

БАЗОВОЕ ШАССИ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОЙ ДОСТАВКИ ОБОРУДОВАНИЯ И МАТЕРИАЛОВ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЛАНДШАФТНЫХ ПОЖАРОВ

Е.Е. Баженов^{1✉}, В.В. Илюшин², В.В. Крудышев¹, Н.В. Хабибуллина¹

¹ФГБОУ ВО «Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (Уральский институт ГПС МЧС России), Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 22

²ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» (УГЛТУ), Россия, 620100, г. Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, д. 37

st194@yandex.ru

На основе анализа существующей процедуры контроля и технологии борьбы с ландшафтными пожарами предложено техническое обеспечение первичного звена предотвращения и ликвидации ландшафтных пожаров. Установлено, что проведенная в нашей стране в начале века реформа лесного хозяйства привела к отсутствию эффективной борьбы с ландшафтными пожарами. Обоснована необходимость изменения структуры первичного звена борьбы с ландшафтными пожарами и оснащение ее специальной многофункциональной техникой. Показано, что одним из основных звеньев в этой работе является создание универсальной технической базы, позволяющей доставлять пожарное технологическое оборудование к месту возникновения чрезвычайной ситуации. В работе предложено концептуальное решение универсального базового шасси и приведен обобщенный подход к расчету несущей системы кузова отдельной секции базового шасси. Показано, что в качестве базового шасси целесообразно использовать сочлененную схему с одним энергетическим модулем и комплекса прицепных активных модулей, несущих специализированное технологическое оборудование пожаротушения.

Ключевые слова: ландшафтный пожар, лесной фонд, базовое шасси, сочлененная транспортная система, машина высокой проходимости

Ссылка для цитирования: Баженов Е.Е., Илюшин В.В., Крудышев В.В., Хабибуллина Н.В. Базовое шасси для оперативной доставки оборудования и материалов при ликвидации ландшафтных пожаров // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2025. Т. 29. № 1. С. 16–37. DOI: 10.18698/2542-1468-2025-1-16-37

Характерной особенностью Российской Федерации является значительное количество территорий, прилегающих к населенным пунктам со слаборазвитыми инфраструктурой, дорожной сетью и связью, удаленных от районных центров. Широкий спектр источников чрезвычайных ситуаций природного, техногенного, биолого-социального и военного характера, а также сложившиеся особенности социально-экономического развития обусловили наличие всего комплекса рисков возникновения аварий и стихийных бедствий.

Одна из проблем современности — исчезновение лесов [1]. Экологические проблемы, губительно сказывающиеся на лесах, можно подразделить на две большие группы: природные и антропогенные. В зависимости от причин возникновения в равной степени к обеим группам относятся лесные пожары. От возникающих возгораний в лесных экосистемах уничтожаются миллионы тонн органических

веществ, что ведет к увеличению популяций дереворазрушающих грибов и вредных насекомых, исчезновению ягод и грибов, и, как следствие, к развитию водной эрозии почв.

Национальный центр управления в кризисных ситуациях МЧС России ежегодно фиксирует ландшафтные пожары во всех федеральных округах. Пожары распространяются на значительных площадях, в связи с чем в некоторых случаях вводится режим чрезвычайной ситуации [2]. Нередки случаи, когда вследствие установления жаркой ветреной погоды процесс горения распространялся на военные объекты и жилую застройку. Такая же опасность существует и в арктических зонах Российской Федерации, где расположены нефте- и газодобывающие предприятия, представляющие собой источники повышенной опасности для возникновения техногенных аварий. Учитывая специфическую природу тундры, ущерб от таких катастроф ведет к невозможности поражения экологии и значительному материальному ущербу.

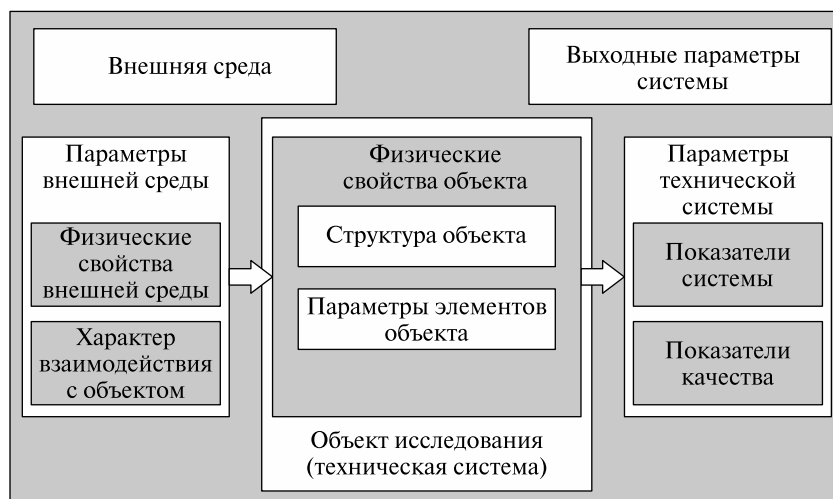


Рис. 1. Схема технической системы и ее связи с внешней средой

Перевод системы борьбы с ландшафтными пожарами на более эффективный уровень позволит обеспечить сохранность биосистемы и уменьшить экономические и людские потери, обусловленные пожарами.

Цель работы

Цель работы — концептуальное решение технического обеспечения первичного звена предотвращения и ликвидации ландшафтных пожаров.

Материалы и методы

Обоснование общего компоновочного решения технической системы предусматривает несколько этапов, включающих в себя прежде всего определение назначения и условий, в которых ей предстоит функционировать. Знание условий позволит предусмотреть наиболее экстремальные ситуации, которые могут возникнуть при ее эксплуатации, и обеспечит данными об источниках внешних сил. Схема технической системы представлена на рис. 1.

Рассмотрение и анализ сложных технических систем предусматривает их декомпозицию или рекомпозицию, масштаб которых зависит от решаемых задач. Поставленные задачи наиболее эффективно решаются с помощью методологии системного анализа.

Ландшафтные пожары. На протяжении длительного времени площадь, пройденная огнем в лесах, превышает сотни тысяч гектаров, а в особо сложные пожароопасные периоды этот

показатель может исчисляться и в миллионах гектаров. По мнению некоторых специалистов в области метеорологии возникновение чрезвычайной пожарной опасности в лесах центральных районов РФ наблюдается примерно один раз в 20 лет и сопровождается возникновением множественных очагов природных пожаров. Так в 1972 г. смог от горящих торфяников распространился на регион Москвы и ситуация с природными пожарами была признана критической. Причем ни один населенный пункт реально не пострадал от распространения природных пожаров благодаря слаженным действиям Федерального агентства лесного хозяйства, ее лесопожарных подразделений и отрядов гражданской обороны. Кроме того, деятельность лесных хозяйств по проведению превентивных мероприятий и очистке лесных массивов была весьма эффективной и охватывала большую часть всех лесов страны.

Проведенная в начале XXI в. реформа Федерального агентства лесного хозяйства негативно повлияла на эффективность надзора — он резко снизился, как и проведение административно-лесохозяйственных мероприятий в лесном фонде. Как следствие, повысилась пожароопасность. Участились случаи частичного или полного выгорания населенных пунктов. Кроме того, обострилась обстановка с лесными пожарами. Это связано с чередой переподчинений, урезанием централизованных контрольных функций и прав законодотворческой инициативы, основные полномочия по управлению лесами были переданы территориальным органам Рослесхоза в федеральных округах. Все это значительно ослабило систему охраны лесов от пожаров, функционировавшую на протяжении

Число лесных пожаров в Российской Федерации (2006–2022 гг.)

Год	ЦФО	СЗФО	ЮФО	СКФО	ПФО	УФО	СФО	ДФО	Всего
2006	4017	6996	305	74	3673	7273	8577	1609	32 524
2007	3129	1028	382	73	1664	1990	7822	1724	17 812
2008	2984	1283	183	58	2230	8544	8920	2083	26 285
2009	4337	1140	194	43	3771	5653	5851	2256	23 245
2010	7111	2179	170	69	8183	10304	5514	1282	34 812
2011	1288	2389	144	32	891	4411	8750	1838	19 743
2012	276	522	50	23	653	7078	8588	2139	19 329
2013	244	1906	21	10	805	2718	3222	1065	9991
2014	1189	1869	52	11	923	1943	8531	2347	16 865
2015	582	845	115	24	787	1415	3853	4716	12 337
2016	266	870	152	3	718	2541	3627	2848	11 025
2017	108	457	198	17	358	1948	3852	3984	10 922
2018	615	1542	217	4	1039	2079	3103	3526	12 125
2019	716	799	223	27	743	1463	4549	5082	13 602
2020	795	760	382	40	1039	2409	3996	5391	14 812
2021	570	1430	118	6	1954	4661	2807	3566	15 112
2022	740	980	100	5	603	2654	4180	3266	12 528

Примечание. ЦФО — Центральный федеральный округ; СЗФО — Северо-Западный федеральный округ; ЮФО — Южный федеральный округ; СКФО — Северо-Кавказский федеральный округ; ПФО — Приволжский федеральный округ; УФО — Уральский федеральный округ; СФО — Сибирский федеральный округ; ДФО — Дальневосточный федеральный округ.

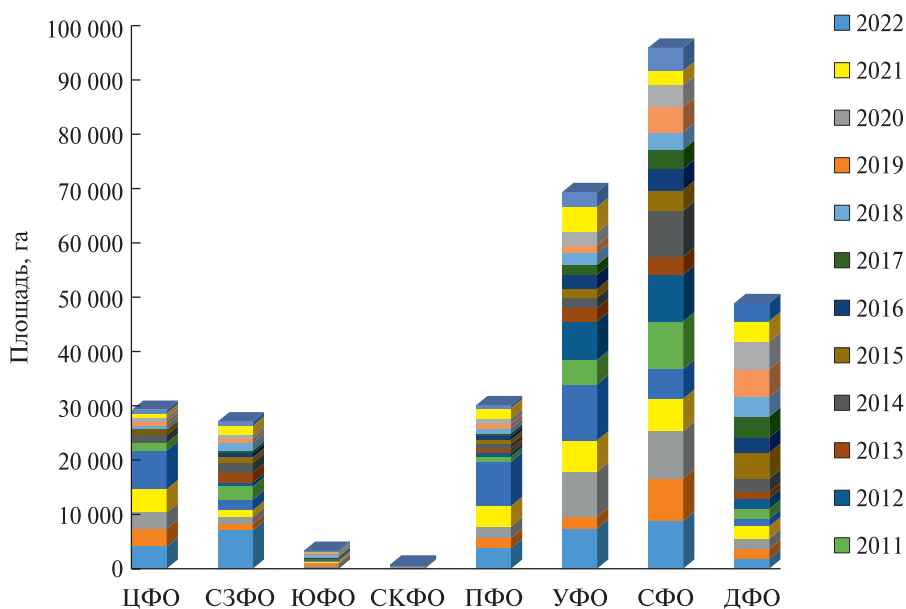


Рис. 2. Распределение лесных пожаров по федеральным округам

нескольких десятилетий, и, как следствие, к снижению эффективности тушения крупных лесных пожаров, особенно на ранней стадии их развития [3].

Случаи переходов ландшафтных пожаров на опасные объекты в значительной степени

можно объяснить недостатками применяемых способов пожаротушения, которые не обеспечивают достижение высоких показателей эффективности. К одним из таких недостатков относится отсутствие на вооружении пожарно-спасательных частей МЧС России образцов

специальной аварийно-спасательной техники на базе шасси высокой проходимости.

