими габаритами, а набором оборудования и схемой подачи огнетушащего вещества. Рассматривая основные и специальные пожарные автомобили, можно сделать вывод: где-то важнее утепление и работа в мороз, где-то – высокая

ВКР УдГУ

производительность, а где-то - возможность воздействия по ходу движения.

Особое внимание заслуживает аэродромная техника, в которой идея фронтального тушения проектируются под быстрое тушение [10] горящего топлива и создание полосы огнетушащего вещества перед движущейся машиной. Задачи аэродромного автомобиля не совпадают с задачами сельской автоцистерны. Однако сама идея – разместить устройство подачи огнетушащего вещества спереди, использовать движение автомобиля как часть тактического приёма - вполне применима и к ландшафтным пожарам, если её адаптировать к более простому и дешёвому исполнению

Слабые стороны шасси ЗиЛ – 131 и его пожарных модификаций тоже нельзя игнорировать. Машина тяжелая, динамика разгона и скорость невысокая и далеки от современных требований. Старая техника требует большего физического участия личного состава.

1.2 Нормативно – правовая база и методы оценки оперативной эффективности боевого развёртывания

Нормативно-правовая база, регулирующая тушение ландшафтных пожаров и применение пожарной техники, включает несколько уровней. Федеральные законы, устанавливают общие требования пожарной безопасности и распределение полномочий. Технические регламенты и государственные стандарты, определяют требования к конструкции и безопасности техники. Уставные и организационные документы, регламентируют порядок действий подразделений, а также правила по охране труда. Для темы настоящей работы именно сочетание этих уровней имеет значение, поскольку модернизация автомобиля допустима только при условии, что она не противоречит требованиям к безопасной эксплуатации и боевому применению техники.

ВКР УДГУ

Федеральный закон «О пожарной безопасности» [1] закрепляет саму систему пожарной охраны, её основные задачи и право подразделений на тушение пожаров и проведение аварийно-спасательных работ Для сельских подразделений это означает, что борьба с ландшафтным пожаром не рассматривается как второстепенная функция. Напротив, тушение природных возгораний входит в прямую зону ответственности пожарной охраны, если пожар создаёт угрозу населённым пунктам, объектам экономики и безопасности людей.

Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [2] важен с конструктивной стороны. Любое вмешательство в пожарную технику не должно ухудшать её функциональное назначение, надёжность и безопасность применения. В этой связи важно отметить, что предлагаемая модернизация не предполагает изменения базовой насосной установки, отказа от штатных рукавных линий или демонтажа обязательного оборудования. Речь идёт о дополнительной системе подачи воды, которая работает от существующего насоса и потому может рассматриваться как вспомогательное устройство, не отменяющее штатный режим эксплуатации машины.

Государственные стандарты, касающиеся пожарных автомобилей и соединительной арматуры, задают более конкретные рамки. ГОСТ 34350-2017 [5] определяет общие технические требования к основным пожарным автомобилям. Для проектного решения это означает необходимость сохранить обзорность водителя, доступность световых приборов и номерного знака, возможность буксировки, допустимую прочность креплений и безопасное размещение элементов, выступающих за габариты. Не менее существенны стандарты на пожарные соединительные головки [6] и иные элементы обвязки, поскольку их унификация позволяет использовать существующее пожарно - техническое вооружение без изготовления нестандартных переходов.

ВКР УДГУ

Правила по охране труда в подразделениях пожарной охраны [4] особенно важны для настоящей темы, потому что доработка автомобиля оценивается не только по оперативному эффекту. Любое сокращение времени боевого развёртывания должно сочетаться со снижением либо хотя бы не увеличением риска для работающего сотрудника. При штатной схеме один водитель вынужден несколько раз перемещаться между кабиной, насосным отделением и кромкой пожара, переносить рукава, и находиться рядом с движущимся огнём. Если фронтальная система подачи позволяет уменьшить число таких перемещений и отказаться от части ручных операций на первых минутах, её значение следует рассматривать и как мероприятие по снижению эксплуатационной нагрузки на личный состав.

Именно нормативные рамки определяют основные требования к предлагаемому решению: фронтальная система должна подключаться к существующей схеме подачи воды без необратимого изменения насоса; крепление к бамперу должно обеспечивать прочность и ремонтопригодность; устройство не должно закрывать световые приборы, номерной знак и буксировочные элементы; управление системой должно оставаться понятным для водителя, не усложняя его работу на пожаре.

Если первый ствол подан поздно [11], то даже при достаточном номинальном расходе эффект оказывается ниже, чем мог бы быть при более раннем воздействии меньшим количеством воды. Из этого следует вывод: при начальном тушении ландшафтного пожара время до первой управляемой подачи воды выступает самостоятельным критерием оперативной эффективности

Одной лишь скоростью выхода на подачу ограничиваться нельзя. Для ландшафтных пожаров это особенно заметно на неоднородных [11] участках: где-то достаточно поверхностного смачивания травяного

ВКР УдГУ

покрова, а где-то требуется более продолжительное воздействие на валежник, торфянистую почву или древесные остатки. Поэтому в систему оценки необходимо включать и параметр фактического расхода, реализуемого модернизированной системой.

В практической оценке не менее значим и эргономический критерий. Работа с насосом, арматурой, рукавными линиями и вспомогательными системами должна быть понятной и выполнимой в условиях дефицита времени. Если для реализации преимущества автомобиля требуются излишне сложные операции, то формальное наличие оборудования ещё не означает его полезности. Отсюда вытекает необходимость учитывать число операций, длину перемещений водителя, объём ручного труда и вероятность ошибок при переключении режимов работы.

Исходя из вышеперечисленного, в настоящей работе в качестве основных критериев оценки принимаются: время до начала подачи воды, фактический расход воды через фронтальную систему, продолжительность автономной работы от цистерны, расстояние, которое автомобиль может обработать без дозаправки, изменение физической нагрузки на водителя, а также условный экономический эффект от внедрения.

Отдельно стоит оговорить пределы применимости выбранной системы оценки. Она подходит для сценариев, где кромка пожара доступна для подхода автомобиля по дороге, просеке, полевой колее или иной опорной полосе. Если же речь идёт о глубинном торфяном горении, о сильном верховом пожаре в сплошном древостое или о ситуации, когда техника не может безопасно приблизиться к очагу, значение фронтальной системы естественно снижается.

1.3 Современные направления модернизации пожарных автомобилей для тушения природных пожаров

ВКР УдГУ

Современные направления модернизации пожарных автомобилей для тушения природных пожаров развиваются сразу по нескольким линиям, и эти линии далеко не всегда совпадают. Первая линия решений направлена на увеличение автономности машины. Вторая линия ориентирована на подвижность и быстроту первого воздействия: Третья линия, связана с цифровизацией и мониторингом от навигации до контроля за расходом огнетушащего вещества.

Специализированная техника наиболее эффективна там, где условия применения повторяются и заранее известны: аэродром, промышленная площадка, складская зона, объект с чётко прогнозируемыми сценариями.

Ландшафтный пожар в сельской местности, напротив, отличается изменчивостью. Поэтому наиболее жизнеспособными оказываются не жёстко специализированные, а адаптивные решения, которые не лишают автомобиль универсальности. Это обстоятельство объясняет, почему для базовой автоцистерны предпочтительнее простая съёмная или малозатратная система, а не глубокая переделка всей надстройки.

Модернизация путем повышения мобильности за счёт облегчения машин и уменьшения запасов воды при ставке на частое пополнение имеет свои достоинства, особенно при наличии развитой сети водоисточников или при работе нескольких единиц техники. Однако для Можгинского района, как и для многих сельских территорий, такой вариант не всегда приемлем. Подразделение может прибывать первым и действовать автономно до подхода основных сил, а доступные водоисточники находятся на удаленном растоянии. Следовательно, модернизация должна сочетать быстрый выход на подачу с сохранением штатного объёма цистерны, а не строиться на его уменьшении

Подводя итог система должна включаться быстро, использовать существующий насос, не требовать сложного обслуживания, не ухудшать

ВКР УдГУ

проходимость автомобиля, быть ремонтопригодной и безопасной для работы в условиях вибрации, загрязнения.

Наиболее перспективным направлением для базовой автоцистерны АЦ – 40 ЗиЛ – 131 следует считать не замену автомобиля специализированной машиной и не радикальную перестройку надстройки, а локальную модернизацию фронтальной части с подключением к штатной системе подачи воды. Такая модернизация позволяет использовать сильные стороны существующего шасси - проходимость, простоту и наличие собственного запаса воды.

ВКР УДГУ

2 Исследование объекта и оценка исходных условий доработки автомобиля АЦ – 40 ЗиЛ – 131

2.1 Исследование объекта

2.1.1. Характеристика территории, пожароопасной обстановки и динамики ландшафтных пожаров

Можгинский район [14] расположен в южной части Удмуртской Республики и по площади составляет 1997 км². Административным центром является город Можга, однако значительная часть населённых пунктов района относится к сельским территориям с рассредоточенной застройкой. Численность населения находится на уровне около 24,8 тыс. человек. Для оценки пожарной обстановки важна не только общая численность жителей, но и характер расселения: значительное число небольших населённых пунктов, удалённых друг от друга, требует распределённой сети подразделений и техники, способной действовать автономно.

Лесной фонд района занимает 82 329 га, что составляет примерно 41 % территории. Крупные лесные массивы сосредоточены на северо-востоке и юго-западе. По породному составу преобладают ель, пихта, сосна, берёза, осина и липа. С точки зрения пожарной опасности такая структура не является однородной. Хвойные участки, подрост, валежник и сухая лесная подстилка создают условия для быстрого низового распространения горения. Вблизи полей, дорог и населённых пунктов к этой опасности добавляется сухая травянистая растительность, которая нередко становится первым проводником огня к лесному массиву.

Для района характерно сочетание природных участков и объектов инфраструктуры. Через его территорию проходит автомобильная дорога

ВКР УдГУ

Ижевск - Можга - Елабуга, а также железнодорожная линия Москва - Екатеринбург. Имеются магистральные газопроводы и Карашурское подземное хранилище газа. Такое сочетание существенно повышает цену первых минут тушения. Даже относительно небольшой ландшафтный пожар вблизи коммуникаций требует не просто остановки распространения огня по растительному покрову, но и предотвращения его перехода к более опасным объектам.

Географическое положение района можно считать благоприятным с точки зрения связи с республиканским центром, однако внутри самого района оперативная ситуация менее проста. Отдельные населённые пункты расположены на значительном удалении от районного центра и от подразделений, где сосредоточены основные силы. Для первого прибывшего расчёта это означает необходимость действовать самостоятельно в течение некоторого времени. Ландшафтный пожар за этот интервал способен заметно увеличить площадь, особенно если развивается вдоль открытых участков, полевых дорог или опушек.

Важной особенностью является сезонное изменение состояния растительного покрова. Весной район сталкивается с высыханием прошлогодней травы после схода снега, летом - с подсушиванием подстилки и травостоя на открытых участках, осенью - с повторным появлением сухой растительной массы после уборки полей. Поэтому объектом защиты выступает не только лес как таковой, но и вся территория контакта между дорогой, полем, обочиной, лесополосой, вырубкой и жилой застройкой. Именно на этих переходных зонах пожарная машина чаще всего начинает работу.

Транспортная доступность отдельных участков неодинакова. На магистральных направлениях и дорогах с твёрдым покрытием подъезд к кромке возможен достаточно быстро. Иная картина складывается на грунтовых дорогах, лесных просеках, полевых переездах и внутри

ВКР УДГУ

небольших деревень, где ширина проезда ограничена, а разворот тяжёлой техники затруднён. Отсюда вытекает практическое требование к автомобилю: после прибытия он должен быть готов к тушению с минимальным числом манёвров и без лишних перемещений личного состава вокруг машины.

Структура защищаемой территории делает особенно значимым сочетание проходимости и автономности. С одной стороны, техника должна добираться туда, где не всегда есть твёрдое покрытие. С другой - она должна работать от собственного запаса воды, поскольку немедленное подключение к внешнему водоисточнику чаще всего невозможно. В этих условиях автоцистерна на полноприводном шасси остаётся рациональным выбором. Но для ландшафтных пожаров важен уже не только факт доставки воды к месту вызова, а скорость, с которой эта вода может быть превращена в реальное воздействие на кромку.

Суммируя характеристики района, можно сделать промежуточный вывод. Можгинский район представляет собой территорию, где риск ландшафтных пожаров обусловлен сочетанием лесистости, сельскохозяйственных угодий, рассредоточенной застройки и значимых коммуникаций. При такой конфигурации наибольшую ценность имеют не сложные высокотехнологичные решения, а надёжные и быстро реализуемые меры, позволяющие первому прибывшему автомобилю немедленно начать локализацию огня на доступном участке.

Таблица 2.1. Основные характеристики защищаемой территории

Административный центр	г. Можга
Площадь района	1997 км²
Численность населения	около 24,8 тыс. человек
Лесистость	82 329 га, или около 41 % территории

ВКР УдГУ

Основные породы	ель, пихта, сосна, берёза, осина, липа
Крупные лесные массивы	северо-восточная и юго-западная части района
Основные транспортные коммуникации	автодорога Ижевск – Можга – Елабуга, железная дорога Москва – Екатеринбург
Значимые объекты	магистральные газопроводы, Карашурское подземное хранилище газа
Оперативно значимая особенность	рассредоточенная сеть сельских населённых пунктов и удалённых постов

Таблица 2.1 позволяет увидеть, что защищаемая территория сочетает несколько факторов пожарного риска одновременно. Высокая лесистость сама по себе ещё не определяет сложность обстановки, однако в сочетании с сельскохозяйственными угодьями, рассредоточенной застройкой и наличием транспортных и газотранспортных коммуникаций она делает ландшафтный пожар событием с потенциально быстро растущими последствиями. Для проектируемой доработки особое значение имеют не столько абсолютные размеры района, сколько удалённость части населённых пунктов и необходимость автономной работы первого прибывшего автомобиля. Именно поэтому дальнейший анализ ориентирован на сокращение времени первичного воздействия, а не только на общие показатели обеспеченности техникой.

Климатические условия Удмуртской Республики в целом оцениваются как умеренно континентальные, однако для пожарной обстановки сухое среднегодовое описание мало что даёт. Гораздо важнее сезонная динамика температуры и сочетание тёплой погоды с отсутствием осадков. Для анализа в работе использованы среднемесячные температуры за период с апреля по октябрь в 2020 - 2024 годах [15], то есть именно за ту часть года, когда ландшафтные пожары наиболее вероятны. Такой выбор позволяет увидеть не абстрактную климатическую норму, а рабочий диапазон условий, с которым сталкиваются подразделения в пожароопасный сезон.

ВКР УдГУ

По представленным данным заметно, что переход от апреля к июлю сопровождается устойчивым ростом температуры, после чего начинается её постепенное снижение. Среднее значение за пять лет составило 6,54 °C для апреля, 12,5 °C для мая, 17,14 °C для июня, 20,02 °C для июля, 18,04 °C для августа, 11,36 °C для сентября и 4,82 °C для октября. В оперативном отношении особенно важны два отрезка. Первый - весенний, когда при ещё сравнительно невысокой средней температуре быстро высыхает прошлогодняя трава. Второй - летний, когда длительное тепло поддерживает подсушивание лесной подстилки, валежника и кустарника.

