

Научная статья
УДК 62-63:629.048.7

Роботизированные комплексы и машины дистанционного управления

Григорий Анатольевич Нестеренко¹, Ирина Сергеевна Нестеренко²,
Сергей Денисович Гладков³

^{1, 2, 3}Омский государственный технический университет (ОмГТУ), Омск, Россия

¹nga112001@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1528-4627>

²distant02@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4749-010X>

³spar1ky@yandex.ru

Аннотация. В статье приводятся результаты исследований чрезвычайных происшествий на территории Российской Федерации, статистические данные и проблемы, с которыми сталкиваются службы специального назначения. Целью работы является проведение исследований в сфере транспортных средств специального назначения роботизированного типа для последующего выявления присущих недостатков. Безопасность жизнедеятельности человека и окружающей среды - главное направление, над которым трудятся современное общество и научные деятели в целом. Посредством исследования и анализа внешних факторов окружающей среды. Ученые приходят к решениям, способствующим повышению уровня безопасности жизни человека. Полученные знания позволили службам спасения адаптироваться к чрезвычайным ситуациям таким образом, чтобы предотвращать или устранять их последствия. Наличие специальной техники на вооружение служб первого реагирования позволяет повысить эффективность оказания необходимой помощи. Однако человек ограничен в своих возможностях, поэтому в такие моменты очень востребовано наличие роботизированных комплексов и машин дистанционного управления, способных его заменить в труднодоступных условиях. Таким образом, основной задачей проведения исследования технических систем и механизмов транспортных средств специального назначения является обеспечение транспортных систем нового поколения наиболее эффективными агрегатами и механизмами в целях повышения эксплуатационного потенциала в различных сферах деятельности.

Ключевые слова: беспилотная техника, роботизированные машины, комплексы высокой проходимости, роботизированная гусеничная машина, дистанционное управление.

Для цитирования: Нестеренко Г.А., Нестеренко И.С., Гладков С.Д.
Роботизированные комплексы и машины дистанционного управления // Автомобиль.
Дорога. Инфраструктура. 2024. №1 (39).

Original article

Robotic systems and remote control machines

Grigory A. Nesterenko¹, Irina S. Nesterenko², Sergei D. Gladkov³

^{1, 2, 3}Omsk State Technical University (OMSTU), Omsk, Russia

¹nga112001@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1528-4627>

²distant02@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4749-010X>

³spar1ky@yandex.ru

Abstract. The article presents the results of studies of emergency incidents on the territory of the Russian Federation, statistical data and problems faced by special forces. The purpose of the work is to conduct research in the field of special-purpose robotic vehicles to subsequently identify inherent shortcomings. The safety of human life and the environment is the main direction on which modern society and scientists in general are working. Through research and analysis of external environmental factors. Scientists come to solutions that help improve the safety of human life.

The knowledge gained allowed rescue services to adapt to emergency situations in such a way as to prevent or eliminate their consequences. The availability of special equipment for first responder services makes it possible to increase the efficiency of providing the necessary assistance. However, a person is limited in his capabilities, so at such moments there is a great demand for the presence of robotic systems and remote control machines that can replace him in hard-to-reach conditions.

Thus, the main task of conducting research into technical systems and mechanisms of special-purpose vehicles is to provide new generation transport systems with the most efficient units and mechanisms in order to increase operational potential in various fields of activity.

Keywords: unmanned vehicles, robotic vehicles, all-terrain complexes, robotic tracked vehicles, remote control.

For citation: Nesterenko G.A., Nesterenko I.S., Gladkov S.D. Robotic systems and remote control machines // *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*. 2024. №1 (39).

Введение

Эксплуатация транспортных средств специального назначения, машин и механизмов подразумевается, как альтернатива физической работы человеческого труда. Наличие вспомогательных транспортных систем существенно облегчает жизнь человека, а местами могут быть незаменимыми

инструментами. Посредством интеграции транспортных систем удаётся добиться оптимальных показателей эффективности в различных аспектах, таких как: 1) снижение энергозатрат, что приводит к возрастанию работоспособности; 2) наличие защиты приводит к повышению безопасности проведения работ; 3) повышенная мощность, возможность взаимодействовать с труднодоступными объектами. По всей совокупности требований к эксплуатации, а также поставленных задач, инженерами было разработано и сконструировано множество различных транспортных средств специального назначения, подразделяющиеся на несколько видов: воздушного, водного, наземного назначения. Однако наиболее легкодоступными и распространёнными считаются наземные транспортные средства.