Не на пользу лесным отношениям пришлось и принятие Лесного кодекса Российской Федерации в 2006 г. — лесная служба лишилась лесной охраны (на тот момент более 70 тыс. лесников), были ликвидированы лесхозы, в многолесных районах — единая авиационная охрана и самолетный парк, в районах же, где преобладает наземная система наблюдения — пожарно-химические станции. В результате ежедневный облет и обход в пожароопасный период были полностью прекращены. Печальным итогом состоявшихся преобразований стало увеличение природных пожаров. Наиболее сложные ситуации пришлось на 2010 и 2022 годы.

По информации, полученной ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны» (ВНИИПО) МЧС России, были приведены данные (таблица, рис. 2) по числу лесных пожаров на территории Российской Федерации в целом и по федеральным округам за период с 2006 по 2022 гг. [4–8].

Из рис. 2 видно, что Сибирский (СФО) и Уральский федеральные округа (УФО) занимают лидирующие позиции по количеству лесных пожаров.

С 2022 г. Указом Президента Российской Федерации введены целевые показатели сокращения площадей лесных пожаров. Для исполнения Указа была разработана и утверждена методика расчета целевых показателей ежегодного сокращения площади лесных пожаров на землях лесного фонда. В соответствии с методикой, в 2022 г. все субъекты РФ были распределены (градация проходила по площади, пройденной огнем на землях лесного фонда России в 2021 г.) на две группы.

К первой группе были отнесены регионы с показателями более 95 % средней за пять лет площади, пройденной огнем на землях лесного фонда России. В эту группу вошли 12 регионов: Республики Бурятия, Саха-Якутия, Забайкальский, Камчатский, Чукотский, Красноярский, Приморский, Хабаровский края, Амурская, Иркутская, Магаданская области и Еврейская автономная область.

Во вторую группу вошли регионы, в которых отмечено значительное снижение данного показателя. По сравнению с аналогичным периодом 2023 г., Свердловская область наравне с Республикой Карелия и Республикой Башкортостан была отнесена ко второй группе [9].

Приведенные показатели являются, скорее, констатацией фактов и с наступлением очередного пожароопасного сезона картина может

измениться достаточно динамично и будет кардинально отличаться от долгосрочных прогнозов и средних многолетних значений. В подтверждение приведенных соображений можно обратиться к показателям из сводок оперативной обстановки, сложившейся на территории Свердловской области, за период с 24 апреля по 15 мая 2023 г.

В первом полугодии 2023 г. в Свердловской и Курганской областях вводился режим ЧС, фиксировались случаи перехода ландшафтных пожаров на территории населенных пунктов и на военные объекты. Погибли более 20 чел. В поселке Первомайском Режевского городского округа Свердловской области 6 мая 2023 г. загорелись склады с порохом, местные жители получили сообщения об эвакуации и возможности взрыва. В районе был введен режим ЧС и проведена спецоперация «Тайфун». На некоторых участках аварийно-спасательная техника не могла добраться до мест тушения пожаров и источников воды в связи с отсутствием у техники транспортных шасси высокой проходимости.

Отсюда напрашивается вывод о том, что меньше чем за один месяц (при увеличении общего количества пожаров в 3,5 раза) площадь пожаров значительно увеличилась, а именно в 133,3 раза [10].

В соответствии с действующим законодательством РФ в задачи МЧС России не включено тушение природных пожаров. Вместе с тем в случаях, когда природный пожар создает угрозу перехода огня на населенные пункты и объекты экономики, силы и средства ГПС МЧС России в соответствии с закрепленными задачами и полномочиями осуществляют комплекс мероприятий по защите строений от перехода на них огня [11].

При необходимости тушения лесных пожаров на территориях муниципальных образований либо в лесах, находящихся за пределами населенных пунктов, но в границах муниципального образования, привлечение сил и средств ФБУ «Авиалесоохрана» осуществляется на договорной основе за счет средств бюджета муниципального образования и бюджета субъекта Российской Федерации. Министерство природных ресурсов и экологии Свердловской области объединяет лесничества, возглавляют которые лица, ответственные за тушение лесных пожаров в их зоне ответственности, однако лесничества не обеспечены средствами и приспособлениями для тушения лесных пожаров. Единственной доступной им функцией в рамках превентивных мероприятий остается проведение надзорно-профилактических мер.

Важно, что Авиалесоохрана оперативно подчиняется Министерству природных ресурсов

и экологии Российской Федерации в части, касающейся тушения лесных пожаров на землях государственного лесного фонда, и в прямом подчинении у территориального органа Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоза) в федеральном округе.

Ущерб, причиняемый лесными пожарами, достаточно велик, и в первую очередь он сказывается на лесных экосистемах, поэтому с возгораниями очень важно бороться до выполнения полного комплекса превентивных мероприятий, определенных законодательством РФ, причем заблаговременно, до начала пожароопасного периода [12].

По данным Рослесхоза сумма ущерба, нанесенного лесными пожарами в 2021 г. на землях лесного фонда на территории Российской Федерации, составила 8 387,1 млн руб., из них 4 856,6 млн руб. (58 %) приходится на УФО и ДФО [13]. Указанный ущерб включает в себя показатели потерь древесины, гибели молодняка, сгоревшей и поврежденной продукции и эквивалентных им денежных сумм, однако не учитывает расходы на тушение лесных пожаров, на работы по расчистке и восстановлению сгоревшей местности, а также убытки от гибели животных.

Важнейшее значение в профилактике лесных пожаров, изучении их природы и закономерностей протекания имеют работы российских ученых, в частности С.В. Залесова, А.А. Кректунова, И.М. Секерина, А.Х. Гасановой, А.С. Евдокимова, М.А. Казаченко и др. [14–19].

Система обеспечения тушения ландшафтных пожаров на низшем уровне, т. е. на предприятиях добывающих отраслей экономики, предусматривает наличие ограниченного числа технологических элементов для ликвидации очагов возгорания. Так, на лесозаготовительных предприятиях и в лесхозах имеются машины, предназначенные для пожаротушения, в качестве базового шасси которых используются автомобили марок «КамАЗ», «Урал» и бывшие на вооружении войск химической и бактериологической защиты авторазливочные станции (АРС) на базе автомобилей «ЗИЛ-131», переделанные в пожарные автомобили. Все они относятся к автомобилям повышенной проходимости. Они могут передвигаться по дорогам с усовершенствованным покрытием, некоторым грунтовым дорогам и практически теряют возможность перемещаться по бездорожью с низкой несущей способностью. Очень важное значение при пожаротушении имеет время локализации очага возгорания и начала его тушения. Распространение фронта пламени, особенно при верховых пожарах в лесной зоне,

чрезвычайно высоко. Первичные звенья пожаротушения, во-первых, не могут добраться к месту возгорания, во-вторых, не обладают полным арсеналом средств для ликвидации очага и предотвращения распространения пламени. Это же характерно и в случае низовых пожаров, пожаров на торфяниках, в зонах тундры и лесотундры.

В результате анализа сложившейся в этой области ситуации можно сделать следующие выводы.

1. Ландшафтные пожары вызывают огромные потери как экономического, так и социального характера.

2. Пожароопасную ситуацию усугубили реформы лесохозяйственной отрасли и введение нового Лесного кодекса, которые привели к ликвидации лесхозов и сокращению работников леса на 70 000 чел.

3. Система борьбы с ландшафтными пожарами стала разрозненной и неэффективной.

В целях преодоления таких негативных для лесной отрасли последствий предлагается придерживаться следующих рекомендаций.

1. В сельских и прочих муниципальных образованиях необходимо создавать первичные звенья борьбы с ландшафтными пожарами, оснастить их требуемыми техническими средствами и высокоэффективным транспортом.

2. Для создания работоспособных и эффективных структур по предотвращению и ликвидации последствий ландшафтных пожаров, снижению до минимума их последствий необходимо разработать государственную программу.

При этом немаловажное значение придается современному техническому оснащению всего фронта работ в области пожаротушения.

Техническое обеспечение подвижного состава первичного звена. Для ликвидации развившихся пожаров зачастую требуется привлечение большого количества разнообразных ресурсов. Полноценное задействование средств тушения осложняется к тому же труднодоступностью местности и другими факторами, негативно влияющими на ход пожаротушения и эффективность применяемых методов. В связи с этим назрела острая необходимость в создании такого транспортного средства, которое обладало бы следующими свойствами [21]:

– высокой проходимостью (3-я категория пожарных машин, по работе [20]);

– возможностью одновременной перевозки нескольких видов оборудования, предназначенного для пожаротушения;

– высокой эффективностью транспортной операции (большой грузоподъемностью, высокой подвижностью, низким расходом топлива);

– возможностью одновременного использования нескольких видов оборудования в ходе ликвидации возгорания;

– минимальными затратами на содержание оборудования (т. е. техническое обслуживание и ремонт, оплату труда обслуживающего персонала и т. д.).

Таким образом, ликвидация пожаров и иных подобных чрезвычайных ситуаций сталкивается с проблемой оперативной доставки необходимого оборудования и материалов к месту их возникновения.

Проблему следует решать следующими путями:

– изменить структуру и функционал первичного звена;

– создать базовое шасси, обладающее всеми требующимися характеристиками.

На основании анализа технической системы (см. рис. 1) можно прийти к выводу, что существует только две возможности повышения эксплуатационных показателей: параметрически и структурно. Параметрический метод повышения показателей не во всех случаях позволяет добиться требуемого результата. Иногда приходится изменять структуру технической системы [22, 23].

Создание базового шасси должно идти не по традиционной компоновочной схеме, а по пути создания транспортного средства, имеющего многосекционный облик, причем одна секция — энергетическая, т. е. оснащенная силовой установкой, другие — технические, т. е. с оборудованием для различных видов работ (с цистернами, пенными установками, лестницами, бурами для закладки взрывных зарядов и т. п.). Предлагается такое компоновочное решение, как активная сочлененная транспортная система (АСТС). Данная АСТС характеризуется некоторыми преимуществами по сравнению с одиночными транспортными средствами, в частности (рис. 3):

– высокими тягово-сцепными свойствами;

– высокой приспособляемостью к рельефу в продольном направлении;

– равномерным распределением опорных реакций в продольном направлении;

– поворотом машины за счет складывания секций;

– высокими сцепными качествами движителя с опорной поверхностью;

– возможностью преодоления препятствий за счет регулируемого складывания секций в вертикальной и горизонтальной плоскостях;

– высокой степенью устойчивости положения;

– возможностью модульного принципа компоновки машины в зависимости от текущих потребностей.

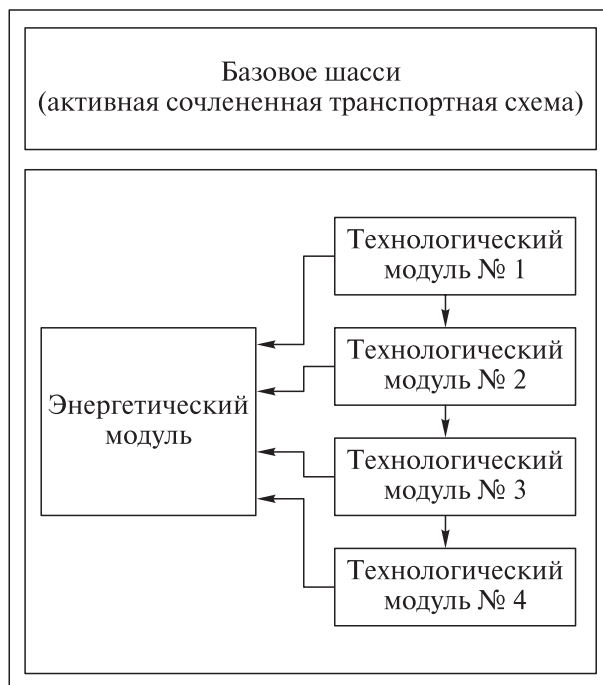


Рис. 3. Модульный принцип синтеза базового шасси

Важной особенностью базового шасси, синтезированного по модульному принципу, является возможность адаптивного управления распределением силового потока между движителями базового шасси [24, 25], т. е. возможность реализовать на движителе каждой секции тяговое усилие, соответствующее характеристикам грунта, на котором она находится, и нагрузке, приходящейся на эту секцию. В результате появляется возможность применения беспилотного проведения работ определенного вида.