Показательно, что наиболее тёплые значения в разные годы приходились не всегда на один и тот же месяц. Так, июль 2023 года был немного теплее июля 2020 и 2022 годов, а июнь 2021 года заметно опережал июнь 2020 и 2023 годов. Для пожарной практики это означает отсутствие полностью повторяющегося сценария. Подразделения не могут ориентироваться только на календарь. Гораздо важнее наблюдать за фактическим состоянием растительности, за наличием ветра и за тем, как рано формируется сухой горючий слой на открытых участках.

Статистика ландшафтных пожаров за 2020 - 2024 годы показывает, что число возгораний менялось резко. В 2020 году зарегистрировано 305 случаев, в 2021 году – 306 [16], в 2022 году – 84 [17], в 2023 году – 310 [18], в 2024 году – 43 [19]. Уже одно это распределение говорит о высокой зависимости от погодных условий, профилактической работы и особенностей конкретного сезона. Нельзя исходить из того, что после «спокойного» года автоматически наступит ещё один такой же период. Скорее, район должен быть готов и к повторению напряжённого сценария.

Особенно заметен контраст между 2022 и 2023 годами. После относительно благополучного периода число пожаров вновь выросло более чем в три раза. Для организации службы это означает, что техника должна оцениваться не по среднему многолетнему комфорту,

ВКР УДГУ

а по готовности к неблагоприятному сезону. Если модернизация автомобиля полезна только в редких исключительных условиях, её значение будет ограниченным. Если же она помогает именно в напряжённые годы, когда первый выезд на ландшафтный пожар становится массовой и повторяющейся задачей, её практическая ценность резко возрастает.

Из статистики видно и другое. Даже при сокращении количества зарегистрированных пожаров не исчезает сама проблема первичного реагирования. Ландшафтные пожары редко начинаются сразу как крупные. Чаще речь идёт о небольшом очаге горения, который при неблагоприятном развитии способен быстро перейти к угрозе строениям, лесу или коммуникациям. Следовательно, эффективность первого автомобиля имеет значение не только в годы с максимальным числом пожаров. Она значима и тогда, когда от своевременного воздействия зависит, останется ли загорание локальным эпизодом или превратится в сложный вызов для всего района.

Для практических целей полезно сопоставить температурные колебания и статистику возгораний не как прямую математическую зависимость, а как совокупность условий риска. Более высокие температуры сами по себе не определяют число пожаров, но ускоряют подсушивание горючего материала и сокращают временной запас для реагирования. Если к этому добавляются ветер, пал сухой травы или искры от техники, даже сравнительно небольшой очаг за считанные минуты охватывает значительную площадь.

При анализе данных за 2020 - 2024 годы можно сделать ещё одно наблюдение. Весенний период остаётся не менее важным, чем середина лета. В апреле и мае средние температуры уже достаточны для активного высыхания сухой травы, тогда как зелёный покров ещё не сформирован полностью. Это означает, что ландшафтный пожар в сельской местности

ВКР УДГУ

начинается не с глубины лесного массива, а часто с доступной для техники полосы - обочины, поля, межи, участка около строений. В такой обстановке фронтальная система подачи воды особенно востребована, поскольку позволяет немедленно использовать подъездную позицию автомобиля.

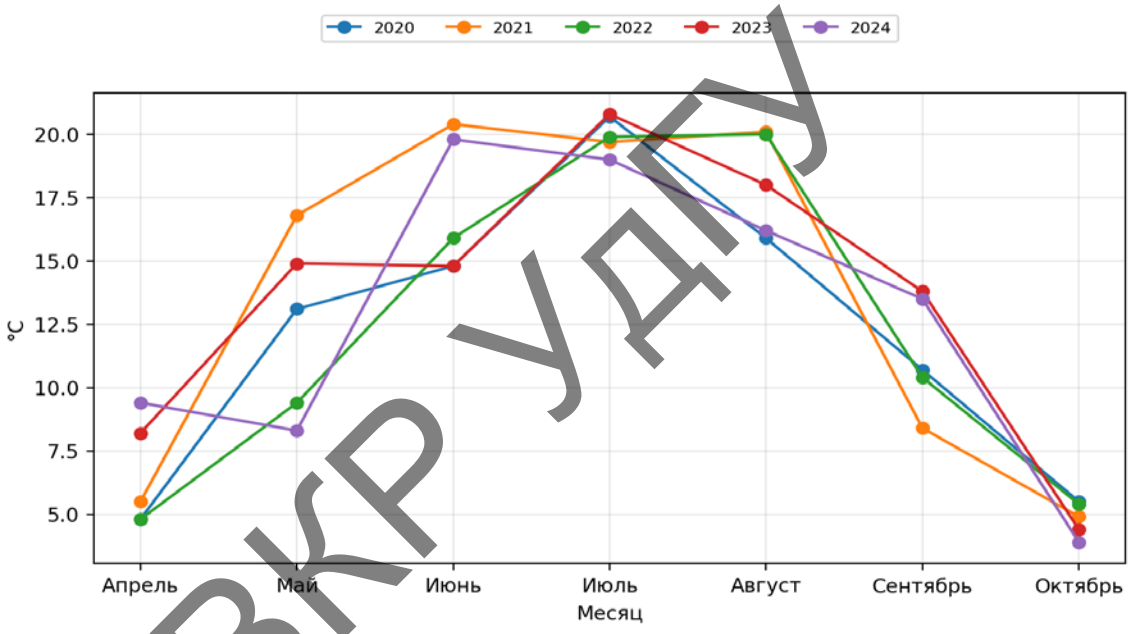
Следовательно, исходные природно - климатические условия и статистика пожаров подтверждают целесообразность доработки автомобиля именно для задачи быстрой первичной подачи воды. Речь не идёт о полной замене всех способов тушения. Вывод выглядит скромнее, но практичнее: на территории с переменной, но регулярно возникающей опасностью ландшафтных пожаров существенную ценность имеет техническое решение, уменьшающее время от прибытия до первого реального воздействия на кромку огня.

Таблица 2.2. Среднемесячная температура воздуха с апреля по октябрь в 2020 - 2024 годах

	2020	2021	2022	2023	2024	Сре - днее за 5 лет
Апрель	4,8	5,5	4,8	8,2	9,4	6,54
Май	13,1	16,8	9,4	14,9	8,3	12,5
Июнь	14,8	20,4	15,9	14,8	19,8	17,14
Июль	20,7	19,7	19,9	20,8	19,0	20,02
Август	15,9	20,1	20,0	18,0	16,2	18,04
Сентябрь	10,7	8,4	10,4	13,8	13,5	11,36
Октябрь	5,5	4,9	5,4	4,4	3,9	4,82

ВКР УДГУ

Данные таблицы 2.2 отражают не разовые погодные эпизоды, а рабочий температурный диапазон пожароопасного сезона за пятилетний период. По ним хорошо видно, что уже в апреле и мае формируются условия для высыхания прошлогодней травы, а в июне - августе складывается устойчивая тепловая база для быстрого распространения огня по открытым участкам и лесной подстилке. Для подразделений это означает необходимость готовности к ландшафтным пожарам не только в разгар лета, но и в весенний период, когда растительность ещё не успела восстановить влажность и плотность зелёного покрова.



ВКР УДГУ

Рисунок 2.1. Динамика среднемесячной температуры воздуха с апреля по октябрь в 2020 - 2024 годах

График на рисунке 2.1 наглядно показывает сезонную форму изменения температуры: плавный подъём к июлю и последующее снижение к октябрю. При этом разброс значений по отдельным годам достаточно заметен, что подтверждает нестабильность погодных условий от сезона к сезону. В оперативном отношении это означает, что подразделениям нельзя ориентироваться только на календарь. Реальная готовность к тушению ландшафтных пожаров должна опираться на фактическое

состояние растительности, наличие сухих ветреных периодов и общую пожарную напряжённость сезона.

Таблица 2.3. Количество ландшафтных пожаров в Удмуртской Республике в 2020 - 2024 годах

Год	Количество ландшафтных пожаров	Краткая характеристика сезона
2020	305	Напряжённый сезон; высокий объём реагирования на возгорания сухой растительности.
2021	306	Сопоставимый с 2020 годом уровень; зарегистрированы многочисленные случаи горения сухой травы.
2022	84	Существенное снижение по количеству и площади пожаров.
2023	310	Резкий рост количества возгораний по сравнению с 2022 годом.
2024	43	Заметное снижение числа пожаров и общей площади, пройденной огнём.

Таблица 2.3 фиксирует резкие колебания количества ландшафтных пожаров по годам. После относительно спокойного 2022 года уже в 2023 году число возгораний вновь резко выросло. Подобная динамика подтверждает, что для района опасны как повторяющиеся напряжённые сезоны, так и резкие межгодовые скачки. Следовательно, технические решения должны оцениваться не по «среднему спокойному» сценарию, а по их пригодности к работе в неблагоприятный период, когда значимость первого реагирования возрастает особенно сильно.

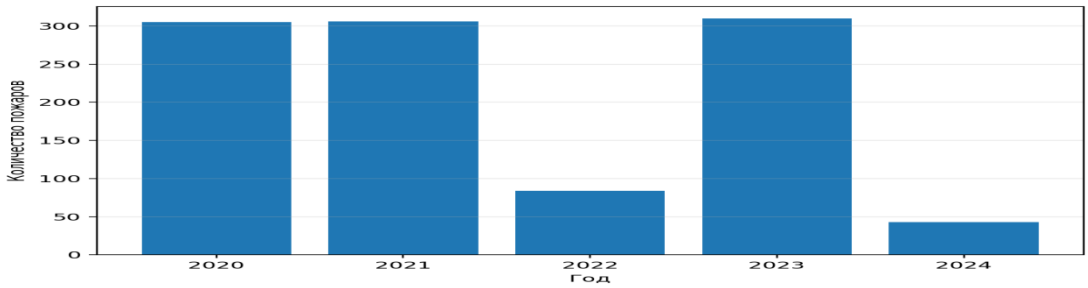


Рисунок 2.2. Количество зарегистрированных ландшафтных пожаров в Удмуртской Республике в 2020 - 2024 годах

ВКР УдГУ

Столбчатая диаграмма на рисунке 2.2 делает различия между сезонами визуально более очевидными. На ней хорошо заметны два пиковых года и два года с резко сниженным количеством зарегистрированных пожаров. Для темы работы важен сам факт такой амплитуды: система первоначального реагирования должна оставаться эффективной и в напряжённый сезон, и в относительно благополучный период. Модернизация автомобиля в этом случае рассматривается как способ повысить устойчивость работы подразделения при любой годовой нагрузке.

2.1.2. Силы, средства и уязвимые элементы боевого развертывания при первом прибытии

Состав сил и средств пожаротушения в Можгинском районе неоднороден по принадлежности, численности и техническому оснащению.

В первоначальном реагировании участвуют отдельные посты государственных подразделений, добровольные пожарные команды, а также иные организации, имеющие технику пожарного или приспособленного назначения. Сама по себе такая распределённая схема вполне рациональна для сельской территории. Она позволяет приблизить автомобиль к удалённым населённым пунктам и сократить время прибытия. Одновременно она создаёт зависимость от машин старых моделей и от ограниченного числа сотрудников, находящихся непосредственно на месте несения службы.

По данным, собранным по району [20], в сети первоначального реагирования используется несколько типов техники: автоцистерны на шасси ЗиЛ-131 и ЗиЛ-130, машины на базе ГАЗ-66, прицепы и ёмкости

ВКР УДГУ

приспособленного типа. Для целей настоящей работы особенно важно, что значительная доля техники относится к семейству ЗиЛ, а среди боевых единиц заметно присутствие именно АЦ-40 и близких к ней по эксплуатации автомобилей. Это означает, что модернизация одной из наиболее распространённых машин имеет не единичное, а типовое значение для района.

Отдельные посты и добровольные команды размещены в станциях, сёлах и деревнях, откуда обеспечивается прикрытие собственного района выезда. Такая схема уменьшает время прибытия на локальные происшествия, однако технические возможности разных пунктов различаются. Где-то в боевом расчёте находится одна автоцистерна, где-то - приспособленная техника, а часть единиц фактически не находится в постоянной готовности. Следовательно, в первые минуты пожара нельзя исходить из немедленного сосредоточения больших сил. Реальный расчёт строится на том автомобиле, который действительно прибывает первым и способен начать тушение без ожидания подкрепления.

Особое внимание заслуживает организация несения службы. На ряде удалённых постов суточное дежурство фактически обеспечивает один сотрудник - водитель, на которого до прибытия основных сил ложится весь объём первоначальных действий. Он должен провести разведку, определить угрозу людям и строениям, выбрать позицию для автомобиля, подготовить насос, выполнить боевое развёртывание и начать тушение. При обычной городской схеме расчёт распределяет эти операции между несколькими пожарными, тогда как здесь они сосредоточены в одних руках.

Анализ таблицы сил и средств показывает, что техника старых выпусков по – прежнему составляет основу сети первоначального реагирования. У такой ситуации есть две стороны. С одной стороны, наличие даже возрастной автоцистерны в удалённом населённом пункте

ВКР УДГУ

несравнимо лучше, чем отсутствие какой - либо техники. С другой - эксплуатация старых машин усиливает значение эргономических недостатков, которые раньше компенсировались численностью караула. Высокая посадка, размещение органов управления, необходимость ручной прокладки рукавной линии и большое число переходов вокруг автомобиля становятся проблемой не в теории, а в повседневной работе.

Структура парка указывает и на то, что попытка решить задачу исключительно через закупку новой специализированной техники в ближайшей перспективе малореалистична. Район использует то, что находится в распоряжении подразделений и добровольных команд. Следовательно, повышение оперативности должно опираться на модернизацию имеющихся машин, а не на абстрактно желаемый парк. В этом смысле выбор АЦ – 40 ЗиЛ – 131 в качестве объекта работы выглядит оправданным: машина распространена, известна в эксплуатации, обладает подходящей проходимостью и при этом имеет очевидный резерв для локального улучшения схемы подачи воды.

Не менее важен и вопрос маршрутов прибытия. Отдельные посты располагаются ближе к сельским населённым пунктам, полям и участкам леса, чем районный центр. Но это преимущество будет реализовано полностью лишь тогда, когда автомобиль после прибытия почти сразу перейдёт к тушению. Если же выигрыш по времени на этапе следования затем теряется на длительном боевом развёртывании, вся логика распределённой сети ослабляется. Именно поэтому анализ сил и средств нельзя ограничивать перечнем техники. Он должен отвечать на более прикладной вопрос: насколько быстро первый прибывший караул приступает к тушению.

В целом исследование состава сил и средств в Можгинском районе приводит к довольно ясному выводу. Система первоначального реагирования здесь опирается на распределённую сеть подразделений

ВКР УдГУ

с ограниченным числом сотрудников и на парк преимущественно возрастной техники. При таких условиях наиболее востребованы решения, которые повышают самостоятельность первого автомобиля, сокращают количество ручных операций и позволяют начать подачу воды практически сразу после выбора позиции. Предлагаемая доработка АЦ – 40 ЗиЛ – 131 отвечает именно этой логике.