Цели работы:

- Обоснование области применения беспилотной наземной техники.
- Обоснование замены теплового двигателя на электрический двигатель главного привода.
- Расчёт тягово-скоростных характеристик предлагаемых изменений

Обоснование актуальности темы исследования

На данный момент существует различное множество разнообразной техники, имеющих несколько модификаций [1]. Так, например, в зависимости от типа выбранного транспортного средства, основываясь на общие характеристики и область применения выделяют следующие основные требования к эксплуатации: 1) надёжность работы; 2) высокие тяговые качества; 3) простота конструкции; 4) малые габариты и масса; 5) обеспечение лёгкого управления; 6) высокие средние скорости; 7) легкодоступная взаимозаменяемость компонентов; 8) экономичность; 9) малый объём технического обслуживания; 10) плавность хода и

безопасность. Дополнительно разделяют технику под климатические условия, её работоспособность в экстремально отрицательных и положительных температурах. Ориентация на данные показатели предусматривает дальнейшую область применения отдельно взятого типа техники. В целом специальная техника имеет широкий спектр оказаний услуг и взаимодействия с окружающей средой, основной из которых можно выделить оказание первой помощи. Например, машина скорой помощи, машина реанимации, пожарная машина, машина для чрезвычайных ситуаций. Последняя является обобщенным понятием в связи с большим ассортиментом транспорта по оказанию услуг, основополагающей задачей которых является оказание необходимой помощи, а также предотвращение и устранение последствий при чрезвычайных ситуациях и стихийных бедствиях.

Так, например, по статистике, наиболее распространенным видом чрезвычайных ситуаций считается возникновение пожара различной степени тяжести (рис. 1).



Рис. 1. Статистика пожаров в России с 2010 по 2019 года

Статистика приведена из опубликованных данных публичных источников массовой информации, информационных агентств и независимых источников. Так, например, в ежегодных отчётах информационного агентства «ТАСС» сообщается в среднем около десяти

тысяч и более крупных очагов возгорания в лесной местности (рис. 1), охватывающих свыше пятисот тысяч гектар и достигающих до нескольких миллионов [2].

По статистике, приведённой информационным изданием «rusind», в период с 2010 по 2019 годы общее количество пожаров [3] на территории Российской Федерации достигало цифры в среднем около 197200 пожаров в год, из которых 70% приходится на жилой сектор (рис. 2). Из-за чего в зависимости от степени тяжести пожара как в открытых, так и в замкнутых местностях, применяются подразделения со специализированной техникой, соответствующей уровню опасности в зоне происшествия.

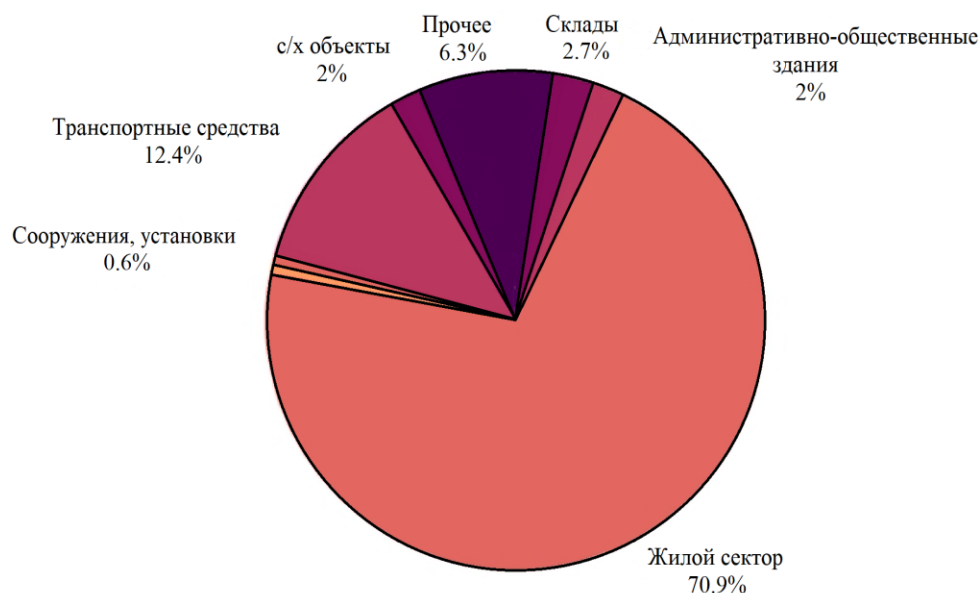


Рис. 2. Статистика других пожаров в России с 2010 по 2019 года

Такая необходимость обуславливается неблагоприятными, а порой даже невозможными условиями, связанные с риском для жизни. Таким образом, применяются машины и комплексы с дальним радиусом действия или же дистанционного управления. Последние считаются наиболее актуальными в современных условиях эксплуатации. Такие системы и машины способны выполнять особо опасные процедуры, сохраняя в безопасности людские жизни.