Общая функциональная схема базового шасси машины пожаротушения. Вся транспортная система разделена на два функциональных блока (рис. 4):

1) источник внешних сил, действующих на всю активную транспортную систему, и движители прицепных секций, которые реализуют силовой поток от источника энергии для преодоления внешних сил;

2) энергетический модуль, в котором располагается источник энергии, и в зависимости от типа трансмиссии — устройство для трансформации энергии при передаче ее к рабочим органам.

Совокупность элементов находится под контролем системы измерения и управления, предназначенной для получения данных о состоянии опорной поверхности и параметрах взаимодействия с ней движителей секций и энергетического модуля [26]. Полученная информация используется для рационального рас-

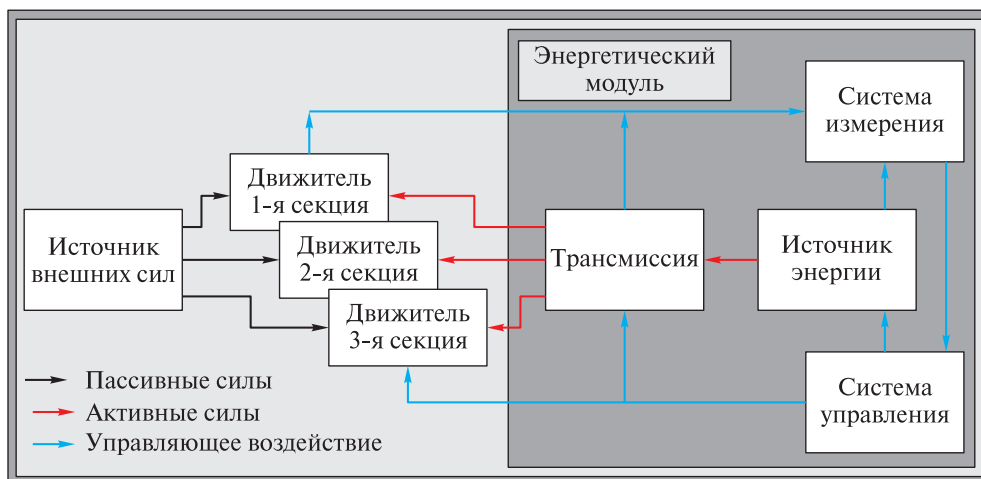


Рис. 4. Функциональная схема базового шасси (активная сочлененная транспортная система)

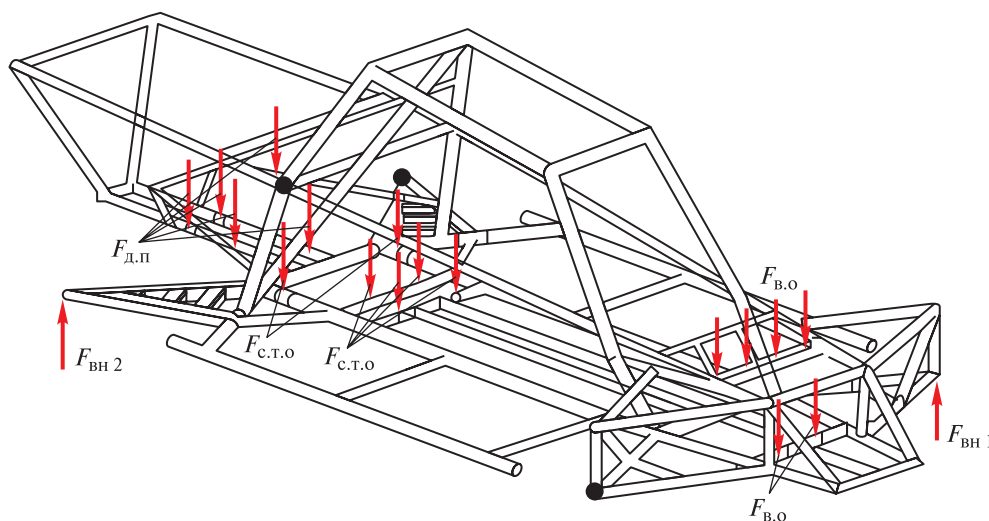


Рис. 5. Пример произвольной несущей системы пространственного типа: $F_{д.п}$ — масса электродвигателя и привода к ведущим колесам; $F_{с.т.о}$ — масса специального технологического оборудования; $F_{в.о}$ — масса вспомогательного технологического оборудования

пределения силового потока между секциями в целях получения максимально возможного тягового усилия активного базового шасси в каждый конкретный момент времени [27].

Обобщенный подход к расчету несущей системы кузова отдельного модуля машины. Расчет может проводиться двумя путями:

1) на базе существующих (выпускаемых на отечественных предприятиях) машин высокой проходимости с адаптацией их к специфическим условиям эксплуатации;

2) с учетом новых специализированных разработок.

Принцип расчета несущей системы пространственного типа для базового шасси заключается в определении возможного спектра

и закона внешних сил, действующих на него, с последующим определением напряженно-деформированного состояния его несущей системы [28].

По результатам оценки напряженно-деформированного состояния несущая система может подлежать как локальной доработке (например, при превышении допустимых напряжений в конструкции или при значительных перемещениях ее элементов в определенных зонах, не ведущих к разрушению базового шасси), так и глобальному изменению конструкции вплоть до создания новой.

Представим несущую систему произвольного транспортного средства повышенной проходимости с действующими на нее внешними

силами ($F_{вн i}$), а также массой основных элементов шасси, трансмиссии и специального технологического оборудования (рис. 5).

Аналогичным образом в схему можно ввести рабочие усилия и моменты от оборудования, закрепленного на несущей системе базового шасси.

Результатом расчета несущей системы является такой набор ее геометрических (сечения, длины, пространственного положения) и физических (характеристики материала) параметров, которые обеспечивают требуемые эксплуатационные характеристики машины [29, 31].

В качестве иллюстрации оценки распределения нагрузки по элементам и зонам несущей системы используют диаграммы (рис. 6).

Для оценки эффективности несущей системы используются удельные параметры [30, 31], в частности удельная жесткость

$$C_{уд} = \frac{C_{кр}}{M_{н.к}},$$

где $C_{уд}$ — удельная жесткость несущей конструкции;

$C_{кр}$ — жесткость на кручение несущей конструкции;

$M_{н.к}$ — масса несущей конструкции.

В качестве энергетического модуля используется машина высокой проходимости, например снегоболотоход «Феникс» [32], а в качестве секций активного базового шасси — кузов этого же снегоболотохода без силового агрегата и с электрическим приводом на ведущие колеса. Для размещения специального технологического оборудования существующую несущую

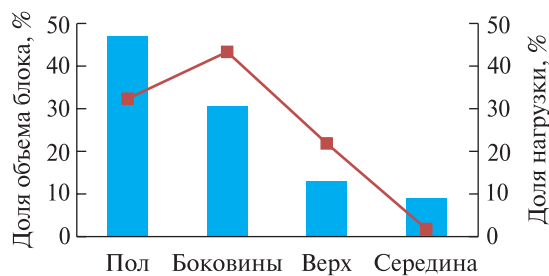


Рис. 6. Распределение нагрузки по зонам несущей системы при кручении

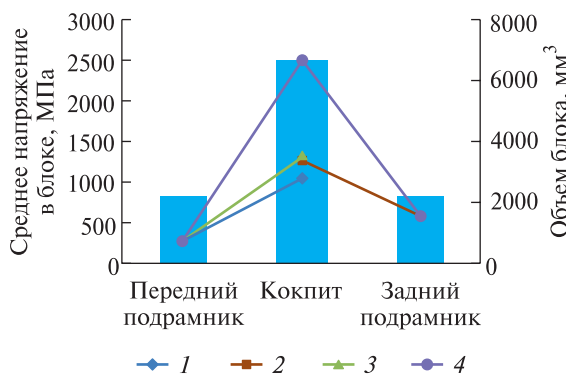


Рис. 7. Распределение нагрузки по элементам несущей системы при кручении: 1 — наезд передними колесами; 2 — наезд задними колесами; 3 — кручение; 4 — диагональ

конструкцию необходимо укрепить [33]. Для этого представим возможные варианты доработки (усиления) несущей системы (рис. 8) и сравним представленные варианты с помощью коэффициента удельной жесткости (рис. 9).

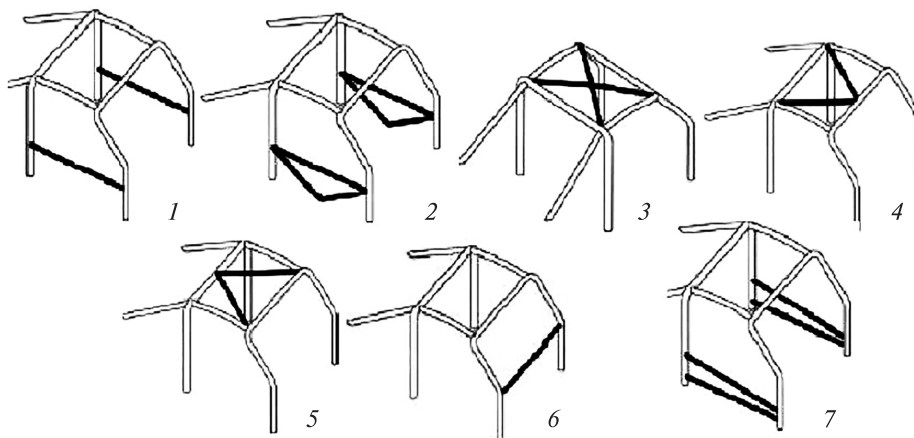


Рис. 8. Варианты усиления несущей системы произвольной машины высокой проходимости: 1 — продольные усилители; 2 — продольные с укосинами; 3 — крестообразные потолочные усилители; 4, 5 — V-образные потолочные усилители; 6 — тыловые поперечные усилители; 7 — продольные комбинированные усилители

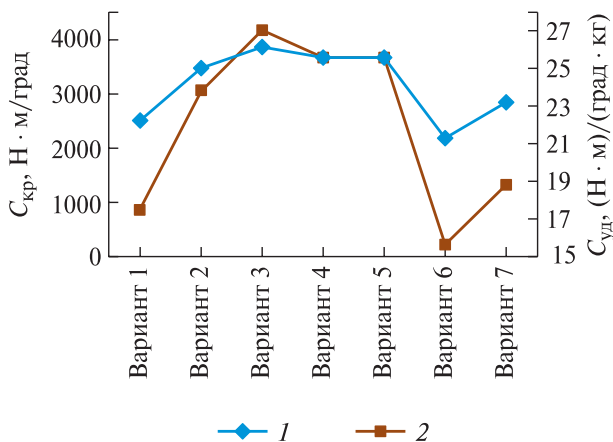


Рис. 9. Сравнение крутильной и удельной жесткости на кручение для возможных конфигураций несущей системы: 1 — крутильная; 2 — удельная

По графику сравнения крутильной и удельной жесткости можно оценить эффективность разных конфигураций несущей системы. Наиболее целесообразно для усиления верхней части кокпита кузова использовать варианты 3, 4 и 5, дающие наилучшие сочетания удельной жесткости и жесткости на кручение несущей конструкции кузова.