Таблица 2.4. Силы и средства пожаротушения в Можгинском районе

Наименование подразделения	Адрес	Личный состав, всего	Техника, всего	В боевом расчёте
ОП ПСЧ-25 (станция Сардан) ГУ УР «ГПС УР»	ст. Сардан, проезд Больничный, 4	4	АЦ-40 (130)	1 ед. АЦ-40 (130)
ОП ПСЧ-37 (с. Пычас) ГУ УР «ГПС УР»	с. Пычас, ул. Кирова, 37	5	АЦ-40 (131)	1 ед. АЦ-40 (131)
ОП ПСЧ-37 (д. Верхние Юри) ГУ УР «ГПС УР»	д. Верхние Юри, ул. Юбилейная, 8а	4	АЦ-40 (131)	1 ед. АЦ-40 (131)
ОП ПСЧ-37 (д. Мельниково) ГУ УР «ГПС УР»	д. Мельниково, ул. Молодёжная, 14	4	АЦ-40 (66)	1 ед. АЦ-40 (66)
ОП ПСЧ-27 (д. Малая Воложикья) ГУ УР «ГПС УР»	д. Малая Воложикья, ул. Производственная, 4	4	АРС-14 (131)	1 ед. АРС-14 (131)
Можгалес — филиал АУ УР «Удмуртлес»	с. Пычас, пер. Набережный, 6	2	АЦ-3,2 (33086)	1 ед. АЦ-3,2 (33086)
ДПК с. Большая Кибья ОУ ДПК УР «Юг»	с. Большая Кибья, ул. Советская, 43а	22	АЦ-40 (131), АЦ-40 (66)	в боевом расчёте отсутствуют
ДПК д. Большая Пудга ОУ ДПК УР «Юг»	д. Большая Пудга, ул. Центральная, 24	7	ПТ (РЖТ-3)	в боевом расчёте отсутствуют
ДПК д. Большие Сибы ОУ ДПК УР «Юг»	д. Большие Сибы, ул. Школьная, гаражи	9	АЦ-30 (66)	в боевом расчёте отсутствуют
ДПК д. Трактор ОУ ДПК УР «Юг»	д. Александрово, ул. Удмуртская, 9	7	АЦ-40 (130)	1 ед. АЦ-40 (130)

ВКР УдГУ

ДПК с. Большая Уча ОУ ДПК УР «Юг»	с. Большая Уча, ул. Новая, 11	4	АЦ-40 (131), АЦ-40 (133), АРС-14 (131)	2 ед.: АРС-14 (131), АЦ-40 (131)
ДПК д. Кватчи ОУ ДПК УР «Юг»	д. Кватчи, ул. Нижняя, 10	2	ПТ (ГАЗ-53)	1 ед. ПТ (ГАЗ-53)
ДПК с. Нынек ОУ ДПК УР «Юг»	с. Нынек, ул. Советская, 2	9	АЦ-40 (131)	1 ед. АЦ-40 (131)
ДПК д. Ныша ОУ ДПК УР «Юг»	д. Ныша, ул. Киршина, 14	6	АЦ-40 (131)	в боевом расчёте отсутствуют
ДПК д. Нижний Вишур ОУ ДПК УР «Юг»	д. Нижний Вишур, ул. Школьная, 11	2	АЦ-40 (53)	в боевом расчёте отсутствуют
ДПК д. Пазял ОУ ДПК УР «Юг»	д. Пазял, ул. Центральная, 1	5	АЦ-40 (66)	1 ед. АЦ-40 (66)
ДПК с. Поршур ОУ ДПК УР «Юг»	с. Поршур, ул. Почтовая, 21	6	АЦ-30 (66)	в боевом расчёте отсутствуют
ДПК с. Русский Пычас ОУ ДПК УР «Юг»	с. Русский Пычас, ул. Заречная, 1	6	АЦ-30 (66)	1 ед. АЦ-30 (66)
ДПК д. Старый Березняк ОУ ДПК УР «Юг»	д. Старый Березняк, ул. Молодёжная, 18	8	ПТ (РЖТ-8)	1 ед. ПТ (РЖТ-8)
ДПК д. Старые Какси ОУ ДПК УР «Юг»	д. Старые Какси, ул. Полевая, 12	29	АЦ-40 (130)	1 ед. АЦ-40 (130)
ДПК д. Старые Юбери ОУ ДПК УР «Юг»	д. Старые Юбери, ул. Ягульская, 5	15	ПТ (РЖТ-8)	1 ед. ПТ (РЖТ-8)

ВКР УдГУ

Таблица 2.4 показывает, что силы и средства в районе распределены по многим точкам, а парк техники неоднороден. В нём присутствуют как штатные автоцистерны, так и приспособленные средства, а часть подразделений не имеет постоянной боевой готовности. С практической точки зрения это означает, что на начальном этапе пожара решающим становится не общий суммарный парк, а конкретный автомобиль, который

реально находится в расчёте и способен прибыть первым. Присутствие большого числа машин семейства ЗиЛ делает выбранную тему доработки достаточно репрезентативной для районной системы реагирования.

Наиболее уязвимым элементом боевого развертывания при первом прибытии является переход от оценки обстановки к реальной подаче огнетушащего вещества. Для ландшафтного пожара этот интервал особенно чувствителен. Пока водитель выходит из кабины, готовит насос, извлекает рукава и выполняет соединения, кромка пожара продолжает движение.

Если горение развивается по сухой траве или вдоль обочины при ветре, площадь пожара увеличивается уже на этапе развёртывания. Следовательно, уязвимость связана не столько с «нехваткой воды», сколько с потерей времени до начала её подачи.

Второй проблемный участок - необходимость многократных перемещений вокруг автомобиля. При штатной схеме водитель поочерёдно выполняет действия у кабины, насосного отделения, ящиков с вооружением и на самой кромке пожара. Эти перемещения становятся ещё более затруднительными на неровном грунте, в колее, на склоне, в задымлении или при ограниченной видимости. Любое лишнее перемещение увеличивает утомляемость и снижает темп работы. На открытом ландшафтном пожаре это приводит не просто к росту физической нагрузки, а к реальному ухудшению результата тушения.

Третья уязвимость связана с тем, что прокладываемая вручную рукавная линия сама становится ограничивающим фактором. Пока она короткая, её легко перемещать, однако длины может не хватить для работы вдоль быстро меняющейся кромки. Если же линия длиннее, возрастает время развёртывания и затрудняется перенос её по ходу тушения. Возникает противоречие: чтобы быстрее начать тушение, линию хотелось бы сократить, но, чтобы сопровождать пожар по фронту,

ВКР УдГУ

её приходится удлинять. Для одного сотрудника такое противоречие почти неразрешимо без изменения самой схемы подачи воды.

Существенное значение имеет и положение водителя относительно автомобиля и пожара. При ручной работе со стволом человек вынужден находиться сравнительно близко к кромке, а в ряде случаев - идти вдоль неё с рукавом. Это повышает риск работы в дыму, контакта с горячей растительностью, запутывания рукава в колее, зацепа за кустарник или элементы ограждений. Если же часть первичного воздействия переносится на фронтальную часть автомобиля, зона наиболее интенсивной ручной нагрузки смещается, а время непосредственного пребывания человека у кромки уменьшается.

Ещё один уязвимый момент - невозможность быстро использовать движение автомобиля как часть тактического приёма. При обычной схеме машина, строго говоря, доставляет воду и оборудование, но не всегда может эффективно тушить пожар в процессе продвижения вдоль фронта. После развертывания она чаще превращается в опорную точку, от которой работает ручная линия. Для ландшафтного пожара это не всегда выгодно. В ряде случаев правильнее было бы обработать доступную полосу по ходу движения машины, не давая пламени перескочить через дорогу, колею или кромку поля. Однако штатная компоновка автоцистерны ориентирована прежде всего на подачу через ручные линии или лафетный ствол.

Наконец, уязвимость проявляется в зависимости первого этапа тушения от физического состояния конкретного сотрудника. Когда на посту несёт службу один водитель, разница в скорости и качестве развёртывания определяется не только инструкцией, но и выносливостью человека, его опытом, особенностями грунта и погодой. Для оперативной работы по боевому развертыванию это нежелательно. Рациональная техника должна по возможности уменьшать зависимость результата от случайных факторов. Следовательно, одной из задач модернизации становится

ВКР УДГУ

именно снижение вариативности начальных действий: система должна быть такой, чтобы ею можно было пользоваться быстро и однотипно в большинстве выездов.

Выявленные уязвимые элементы позволяют точнее сформулировать предмет доработки. Проблема состоит не в том, что АЦ – 40 ЗиЛ – 131 не способна подавать воду вообще, и не в том, что её насос недостаточно производителен. Основная трудность связана с организацией первого этапа тушения при минимальном составе сил. Поэтому наиболее рациональным направлением улучшения выступает не усиление насоса и не увеличение цистерны, а перестройка пути подачи воды к кромке пожара таким образом, чтобы он соответствовал реальным возможностям одного водителя.

Таблица 2.5. Наиболее уязвимые элементы исходной схемы тушения

Уязвимый элемент	Проявление в исходной схеме	Практическое последствие	Направление улучшения
Время до первой подачи воды	Несколько последовательных операций до начала тушения	Рост площади горения на ранней стадии	Сокращение подготовительных операций
Перемещения водителя	Переходы от кабины к насосу, к ящикам и к кромке	Потеря времени и рост утомления	Фронтальная подача воды из рабочей зоны автомобиля
Рукавная линия	Необходимость прокладки и переноса рукавной линии	Задержка, риск зацепов и заломов	Использование стационарно установленного сухотруба
Манёвренность автомобиля	После развёртывания машина становится менее подвижной	Сложнее сопровождать протяжённую кромку	Использование движения автомобиля как части тушения
Работа в задымлении	Человек долго находится у кромки до начала подачи воды	Рост эксплуатационного риска	Сокращение времени непосредственной ручной работы впереди автомобиля

ВКР УлГУ

В таблице 2.5 сведены в систему те слабые звенья, которые проявляются именно в режиме одиночного первоначального реагирования. Общий смысл этого анализа состоит в том, что задержка подачи воды и высокая трудоёмкость первых действий взаимно усиливают друг друга. Пока водитель выполняет подготовительные операции, пожар растёт, а сама работа становится тяжелее и опаснее. Следовательно, рациональная модернизация должна быть направлена на устранение не отдельных мелких неудобств, а на разрыв этой неблагоприятной связки между потерей времени и ростом физической нагрузки.

2.2 Расчётно - аналитическая оценка исходной схемы тушения

2.2.1. Анализ штатной схемы боевого развёртывания и идентификация ограничений

Штатная схема боевого развёртывания автомобиля АЦ – 40 ЗиЛ – 131 при тушении ландшафтного пожара опирается на использование насосной установки и стандартной рукавной линии. После прибытия водитель выбирает позицию автомобиля, как правило, на дороге, обочине, полевом проезде или иной доступной полосе, позволяющей подвести машину достаточно близко к кромке. Далее выполняется включение коробки отбора мощности, подготовка насоса, открытие соответствующего патрубка, извлечение рукавов и ручного ствола, прокладка линии к месту воздействия и только после этого начинается фактическая подача воды. Такая последовательность штатна и технически оправданна, но для ландшафтного пожара в условиях одиночного реагирования она оказывается слишком длинной.

ВКР УДГУ

При наличии полноценного расчёта недостатки схемы частично компенсируются распределением труда. Один сотрудник работает у насоса, второй подготавливает рукавную линию, третий выходит со стволом

на кромку, командир отделения руководит выбором позиции и определяет решающее направление. В рассматриваемых условиях всё иначе. Один водитель выполняет все операции последовательно, а не параллельно. Следовательно, даже без объективных задержек общее время развёртывания становится суммой многих коротких действий, каждое из которых само по себе не выглядит критичным, но в совокупности даёт заметный интервал.

Для анализа была принята типовая последовательность из семи операций: остановка и краткая оценка обстановки; выход из кабины и переход к органам управления насосом; извлечение рукава и ручного ствола; присоединение рукавной линии к напорному патрубку; прокладка линии к кромке пожара; окончательная сборка линии и проверка положения ствола; пуск подачи воды и начало тушения. Даже при хорошем навыке на эти действия требуется значительное время, поскольку рукав и ствол необходимо не только взять, но и физически переместить по неровной поверхности до рабочей точки.

Штатная схема имеет и конструктивное ограничение. Патрубки подачи воды расположены так, что подключение и работа со стволом предполагают использование бокового или заднего пространства автомобиля. Это удобно в классическом сценарии тушения строения или внутреннего пожара, когда машина занимает определённую позицию и работает как опорный пункт. На ландшафтном пожаре задача иная: воздействие часто требуется впереди по ходу движения автомобиля, на узком и быстро меняющемся участке кромки. При штатной схеме воде приходится проходить путь через боковое подключение, рукавную линию

ВКР УДГУ

и ручной ствол, а сам водитель в начальный период остаётся оторванным от возможности использовать переднюю часть машины как рабочую зону.

Ещё одна особенность стандартной схемы заключается в её чувствительности к мелким эксплуатационным задержкам. Залом рукава при вытаскивании, неудачное положение автомобиля, необходимость поправить линию на кочке, возврат за недостающим элементом, кратковременный перебой при включении подачи - каждая такая деталь увеличивает общее время. В составе караула эти задержки часто незаметны. В одиночной работе они накапливаются и становятся критичными. Поэтому штатная схема для рассматриваемого сценария оказывается не просто «длиннее», а более нестабильной по времени исполнения.

Проведённый анализ позволяет принять для дальнейших расчётов усреднённую нормативно - прикладную модель развёртывания. В ней суммарное время от остановки автомобиля до начала устойчивой подачи воды по стандартной линии принято равным 135 секундам. Значение получено из пооперационной оценки действий одного водителя в типичном ландшафтном сценарии на доступной местности. Оно не претендует на статус универсальной нормы, но достаточно точно отражает реальную логику одиночного развёртывания. Именно с этим значением далее сопоставляется модернизированная схема фронтальной подачи воды.

Следовательно, штатная схема АЦ-40 ЗиЛ-131 в рассматриваемых условиях обеспечивает возможность тушения, но не отвечает задаче максимально раннего воздействия на кромку пожара. Технический резерв улучшения здесь связан не с заменой насоса или увеличением цистерны, а с сокращением числа подготовительных операций, которые водитель вынужден выполнять до первого реального использования воды.

ВКР УДГУ

Таблица 2.6. Пооперационное сравнение времени выхода на подачу воды

Операция	Штатная схема, с	Система на бампере, с
Остановка и краткая оценка обстановки	15	15
Включение КОМ и подготовка насоса	10	10
Извлечение рукава и ствола	25	-
Подсоединение линии к напорному патрубку	20	8
Прокладка линии к кромке пожара	35	-
Окончательная сборка линии и возврат к управлению	15	-
Стабилизация режима и начало подачи воды	15	5
Итого	135	38

ВКР УДГУ

Пооперационное сравнение, приведённое в таблице 2.6, позволяет увидеть, в каких именно звеньях достигается основной выигрыш. Модернизированная схема почти полностью исключает операции, связанные с извлечением и переноской отдельной рукавной линии для первого воздействия. Благодаря этому уменьшается не только суммарное время развёртывания, но и его вариативность: результат меньше зависит от состояния грунта, удобства размещения рукавов и физической усталости водителя. Для практической службы это весьма значимо, поскольку делает первый этап тушения более предсказуемым.