Эксплуатация такого рода техники имеет большой потенциал. Однако широкого применения роботизированные средства дистанционного управления не получили в связи с большими трудностями [4]. В следствие процесса проведения исследований роботизированных транспортных средств удалось установить ряд недостатков не только эксплуатационных, но и конструктивных. Сама концепция роботизированной системы подразумевает возможность выполнения сложных задач в неблагоприятных условиях, например, работа при экстремальных температурах, в малых помещениях, в условиях ограниченной видимости и тому подобное. Недостаток выражается в сложности совмещения всех необходимых требований, упомянутых ранее в статье. Из этого следует наличие лишь некоторых требований в реализованных аналогах. Например, роботизированные комплексы и машины пожаротушения, имеющие отличные тяговые качества, подобно «РТК ЕЛЬ-4» [5] однако имеют внушительные габариты и массу, что снижает подвижность, управляемость, и наоборот. В зависимости от класса присвоенному технике предполагается определённый уровень заданных параметров, технических характеристик, а также область применения и выполнение поставленных задач. Исследования тактико-технических характеристик таких машин, как «РТК ЕЛЬ-4» и «РТК ЕЛЬ-10» показали следующее: данные классы роботизированных комплексов имеет значительно большую массу 7,2 тонны и, соответственно, 16,4 тонны при габаритах 3648×2000×1975 мм и 6688×2500×3922 мм относительно более низкого класса техники, как «мобильный РТК МРК-РП» [6] массой около 190 килограмм с габаритами 1350×650×700 мм.

Однако, на сегодняшний день, ни один из прототипов различных классов в полной мере не может удовлетворить предоставленные требования, вследствие чего имеет единичный характер. Причиной данного явления является совокупность всесторонних факторов, таких как: соотношение коэффициента полезного действия относительно затраченных ресурсов,

который имеет крайне низкий показатель. Производство и дальнейшая эксплуатация специализированной техники назначения такого типа, имеющих ограниченный функционал, не совершенные технические решения, нерационально.

Основная часть

Тем не менее, роботизированные комплексы и машины по сей день остаются очень востребованными. В жаркий период времени, когда пожары имеют не стабильный характер, а эффективность тушения не всегда достигает требуемого уровня в силу разных обстоятельств, роботизированная техника дистанционного управления позволяет достичь труднодоступные очаги возгорания. Таким образом, основной задачей данного руководства является предоставление рекомендаций возможных вариантов устранения присущих недостатков и пути последующей модернизации. Поэтому, чтобы повысить эффективность работы роботизированных комплексов дистанционного управления, считается необходимым провести меры по частичной или полной реконструкции данного типа транспортных средств специального назначения.

Основываясь на полученных данных из исследования аналогов роботизированных комплексов и машин, стало известно о нехватке среднего класса машины лёгкого, маневренного, способного преодолевать любые виды препятствий по пересечённой местности. В целях облегчения конструкции возможно применение альтернативного варианта исполнения корпуса - сварной трубчатый каркас [7, 8]. Конструктивное решение существенно облегчает весовые показатели относительно монолитных корпусов подобия танка или же прототипа «РТК ЕЛЬ-4». К тому же у такого исполнения корпуса несущие элементы и крепления занимают меньше пространства, что позволит эффективно использовать свободное пространство. Преимуществом трубчатого корпуса является простота конструкции, что облегчает производство и последующие ремонты. В

качестве дополнительной меры по снижению массы машины следует отказаться от оснащения резервуара с водяной жидкостью по ряду эксплуатационных причин. За счёт снабжения собственными средствами пожаротушения увеличивается габариты и масса транспортного средства, вследствие чего возрастает расход топлива, что приводит к необходимости увеличения ёмкости топливного бака вследствие повышения уровня опасности в зоне проведения работ. Альтернативным вариантом будет считаться установка насоса высокого давления с подключённой к нему системой снабжения через магистральный трубопровод в виде шланга высокой прочности. В качестве средств питания жидкостью пожаротушения будут являться установленные в области резервуары, такие как гидранты, озёра и оснащенные баками пожарные машины.