Выводы

1. Анализ протекания ландшафтных пожаров и результатов борьбы с ними на территории России и в отдельных федеральных округах показал, что проведенные в начале 2000-х годов реформы, коснувшиеся лесохозяйственной отрасли, привели к разрушению существовавшей системы лесхозов, сокращению работников, что обусловило усиление пожароопасности.

2. Необходимо разработать государственную программу, согласно которой появится возможность создать работоспособные и эффективные звенья по предотвращению и ликвидации последствий ландшафтных пожаров и снизит до минимума их последствия.

3. Техническое оснащение низовых звеньев должно включать в себя перспективные универсальные транспортные средства (базовые шасси) высокой проходимости для размещения и доставки специфического противопожарного оборудования в труднодоступные участки местности.

4. Перспективное универсальное базовое шасси необходимо выполнить по сочлененной схеме. Машина должна иметь единый энергетический модуль с размещенным на нем источником энергии. Энергетический модуль комплектуется активными секциями-прице-

пами, предназначенными для размещения на них специального оборудования. Необходимое оборудование и количество активных прицепов подбирается в каждом конкретном случае, в зависимости от характера, интенсивности и динамики развития чрезвычайной ситуации.

5. Сочлененная схема базового шасси позволяет обеспечить следующие показатели:

- высокую проходимость;
- одновременную транспортировку нескольких видов оборудования для пожаротушения на активных секциях-прицепах;
- высокую эффективность транспортной операции (большую грузоподъемность, высокую подвижность, низкий расход топлива);
- одновременное использование нескольких видов оборудования для пожаротушения в процессе ликвидации возгорания;
- минимальные затраты на содержание (техническое обслуживание, ремонт, оплату труда обслуживающего персонала, расход топлива при транспортировке к месту возникновения чрезвычайной ситуации).

Таким образом, предлагаемое решение базового шасси позволяет изменить структуру первичного звена и обеспечить оперативную доставку необходимого спасательного оборудования к месту возникновения чрезвычайных ситуаций.

Список литературы

- [1] Антропогенный фактор и экологические проблемы. URL: <https://helpiks.org/5-36649.html> (дата обращения 20.10.2023).
- [2] Боярова Д.А. Проблемы охраны лесного фонда от пожаров // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов Новосибирского ГАУ, Новосибирск, 20 октября 2023 года. Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета «Золотой колос», 2023. С. 113–116.
- [3] Исаев А.С. Лес как национальное достояние России // Век глобализации, 2011. № 1. С. 148–158.
- [4] Пожары и пожарная безопасность в 2010 году: статистический сборник / под ред. В.И. Климкина. М.: Изд-во ВНИИПО, 2011. 140 с.
- [5] Пожары и пожарная безопасность в 2014 году: статистический сборник / под ред. А.В. Матюшина. М.: Изд-во ВНИИПО, 2015. 124 с.
- [6] Пожары и пожарная безопасность в 2015 году: статистический сборник / под ред. А.В. Матюшина. М.: Изд-во ВНИИПО, 2016. 124 с.
- [7] Пожары и пожарная безопасность в 2018 году: статистический сборник / под ред. Д.М. Гордиенко. М.: Изд-во ВНИИПО, 2019. 125 с.
- [8] Пожары и пожарная безопасность в 2022 году: информ.-аналитич. сб. Балашиха: Изд-во ВНИИПО, 2023. 80 с.

- [9] Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. URL: https://www.mnr.gov.ru/press/news/v_2022_godu_ploshchad_lesnykh_pozharov_v_rossii_sokrashchena_pochti_v_tri_raza_do_3_5_milliona_gekta/?ysclid=lo5p4nbjuc667483750 (дата обращения 02.11.2023).
- [10] Хабибуллина Н.В., Лазарев И.С., Крудышев В.В. Роль биологической продуктивности естественных темнохвойных насаждений кедра сибирского и ельников на Среднем Урале в оценке ущерба от пожаров. Екатеринбург: Изд-во Уральского института ГПС МЧС России, 2018. 162 с.
- [11] Колесников А.А., Ляшенко С.М. К вопросу совершенствования нормативных правовых актов по реагированию на природные пожары в субъектах Российской Федерации // Приоритетные направления развития системы обеспечения техносферной и пожарной безопасности объектов защиты и территорий: Сб. тр. III Междунар. науч.-практ. конф., Химки, 26–27 мая 2022 года. Химки: Изд-во Академии гражданской защиты МЧС России, 2022. С. 122–127.
- [12] Талалаева Г.В., Логинов А.С. Некоторые особенности лесных пожаров в связи с глобальным потеплением климата // Гражданская оборона на страже мира и безопасности: Материалы VII Междунар. науч.-практ. конф., посвященной Всемирному дню гражданской обороны в Год 90-летия со дня образования Академии ГПС МЧС России. В 5 ч., Москва, 01 марта 2023 года / сост. В.С. Бутко, М.В. Алешков, С.В. Подкосов, А.Г. Заворотный. Ч. III. Москва: Изд-во Академии Государственной противопожарной службы МЧС России, 2023. С. 220–226.
- [13] Кректунов А.А., Васьяков Я.Н., Ерицов А.М., Секе-рин И.М. Охрана населенных пунктов, подверженных угрозе лесных пожаров, органами государственного пожарного надзора ФПС МЧС России // Леса России и хозяйство в них, 2022. № 2(81). С. 11–18. DOI 10.51318/FRET.2022.83.31.002
- [14] Кректунов А.А., Ерицов А.М., Залесов С.В., Секе-рин И.М. Прогноз развития лесного пожара в зависимости от расстояния до населенного пункта // Международный научно-исследовательский журнал, 2022. № 7–2(121). С. 167–172. DOI 10.23670/IRJ.2022.121.7.069
- [15] Секе-рин И.М., Годовалов Г.А., Ерицов А.М., Залесов С.В. Специфика распространения и тушения торфяных пожаров в зимний период // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2022. Т. 26. № 5. С. 64–70. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-5-64-70
- [16] Гасанова А.Х. Противопожарная пропаганда как один из способов обеспечения пожарной безопасности // Инициативы молодых — науке и производству: Сб. статей IV Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых и студентов, Пенза, 30 ноября 2022 года / под ред. А.В. Носова. Пенза: Изд-во Пензенского государственного аграрного университета, 2022. С. 121–125.
- [17] Евдокимов А.С. Органы местного самоуправления и пожарная безопасность: историко-правовой аспект // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях: Материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф., Саратов, 21–22 апреля 2021 года. Саратов: Амирит, 2021. С. 299–303.
- [18] Ивченко О.А., Тютин А.В., Козаченко М.А., Панкин К.Е. Влияние погодных условий на возникновение и развитие лесных пожаров в Саратовской области // Техногенная и природная безопасность: Материалы VI Всерос. науч.-практ. конф. Саратов, 27–28 октября 2021 года. Саратов: Изд-во Центра социальных агроинноваций СГАУ, 2021. С. 295–301.
- [19] ГОСТ Р 58715–2019. Техника пожарная. Специальные пожарные автомобили. Общие технические требования. Методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2020. С. 20.
- [20] Баженов Е.Е. Сочлененные транспортные и технологические системы. Екатеринбург: Изд-во УГТУ–УПИ, 2009. 174 с.
- [21] Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем. Минск: ДизайнПро, 2004. 640 с.
- [22] Баженов Е.Е. Сочлененные транспортные системы: теоретические основы. LAMBERT Academic publishing, 2012. 276 с.
- [23] Богданов К.Л. Тяговый электропривод автомобиля. М.: МАДИ, 2009. 57 с.
- [24] Антонов А.С. Силовые передачи колесных и гусеничных машин. Теория и расчет. М.: Машиностроение, 1976. 209 с.
- [25] Тарасик В.П., Рынкевич С.А. Интеллектуальные системы управления автотранспортными средствами. Минск: Технопринт, 2004. 512 с.
- [26] Тарасик В.П., Рынкевич С.А. Интеллектуальная адаптивная система управления энергетическими режимами автомобиля // Наука — образованию, производству, экономике: Материалы Междунар. науч. конф. / под ред. Б.М. Хрусталева, В.П. Соломахо. Минск: Технопринт, 2003. Т. 1. С. 269–274.
- [27] Вихров А.В. Несущие системы транспортных средств специального назначения. М.: МАДИ, 2015. 111 с.
- [28] Хрунь В.М., Аюпян Р.А. Особенности динамики нагружения несущих систем автобусов // Исследование и расчет конструкций и эксплуатационной надежности автобусов. Львов: Изд-во ВКЭИ Автобуспром, 1978. С. 3–20.
- [29] Русанов О.А. Расчетный анализ напряженного состояния и оценка прочности несущих систем тракторов: дис. ... д-ра техн. наук. М., 2009. 347 с.
- [30] Кириллов А.П. Методика оценки напряженно-деформированного состояния и оптимизации деталей кузова легкового автомобиля с целью снижения их массы: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1987. С. 16.
- [31] Гладов Г.И., Петренко А.М. Специальные транспортные средства: теория / под ред. Г.И. Гладова. М.: Академкнига, 2006. 215 с.
- [32] Снегоболотоходы «Феникс». URL: <https://вездеход-феникс.рф/> (дата обращения 02.11.2023).
- [33] Ловцов А.Д., Иванов Н.А. Проектирование и расчет рамы легкого колесного вездехода с использованием метода конечных элементов // Вестник ТОГУ: Машиностроение и машиноведение, 2013. № 3 (30). С. 85–90.

Сведения об авторах

Баженов Евгений Евгеньевич [✉] — д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и специальных средств, ФГБОУ ВО «Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (Уральский институт ГПС МЧС России), st194@yandex.ru

Илюшин Владимир Владимирович — канд. техн. наук, доцент кафедры технологических машин и технологии машиностроения, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» (УГЛТУ), vv_asp@mail.ru

Крудышев Владимир Валерьевич — канд. с.-х. наук, доцент, начальник кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и специальных средств, ФГБОУ ВО «Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (Уральский институт ГПС МЧС России) krudishev@gmail.com

Хабибуллина Наталия Валерьевна — канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. отделения планирования, организации и координации научных исследований научно-исследовательского отдела, ФГБОУ ВО «Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (Уральский институт ГПС МЧС России), natys9i@mail.ru

Поступила в редакцию 22.11.2023.

Одобрено после рецензирования 13.09.2024.

Принята к публикации 14.11.2024.