При тушении ландшафтного пожара одним водителем на первый план выходят не только классические опасные факторы пожара, но и эксплуатационные риски, связанные со способом применения автомобиля. К первой группе относятся тепловое воздействие, дым, ограничение видимости, внезапное изменение направления

распространения кромки и наличие скрытых очагов тления. Ко второй - риск падения на неровной поверхности, ударов и зацепов при переноске рукавов, ошибочных действий у насоса в условиях спешки, а также повышенная вероятность переутомления. При анализе исходной схемы нельзя рассматривать эти факторы по отдельности. Они усиливают друг друга.

Например, даже умеренное задымление само по себе не всегда делает работу невозможной. Но если оно сочетается с необходимостью перемещаться с рукавом по колее или мягкому грунту, риск споткнуться и потерять время резко возрастает. Аналогично, высокая температура кромки может оставаться приемлемой для кратковременного подхода со стволом, однако при повторных переходах к машине и обратно увеличивает утомление, снижает точность действий и заставляет сокращать продолжительность непосредственного воздействия. Для одиночного реагирования такой накопительный эффект особенно заметен.

К числу опасных факторов следует отнести и сам характер местности. Ландшафтные пожары нередко возникают на полосах с сухой травой, у лесных канав, вблизи обочин, на просеках и возле заброшенных участков. Поверхность здесь редко бывает ровной. Водитель, занятый одновременно оценкой обстановки и развертыванием, работает в условиях повышенной когнитивной нагрузки. Это означает, что часть внимания уходит на выбор тактического решения, а часть - на выполнение вполне физических действий. Вероятность мелкой ошибки при этом закономерно возрастает.

Отдельный риск связан с управлением автомобилем вблизи активной кромки. Машина должна сохранять безопасную дистанцию до огня, но в то же время быть достаточно близко, чтобы подача воды не теряла смысл. Если для работы используется длинная рукавная линия

ВКР УДГУ

это повышает время развёртывания. Следовательно, уязвимость исходной схемы проявляется ещё и в том, что она не даёт удобного «среднего» режима между безопасностью позиции и скоростью воздействия.

Наибольший суммарный балл получают: задержка подачи первого огнетушащего вещества, высокая физическая нагрузка при прокладке и перемещении линии, работа в зоне задымления при повторных подходах к кромке, а также снижение управляемости начального этапа тушения из-за того, что один человек совмещает функции водителя и ствольщика. Эти позиции образуют ядро риска, на которое и должна воздействовать модернизация.

Предлагаемый проект, разумеется, не устраняет все опасности ландшафтного пожара. Он не отменяет действия дыма, ветра, высокой температуры и необходимости осторожного маневрирования. Однако он способен уменьшить длительность тех операций, при которых риск особенно велик: перенос рукавной линии, повторные переходы от машины к кромке, длительное нахождение человека впереди автомобиля до начала подачи воды. Следовательно, инженерный эффект доработки должен оцениваться одновременно как оперативный и как эксплуатационно - безопасностный.

На основании проведённой идентификации можно сделать вывод, что исходная схема боевого применения АЦ – 40 ЗиЛ – 131 содержит группу рисков, прямо связанных с последовательностью развёртывания. Это не врождённые недостатки шасси как такового, а следствие того, что классическая компоновка машины рассчитана на иной режим работы и на больший состав расчёта. Значит, изменение способа подачи воды имеет потенциал снижения риска без радикальной переделки автомобиля.

ВКР УГГУ

Таблица 2.7. Упрощённая матрица рисков

Опасный фактор	Веро - ятность	Тя - жесть после - дствий	Услов - ный балл	Комментарий
Задержка первой подачи воды	Выс.	Выс.	9	Приводит к увеличению площади горения и усложнению обстановки
Физическая нагрузка при переноске рукавов	Выс.	Сред.	6	Снижает темп дальнейших действий и увеличивает утомление
Работа в дыму при повторных подходах	Сред.	Выс.	6	Повышает риск дезориентации и ошибок
Зацепы и заломы рукавной линии	Сред.	Сред.	4	Увеличивает время и ухудшает устойчивость подачи
Неровности грунта при перемещениях	Выс.	Сред.	6	Повышает риск падения и травмирования
Ошибки при переключении режимов насоса	Низ.	Сред.	2	Вероятность ниже, но сохраняется при спешке

ВКР УДГУ

Матрица рисков в таблице 2.7 показывает, что наибольший условный балл имеют именно те факторы, на которые способна повлиять проектируемая доработка. Речь идёт прежде всего о задержке первой подачи воды, физической нагрузке и повторной работе у кромки в дыму. Иными словами, модернизация направляется не на второстепенные риски, а на ядро эксплуатационно - тактической проблемы. Это повышает обоснованность проекта и делает дальнейшие расчёты содержательно связанными с исходной оценкой опасностей.

2.2.2. Сценарии тушения в условиях одиночного реагирования и оценка временных затрат

Для оценки практической пригодности исходной схемы тушения были рассмотрены три типовых сценария, которые наиболее характерны для сельской территории района. Первый сценарий - горение сухой травы вдоль обочины автомобильной дороги с угрозой перехода огня на придорожную лесополосу. Второй - развитие кромки пожара по границе поля и населённого пункта. Третий - загорание вблизи заболоченного или торфянистого участка с ограниченной проходимостью. Такие сценарии различаются по доступности для автомобиля, скорости распространения огня и удобству применения рукавной линии, а потому позволяют увидеть слабые стороны стандартного развёртывания достаточно отчётливо.

В первом сценарии автомобиль, как правило, может занять удобную позицию почти непосредственно у кромки. На первый взгляд это облегчает работу, потому что расстояние до очага невелико. Однако именно здесь особенно заметен недостаток штатной схемы: время, выигранное на следовании, вновь теряется на извлечении рукава и подключении ствола. За период развёртывания огонь вдоль сухой травы успевает пройти заметный участок, а при наличии ветра - выйти к кустарнику или молодняку. Если бы подача воды могла быть начата через переднюю часть автомобиля сразу после остановки, тактическое преимущество близкого подъезда реализовывалось бы гораздо полнее.

Во втором сценарии, когда огонь движется по границе поля и населённого пункта, к пожару добавляется фактор защищаемых объектов. Здесь цена задержки ещё выше, потому что речь идёт уже не только

об увеличении площади горения, но и о возможном переходе

ВКР УДГУ

на хозяйственные постройки, заборы, складированные материалы или линии электроснабжения. Стандартная ручная линия позволяет сосредоточить струю на конкретной точке, однако до начала работы водитель вновь тратит время на подготовительные операции. Модернизированная фронтальная система в подобном сценарии может использоваться для первичного «сбивания» фронта вдоль доступной полосы, после чего при необходимости подключается рукавная линия с ручным стволом.

Третий сценарий наиболее сложен, поскольку сочетает ограниченную проходимость и риск скрытого тления. На заболоченных и торфянистых участках машина часто не может подойти вплотную к очагу, а ручная работа требует осторожности. Здесь возможности фронтальной системы, естественно, уже не столь велики. Однако даже в этом случае она способна дать пользу на начальном этапе, если доступен хотя бы край заболоченного участка или дорога, по которой можно обработать кромку для недопущения распространения огня в сторону сухих зон. То есть доработка оказывается не универсальным решением, а средством, которое особенно эффективно в первых двух сценариях и ограниченно полезно в третьем.

Сопоставление сценариев показывает, что исходная схема проигрывает прежде всего там, где автомобиль уже находится в правильной позиции, но ещё не может использовать воду. Это характерно именно для ландшафтных пожаров начальной стадии. В более поздней, осложнённой обстановке решающее значение начинают иметь уже общие силы и средства, наличие водоисточников, организация подвоза и смена участков работы. Но проект доработки и не претендует на решение всей задачи тушения. Его предмет: обеспечить более результативное первое действие автомобиля на доступной полосе горения.

ВКР УдГУ

Анализ типовых сценариев подтверждает, что техническое требование к доработке сформулировано верно. Требуется система, которая даст выигрыш именно в тех ситуациях, где автомобиль способен занять полезную позицию у кромки пожара, но штатное развёртывание слишком затягивает начало тушения. На сельской территории такие ситуации встречаются часто, следовательно, эффект модернизации имеет регулярный, а не эпизодический характер.

Количественная оценка временных затрат проводилась по пооперационной схеме. Для каждого действия водителя определялось ориентировочное время исполнения в типичном дорожном или полевом сценарии без дополнительных осложнений. В расчёт включены только те операции, которые неизбежно выполняются до начала устойчивой подачи воды. Такой подход позволяет отделить собственно боевое развёртывание от последующих манёвров по сопровождению кромки. Полученные значения являются прикладными и предназначены не для нормирования службы, а для сравнения двух технических решений.

Наибольшую долю времени в стандартной схеме занимают три операции: извлечение и подготовка рукавной линии, её прокладка к рабочей точке и возврат к управлению подачей воды. Каждая из них не кажется чрезмерно долгой в отдельности, но суммарно именно они формируют задержку почти в полторы - две минуты. Для ландшафтного пожара это уже ощутимый интервал. Если горение развивается вдоль полосы сухой травы, за такое время кромка способна сместиться на десятки метров, а при неблагоприятном ветре - сформировать новый опасный участок.

Физическая нагрузка оценивалась по трём параметрам: количество переходов вокруг автомобиля, длина пройденного пути и объём переносимого оборудования. В исходной схеме водитель выполняет несколько последовательных перемещений: от кабины к насосу, затем

ВКР УДГУ

к месту размещения рукавов и ствола, далее к кромке пожара и снова к органам управления подачей. Совокупная длина перемещений в усреднённом сценарии достигает около 68 метров. При этом часть пути проходит с переноской рукава и ствола, а часть - по неровной поверхности, что увеличивает утомление даже при внешне небольшой дистанции.

Рукав пожарный диаметром 51 мм и длиной 20 м вместе с ручным стволом образует для одного человека вполне посильный, но заметный по массе и габаритам комплект. Проблема состоит не только в килограммах как таковых. Оборудование приходится тянуть, разворачивать, избегать заломов и одновременно следить за направлением распространения огня. В результате физическая нагрузка приобретает смешанный характер: это и перенос массы, и работа в наклоне, и рывковые движения, и необходимость сохранять внимание к быстро меняющейся обстановке. Для одиночного реагирования именно такая «мелкая, но непрерывная» нагрузка оказывается наиболее утомительной.

Оценка показывает, что высокая физическая нагрузка не просто ухудшает условия работы. Она непосредственно влияет на тактический результат. Утомлённый водитель дольше выполняет последующие операции, реже меняет позицию, может выбрать менее выгодную точку для обработки кромки или позже перейти к другому участку пожара. Следовательно, сокращение числа ручных действий имеет ценность даже тогда, когда формально экономится всего около минуты. Эта минута сопровождается и уменьшением утомления, а значит, повышает устойчивость результата в дальнейшем.

Для сравнения с модернизированной схемой далее принимается, что фронтальная система позволяет сократить совокупную длину первоначальных перемещений примерно до 12 метров, поскольку исчезает необходимость в прокладке и переноске отдельной рукавной линии для первого воздействия. Водитель после остановки автомобиля работает

ВКР УДГУ

преимущественно у органов управления и использует движение машины как часть приёма тушения. Разница между 68 и 12 метрами выглядит на бумаге не очень большой, но в условиях дыма, ветра и мягкого грунта она имеет заметное практическое значение.

Проведённая оценка даёт два вывода. Во-первых, выигрыш модернизации проявляется не только во времени выхода на подачу, но и в уменьшении физической нагрузки этого выхода. Во-вторых, исходная схема развёртывания становится особенно невыгодной именно тогда, когда пожар требует быстрого, повторяемого и достаточно протяжённого воздействия вдоль кромки. Следовательно, расчёт временных и трудовых затрат подтверждает корректность выбранного направления доработки.

2.2.3. Формирование технических требований к доработке

Результаты предыдущего анализа позволяют перейти от описания проблемы к формированию технических требований к доработке. Первое и главное требование состоит в том, что система должна сокращать время до начала подачи воды без сложной подготовки и без изменения базового назначения автомобиля. Иначе говоря, она обязана работать как ускоритель первичного воздействия, а не как отдельная самостоятельная подсистема, требующая собственного длительного развёртывания.

Второе требование связано с принципом подключения. Поскольку насосная установка автомобиля остаётся штатной и эксплуатационно освоенной, новая система должна использовать её без необратимого вмешательства в конструкцию. Это позволяет сохранить ремонтопригодность, не нарушить привычный порядок обслуживания и при необходимости вернуть автомобиль к полностью стандартной

ВКР УДГУ

конфигурации. Для сельского подразделения такое условие крайне важно: чем проще связь новой системы с имеющимися узлами, тем выше вероятность её реального применения и поддержания в исправном состоянии.

Третье требование касается размещения. Элементы системы должны располагаться на переднем бампере таким образом, чтобы не перекрывать световые приборы, регистрационный знак, буксировочные устройства и не создавать опасного выступания, которое могло бы ухудшить проходимость автомобиля. При движении по неровной местности сухотруб не должен касаться колёс, деталей подвески и элементов дорожного полотна. Иными словами, доработка должна использовать переднюю часть автомобиля как рабочую зону, но не превращать её в источник новых эксплуатационных проблем.

Четвёртое требование относится к материалам и прочности. Система должна выдерживать вибрацию, загрязнение, сезонные перепады температуры, контакт с водой и случайные механические воздействия. При этом конструкция обязана оставаться технологичной для изготовления в условиях ремонтной мастерской: без дефицитных материалов, без сложной токарной обработки и без необходимости приобретать редкие комплектующие. Рациональным выглядит использование стальной трубы, типовых соединительных головок и сварно - болтовых креплений с обязательной антикоррозионной защитой.

Пятое требование связано с удобством применения одним человеком. Управление подачей воды должно быть интуитивным и не требовать отдельной последовательности переключений, отличной от освоенной водителем работы со штатным насосом. Подсоединение линии к фронтальному трубопроводу, если оно используется, должно выполняться быстро и без неудобных заломов. Сама схема подачи должна позволять водителю начать воздействие сразу после выбора позиции

ВКР УдГУ

автомобиля,

а затем при необходимости переходить либо к движению вдоль кромки, либо к обычной рукавной линии.

Шестое требование - безопасность. Конструкция не должна создавать угрозу травмирования при посадке и высадке из кабины, при буксировке автомобиля, при движении по бездорожью и при работе на пожаре. Давление в системе должно оставаться в пределах, воспринимаемых штатным насосом и материалом трубопровода. Отверстия фронтального сухотруба должны обеспечивать распределённую подачу воды, но не вызывать неконтролируемых реактивных воздействий, способных дестабилизировать автомобиль или помешать управлению.

Седьмое требование связано с экономикой решения. Стоимость материалов и работ должна быть соразмерной возможностям сельского подразделения. Проект теряет смысл, если цена модернизации приближается к стоимости сложного нового оборудования. Напротив, преимуществом будет считаться такое решение, которое обеспечит заметный выигрыш по времени и удобству применения при сравнительно небольших затратах. Именно под этот набор требований и разрабатывается проект фронтальной системы пожаротушения, представленный в третьей главе.