Оснащение корпуса шасси гусеничного типа является наиболее приоритетным вариантом в условиях затруднительной эксплуатации. Передвижения машины по всей совокупности дорожных условий должны быть безопасны. Техника должна иметь: низкий центр тяжести в целях избежания опрокидывания, повышенные показатели площади контакта и сцепления с грунтом для увеличения проходимости. Установка гусеничных шасси позволит обеспечить транспортное средство необходимыми показателями и конструктивными свойствами. Помимо прочего, распределение нагрузки на ходовую часть значительно выше относительно других типов шасси, что позволяет повысить грузоподъемность транспортного средства.

Одним из средств модернизации служит электрификация силовых агрегатов транспортных средств. Исследования двигателей внутреннего сгорания и электродвигателей показали, что двигатели на электротяге, благодаря специфике своей конструкции, позволяют достигать максимального крутящего момента уже в начале движения, способствующего быстрому набору необходимой скорости. Такое явление

обуславливается отсутствием трения и механических переключений.

Передача крутящего момента происходит непосредственно колёсам через редуктор. Так, например, на графике 1 представлена скоростная характеристика дизельного двигателя «ISF3.8s5154 турбо» установленного в ГАЗон NEXT, имеющий 157 л.с. (115 кВт) с крутящим моментом в 528 Н*м [9]. Из графика (рис. 3) видно, как двигателю требуется раскрутить необходимые обороты двигателя для достижения предельного крутящего момента.

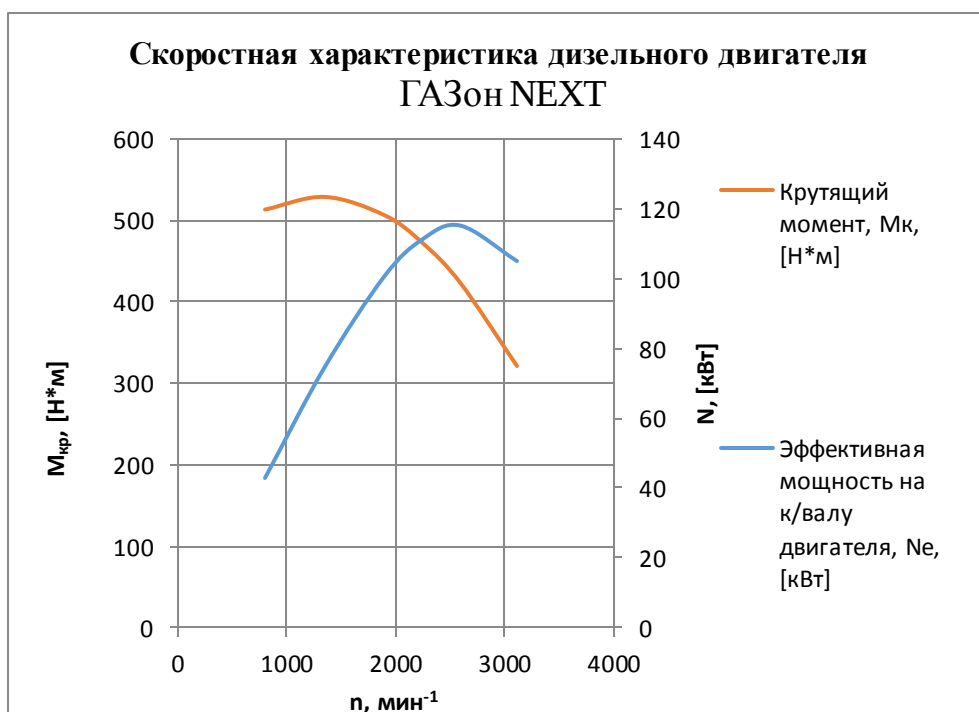


Рис. 3. График внешней скоростной характеристики дизельного двигателя

Расчёт скоростной характеристики двигателя описывается следующими уравнениями [10]:

$$n_{x1} = n_{\min} + \frac{n_M - n_{\min}}{2}, \quad (1)$$

где $n_{\min}$ – минимальная частота вращения коленчатого вала, 800 об/мин;

n_M – частота, соответствующая максимальному крутящему моменту двигателя, 1900 об/мин.