CARRIER VEHICLE FOR RAPID DELIVERY OF EQUIPMENT AND MATERIALS FOR LANDSCAPE FIREFIGHTING OPERATIONS

E.E. Bazhenov¹✉, V.V. Ilyushin², V.V. Krudyshev², N.V. Khabibullina¹

¹Ural Institute of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 22, Mira st., 620062, Yekaterinburg, Russia

²Ural State Forestry Engineering University, 37, Sibirskiy trakt st., 620062, Yekaterinburg, Russia

st194@yandex.ru

Based on the analysis of the existing control procedure and technology of landscape fire control, the technical support of the primary link of prevention and elimination of landscape fires is proposed. It is established that the forestry reform carried out in our country at the beginning of the century has led to the lack of an effective landscape firefighting. The necessity of changing the structure of the primary link of landscape firefighting and equipping it with special multifunctional equipment has been substantiated. It is shown that one of the main links in this work is the creation of a universal technical base that allows to deliver firefighting equipment to the place of emergency. The paper proposes a conceptual solution of the universal carrier vehicle and provides a generalised approach to the calculation of the system carriers of the body of a separate section of the carrier vehicle. It is shown that as a carrier vehicle it is advisable to use an articulated scheme with one power module and a set of trailed active modules carrying specialised technological firefighting equipment.

Keywords: landscape fire, forest fund, carrier vehicle, articulated transport system, high-mobility vehicle

Suggested citation: Bazhenov E.E., Ilyushin V.V., Krudyshev V.V., Khabibullina N.V. *Bazovoe shassi dlya operativnoy dostavki oborudovaniya i materialov pri likvidatsii landshaftnykh pozharov* [Carrier vehicle for rapid delivery of equipment and materials for landscape firefighting operations]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2025, vol. 29, no. 1, pp. 16–37. DOI: 10.18698/2542-1468-2025-1-16-37

A characteristic feature of the regions of the Russian Federation is a significant number of territories adjacent to settlements with poorly developed infrastructure, road network and communications, remote from district centers. A wide range of sources of natural, man-made, biological, social and military emergencies, the prevailing features of socio-economic development have caused almost the entire range of risks of accidents and natural disasters.

One of the problems of our time is the disappearance of forests [1]. Environmental problems that have a detrimental effect on forest plantations can be divided into two large groups – natural and anthropogenic. Depending on the causes of occurrence, forest fires equally belong to both groups. Millions of tons of organic substances are destroyed from the resulting fires in forest ecosystems, which leads to an increase in wood-destroying fungi and harmful insects, the disappearance of berries and mushrooms, and as a result of fires, water erosion of the soil occurs.

The National Center for Crisis Management of the Ministry of Emergency Situations of Russia annually records landscape fires in all federal districts. Fires in the regions occur in significant areas [2], and therefore, in some cases, an emergency regime is introduced. There are cases when, due to the establishment of hot windy weather, the spread of fires led to the transition of the flame

to military facilities and settlements. The same danger exists in the Arctic zones of the Russian Federation, where a significant number of oil and gas producing enterprises are located, which are sources of increased risk of man-made accidents. Given the specific nature of the tundra, the damage from such disasters leads to irreparable damage to the environment and significant material damage.

The transfer of the landscape fire control system to a more efficient level will ensure the safety of the biosystem and reduce economic and human losses as a result of fires.

Purpose of the work

The purpose of the work is a conceptual solution to the technical support of the primary link in the prevention and elimination of landscape fires.

To achieve this goal, it is necessary to solve the following tasks:

- definition of research methodology;
- analysis of the situation with landscape fires in the Russian Federation and federal districts;
- technical support of primary-level rolling stock;
- general functional diagram of the basic chassis of the fire extinguishing machine;
- a generalized approach to the calculation of the load-bearing system of the body of a separate car module.

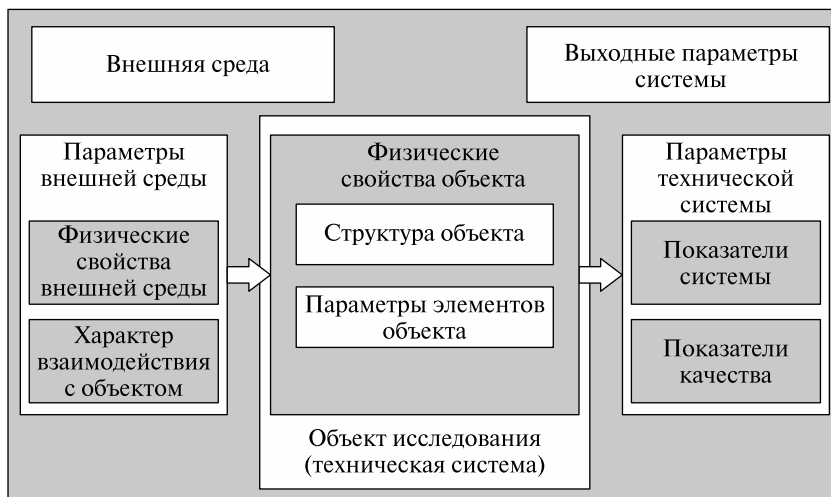


Fig. 1. Diagram of the technical system and its connection with surroundings

Materials and methods

The justification of the general layout solution of the technical system provides for several stages, including, first of all, the definition of the purpose and conditions in which the system to be created will function. Knowledge of the conditions will allow you to foresee the most extreme operating conditions and obtain data on the sources of external forces during the operation of the system. The scheme of the «base chassis» system is shown in Fig. 1.

Consideration and analysis of complex technical systems involves their decomposition or recomposition, the scale of which depends on the tasks being solved.

The tasks set are most effectively solved using the methodology of system analysis.

Landscape fires. For a long time, the area covered by fire in forests exceeds hundreds of thousands of hectares, and in particularly difficult fire-hazardous periods, this indicator can be estimated in millions. According to a number of experts, in the field of meteorology, the occurrence of extreme danger in the forests of the central regions of the Russian Federation is observed approximately once every 20 years and is accompanied by the occurrence of multiple foci of wildfires. So in 1972, smog from burning peat bogs reached the Kremlin, after which the situation with wildfires was recognized as critical. It is noteworthy that that summer, not a single locality was affected by wildfires thanks to the coordinated actions of the Federal Forest Service, its forest fire units and civil defense detachments. It is worth emphasizing that during the period described, the activities of forestry enterprises to

carry out preventive measures and clean up forests were very effective and covered a large percentage of all forest plantations in the country.

The reform of the Federal Forestry Service carried out at the beginning of the XXI century led to a sharp decrease in the effectiveness of supervision and administrative and economic measures in the forest fund. As a result, this led to an increase in fire danger in the forests. As a result, cases of partial or complete burning of settlements from forest fires have become increasingly common throughout the country. This reform led to an aggravation of the situation with forest fires. During it, a series of reassignments took place, as well as the reduction of centralized control functions and the rights of legislative initiative, the main powers for forest management were transferred to the territorial bodies of the Federal Forestry Agency in the federal districts. As a result, there is a significant weakening of the forest fire protection system that has been functioning for several decades, and, as a result, to a decrease in the effectiveness of extinguishing large forest fires, especially at an early stage of their development [3].

Such cases of transitions of landscape fires to dangerous objects of protection can largely be explained by the fact that existing methods of extinguishing fires have disadvantages that do not allow achieving high efficiency indicators. One of such drawbacks can be considered the absence of samples of special emergency rescue equipment based on a high-terrain chassis in service with fire and rescue units.

The adoption of the Forest Code in 2006 was also not in favor of forest relations. As a result, the forest service lost forest protection, at that time it was more than 70 thousand foresters, forestry

Number of forest fires in the Russian Federation (2006–2022)

Год/ Year	ЦФО/ CFO	СЗФО/ SZFO	ЮФО/ UFO	СКФО/ SKFO	ПФО/ PFO	УФО/ UralFO	СФО/ SFO	ДФО/ DFO	Всего/ Total
2006	4017	6996	305	74	3673	7273	8577	1609	32524
2007	3129	1028	382	73	1664	1990	7822	1724	17812
2008	2984	1283	183	58	2230	8544	8920	2083	26285
2009	4337	1140	194	43	3771	5653	5851	2256	23245
2010	7111	2179	170	69	8183	10304	5514	1282	34812
2011	1288	2389	144	32	891	4411	8750	1838	19743
2012	276	522	50	23	653	7078	8588	2139	19329
2013	244	1906	21	10	805	2718	3222	1065	9991
2014	1189	1869	52	11	923	1943	8531	2347	16865
2015	582	845	115	24	787	1415	3853	4716	12337
2016	266	870	152	3	718	2541	3627	2848	11025
2017	108	457	198	17	358	1948	3852	3984	10922
2018	615	1542	217	4	1039	2079	3103	3526	12125
2019	716	799	223	27	743	1463	4549	5082	13 602
2020	795	760	382	40	1039	2409	3996	5391	14 812
2021	570	1430	118	6	1954	4661	2807	3566	15 112
2022	740	980	100	5	603	2654	4180	3266	12528

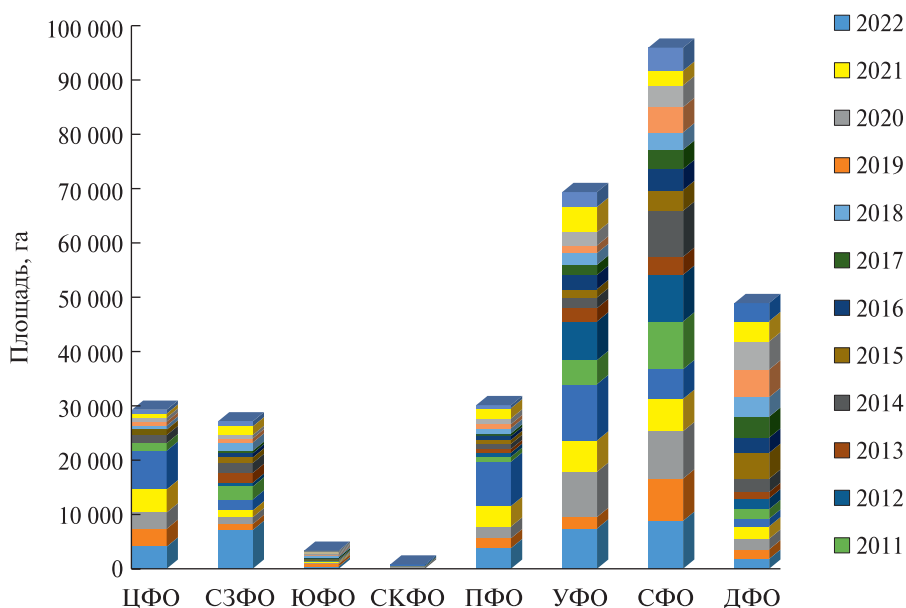


Fig. 2. Distribution of forest fires by Federal Districts

enterprises were liquidated, in multi-forest areas — a single aviation guard and an aircraft fleet, in areas where the ground surveillance system prevails — fire and chemical stations, as a result of which daily overflight and detour during the fire-hazardous period was completely discontinued. The sad result of the transformations that took place was an increase in wildfires, the most difficult situation unfolded in 2010 and in 2022.

According to the data of the Federal State Budgetary Institution VNIPO of the Ministry of Emergency Situations of Russia, the data were given (Table, Fig. 2) by the number of forest fires on the territory of the Russian Federation as a whole and by federal districts [4–8].

The diagram shows that the Siberian and Ural Federal Districts occupy leading positions in the number of forest fires (Fig. 2).