ВКР УДГУ

Таблица 2.8. Технические требования к модернизации автомобиля

Требование	Содержание
Быстрый выход на подачу	Минимум операций между прибытием и началом воздействия на кромку
Совместимость со штатным насосом	Подключение без необратимого вмешательства в насосную установку
Безопасное размещение	Отсутствие перекрытия фар, номера, буксировочных элементов и ухудшения угла въезда
Прочность и ремонтопригодность	Использование типовых материалов и разборных креплений

Удобство для одного водителя	Понятное управление и возможность работы без отдельного расчёта

Сформулированные в таблице 2.8 требования переводят результаты аналитической главы на язык инженерного задания. Здесь принципиально важно, что в перечень включены не только технические, но и эксплуатационные ограничения: совместимость со штатным насосом, безопасность размещения, удобство работы одним водителем. Такой подход делает проект практико - ориентированным. Он сразу отсеивает решения, которые могли бы быть эффективны на бумаге, но оказались бы слишком сложными, дорогими или неудобными для реальной службы.

2.2.4. Действующие организационно-технические решения и недостатки подачи воды

Действующая система обеспечения готовности в районе строится вокруг постоянной эксплуатационной готовности имеющихся автомобилей,
их размещения по районам выезда и поддержания минимально достаточного набора пожарно - технического вооружения. Для удалённых постов такая система решает базовую задачу: автомобиль находится ближе к месту возможного пожара, чем силы районного центра. В этом состоит её безусловное достоинство. Однако сама структура готовности в большей степени ориентирована на факт прибытия техники, чем на скорость её превращения в средство немедленного воздействия на ландшафтный пожар.

Организационно - техническое решение в существующем виде включает суточное дежурство водителя, поддержание автомобиля в исправном состоянии, хранение стандартного вооружения, возможность

ВКР УДГУ

работы насоса от собственной цистерны и привлечение дополнительных сил по мере развития обстановки. Такая схема привычна и хорошо освоена.

Она обеспечивает универсальность: одной и той же автоцистерной можно реагировать на возгорание травы, пожар в строении, тление мусора, и иные происшествия. Но именно универсальность становится причиной того, что конструкция не оптимизирована под быстрое фронтальное тушение ландшафтного пожара одним человеком.

Отдельным достоинством действующей системы можно считать то, что она не требует сложной подготовки к каждому выезду. Автомобиль находится в штатной конфигурации, водителю известен порядок работы, ремонтная база подстроена под типовые узлы. В условиях ограниченных ресурсов это имеет большое значение. Любое новое решение должно сохранять эту простоту, а не разрушать её. Следовательно, анализ действующей системы не сводится к перечню недостатков. Он показывает и те сильные стороны, которые необходимо сохранить при доработке.

К числу таких сильных сторон относятся: полноприводное шасси с хорошей проходимостью, наличие собственного запаса воды, унифицированная арматура, возможность быстро менять район выезда и работать от внешних водоисточников после прибытия дополнительных сил. Именно поэтому проект модернизации не затрагивает ни базовую компоновку шасси, ни штатное насосное оборудование, ни возможность обычного ручного развёртывания. Новая система должна встраиваться в действующую модель готовности, а не подменять её.

Следовательно, исходная система обеспечения готовности в целом обеспечивает доставку автомобиля и начало работ на месте пожара, однако не полностью отвечает специфике ландшафтных возгораний в условиях одиночного первоначального реагирования. Это и определяет

ВКР УДГУ

необходимость локального инженерного улучшения, совместимого с уже существующей организацией службы.

Недостатки существующей схемы подачи воды проявляются прежде всего в начальный момент тушения. Схема рассчитана на стандартное подключение рукавной линии и работу ручным стволом, что технически надёжно, но требует времени. При пожаре в здании или при наличии полноценного расчёта такая последовательность оправданна. При ландшафтном пожаре, развивающемся по открытой кромке, она оказывается менее выгодной, потому что до начала подачи воды водитель вынужден выполнить слишком много подготовительных операций.

Второй недостаток состоит в том, что стандартная схема слабо использует преимущества самого шасси. Автомобиль ЗиЛ - 131 способен двигаться по обочине, просеке или полевой дороге, сопровождая фронт пожара на доступном участке. Но при работе только через ручную линию машина фактически теряет часть этой подвижности. Как только рукав развернут, автомобиль уже не может свободно перемещаться без переноса всей схемы. Тем самым достоинство полноприводного шасси используется не полностью.

Третья проблема связана с зависимостью начального этапа тушения от физического труда водителя. Штатная схема вынуждает переносить оборудование, неоднократно переходить от машины к кромке и обратно, располагать линию на местности, где она может цепляться за неровности и растительность. Для небольшого пожара эти затраты кажутся терпимыми, но при серии выездов или при ветреной погоде они быстро становятся фактором снижения эффективности.

Наконец, существующая схема не даёт удобного промежуточного режима между моментом прибытия и полноценным развёртыванием. Либо водитель тратит время на подготовку ручной линии, либо остаётся

ВКР УДГУ

фактически без возможности воздействовать на огонь. Для ландшафтного пожара такая «пауза» особенно нежелательна. Именно этот недостаток проектируемая фронтальная система и должна устранить: создать режим, при котором уже в первые десятки секунд после прибытия машина сможет начать распределённую подачу воды на доступную кромку.

ВКР УДГУ

3. Разработка мероприятий по повышению эффективности тушения ландшафтных пожаров

3.1. Организационные и технические мероприятия по доработке автомобиля

Предлагаемая доработка будет давать устойчивый эффект только при правильной организации применения автомобиля. Поэтому инженерное решение дополняется рядом организационных мероприятий. Прежде всего требуется закрепить алгоритм работы водителя при выезде на ландшафтный пожар: выбор безопасной позиции, оценка направления распространения огня, включение насосной установки, подача воды на фронтальную систему, движение вдоль кромки на понижающей передаче, переход к штатной рукавной линии при необходимости локальной обработки отдельного участка. Такой алгоритм должен быть простым и отрабатываться практически, без перегрузки редкими вариантами.

Перед постановкой автомобиля в боевой расчёт необходимо провести обучение водителей и работников подразделений, которые могут привлекаться к его эксплуатации. Обучение должно включать не только знакомство с устройством системы, но и тренировку конкретных сценариев: работа на обочине дороги, на границе поля и застройки, вдоль лесополосы, на подъезде к очагу по грунтовой дороге. Отдельно следует отработать переход от фронтальной подачи к обычному ручному стволу. Это важно, поскольку модернизация не отменяет штатные приёмы и должна использоваться гибко, а не вместо них во всех случаях подряд.

В состав организационных мероприятий входит и предрейсовый контроль исправности. Водитель обязан проверить крепление трубопровода, отсутствие механических повреждений, чистоту отверстий, состояние рукавной линии, соединительной головки и болтовых

ВКР УДГУ

соединений, а также отсутствие контакта системы с колёсами и элементами подвески при повороте руля. Подобная проверка занимает немного времени, но резко уменьшает вероятность того, что система окажется частично неисправной именно в момент выезда.

Для повышения управляемости первых действий целесообразно предусмотреть простой порядок взаимодействия первого прибывшего автомобиля с последующими силами. До прибытия основных подразделений водитель использует фронтальную систему для задержки распространения огня и удержания наиболее опасного участка. После сосредоточения дополнительных сил автомобиль либо продолжает работу по доступной полосе, либо переводится на штатную схему подачи воды, обеспечивая ручные стволы и подпитку. Такая организация исключает ложное представление о том, будто модернизированный автомобиль должен «тушить всё один». Его задача уже и реалистичнее - выиграть время и стабилизировать обстановку.

Сущность инженерного решения состоит в создании дополнительного пути подачи воды от штатного насоса автомобиля к фронтальной зоне тушения. Для этого на переднем бампере автомобиля устанавливается сухотруб - распределительный трубопровод с рядом отверстий малого диаметра, через которые формируется полоса воды перед машиной. Питание сухотруба осуществляется от штатного напорного патрубка насоса через рукавную линию, проложенную по крыше надстройки к соединительной головке фронтальной системы. Таким образом, насос, цистерна и основная гидравлическая часть автомобиля сохраняются без изменений, а модернизация сосредоточена на внешней трассе подачи и распределительном устройстве.

Выбор именно такой схемы объясняется несколькими причинами. Во-первых, она позволяет использовать уже имеющееся давление и подачу насоса без врезки в его внутренние узлы. Во-вторых, фронтальная зона

ВКР УДГУ

автомобиля оказывается максимально близкой к кромке пожара при движении вдоль доступной полосы. В-третьих, система может быть изготовлена из типовых деталей: стальной трубы, отводов, соединительной арматуры и крепёжных элементов. Это делает проект выполнимым в условиях районной ремонтной мастерской и снижает его стоимость.

Конструктивно система включает пять основных элементов: подающий рукав от насоса к передней части автомобиля, соединительную головку, фронтальный сухотруб, кронштейны крепления и крепёжно - уплотнительные детали. Сухотруб представляет собой стальную трубу, размещённую по длине бампера. На рабочей поверхности трубы выполнены отверстия диаметром 3 мм с равным шагом, за счёт чего обеспечивается распределённая подача воды по ширине фронта. Такая схема выбрана как компромисс между общей шириной обрабатываемой полосы и сохраняемой интенсивностью подачи.

Принцип действия системы следующий. После прибытия на место пожара водитель устанавливает автомобиль так, чтобы передний бампер был ориентирован в сторону кромки или вдоль её доступного участка. Далее включается насосная установка, открывается подача на рукавную линию, соединённую с фронтальным сухотрубом, и вода начинает поступать к распределительным отверстиям. При движении автомобиля на малой скорости формируется полоса увлажнения, которая либо непосредственно гасит горящий травяной покров, либо создаёт смачиваемую заградительную полосу перед фронтом распространения. Если необходимо локально обработать отдельный очаг, автомобиль может быть остановлен и использован как обычная автоцистерна с ручным стволом.

Важным достоинством решения является его обратимость. Сухотруб крепится к штатному бамперу болтовыми соединениями через кронштейны

ВКР УДГУ

и резиновые прокладки. Рукавная линия проложена снаружи, по крыше надстройки, и при необходимости может быть быстро отключена. Это означает, что доработка не делает автомобиль узкоспециализированным и не лишает его стандартных функций. Фактически речь идёт о дополнительном режиме работы, который активируется тогда, когда тактическая обстановка делает его целесообразным.

Расположение сухотруба на переднем бампере выбрано не случайно. Здесь устройство максимально приближено к линии движения автомобиля, не требует увеличения высоты машины и не ухудшает распределение массы. При этом сохраняется доступ к основным элементам передней части: фарам, номерному знаку, буксировочным проушинам и ступеням, если они предусмотрены конструкцией. Сухотруб не должен выступать настолько, чтобы стать первым точечным элементом контакта при движении по пересечённой местности. Поэтому его положение подбирается как компромисс между рабочей эффективностью и безопасностью эксплуатации.

Для изготовления сухотруба принята труба из углеродистой стали марки Ст20 наружным диаметром 60 мм и толщиной стенки 3 мм [7]. Такой выбор обеспечивает приемлемую механическую прочность и технологичность сварки. Внутренний диаметр при этом составляет около 54 мм, что достаточно для распределённой подачи воды при умеренных потерях напора на коротком участке. Соединительная головка ГМ-50 [6] устанавливается через переходной патрубок и отвод, обеспечивающий удобство подсоединения рукава без резкого перегиба. Кронштейны из листовой стали толщиной 3 мм воспринимают вес трубопровода и вибрационные нагрузки при движении.

Отдельного внимания заслуживает выбор числа и диаметра отверстий. Если отверстия сделать слишком крупными, вода будет выходить

ВКР УлГУ

с излишним расходом, резко сокращая время автономной работы от цистерны. Если же уменьшить их диаметр чрезмерно, полоса увлажнения станет узкой и неустойчивой. В проекте принято 34 отверстия диаметром 3 мм, расположенные равномерно по длине 2,3 м. Такая схема даёт возможность получить распределённый расход при сохранении приемлемого времени работы и возможности сопровождать кромку пожара на малой скорости без немедленного исчерпания запаса воды.

В практическом использовании система ориентирована на два режима. Первый - движение автомобиля вдоль кромки пожара на пониженной передаче со скоростью, достаточной для формирования непрерывной влажной полосы. Второй - короткая остановка для усиленного полива наиболее опасного участка, когда требуется увеличить локальное увлажнение. Эти режимы не исключают друг друга и могут чередоваться в пределах одного выезда. Именно такая гибкость делает предложенное решение пригодным для реальной оперативной обстановки, а не только для идеального испытательного сценария.

Следовательно, инженерно-техническое решение можно охарактеризовать как локальную, технологичную и обратимую модернизацию автомобиля АЦ – 40 ЗиЛ – 131. Оно использует существующий насос, сохраняет штатные возможности автоцистерны, не требует дефицитных материалов и создаёт новый режим боевого применения, ориентированный на сокращение времени первичного воздействия при тушении ландшафтных пожаров.

Фотография на рисунке 3.1 позволяет оценить реальное положение сухотруба на переднем бампере автомобиля. По снимку видно, что устройство размещено в рабочей фронтальной зоне, не поднимает центр тяжести машины и не требует изменения штатной надстройки. Важно и то, что сохраняется доступ к основным элементам передней части.

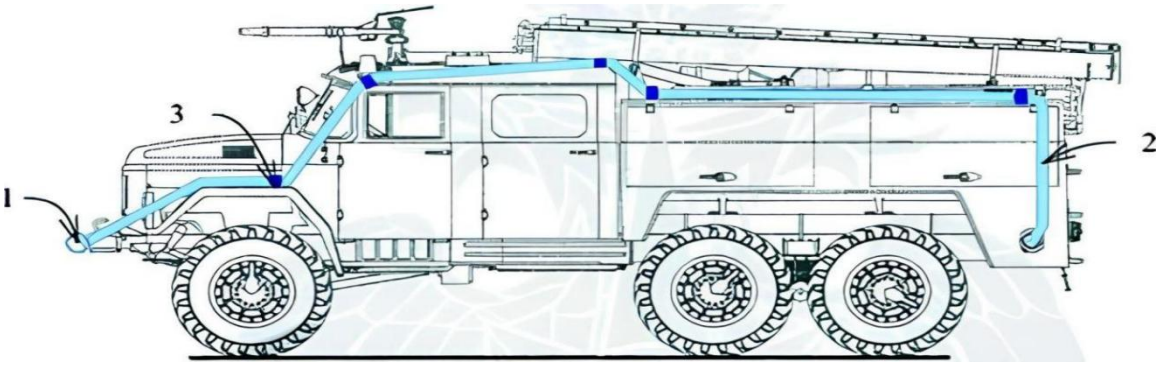
ВКР УдГУ

Для практической эксплуатации такая наглядная оценка не менее полезна, чем чертёж: она показывает, как проектное решение выглядит на реальном автомобиле, а не только на условной схеме.



Рисунок 3.1. Фронтальная часть автомобиля АЦ – 40 ЗиЛ – 131 с установленным сухотрубом

Схема на рисунке 3.2 отражает общую трассу подачи воды от штатного насоса к фронтальному сухотрубу. Такое графическое представление удобно тем, что сразу показывает обратимый характер модернизации: насос и основная система автомобиля остаются штатными, а новое оборудование фактически надстраивается поверх существующей компоновки. Для водителя это означает сохранение привычной логики управления автомобилем при появлении дополнительного рабочего режима.



ВКР УдГУ

Рисунок 3.2. Схема размещения системы пожаротушения на автомобиле АЦ-40 ЗиЛ-131

Конструктивное исполнение доработки определяется требованием простоты изготовления и монтажа. Работы выполняются в условиях ремонтной мастерской пожарной части с применением стандартного слесарно - сварочного оборудования. Сначала производится осмотр переднего бампера и уточнение точек крепления, чтобы убедиться в достаточной жёсткости штатной конструкции и отсутствии деформаций, препятствующих установке сухотруба. После этого изготавливается сам трубопровод, подбираются кронштейны, выполняется их примерка, и только затем производится окончательная сварка и окраска элементов.

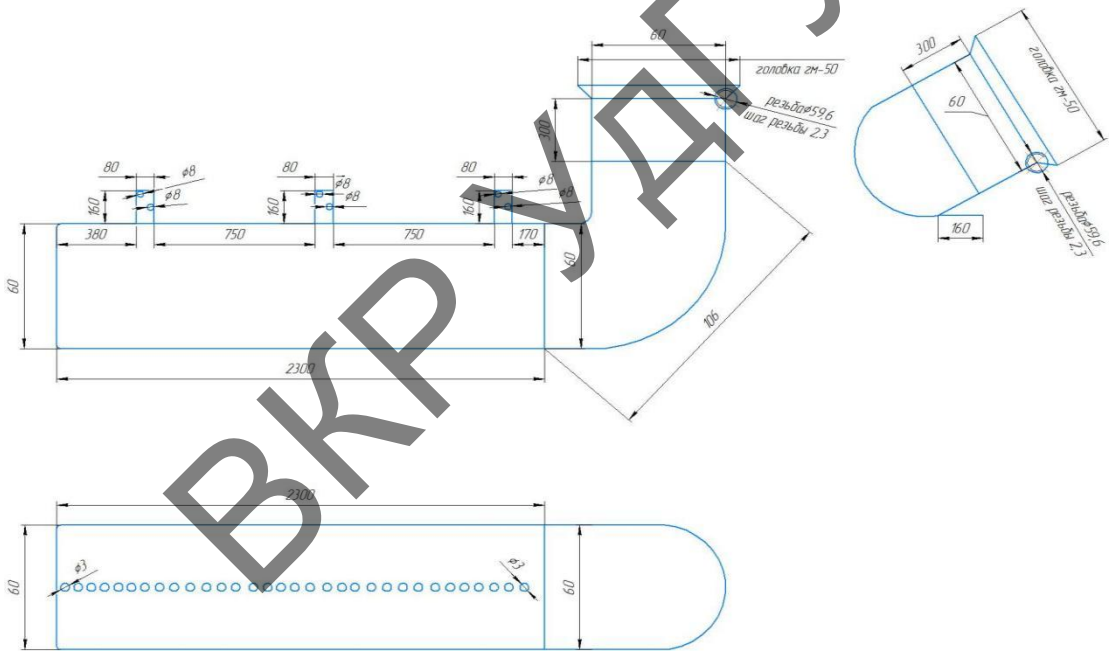


Рисунок 3.3. Схема сухотруба с размерами

Основной трубопровод выполняется из стальной бесшовной трубы длиной 2300 мм. На рабочей поверхности, ориентированной вперёд и несколько вниз, размечаются и сверлятся отверстия диаметром 3 мм через одинаковый шаг. При выполнении отверстий важно обеспечить одинаковость их геометрии и аккуратную зачистку кромок. Неровности и заусенцы не только ухудшают внешний вид, но и создают локальные гидравлические неоднородности, а также повышают риск коррозии.

ВКР УДГУ

После сверления труба очищается, обезжиривается и подготавливается к сварке с патрубком и кронштейнами.

Кронштейны крепления изготавливаются из стального листа толщиной 3 мм. Их форма должна обеспечивать, с одной стороны, жёсткую фиксацию трубы, а с другой - возможность монтажа на бампер без сложной доработки последнего. В проекте принята схема с тремя кронштейнами, равномерно распределёнными по длине сухотруба. Такое решение позволяет уменьшить изгибающие нагрузки, возникающие при вибрации и движении по неровной поверхности. Для снижения передачи вибрации между кронштейном и бампером устанавливаются резиновые прокладки толщиной 3 мм.

Соединение трубопровода с фронтальной соединительной головкой выполняется через переходной патрубок и отвод. Угол установки патрубка выбирается таким образом, чтобы обеспечить подсоединение рукавной линии без залома и без контакта рукава с острыми гранями передней части автомобиля. Резьбовое соединение головки выполняется с применением герметизирующего состава. Сварные швы после монтажа зачищаются, проверяются визуально и покрываются грунтом. Окраска выполняется в два слоя: сначала антикоррозионный грунт, затем эмаль, совместимая с эксплуатацией на открытом воздухе.

Подающий рукав прокладывается от левого напорного патрубка насоса по крыше надстройки к передней части автомобиля. При выборе траектории учитываются уже существующие элементы надстройки, лестницы, поручни и другие выступающие детали. Рукав закрепляется таким образом, чтобы исключить его самопроизвольное смещение, перетирание о металл и касание движущихся частей. При этом он должен оставаться доступным для осмотра и замены. Закрепление чрезмерно жёсткими элементами нежелательно, поскольку рукав должен сохранять небольшую свободу деформации при вибрации.

ВКР УлГУ

Сборка системы завершается контрольной установкой на автомобиль. Проверяется: не перекрываются ли фары и указатели поворота, остаётся ли доступным номерной знак, не затруднено ли использование буксировочных элементов, не касается ли сухотруб колёс при повороте рулевого управления на максимальный угол, не возникает ли опасного уменьшения угла въезда. После этого проводится пробный пуск воды. На этом этапе оцениваются герметичность соединений, равномерность подачи через отверстия и устойчивость креплений при работе насоса.

Для обеспечения ремонтопригодности конструкция должна быть максимально разборной. Сухотруб допускается демонтировать без резки металла, отвинтив крепёж кронштейнов и отсоединив рукавную линию. Такое решение полезно в двух случаях. Во-первых, при необходимости ремонта или очистки системы. Во-вторых, если автомобиль используется в условиях, где фронтальная система временно не требуется. Разборность доработки повышает её жизнеспособность, поскольку любое оборудование, которое трудно снять и обслуживать, со временем перестаёт использоваться даже при наличии практической пользы.

Технологическая последовательность монтажных работ включает следующие этапы: разметка и резка металла; изготовление сухотруба и сверление отверстий; изготовление кронштейнов; примерка на автомобиле; сварка и зачистка; грунтование и окраска; окончательная установка; прокладка и крепление рукава; пробный пуск и устранение замечаний. Такая последовательность выбрана потому, что позволяет выявить ошибки на раннем этапе, не доводя изделие до окончательной окраски и монтажа. Для мастерской пожарной части это особенно удобно: исправления не требуют сложного демонтажа уже готовой конструкции.

В эксплуатационном отношении конструктивное исполнение должно сопровождаться регламентом обслуживания. После каждого выезда на ландшафтный пожар систему необходимо осматривать на предмет

ВКР УдГУ

механических повреждений, засорения отверстий частицами почвы и растительности, ослабления крепежа, течей в резьбовом соединении и повреждений окраски. Периодически требуется промывка чистой водой и подкраска мест, где защитный слой нарушен. Эти операции несложны и вполне соотносятся с общим уровнем обслуживания эксплуатируемой автоцистерны.

Проектная документация и конструктивное исполнение доработки ориентированы на реальные условия изготовления и службы. Система не требует сложного машиностроительного производства, допускает ремонт
и демонтаж, использует типовые материалы и встраивается в существующую структуру автомобиля. Именно такой характер конструкции делает её пригодной не только для единичного экспериментального образца, но и для возможного повторения на аналогичных машинах.

Таблица 3.1. Характеристика трубопровода фронтальной системы

Параметр	Значение
Материал	Сталь углеродистая марки Ст20
Нормативный документ	ГОСТ 8734-75
Наружный диаметр, мм	60
Толщина стенки, мм	3,0
Длина, мм	2300
Расчётный внутренний диаметр, мм	54

Характеристика трубопровода, приведённая в таблице 3.1, показывает, что в качестве основы конструкции выбраны простые и доступные

ВКР УДГУ

материалы. Сочетание наружного диаметра 60 мм и толщины стенки 3 мм даёт достаточную жёсткость и одновременно сохраняет приемлемое внутреннее сечение для распределённой подачи воды. Для мастерской пожарной части это решение удобно ещё и тем, что труба данной марки стали хорошо поддаётся обработке, сварке и последующему ремонту при необходимости.

Таблица 3.2. Характеристика соединительной головки

Параметр	Значение
Тип	ГМ-50 по ГОСТ Р 53279-2009
Количество	1 шт.
Материал	Алюминиевый сплав
Присоединение к трубопроводу	Переходной патрубок со сварным соединением
Расположение	С правой стороны сухотруба под углом, обеспечивающим удобное присоединение

Таблица 3.2 фиксирует параметры соединительной головки, которая обеспечивает стыковку фронтальной системы с рукавной линией. На первый взгляд этот элемент невелик по сравнению с самим сухотрубом, однако именно от него зависит удобство подключения и отсутствие заломов. Выбор типовой головки ГМ-50 позволяет использовать штатную арматуру без изготовления специальных переходов. Это повышает унификацию системы и делает её обслуживание более простым для подразделения.

Таблица 3.3. Характеристика кронштейнов крепления

Параметр	Значение
Материал	Сталь листовая Ст3сп ГОСТ

ВКР УДГУ

Толщина, мм Количество, шт.	3,0 3
Конструкция	Сварная, для жёсткой фиксации трубопровода к бамперу
Крепление к бамперу	Болтовое, через резиновые виброгасящие прокладки
Антикоррозионная защита	Грунт и эмаль по металлу

Данные таблицы 3.3 отражают требования к кронштейнам крепления, от которых в значительной степени зависит надёжность всей системы в движении. Трубопровод работает на передней части автомобиля и испытывает постоянные вибрации, поэтому жёсткая, но ремонтопригодная схема крепления имеет принципиальное значение. Использование резиновых прокладок между кронштейнами и бампером позволяет уменьшить передачу ударных нагрузок, а разборное болтовое соединение делает демонтаж и обслуживание конструкции вполне реальными в условиях части.

3.2 Гидравлический расчёт потерь напора и расхода воды

Гидравлический расчёт [13] выполнялся для проверки того, достаточно ли штатной насосной установки автомобиля для работы фронтальной системы без перегрузки и с приемлемым временем автономной работы от цистерны. При расчёте принято, что система используется не в режиме максимального напора насоса, а в рабочем режиме, достаточном для формирования распределённой полосы воды перед автомобилем. Такой подход оправдан практикой тушения ландшафтных пожаров: для переднего сухотруба важнее устойчивый распределённый расход

ВКР УДГУ

и приемлемая автономность, чем выход на максимально возможное давление.

Исходные данные:

Производительность насоса - $Q = 40л/с$

Диаметр рукавной линии - $d_1 = 51$ мм

Длина рукава - $L_1 = 10$ м

Высота подьема до надстройки автомобиля - $h = 3$ м

Кинематическая вязкость воды при 10 C^0 - $\nu = 1{,}31 \cdot 10^{-6}$ м²/с

Плотность воды - $p = 1000$ кг/м^3

Ускорение свободного падения - $g = 9{,}81$ м/с^2

Расчет скоростей потока:

Для рукава 51мм:

$$A_1 = \frac{\pi * d^2}{4} \#(1)$$

$$A_1 = \frac{\pi * 0{,}051^2}{4} = 0{,}00204 \text{ м}^2$$

$$v_1 = \frac{Q}{A} \#(2)$$

$$v_1 = \frac{0{,}040}{0{,}00204} = 19{,}59 \text{ м/с}$$

Для сухотруба:

$$A_2 = \frac{\pi * d^2}{4} \#(3)$$

$$A_2 = \frac{\pi * 0{,}054^2}{4} = 0{,}00229 \text{ м}^2$$

$$v_2 = \frac{Q}{A} \#(4)$$

$$v_2 = \frac{0{,}040}{0{,}00229} = 17{,}46 \text{ м/с}$$

Потери напора в рукавной линии (10 метров):

ВКР УДГУ

$$Re_1 = \frac{v_1 * d_1}{v} \#(5)$$

$$Re_1 = \frac{19{,}59 * 0{,}051}{1{,}31 * 10^{-6}} \approx 552$$

Коэффициент гидравлического трения:

Для прорезиненного рукава эквивалентная шероховатость - $\Delta = 0{,}05$ мм

$$\lambda_1 = 0{,}11 * \left(\frac{\Delta}{d_1} + \frac{68}{Re_1}\right)^{0{,}25} \#(6)$$

$$\frac{\Delta}{d_1} = \frac{0{,}05}{51} = 0{,}00098$$

$$\frac{68}{Re_1} = \frac{68}{552} = 0{,}123$$

$$\lambda_1 = 0{,}11 * (0{,}00098 + 0{,}123)^{0{,}25} = 0{,}065$$

Потери напора по длине:

$$h_{дл1} = \lambda_1 * \frac{L_1}{d_1} * \frac{v_1^2}{2g} \#(7)$$

$$\frac{v_1^2}{2g} = \frac{19{,}59^2}{19{,}62} = \frac{383{,}76}{19{,}62} = 19{,}56 \text{ м}$$

$$h_{дл1} = 0{,}065 * \frac{10}{0{,}051} * 19{,}56 = 25{,}006 \text{ м}$$

Суммарные потери напора:

$$h_{пот} = h + h_{дл1} \#(8)$$

$$h_{пот} = 3{,}0 + 25{,}006 = 28{,}006 \text{ м вод.ст}$$

Расчет расхода воды с использованием системы пожаротушения:

Внутренний диаметр сухотруба - $d_2 = 54$ мм

Длина сухотруба - $L_2 = 2300$ мм

Диаметр отверстий - $d_0 = 3$ мм

Растояние между отверстиями - $S = 70$ мм

Производительность насоса - $Q = 40$ л/с

Объем цистерны - $V = 2400$ л

ВКР УдГУ

Потреи напора в сухотрубе:

$$Re_2 = \frac{v_2 * d_2}{v} \#(9)$$

$$Re_2 = \frac{14{,}15 * 0{,}054}{1{,}31 * 10^{-6}} \approx 585$$

Для бесшовной стальной трубы эквивалентная шероховатость - $\Delta = 0{,}03$ мм

$$\lambda_2 = 0{,}11 * \left(\frac{\Delta}{d_1} + \frac{68}{Re_1}\right)^{0{,}25} \#(10)$$

$$\frac{\Delta}{d_2} = \frac{0{,}03}{54} = 0{,}00056$$

$$\frac{68}{Re_2} = \frac{68}{585} = 0{,}116$$

$$\lambda_2 = 0{,}11 * (0{,}00056 + 0{,}116)^{0{,}25} = 0{,}064$$

Потери напора по длине

$$h_{дл2} = \lambda_2 * \frac{L_2}{d_2} * \frac{v_2^2}{2g} \#(11)$$

$$\frac{v_2^2}{2g} = \frac{14{,}15^2}{19{,}62} = \frac{200{,}22}{19{,}62} = 10{,}204 \text{ м}$$

$$h_{дл2} = 0{,}064 * \frac{2{,}3}{0{,}054} * 10{,}204 = 27{,}815 \text{ м}$$

Количество отверстий в сухотрубе при равномерном распределении по длине:

$$n = \frac{L_2}{s} + 1 \#(12)$$

$$n = \frac{2300}{70} + 1 \approx 32{,}857 + 1 = 33{,}857 = 34$$

Площадь одного отверстия:

ВКР УДГУ

$$A_0 = \frac{\pi * d_0^2}{4} \#(13)$$

$$A_0 = \frac{\pi * (0.003)^2}{4} \approx 7{,}069 * 10^{-6} м^2$$

Суммарная площадь отверстий:

$$A_\Sigma = n * A_0 \#(14)$$

$$A_\Sigma = 34 * 7{,}069 * 10^{-6} \approx 0{,}000240 \ м^2$$

Расход воды через отверстия:

Коэффициент расхода воды для отверстий в тонкой стенке - $\mu = 0{,}62$

Теоретическая скорость истечения:

$$v = \sqrt{2 * g * H_{пот}} \#(15)$$

$$v = \sqrt{2 * 9{,}81 * 28{,}006} \approx 23{,}44 \ м/с$$

Фактический расход:

$$Q = \mu * A_\Sigma * v \#(16)$$

$$Q = 0{,}62 * 0{,}000240 * 23{,}44 \approx 0{,}00348 \ м^3/с = 3{,}48 \ л/с$$

Время работы от цистерны:

$$t = \frac{V}{Q} \#(17)$$

$$t = \frac{2400}{3{,}48} \approx 689 \ с = 10{,}9 \ мин = 0{,}181 \ ч$$

При использовании данной системы рекомендуется выполнять движение на автомобиле на третьей понижающей передаче (скорость движения от 5 до 25 км/ч) за это время при данном расходе воды автомобиль проедет следующее расстояние.