Since 2022, the decree of the President of Russia has introduced targets for reducing the area of forest fires. To implement the decree, a methodology was developed and approved for calculating targets for the annual reduction of the area of forest fires on the lands of the forest fund. In accordance with the methodology, in 2022 all subjects of the Russian Federation were divided into two groups, the gradation took place according to the area covered by fire on the lands of the forest fund of Russia in 2021. The first group included regions with indicators of more than 95 % of the five-year average area covered by fire on the lands of the Russian forest fund. This group includes 12 regions: the Republics of Buryatia, Sakha-Yakutia, Trans-Baikal, Kamchatka, Chukchi, Krasnoyarsk, Primorsky, Khabarovsk Territories, Amur, Irkutsk, Magadan Regions and the Jewish Autonomous Region. The second group includes regions in which there is a significant decrease in this indicator. Compared to the same period last year, the Sverdlovsk Region, along with the Republics of Karelia and Bashkortostan, was assigned to the second group [9]. These indicators are rather just a statement of the facts that have taken place and do not forget that with the onset of the next fire season, the picture can change quite dynamically and radically differ from long-term forecasts and long-term averages. The clarity of the above words is confirmed by indicators from the summaries of the operational situation in the Sverdlovsk region for the period from April 24 to May 15, 2023.

In the first half of 2023, an emergency regime was introduced in the Sverdlovsk and Kurgan regions, cases of transition of landscape fires to the territory of settlements and military facilities were recorded, more than 20 people died. So, on May 06, 2023, warehouses with gunpowder caught fire in the Pervomaisky settlement of the Rejevsky city district of the Sverdlovsk region, local residents received messages about evacuation and the possibility of an explosion. An emergency regime was introduced in the area and a special operation «Typhoon» was carried out. Often, emergency rescue equipment could not reach the places of extinguishing fires and water sources to replenish its reserves. This was the result of the lack of high-traffic transport chassis.

Based on the above data, it can be concluded that in less than a month, with an increase in the total number of fires by 3,5 times, the area of fires increased significantly, namely 133,3 times [10].

In accordance with the current legislation of the Russian Federation, the tasks of the EMERCOM of Russia do not include extinguishing wildfires. At the same time, in cases when a natural fire poses a threat of fire crossing to settlements and economic

facilities, the forces and means of the FPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, in accordance with the assigned tasks and powers, carry out a set of measures to protect buildings from fire crossing [11].

In cases where it is necessary to extinguish forest fires on the territories of municipalities, or in forests located outside settlements, but within the boundaries of the municipality, the involvement of forces and means of aviation forest protection (ALO) is carried out on a contractual basis, at the expense of the budget of the municipality and the budget of the subject of the Russian Federation. At the same time, in the staff of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Sverdlovsk region, there are forestry enterprises whose heads act as managers of extinguishing forest fires in the area of responsibility, however, there are no means and devices for extinguishing forest fires in forestry. The only available function within the framework of preventive measures remains the performance of supervisory and preventive functions.

It is important that the ALO is under the operational subordination of the Ministry of Natural Resources in terms of extinguishing forest fires on the lands of the state forest fund, and in direct subordination to the territorial authority of the Federal Forestry Agency in the Federal District.

The damage caused by forest fires is always very noticeable, and first of all it affects forest ecosystems, therefore it is necessary to fight fires until the full range of preventive measures defined by the legislation of the Russian Federation is carried out, and in advance, before the start of the fire-hazardous period [12].

According to the Federal Forestry Agency, the amount of damage caused by forest fires in 2021 on the lands of the forest fund in the territory of the Russian Federation amounted to 8,387,1 million rubles, of which 4,856,6 million rubles or 58 % are in the Ural and Far Eastern Federal Districts [13]. It is important to emphasize that this damage consists of indicators of the loss of wood, the death of young animals, burnt and damaged products and their equivalent monetary amounts, but does not include the costs incurred for extinguishing forest fires, clearing and restoring the burned area, as well as losses from the death of animals. That's a lot...

The works of Russian scientists play a serious role in the prevention of forest fires, the study of the nature and patterns of their occurrence: S.V. Zalesov, A.A. Krektunov, I.M. Sekerin, A.H. Gasanova, A.S. Evdokimov and other scientists are working in this direction [14–19].

The existing system of ensuring the extinguishing of landscape fires at the lowest level, that is, at enterprises of the extractive industries of the

economy, provides for a limited number of technological elements for the elimination of fires. So, at logging enterprises and forestry enterprises, there are fire extinguishing machines, as the base chassis of which KAMAZ, Ural and vehicles that were in service with chemical and bacteriological protection troops, APC filling stations based on ZIL-131 vehicles converted into fire trucks are used. All of them relate to cross-country vehicles. They can move on roads with improved pavement, some dirt roads and practically lose the ability to move off-road with low load-bearing capacity. Very important when extinguishing a fire is the time of the beginning of the localization of the source of ignition and its extinguishing. The spread of the flame front, especially during riding fires in the forest zone, is extremely high. The primary fire extinguishing units, firstly, cannot get to the place of ignition, and secondly, do not have a full arsenal of means to eliminate the hearth and prevent the spread of flames. The same applies to grassroots fires, fires on peat bogs, in the Arctic tundra and forest tundra zones.

Thus, the analysis of the situation in this area shows the following.

1. Losses from landscape fires are great both economically and socially.

2. The reformation of the Federal Forestry Service and the adoption of the Forest Code led to the liquidation of forestry enterprises and the reduction of forest workers by 70,000 people, which aggravated the fire-hazardous situation.

3. The existing system of combating landscape fires is fragmented and not effective.

4. It is necessary to create primary links in rural settlements and other municipalities to combat landscape fires, equip them with the required technical means and highly efficient transport.

5. A state program is needed that will create workable and effective structures to prevent and eliminate the consequences of landscape fires and minimize their consequences.

Technical support of primary-level rolling stock. To eliminate the fires that have developed, it often requires the involvement of a large number of forces and means. The full use of means of extinguishing such fires is often complicated by the inaccessibility of the terrain and other factors that negatively affect the course of extinguishing and the effectiveness of the methods used.

That is, there is an urgent need to create a vehicle that would have the following properties:

- high passability (3rd category of fire trucks according to [20]);
- the ability to simultaneously transport several types of fire extinguishing equipment;
- high efficiency of the transport operation

(large load capacity, high mobility, low fuel consumption);

- the possibility of simultaneous use of several types of fire extinguishing equipment in the process of fire elimination;

- the minimum possible costs for its maintenance (maintenance and repair, payment of maintenance personnel, etc.) [21].

Thus, the elimination of fires and other emergencies faces the problem of prompt delivery of the necessary equipment and materials to the place of their occurrence.

The problem is solved in two ways:

- changing the structure and functionality of the primary link;

- creation of a basic chassis with all the listed properties.

Based on the analysis of the technical system (Fig. 1) there are only two ways to improve operational performance: parametric and structural. The parametric method of increasing indicators does not in all cases allow achieving the desired result. Sometimes it is necessary to change the structure of the technical system [22, 23].

The creation of a basic chassis should follow the path of creating a vehicle that is not made according to the traditional layout scheme, but has a multi-sectional appearance, when one section is made as an energy one, that is, equipped with a power plant, and other sections have equipment for various types of work (tanks, foam installations, ladders, drills for laying explosive charges, etc.). The proposed layout solution is an active articulated transport system (ASTS).

ASTS have advantages over single machines:

- high traction properties;
- high adaptability to relief in the longitudinal direction;
- uniform distribution of support reactions in the longitudinal direction;
- turning the machine by folding sections;
- high chain qualities of the propulsor with a support surface;
- the ability to overcome obstacles due to the adjustable folding of sections in vertical and horizontal planes;
- high degree of stability of the position;
- the possibility of a modular machine layout principle depending on current needs (Fig. 3).

An important feature of the basic chassis, synthesized according to the modular principle, is the possibility of adaptive control of the distribution of the power flow between the propellers of the base chassis [24, 25], that is, to implement a traction force on the propulsor of each section corresponding to the characteristics of the ground on which it is located and the load that falls on this section.

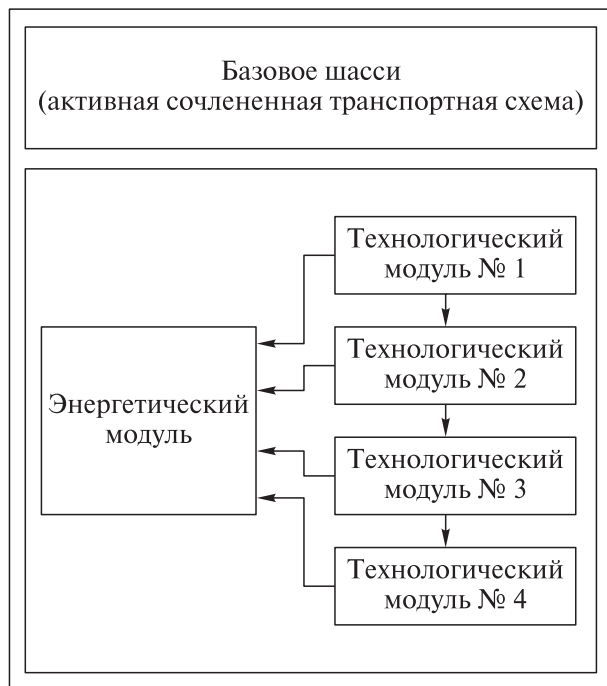


Fig. 3. Modular principle of the carrier vehicle synthesis

As a result, it becomes possible to use unmanned work of a certain type.

General functional diagram of the basic chassis of the fire extinguishing machine. Fig. 4 shows the functional diagram of the base chassis. The entire transport system is divided into two functional blocks:

- the source of external forces acting on the entire active transport system, and the movers of the trailer sections, which will realize the power flow from the energy source to overcome external forces;

- an energy module in which an energy source is located and, depending on the type of transmission, a device for transforming energy when transferring it to working bodies.

The whole set of elements is under the control of measurement and control systems (SIU). The SIU is designed to obtain data on the state of the support surface and the parameters of interaction with it of the propellers of the sections and the energy module [26]. The information obtained is used for the rational distribution of the power flow between the sections in order to obtain the maximum possible traction force of the active base chassis at any given time [27].

A generalized approach to the calculation of the load-bearing system of the body of a separate car module. Synthesis of the basic chassis can be carried out in two ways:

- the use of existing (manufactured at domestic enterprises) high-throughput machines with their adaptation to specific operating conditions;
- creation of new specialized base chassis.

In any case, the principle of calculating the spatial-type carrier system for the base chassis is to determine the possible spectrum and the law of external forces acting on it, followed by the determination of the stress-strain state of its carrier system (VAT) [28].

According to the results of the VAT assessment, the load-bearing system may be subject to both local modification (for example, if the permissible stresses in the structure are exceeded or significant movements of its elements in certain zones that do not lead to the destruction of the base chassis) and global design changes up to the creation of a new one.