При минимальной скорости 5 км/ч:

$$S = v * t \#(18)$$

$$S = 5 * 0{,}181 \approx 0{,}905 \ км$$

При средней скорости 15 км/ч:

$$S = 15 * 0{,}181 \approx 2{,}715 \ км$$

ВКР УдГУ

При максимальной скорости 25 км/ч:

$$S = 25*0,181 \approx 4,525 \text{ км}$$

Таким образом получаем, что при тушении ладшафтных пожаров с использованием системы пожаротушения (сухотруба) установленной на автомобиле при движении по разным участкам местности можно преодолеть расстояние от 900 до 4000 м, без осуществления дозаправки автоцистерны водой.

Практически целесообразным следует считать диапазон от 5 до 15 км/ч,.

При более высоких скоростях дистанция увеличивается, но удельная интенсивность увлажнения снижается и система начинает работать скорее как средство предварительного смачивания или создания защитной полосы, чем как режим активного тушения.

Следовательно, медленные режимы движения обеспечивают полноценное воздействие на горящую или очень сухую растительность, а более быстрые подходят для профилактического смачивания полосы перед фронтом распространения.

С инженерной точки зрения расчёт даёт несколько важных результатов. Во-первых, потери напора в самой системе относительно невелики и не делают проект неработоспособным. Во-вторых, рабочий расход 3,48 л/с достаточен для фронтальной распределённой подачи воды на малой скорости. В-третьих, время автономной работы около 11 минут соответствует задаче первичного реагирования. Следовательно, предлагаемая конструкция может рассматриваться как гидравлически состоятельная и пригодная для практического применения на автомобиле АЦ – 40 ЗиЛ – 131.

Полученные результаты подтверждают гидравлическую состоятельность проектируемой системы. Потери напора на подающем участке и в самом сухотрубе остаются умеренными, а фактический расход воды достаточен для образования рабочей полосы увлажнения. Отдельно

ВКР УДГУ

обращает на себя внимание время непрерывной работы от цистерны - около 11 минут. Для задач первичного реагирования это существенный резерв, позволяющий не ограничиваться кратким импульсным воздействием, а вести осмысленную обработку кромки до подхода дополнительных сил.

Таблица 3.4. Рекомендуемые режимы применения системы в зависимости от скорости движения

Скорость движения, км/ч	Расстояние без дозаправки, км	Практическая оценка
5	0,905	Режим активного тушения коротких и средних участков кромки
15	2,715	Допустим при умеренной интенсивности горения
25	4,525	Рационален только на простых участках и при слабом горении

Таблица 3.4 показывает, что эффективность системы тесно связана со скоростью движения автомобиля. По мере её увеличения растёт протяжённость обрабатываемой полосы, но снижается удельная интенсивность увлажнения. Из этого следует важный практический вывод: оптимальный режим эксплуатации нельзя задавать одной фиксированной скоростью. Водитель должен выбирать её по обстановке, усиливая подачу на наиболее опасных участках и ускоряя движение там, где требуется главным образом предупреждающее смачивание полосы перед фронтом пожара.

3.3 Оценка влияния предложенного решения на время развёртывания, безопасность и результативность тушения

ВКР УДГУ

Оценка влияния предложенной доработки проводилась по трём направлениям: изменение времени боевого развёртывания, изменение условий безопасности и изменение результативности первичного тушения. В качестве базового сравнения использовалась исходная схема с рукавной линией. Для модернизированной схемы принята последовательность действий, в которой отсутствует этап извлечения, прокладки и переноса отдельной линии для первого воздействия. Автомобиль после остановки подключает насос к фронтальной системе и начинает обработку кромки практически сразу.

По пооперационной оценке суммарное время выхода на подачу воды при штатной схеме составляет около 135 с. Для модернизированной схемы этот показатель снижается до 38 с. Экономия составляет 97 с, или 71,9 %. Само по себе число выглядит достаточно наглядно, однако его значение становится ещё понятнее в оперативной логике. Почти полторы минуты, которые ранее уходили на подготовку линии, теперь высвобождаются для непосредственного тушения, выбора лучшей позиции автомобиля и удержания наиболее опасного участка кромки до подхода основных сил и средств.

Влияние на безопасность выражается прежде всего в уменьшении числа ручных операций. Водитель перестаёт переносить рукавную линию к первой рабочей точке и обратно, а длина его первоначальных перемещений сокращается примерно с 68 до 12 м. Это не отменяет необходимости осторожной работы вблизи огня, однако заметно снижает вероятность спотыкания, падения, зацепов рукава за неровности, а также сокращает время пребывания человека непосредственно на кромке до начала подачи воды. В условиях задымления и неровного грунта такой эффект имеет не формальный, а вполне практический характер.

Результативность первичного тушения увеличивается за счёт двух факторов. Первый - более раннее начало подачи воды. Второй -

ВКР УДГУ

возможность использовать движение автомобиля вдоль доступной полосы пожара. Штатная схема позволяет эффективно работать ручным стволом в одной точке, но хуже приспособлена к непрерывному сопровождению протяжённой кромки без дополнительного переноса линии. Фронтальная система, напротив, ориентирована именно на обработку полосы по ходу движения машины. Для пожаров сухой травы, горения вдоль обочин, по границе поля и лесополосы это особенно ценно.

При этом модернизация не должна переоцениваться. Она не заменяет ручной ствол в ситуациях, когда необходимо сосредоточенное воздействие на отдельный очаг, проливка тлеющих материалов, работа в глубине участка или защита строения струёй с конкретного направления. Поэтому наиболее рациональным является комбинированный способ применения. Фронтальная система используется для быстрого первого воздействия и ограничения распространения по доступной полосе, после чего автомобиль при необходимости переходит на обычную схему работы. Такой переход не требует специальных перестроек, поскольку базовая насосная и рукавная система сохранены.

Оценка по типовым сценариям подтверждает это распределение ролей. Наиболее выраженный эффект достигается при тушении сухой травы вдоль дороги, на кромке поля, у лесополосы и на подступах к населённому пункту, когда автомобиль способен двигаться параллельно огню. Умеренный эффект ожидается при работе у ограниченно доступных участков, где фронтальную систему можно использовать лишь на части маршрута. Минимальный эффект будет в тех случаях, когда техника не может безопасно подойти к очагу или когда требуется работа исключительно направленной струёй.

С точки зрения устойчивости результата важно и то, что доработка уменьшает зависимость начала тушения от физического состояния одного человека. При штатной схеме любой лишний рывок, задержка

ВКР УлГУ

на неровности или ошибка при прокладке линии непосредственно увеличивают время до подачи воды. При фронтальной системе диапазон вариации меньше: последовательность действий короче, а число ручных операций сокращено. Следовательно, результат становится более повторяемым от выезда к выезду, что для сельского подразделения с ограниченным составом имеет особую ценность.

В итоговом виде влияние предложенного решения можно сформулировать следующим образом. Установка системы пожаротушения на переднем бампере не превращает АЦ – 40 ЗиЛ – 131 в специальную машину, однако заметно усиливает её как средство первого реагирования на ландшафтный пожар. Выигрыш по времени, снижение физической нагрузки, сохранение штатной универсальности и умеренная стоимость делают проект практически обоснованным. Именно сочетание этих факторов, а не какой-либо один показатель по отдельности, определяет целесообразность внедрения доработки.

Таблица 3.5. Сравнение исходной и модернизированной схем применения автомобиля

Показатель	Штатная схема	Система на переднем бампере	Изменение
Время до начала подачи воды	135 с	38 с	–97 с
Первоначальные перемещения водителя	около 68 м	около 12 м	–56 м
Работа по протяжённой кромке	ограничена переносом линии	возможна за счёт движения автомобиля	улучшение
Использование штатного ручного ствола	да	да	без изменения

Сопоставление показателей в таблице 3.5 концентрирует основной результат проектной части. Модернизация почти в четыре раза сокращает

ВКР УДГУ

время до начала подачи воды и одновременно уменьшает долю ручных операций. При этом автомобиль не теряет штатной универсальности. Именно это сочетание делает проект практически ценным: он даёт заметный прирост эффективности без превращения автоцистерны в узкоспециализированную машину, пригодную только для одного сценария тушения.

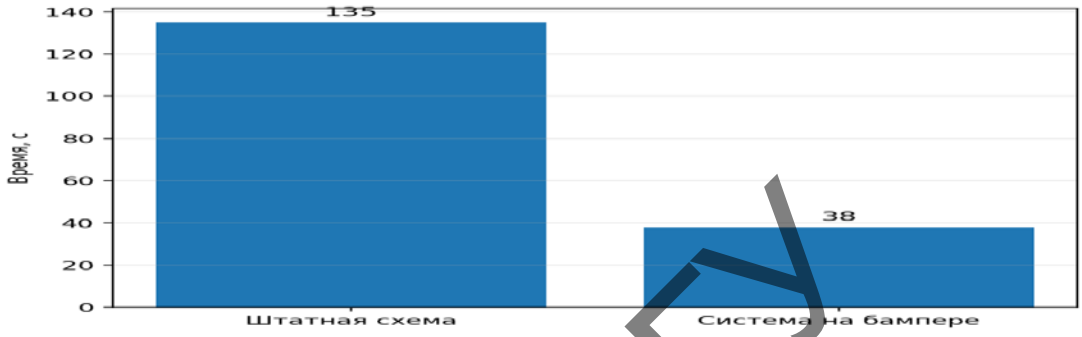


Рисунок 3.4. Сравнение времени выхода на подачу воды при двух схемах применения автомобиля

Диаграмма на рисунке 3.4 делает сравнительный эффект по времени особенно наглядным. Разница между 135 и 38 секундами воспринимается не как абстрактное процентное сокращение, а как реальный выигрыш в первые минуты пожара. Для ландшафтного горения именно эти десятки секунд часто определяют, успеет ли подразделение удержать доступный участок кромки или будет вынуждено тушить уже заметно разросшийся очаг.

ВКР УДГУ

4 Технико - экономическое обоснование предложенных решений

4.1 Расчёт затрат и календарный план реализации мероприятий

Расчёт затрат на реализацию проекта выполнялся исходя из условия, что изготовление и монтаж системы осуществляются в ремонтной мастерской пожарной части без привлечения сторонней подрядной организации. Такой подход соответствует реальным условиям эксплуатации техники в сельских подразделениях. В расчёт включены материалы, крепёж, защитные покрытия, герметизирующий состав, а также трудозатраты и сопутствующие расходные материалы, которые в исходном черновом варианте учитывались не полностью.

Материальная часть проекта включает стальную трубу для сухотруба, соединительную головку ГМ-50, листовую сталь для изготовления кронштейнов, крепёж, отвод, резиновые прокладки, грунт, эмаль и герметик. При уточнении стоимости позиции были приведены к арифметически корректному виду. Материальный комплект образует основу конструкции и определяет минимальные затраты, без которых изготовление системы невозможно. Однако ограничиваться только стоимостью металла и арматуры неправильно, поскольку фактическая установка требует ещё и слесарно - сварочных операций.

В состав дополнительных расходов включены сварочные электроды, отрезные и шлифовальные круги, потребление электроэнергии, мелкий инструментальный износ и резерв на возможную замену крепёжных элементов. Кроме того, отдельно учитывается труд мастерской. Даже если работы выполняются собственными силами подразделения, это не делает их бесплатными. Затраты рабочего времени должны быть отражены в технико-экономическом обосновании, иначе проект будет искусственно выглядеть дешевле, чем в реальности.

ВКР УДГУ

По итогам расчёта материальные затраты составляют 6220,82 руб. После добавления расходных материалов и условной стоимости трудовых операций общая стоимость внедрения одной системы на автомобиль принимается равной 10 940,82 руб. Для удобства дальнейших расчётов допускается округление до 10 940 руб.

Следовательно, с позиции первоначальных вложений проект относится к малозатратным инженерным мероприятиям. Для сельского подразделения это важное качество. Оно означает, что доработка может рассматриваться не как долгосрочная капитальная модернизация, а как практически выполнимое улучшение существующей техники, реализация которого не требует крупного внешнего финансирования.

Таблица 4.1. Материальные затраты на изготовление системы

Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Цена за ед., руб.	Сумма, руб.
Труба стальная бесшовная 60×3,0 мм, Ст20,	м	3	133,00	399,00
Головка соединительная муфтовая ГМ-50	шт.	1	406,00	406,00
Лист стальной 3×750×1600 мм	$м^2$	1	2777,00	2777,00
Болт М8×50 с гайкой и шайбой	шт.	6	23,50	141,00
Отвод стальной 60,3 мм 90°	шт.	1	1314,00	1314,00
Резиновые прокладки	шт.	6	2,70	16,20
Грунт по металлу	кг	1,27	286,00	363,22
Эмаль по металлу	кг	1,30	308,00	400,4
Герметик резьбовой	шт.	1	404,00	404,00
Итого материальные затраты				6220,82

ВКР УДГУ

В таблице 4.1 приведена структура материальных затрат. После уточнения расчёта видно, что основную долю стоимости образуют металл и арматура, тогда как защитные покрытия и крепёж играют вспомогательную, но обязательную роль. Это характерно для простых инженерных проектов, выполняемых в мастерской: высокая стоимость формируется не за счёт сложных комплектующих, а за счёт качественного металла, соединительных элементов и аккуратного исполнения. Уже на этом этапе заметно, что проект не относится к капиталоёмким.

Таблица 4.2. Прочие и трудовые затраты на внедрение системы

Статья затрат	Сумма, руб.	Примечание
Сварочные электроды, круги, расходные материалы	620,00	Условная оценка по объёму работ
Электроэнергия и эксплуатация инструмента	180,00	На период изготовления и примерки
Резерв на крепёж и мелкие элементы	320,00	Для корректировки и замены
Труд слесаря и сварщика	3600,00	Условно 2 рабочих дня
Итого прочие и трудовые затраты	4720,00	
Общая стоимость внедрения	10940,82	Материалы + прочие затраты

ВКР УлГУ

Таблица 4.2 дополняет материальную часть затрат расходами, которые часто остаются «невидимыми» при первичной оценке. Между тем именно труд, сварочные материалы и мелкие комплектующие определяют реальную цену готовой системы, установленной на автомобиль. Включение этих расходов в расчёт делает технико-экономическое обоснование более честным и пригодным для практического принятия решения руководством подразделения.

Реализация проекта не требует длительной остановки автомобиля и может быть организована в сжатые сроки. Календарный план целесообразно строить на десяти рабочих днях. В первый день

выполняется осмотр автомобиля, уточнение размеров и подготовка спецификации. Во второй и третий дни приобретаются материалы и заготовки. Четвёртый и пятый дни отводятся на изготовление сухотруба и кронштейнов. Шестой день - на примерку и корректировку посадочных мест. Седьмой и восьмой дни занимают сварка, зачистка, грунтование и окраска.

На девятый день выполняются окончательный монтаж системы на автомобиль, прокладка рукавной линии, герметизация соединений и пробный пуск воды. Десятый день отводится на оформление документации, обучение водителей и контрольный выезд. При наличии подготовленной мастерской и заранее закупленных материалов часть операций может быть выполнена быстрее.

Следовательно, проект отличается не только умеренной стоимостью, но и коротким сроком внедрения. Это позволяет рассматривать его как реально исполнимое мероприятие в межсезонный период либо в плановый срок технического обслуживания автомобиля.

Таблица 4.3. Календарный план реализации проекта

Этап	Срок выполнения	Содержание работ
Подготовка	1 день	Осмотр автомобиля, уточнение размеров, оформление спецификации
Закупка материалов	2–3 день	Приобретение трубы, арматуры, металла и крепежа
Изготовление деталей	4–5 день	Резка, сверление сухотруба, изготовление кронштейнов
Примерка	6 день	Установка без окончательной фиксации, корректировка размеров
Сварка и окраска	7–8 день	Сборка, зачистка, грунтование, нанесение эмали
Окончательный монтаж	9 день	Установка на бампер, прокладка рукава, герметизация

ВКР УДГУ

Календарный план, представленный в таблице 4.3, демонстрирует реальную исполнимость проекта во времени. Все основные операции укладываются в десятидневный цикл без остановки подразделения на длительный период. Это значит, что модернизацию можно выполнить либо в межсезонье, либо в плановое техническое обслуживание автомобиля.

В отличие от варианта самостоятельного изготовления, привлечение сторонней подрядной организации изменяет структуру затрат. В этом случае к прямым материальным расходам добавляются: стоимость изготовления деталей, стоимость монтажа системы на автомобиль, накладные расходы подрядчика, налог на добавленную стоимость. При расчете цены приняты среднерыночными.

Материальные затраты остаются неизменными, поскольку номенклатура материалов не зависит от исполнителя.

Работы подрядчика включают следующие операции: Изготовление сухотруба и кронштейнов, сварочные работы, примерка и подгонка на автомобиле, грунтование и окраска, монтаж системы на штатные точки крепления, прокладка рукавной линии и герметизация.

Стоимость данных работ составляет – 8075,00 руб.

Расходные материалы подрядчика – 1211,25 руб.

Транспортные расходы – 1500,00 руб.

Накладные расходы подрядчика 10% от суммы прямых затрат 1078,63 руб., НДС (20%) 3617,14 руб.

Общая стоимость работ сторонней организации: 21702,84 руб.

Таким образом, привлечение стороннего подрядчика увеличивает стоимость внедрения примерно в два раза (с 10 940 до 21 700 руб.). Основной прирост приходится на оплату труда и накладные расходы. При этом материальная часть остаётся неизменной 6220,82 руб.

ВКР УдГУ

Следует также учесть, что сроки выполнения работ сторонней организацией могут оказаться больше (до 14–20 рабочих дней) из-за необходимости согласования заявки, очереди в мастерской и транспортировки автомобиля.

Итого – около 8 рабочих дней, но с учётом межоперационных простоев реальный срок часто растягивается до двух недель. Это делает вариант самостоятельного изготовления предпочтительным для сельского подразделения, обладающего собственной ремонтной мастерской и квалифицированным персоналом. Однако если собственные ресурсы отсутствуют, привлечение сторонней организации остаётся практически реализуемым, хоть и более затратным, вариантом.

Организации, которые могут выполнить данную работу: ООО «РМЦ» (Ремонтно - механический цех), Авто ТехЦентр, Авторемонтный завод «Можгинский», ООО «УдмуртАвтосервис». Точно определить стоимость может только их специалист после ознакомления с техническим заданием или чертежами. В этом случае требуется индивидуальный расчет.

ВКР УДГУ

Заключение

Выполненное исследование показало, что для условий Можгинского района проблема ландшафтных пожаров имеет не эпизодический, а повторяющийся характер. Сочетание лесистости, сельскохозяйственных угодий, рассредоточенной застройки и значимых транспортных и инженерных коммуникаций формирует обстановку, при которой даже сравнительно небольшой очаг горения может быстро приобрести опасный характер. Наиболее чувствительным для исхода пожара остаётся начальный период, когда первое прибывшее подразделение ещё не перешло к реальной подаче воды.

В теоретической части работы установлено, что ландшафтный пожар как объект тушения отличается высокой зависимостью от погодных условий, состояния горючего слоя, рельефа и доступности кромки для непосредственного воздействия. Анализ научной литературы и нормативной базы подтвердил, что тактическая ценность начального воздействия определяется не только расходом воды, но и временем её фактической подачи. Для сельских подразделений с минимальным составом это обстоятельство приобретает особую остроту.

Исследование объекта и исходных условий показало, что сеть первоначального реагирования в Можгинском районе опирается на распределённые подразделения и парк преимущественно возрастной техники. Среди наиболее востребованных машин сохраняется АЦ-40 ЗиЛ-131. При этом на постах и в добровольных подразделениях первоначальные действия выполняет один водитель. В такой организации службы именно длительность боевого развёртывания становится ключевым ограничением эффективности первого подразделения.

Анализ штатной схемы работы АЦ-40 ЗиЛ-131 выявил, что основная проблема заключается не в недостаточной производительности насоса

ВКР УдГУ

и не в малом запасе воды, а в последовательности действий, требуемых до начала подачи огнетушащего вещества. Извлечение рукавной линии, её подключение, прокладка и перенос формируют значительную задержку. Для ландшафтного пожара, особенно развивающегося вдоль обочины, поля или лесополосы, эта задержка приводит к заметному увеличению площади горения и усложнению дальнейших действий.

В проектной части разработано инженерно-техническое решение по установке системы пожаротушения на переднем бампере автомобиля. Система представляет собой фронтальный сухотруб, питаемый от штатного насоса через наружную рукавную линию, проложенную по крыше надстройки. Конструкция не требует радикального вмешательства в насосную установку, сохраняет возможность обычной работы со штатными рукавными линиями, выполняется из типовых материалов и может быть изготовлена в условиях ремонтной мастерской пожарной части.

Гидравлический расчёт подтвердил работоспособность предложенной схемы. Фактический расход через фронтальную систему составляет около 3,48 л/с, а время непрерывной автономной работы от цистерны объёмом 2400 л - около 11 минут. При скорости движения автомобиля 5–25 км/ч это обеспечивает обработку доступной полосы длиной от 0,905 до 4,525 км без дозаправки. Для задач первичного реагирования на ландшафтный пожар такого режима достаточно.

Сопоставление штатной и модернизированной схем показало, что время выхода на подачу воды сокращается с 135 до 38 секунд, то есть на 97 секунд, или на 71,9 %. Одновременно уменьшается физическая нагрузка на водителя, поскольку отпадает необходимость в прокладке и переноске отдельной рукавной линии. Система не заменяет обычный ручной ствол и не претендует на универсальность, однако заметно усиливает автомобиль

ВКР УДГУ

как средство раннего локализующего тушения на доступной полосе пожара.

Технико-экономическое обоснование подтверждает практическую целесообразность проекта. Общая стоимость внедрения одной системы оценена в 10 940 рублей. Даже при более осторожной оценке эффект остаётся достаточным, чтобы рассматривать проект как малозатратное, быстро реализуемое и полезное мероприятие для сельского подразделения.

Цель выпускной квалификационной работы достигнута. Разработан проект доработки автомобиля АЦ-40 ЗиЛ-131 для тушения ландшафтных пожаров путём установки системы пожаротушения на переднем бампере, обоснованы его конструктивные параметры, рассчитаны основные гидравлические характеристики и оценён ожидаемый оперативный и экономический эффект. Полученные результаты позволяют рекомендовать внедрение предложенного решения на рассматриваемом автомобиле и использовать разработку как основу на аналогичных автоцистернах, эксплуатируемых в сельских и удалённых подразделениях.

ВКР УдГУ

Список использованных источников и литературы

1. Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» (с изменениями и дополнениями от 22.08.1995, 18.04.1996, 24.01.1998, 7.11, 27.12.2000, 6.08, 30.12.2001, 25.07.2002, 10.01.2003, 10.05, 29.06, 22.08, 29.12.2004, 1.04, 9.05.2005, 2.02, 25.10, 4, 18.12.2006, 26.04, 18.10.2007, 22.07.2008, 14.03, 19.07, 9, 25.11.2009, 23.07, 28.09, 29.12.2010, 18, 19.07, 8, 30.11.2011, 30.12.2012, 11.02, 2.07.2013, 12.03, 31.12.2014, 8.03, 2.05, 29.06, 13.07, 28.11, 30.12.2015, 5.04, 23.05, 23.06.2016, 28.05, 1, 29.07.2017, 29.07, 30.10.2018, 26.07, 27.12.2019, 22.12.2020, 11.06.2021, 1, 16.04, 14.07, 24.09, 29.12.2022, 10, 24.07, 19.12.2023, 29.05, 8.08.2024, 7, 31.07.2025).

2. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изменениями и дополнениями от 10.07.2012, 2.07.2013, 23.06.2014, 13.07.2015, 3.07.2016, 29.07.2017, 27.12.2018, 30.04.2021, 14.07.2022, 25.12.2023, 31.07.2025 г.).

3. Постановление Правительства РФ от 16 сентября 2020 г. № 1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями от 31.12.2020, 21.05.2021, 24.10.2022, 30.03.2023, 3.02.2025 г.).

4. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 11 декабря 2020 г. N 881н «Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях пожарной охраны» (в ред. Приказа Минтруда РФ от 29.04.2025 N 287н).

5. ГОСТ 34350-2017 Техника пожарная. Основные пожарные автомобили. Общие технические требования. Методы испытаний.

6. ГОСТ Р 53279-2009 Национальный стандарт Российской Федерации Техника пожарная. Головки соединительные пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний.

ВКР УдГУ

7. ГОСТ 8734-75 Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные. Сортамент.

8. Полевой справочник лесного пожарного / сост. Н. С. Фролов, Н. А. Коршунов, В. В. Шуртаков, Е. О. Астахов. — 3-е изд. — Пушкино : ФБУ «Авиалесоохрана», 2018. — 184 с.

9. Лесная пирология : учебное пособие / С. В. Залесов. — Екатеринбург : Уральский государственный лесотехнический университет, изд. 4-е, перераб. и доп. 2021. — 395 с.

10. Пожарная техника. Часть 1. Основные пожарные автомобили : учебное пособие / О. Ю. Воронков, С. Ф. Храпский. — Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2014. — 96 с.

11. Пожарная тактика: Основы тушения пожаров: учеб. пособие / В. В. Теребнев, А. В. Подгрушный. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. - 322 с.

12. Населенным пунктам — надежную защиту / С. В. Залесов, Г. А. Годовалов, А. В. Кректунов // Леса России и хозяйство в них. — 2014. — № 2 (49). — С. 11–12.

13. Гидравлика : учебник и практикум для вузов : для студентов высших учебных заведений, обучающихся по инженерно-техническим направлениям / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, А. Г. Коваленко, И. В. Кудинов ; под редакцией В. А. Кудинова ; [Самарский государственный технический университет]. – 4-е издание, переработанное и дополненное. – Москва : Юрайт, 2023 – 385 с.

14. Можгинский район - общая информация, паспорт района - Муниципальное образование «Муниципальный округ Можгинский район Удмуртской Республики». (https://www.mozhga-rayon.ru/city/index.php).

15. Температура воздуха и осадки по месяцам и годам: Можга (Удмуртия, Россия).(https://www.pogodaiklimat.ru/history/28409.htm).

ВКР УДГУ

16. Завьяловский район Удмуртии стал лидером по количеству лесных и ландшафтных пожаров с начала года - udmurt.media. (https://udmurt.media/rubrics/proisshestviya/60139-zavyalovskiy_rayon_udmurtii_stal_liderom_po_kolichestvu_lesnykh_i_landshaftnykh_pozharov_s_nachala_g/).

17. Безопасные итоги / Интервью / Сусанин. (https://susanin.news/interview/bezopasnye-itogi/).

18. За 2023 год в Удмуртии на треть выросло количество пожаров по сравнению с прошлым | IZHLIFE | Дзен. (https://dzen.ru/a/ZTesgutZly3Hkwy7).

19. В 7 раз снизилось количество ландшафтных пожаров в Удмуртии в 2024 году - Новости - Главное управление МЧС России по Удмуртской Республике. (https://18.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/5447152).

20. Указы и Распоряжения Главы Удмуртской Республики - Территориальное законодательство - Главное управление МЧС России по Удмуртской Республике. (https://18.mchs.gov.ru/documents/territorialnoe-zakonodatelstvo/ukazy-i-rasporyazheniya-glavy-udmurtskoy-respubliki?ysclid=mnra66ws7t446700169).

21. Труба тонкостенная углеродистая 60х0,3 мм ст20 ГОСТ 8734-75 купить, цены в г. Ижевск. (https://izhevsk.truboproduct.ru/product/truba_tonkostennaja_uglerodistaja_60h0_3_mm_st20_gost_8734_75/).

22. Отвод стальной крутоизогнутый 550х60,3 мм 90° ст10 ГОСТ 17375-2001 купить, цены в г. Ижевск. (https://izhevsk.truboproduct.ru/product/otvod_stalnoj_krutoizognutyj_550h60_3_mm_90_st10_gost_17375_2001/).

23.Лист стальной 3х750х1600 мм ст255 купить, цены в г. Ижевск. (https://izhevsk.truboproduct.ru/product/list_stalnoj_3h750h1600_mm_st255/).

ВКР УдГУ

24. Таблица кинематической вязкости воды. (https://www.center-pss.ru/st/table/table-kinematicheskoi-viazkosti.htm).

25. Болт DIN933 M8x50 шестигранная голова полная резьба оцинкованный + гайка + шайба (4 шт) артикул 114053 Tech-KREP - купить в Москве и РФ по цене 93.74 руб. в интернет-магазине ЭТМ iPRO | характеристики, аналоги, стоимость. (https://www.etm.ru/cat/nn/2720356).

26. Резиновая прокладка HG 3/8 (8x14x2мм), 20 шт 1893201 - выгодная цена, отзывы, характеристики, фото - купить в Москве и РФ. (https://www.vseinstrumenti.ru/product/rezinovaya-prokladka-hg-3-8-8x14x2mm-20-sht-1893201-8553159/).

ВКР УДГУ