Fig. 5 shows the load-bearing system of an arbitrary cross-country vehicle with external forces

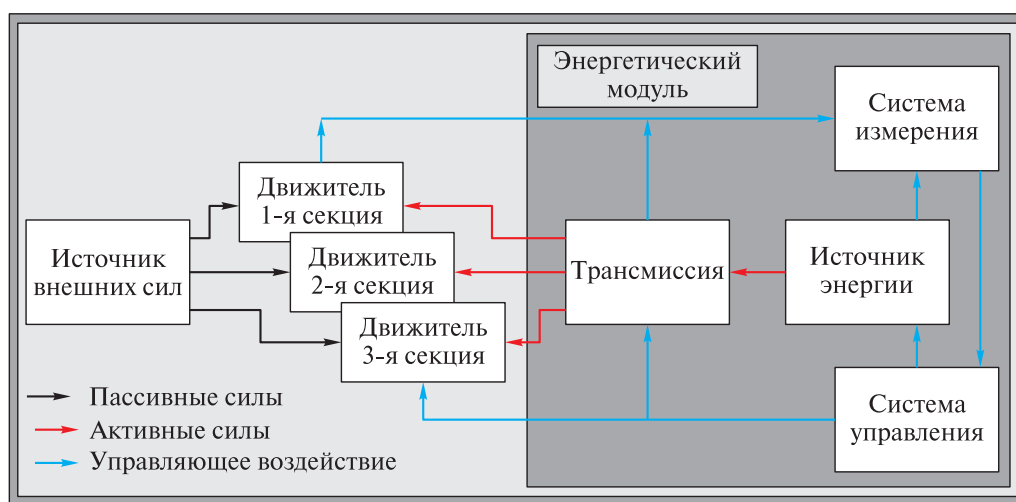


Fig. 4. Functional diagram of the carrier vehicle (active articulated transport system)

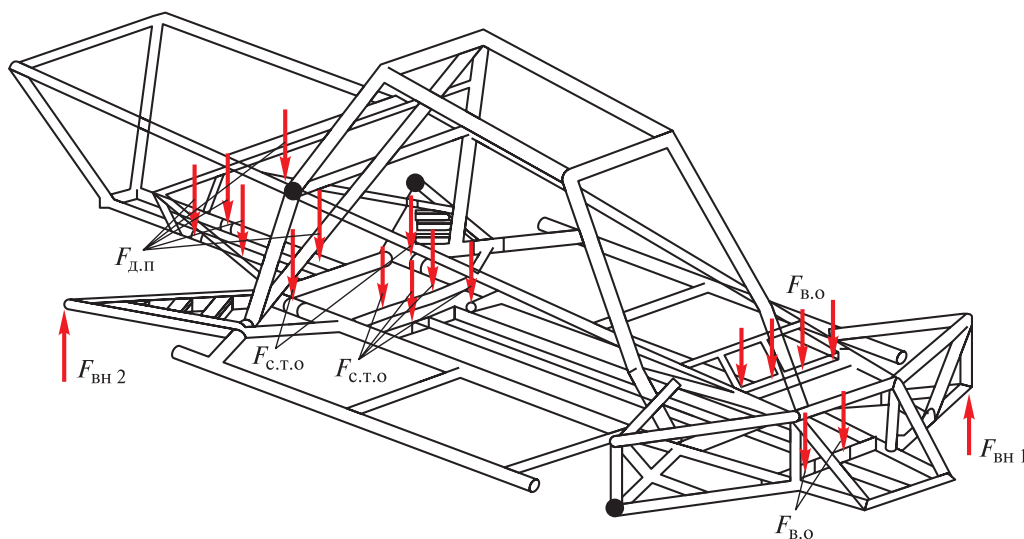


Fig. 5. An example of an arbitrary spatial type carrier system: $F_{д.п}$ — weight of the electric motor and drive to the driving wheels; $F_{с.т.о}$ — weight of special technological equipment; $F_{в.о}$ — the weight of the auxiliary technological equipment

acting on it ($F_{внеш}$), as well as the weight from the main elements of the chassis, transmission and special technological equipment.

Similarly, working forces and moments from equipment mounted on the carrier system of the base chassis can be introduced into the scheme.

The result of the calculation of the load-bearing system is such a set of geometric (cross section, length, spatial position) and physical (material characteristics) parameters of the load-bearing system that provide the required operational characteristics of the machine [29, 31].

As an illustration of the assessment of the load distribution by elements and zones of the carrier system, diagrams of the form shown in Fig. 6.

To evaluate the efficiency of the carrier system, it is convenient to use specific parameters [30, 31]. In this case, it is advisable to use the specific stiffness

$$C_{уд} = \frac{C_{кр}}{M_{н.к}}$$

where the: $C_{уд}$ is the specific rigidity of the supporting structure;

$C_{кр}$ is the torsional rigidity of the supporting structure;

$M_{н.к}$ is the mass of the supporting structure.

As an example for the case when an existing high-terrain vehicle is used as an energy module, for example, the Phoenix [32], and the body of the same snowmobile is used as sections of the active base chassis, but without a power unit and with an electric drive on the driving wheels. To accommodate special technological equipment, the existing load-bearing structure must be strengthened [33].

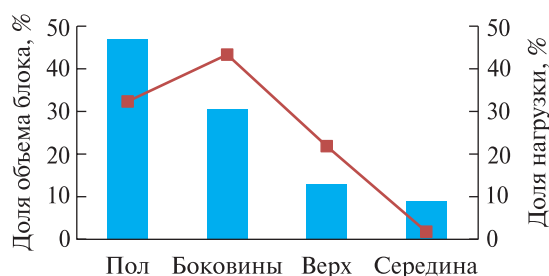


Fig. 6. Load distribution over the zones of the vehicle carrier system during torsion

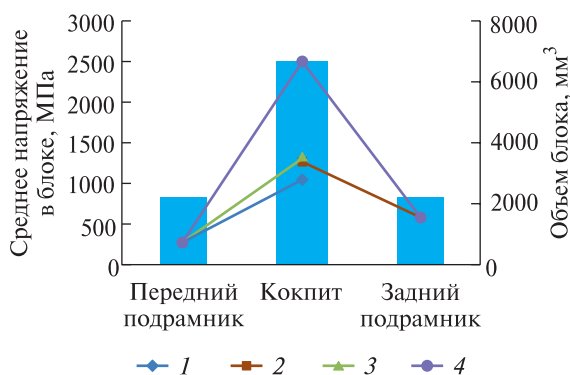


Fig. 7. Load distribution on the system carrier elements in torsion: 1 — front wheel collision; 2 — rear wheel collision; 3 — torsion; 4 — diagonal

For such an option, Fig. 8 shows possible options for refining (strengthening) the carrier system, and Fig. 9 compares the options presented using the coefficient of specific stiffness.

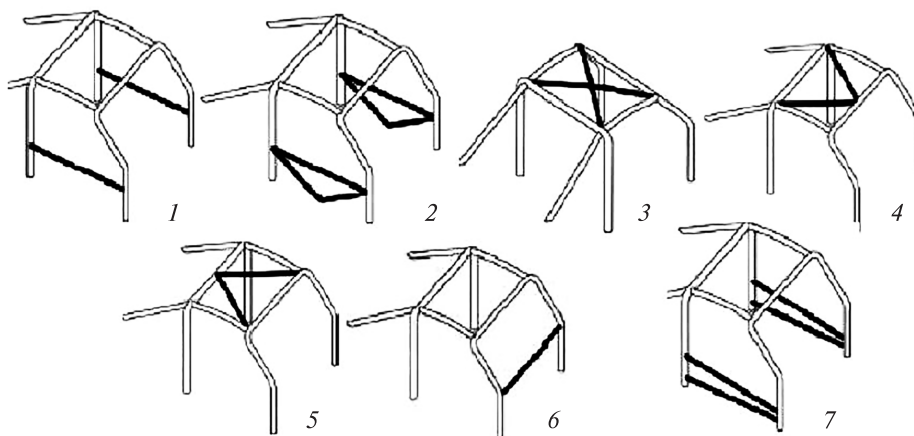


Fig. 8. Variants of reinforcement of the bearing system of an arbitrary high mobility vehicle: 1 — longitudinal reinforcements; 2 — longitudinal reinforcements with braces; 3 — cross-shaped ceiling reinforcements; 4, 5 — V-shaped ceiling reinforcements; 6 — rear cross reinforcements; 7 — longitudinal combined reinforcements

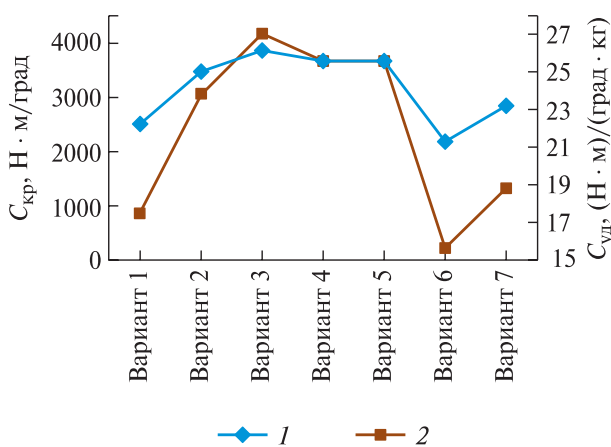


Fig. 9. Comparison of torsional and specific torsional stiffness for possible configurations of the carrier system: 1 — torsional; 2 — specific stiffness

Based on the comparison graph of specific and torsional stiffness, it is possible to evaluate the effectiveness of different configurations of the bearing system. As can be seen from the presented graph, it is most advisable to use options 3, 4 and 5 to strengthen the upper part of the cockpit of the body, which give the best combinations of specific stiffness and torsional rigidity of the curtain structure of the body.

Conclusions

1. Analysis of the course of landscape fires and the results of combating them on the territory of Russia and in certain federal districts showed

that the reforms of the Federal Forestry Service carried out at the beginning of the two thousandth years led to the destruction of the existing forestry system, the reduction of workers and the increase in fire danger. The existing system of combating landscape fires has been destroyed, and what remains of it is not effective.

2. A state program is needed that will create workable and effective links to prevent and eliminate the consequences of landscape fires and minimize their consequences.

3. The technical equipment of the lower levels should include promising universal vehicles (basic chassis) high passability for the placement and delivery of specific fire-fighting equipment in hard-to-reach areas.

4. A promising universal basic chassis is made according to an articulated scheme. The machine has a single energy module with an energy source placed on it. The power module is equipped with active (non-propulsion driven) trailer sections designed to accommodate special equipment on them. The necessary equipment and the number of active trailers are selected in each specific case, depending on the nature, intensity and dynamics of the emergency situation.

5. The articulated scheme of the base chassis allows you to provide:

- high passability;
- the possibility of simultaneous transportation on active trailer sections of several types of fire extinguishing equipment at the same time;
- high efficiency of the transport operation (large load capacity, high mobility, low fuel consumption);

– the possibility of simultaneous use of several types of fire extinguishing equipment in the process of fire elimination;

– minimum costs for its maintenance (maintenance, repair, payment of maintenance personnel, fuel consumption during transportation to the place of emergency).

References

- [1] *Antropogennyy faktor i ekologicheskie problemy* [Anthropogenic factor and environmental problems]. Available at: <https://helpiks.org/5-36649.html> (accessed 02.11.2023).
- [2] Boyarova D.A. *Problemy okhrany lesnogo fonda ot pozharov* [Problems of forest fund protection from fires]. Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa: sb. trudov nauchno-prakticheskoy konferentsii преподаvateley, aspirantov, magistrantov i studentov Novosibirskogo GAU [Actual problems of the agro-industrial complex: collection of works of the scientific and practical conference of teachers, graduate students, master's students and students of the Novosibirsk State Agrarian University], Novosibirsk, October 20, 2023. Novosibirsk: Publishing center of the Novosibirsk State Agrarian University «Golden Ear», 2023, pp. 113–116.
- [3] Isaev A.S. *Les kak natsional'noe dostoyanie Rossii* [Forest as a national treasure of Russia]. *Vek globalizatsii* [Century of globalization], 2011, no. 1, pp. 148–158.
- [4] *Pozhary i pozhnaya bezopasnost' v 2010 godu: statisticheskiy sbornik* [Fires and fire safety in 2010: statistical digest]. Ed. V.I. Klimkin. Moscow: VNIPO, 2011, 140 p.
- [5] *Pozhary i pozhnaya bezopasnost' v 2014 godu: statisticheskiy sbornik* [Fires and fire safety in 2014: statistical digest]. Ed. A.V. Matyushin. Moscow: VNIPO, 2015, 124 p.
- [6] *Pozhary i pozhnaya bezopasnost' v 2015 godu: statisticheskiy sbornik* [Fires and fire safety in 2015: statistical digest]. Ed. A.V. Matyushin. Moscow: VNIPO, 2016, 124 p.
- [7] *Pozhary i pozhnaya bezopasnost' v 2018 godu: statisticheskiy sbornik* [Fires and fire safety in 2018: statistical digest]. Ed. D.M. Gordienko. Moscow: VNIPO, 2019, 125 p.
- [8] *Pozhary i pozhnaya bezopasnost' v 2022 godu: inform.-analitich. sb* [Fires and fire safety in 2022: information and analytical digest]. Balashikha: VNIPO EMERCOM of Russia, 2023, 80 p.
- [9] *Ministerstvo prirodnnykh resursov i ekologii Rossiyskoy Federatsii* [Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation]. Available at: https://www.mnr.gov.ru/press/news/v_2022_godu_ploshchad_lesnykh_pozharov_v_rossii_sokrashchena_pochti_v_tri_raza_do_3_5_milliona_gekta/?ysclid=lo5p4nbjyc667483750 (accessed 02.11.2023).
- [10] Khabibullina N.V., Lazarev I.S., Krudyshev V.V. *Rol' biologicheskoy produktivnosti estestvennykh temnokhvoynnykh nasazhdeniy kedra sibirskogo i el'nikov na Srednem Urale v otsenke ushcherba ot pozharov* [The role of biological productivity of natural dark coniferous stands of Siberian cedar and spruce forests in the Middle Urals in assessing damage from fires]. Ekaterinburg: Ural Institute of the GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2018, 162 p.
- [11] Kolesnikov A.A., Lyashenko S.M. *K voprosu sovershenstvovaniya normativnykh pravovykh aktov po reagirovaniyu na prirodnye pozhary v sub'ektakh Rossiyskoy Federatsii* [On the issue of improving regulatory legal acts on responding to natural fires in the constituent entities of the Russian Federation]. *Prioritetnye napravleniya razvitiya sistemy obespecheniya tekhnosfernoy i pozhnay bezopasnosti ob'ektov zashchity i territoriy: Sbornik trudov III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Priority areas for the development of the system for ensuring technosphere and fire safety of protected facilities and territories: Collection of works of the III International Scientific and Practical Conference], Khimki, May 26–27, 2022. Khimki: Civil Defense Academy of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters named after Lieutenant General D.I. Mikhailik, 2022, pp. 122–127.
- [12] Talalaeva G.V., Loginov A.S. *Nekotorye osobennosti lesnykh pozharov v svyazi s global'nym potepleniem klimata* [Some Features of Forest Fires in Connection with Global Warming]. *Grazhdanskaya oborona na strazhe mira i bezopasnosti: Materialy VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy Vsemirnomu dnyu grazhdanskoy oborony v God 90-letiya so dnya obrazovaniya Akademii GPS MChS Rossii* [Civil Defense on Guard of Peace and Security: Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference Dedicated to the World Civil Defense Day in the Year of the 90th Anniversary of the Foundation of the Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia]. In 5 parts, Moscow, March 01, 2023. Comp. V.S. Butko, M.V. Aleshkov, S.V. Podkosov, A.G. Zavorotny. Part III. Moscow: Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, 2023, pp. 220–226.
- [13] Krektunov A.A., Vas'kov Ya.N., Eritsov A.M., Sekerin I.M. *Okhrana naseleennykh punktov, podverzhennykh ugroze lesnykh pozharov, organami gosudarstvennogo pozhnogo nadzora FPS MChS Rossii* [Protection of settlements exposed to the threat of forest fires by the state fire supervision bodies of the Federal Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia]. *Lesa Rossii i khozaystvo v nikh* [Forests of Russia and their management], 2022, no. 2 (81), pp. 11–18. DOI 10.51318 / FRET.2022.83.31.002
- [14] Krektunov A.A., Eritsov A.M., Zalesov S.V., Sekerin I.M. *Prognoz razvitiya lesnogo pozhara v zavisimosti ot rasstoyaniya do naseleennogo punkta* [Forecast of forest fire development depending on the distance to the settlement]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* [International Research J.], 2022, no. 7–2 (121), pp. 167–172. DOI 10.23670 / IRJ.2022.121.7.069

- [15] Secerin I.M., Godovalov G.A., Eritsov A.M., Zalesov S.V. *Spetsifika rasprostraneniya i tusheniya torfyanykh pozharov v zimniy period* [Specifics of peat fires spreading and extinguishing in winter]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2022, vol. 26, no. 5, pp. 64–70. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-5-64-70
- [16] Gasanova A.Kh. *Protivopozharnaya propaganda kak odin iz sposobov obespecheniya pozharoy bezopasnosti* [Fire prevention propaganda as one of the ways to ensure fire safety]. *Initiativy molodykh — nauke i proizvodstvu: Sbornik statey IV Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh i studentov* [Initiatives of the young — for science and production: Collection of articles of the IV All-Russian scientific and practical conference of young scientists and students], Penza, November 30, 2022. Ed. A.V. Nosov. Penza: Penza State Agrarian University, 2022, pp. 121–125.
- [17] Evdokimov A.S. *Organy mestnogo samoupravleniya i pozharnaya bezopasnost': istoriko-pravovoy aspekt* [Local governments and fire safety: historical and legal aspect]. *Innovatsii v prirodoobustroytve i zashchite v chrezvychaynykh situatsiyakh: Materialy VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Innovations in environmental management and protection in emergency situations: Proceedings of the VIII International scientific and practical conference], Saratov, April 21–22, 2021. Saratov: Amirit, 2021, pp. 299–303.
- [18] Ivchenko O.A., Tyutin A.V., Kozachenko M.A., Pankin K.E. *Vliyanie pogodnykh usloviy na vozniknovenie i razvitie lesnykh pozharov v Saratovskoy oblasti* [The Impact of Weather Conditions on the Occurrence and Development of Forest Fires in the Saratov Region]. *Tekhnogennaya i prirodnyaya bezopasnost': mater. VI Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Technogenic and Natural Safety: Proc. of the VI All-Russian Scientific and Practical Conference]. Saratov, October 27–28, 2021. Saratov: Center for Social Agroinnovations, SSAU, 2021, pp. 295–301.
- [19] GOST R 58715–2019 *Tekhnika pozharnaya. Spetsial'nye pozharnye avtomobili. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytaniy* [Fire-fighting equipment. Special fire trucks. General technical requirements. Test methods]. Moscow: Standartinform, 2020, p. 20.
- [20] Bazhenov E.E. *Sochlenennyye transportnyye i tekhnologicheskyye sistemy* [Articulated transport and technological systems]. Yekaterinburg: USTU–UPI, 2009, 174 p.
- [21] Tarasik V.P. *Matematicheskoe modelirovanie tekhnicheskikh sistem* [Mathematical modeling of technical systems]. Minsk: DesignPro, 2004, 640 p.
- [22] Bazhenov E.E. *Sochlenennyye transportnyye sistemy: teoreticheskie osnovy* [Articulated transport systems: theoretical foundations]. LAMBERT Academic publishing, 2012, 276 p.
- [23] Bogdanov K.L. *Tyagovyy elektroprivod avtomobilya* [Traction electric drive of a car]. Moscow: MADI, 2009, 57 p.
- [24] Antonov A.S. *Silovyye peredachi kolesnykh i gusenichnykh mashin. Teoriya i raschet* [Power transmissions of wheeled and tracked vehicles. Theory and calculation]. Moscow: Mashinostroenie, 1976, 209 p.
- [25] Tarasik V.P., Rynkevich S.A. *Intellektual'nye sistemy upravleniya avtotransportnyimi sredstvami* [Intelligent control systems for motor vehicles]. Minsk: Tekhnoprint, 2004, 512 p.
- [26] Tarasik V.P., Rynkevich S.A. *Intellektual'naya adaptivnaya sistema upravleniya energeticheskimi rezhimami avtomobilya* [Intelligent adaptive control system for vehicle energy modes]. *Nauka — obrazovaniyu, proizvodstvu, ekonomike: materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Science — for education, production, economy: materials of the international scientific conference]. Ed. B.M. Khrustaleva, V.P. Solomakho. Minsk: Tekhnoprint, 2003, v. 1, pp. 269–274.
- [27] Vikhrov A.V. *Nesushchie sistemy transportnykh sredstv spetsial'nogo naznacheniya* [Load-bearing systems of special-purpose vehicles]. Moscow: MADI, 2015, 111 p.
- [28] Khrun' V.M., Akopyan R.A. *Osobennosti dinamiki nagruzheniya nesushchikh sistem avtobusov* [Features of the loading dynamics of load-bearing systems of buses]. *Issledovanie i raschet konstruktsiy i ekspluatatsionnoy nadezhnosti avtobusov* [Research and calculation of designs and operational reliability of buses]. Lviv: VKEIAvtobusprom, 1978, pp. 3–20.
- [29] Rusanov O.A. *Raschetnyy analiz napryazhennogo sostoyaniya i otsenka prochnosti nesushchikh sistem traktorov* [Calculation analysis of the stress state and strength assessment of load-bearing systems of tractors]. Dis. D-r Sci. (Tech.). Moscow, 2009, 347 p.
- [30] Kirillov A.P. *Metodika otsenki napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya i optimizatsii detaley kuzova legkovogo avtomobilya s tsel'yu snizheniya ikh massy* [Methodology for assessing the stress-strain state and optimizing car body parts to reduce their weight]. Author's abstract. Diss. Cand. Sci. (Tech.). Moscow, 1987, p. 16.
- [31] Gladov G.I., Petrenko A.M. *Spetsial'nye transportnyye sredstva: teoriya* [Special vehicles: theory]. Ed. G.I. Gladov. Moscow: ITC «Akademkniga», 2006, 215 p.
- [32] *Snegobolotokhody Feniks* [Phoenix snow and swamp vehicles]. Available at: <https://vesdehod-feniki.ru/> (accessed 02.11.2023).
- [33] Lovtsov A.D., Ivanov N.A. *Proektirovanie i raschet ramy legkogo kolesnogo vezdekhoda s ispol'zovaniem metoda konechnykh elementov* [Design and calculation of the frame of a light wheeled all-terrain vehicle using the finite element method]. *Vestnik TOGU: Mashinostroenie i mashinovedenie* [Bulletin of TOGU: Mechanical Engineering and Mechanical Engineering], 2013, no. 3 (30), pp. 85–90.

Authors' information

Bazhenov Evgeniy Evgen'evich ✉ — Dr. Sci. (Tech.), Associate Professor, of the Department of Fire, Emergency Rescue Equipment and Special Means of the Ural Institute of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, st194@yandex.ru

Ilyushin Vladimir Vladimirovich — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the Department of Technological Machines and Engineering Technology, Ural State Forestry University, vv_asp@mail.ru

Krudyshev Vladimir Valer'evich — Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher of the Department of Planning, Organization and Coordination of Scientific Research of the Research Department of the Ural Institute of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, natys9i@mail.ru

Khabibullina Nataliya Valer'evna — Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Head of the Department of Fire, Emergency Rescue Equipment and Special Means of the Ural Institute of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, krudishev@gmail.com

Received 22.11.2023.

Approved after review 13.09.2024.

Accepted for publication 14.11.2024.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article
The authors declare that there is no conflict of interest