$$n_{x2} = n_M + \frac{n_N - n_M}{2}, \quad (2)$$

n_N – частота, соответствующая максимальной мощности двигателя, 2600 об/мин;

n_{max} – частота, соответствующая максимальным оборотам двигателя,

$$n_{max} = 1.2 \times n_N, \quad (3)$$

Мощность двигателя при различных оборотах:

$$Ne_x = Ne_{vmax} \left(\left(\frac{n_x}{n_N} \right) + \left(\frac{n_x}{n_N} \right)^2 - \left(\frac{n_x}{n_N} \right)^3 \right), \quad (4)$$

где n_x – обороты коленчатого вала (min, x_1, m, x_2, N, max),

Крутящий момент двигателя при различной мощности и различных оборотах двигателя:

$$M_{k,x} = 9550 * \left(\frac{Ne_x}{n_x} \right). \quad (5)$$

В то время как двигателям внутреннего сгорания необходимо время и некоторое усилие для вращения коленчатого вала, электродвигателю требуется несколько секунд для достижения пикового значения крутящего момента на валу. На графике 2 представлена скоростная характеристика электрического двигателя, установленного на «Tesla model S» с мощностью в 310 кВт и крутящим моментом 601 Н*м [11]. Сопоставив скоростные характеристики двигателей из графиков 1 и 2, наблюдается заметное расхождение моментов и мощности. Так, например, у дизельного двигателя с возрастанием оборотов коленчатого вала происходит постепенное уменьшение крутящего момента и мощности, в то время как у электрического с набором скорости движения и вращения вала момент остаётся постоянным на протяжении некоторого времени. В классических авто химическая энергия преобразуется в механическую за счёт последовательных актов сгорания топлива в цилиндрах. Двигатель не развивает полную мощность на малых оборотах, потому что количество циклов сгорания пропорционально частоте вращения вала и количеству сгоревшего топлива. Электродвигатель преобразует

энергию за счёт взаимодействия магнитных полей ротора и статора. Процесс происходит со скоростью света, а скорость изменения поля в двигателе определяет индуктивность обмотки. Электромагнитные процессы в электродвигателе происходят быстрее, чем газодинамические и химические в ДВС. Наличие такой зависимости крутящего момента от электротяги позволяет быстро достичь необходимой скорости движения. Однако в машинах с большой грузоподъёмностью и массой такие характеристики положительно сказываются на тяге. Электромотор вырабатывает больший крутящий момент при начале движения транспортного средства. Таким образом, электрические движители имеют преимущество как по прямолинейному участку пути, так и при движении в горку относительно двигателей внутреннего сгорания, которые работают в «натяг». Стоит отметить важное преимущество электродвигателей. Кроме высоких тяговых показателей, это меньшее количество выбросов вредных веществ. Установка таких агрегатов положительно отражается на экологии.

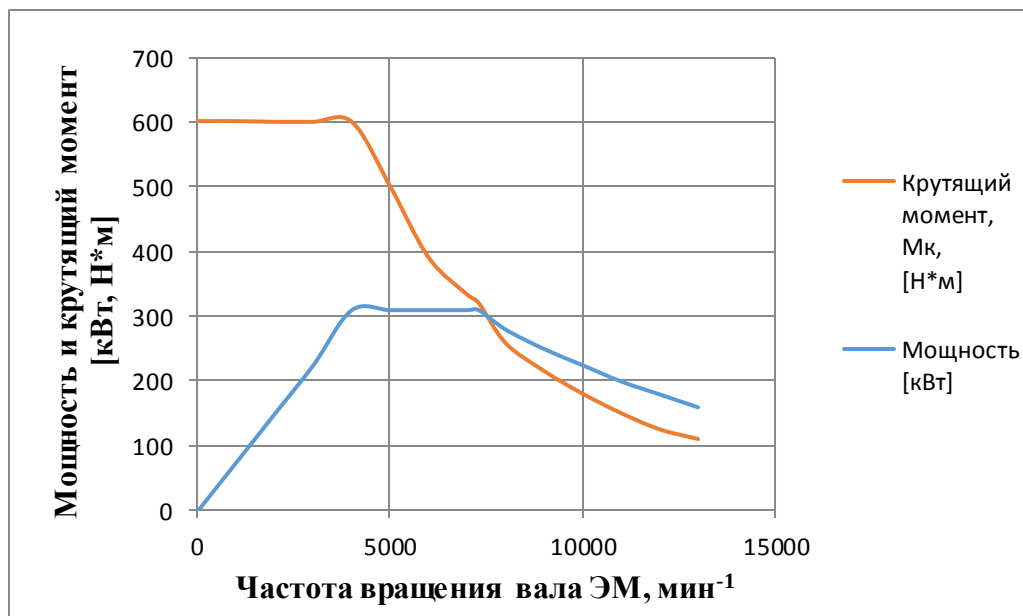


Рис. 4. График внешней скоростной характеристики электрического двигателя

Такая характеристика описывается системой уравнений:

$$M_{кр} = M_{max} \text{ при } 0 \leq \omega \leq \omega_x, \quad (6)$$

$$M = \frac{M_{max} \omega_x}{\omega} \text{ при } \omega > \omega_x \quad (7)$$

$$\text{или } N = \frac{M_{\max} \omega}{\text{кр } \omega x x} \text{ при } 0 \leq v \leq v, \quad (8)$$

$$N_{\text{кр}} = N_{\max} \text{ при } \omega_x \leq \omega \leq \omega_{\max}, \quad (9)$$

$$x = \frac{\omega_{\max}}{v x}. \quad (10)$$

где $M_{\max}$ – максимальный крутящий момент ЭМ, Нм;

$N_{\max}$ – максимальная мощность ЭМ, кВт;

$\omega_{\max}$ – максимальная частота вращения вала ЭМ, мин⁻¹;

x – отношение максимальной частоты вращения к номинальной, характеризующей тип ЭМ.

Расчет и построение характеристики дизельного двигателя

«ISF3.8s5154 турбо»:

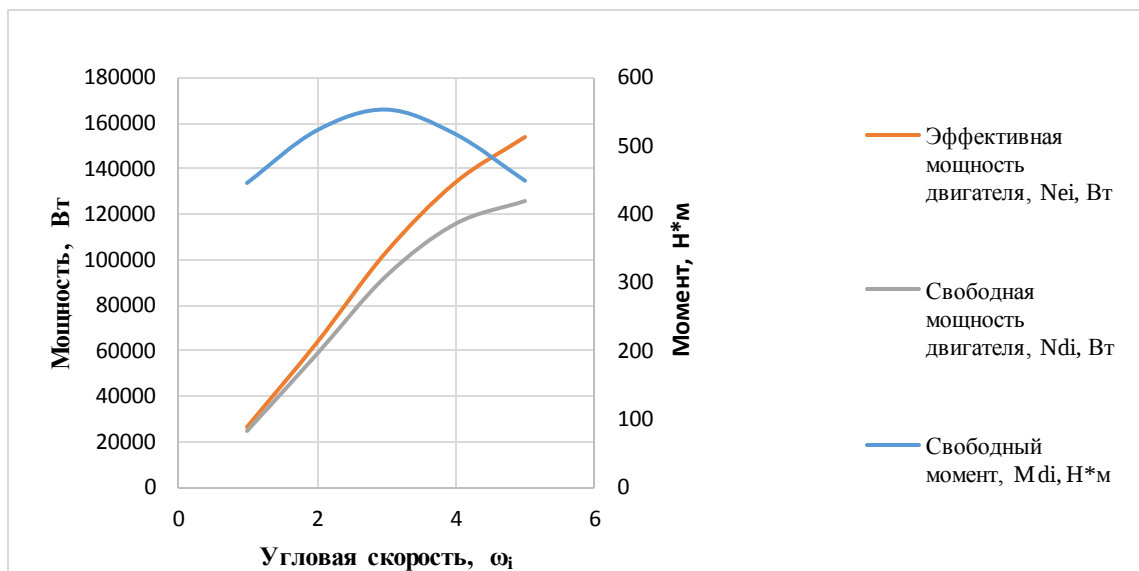


Рис. 4. Зависимость эффективной мощности двигателя от угловой скорости

Определение максимальной эффективной мощности двигателя

$$N_{e \max} = \frac{f_{c.min} \times G \times V_{\max}}{\eta_{cy} \times \eta_{mp} \times \eta_{гд.т}}, \quad (11)$$

где $f_{c.min}$ – сопротивление прямолинейному движению, которое должна преодолевать машина на максимальной скорости;

G – масса машины, Н;

$V_{\max}$ – максимальная скорость машины, м/с:

η_{cy} – КПД силовой установки;

η_{mp} – КПД трансмиссии;

$\eta_{гд.т}$ – КПД гусеничного движителя.

параметр $\eta_{гд.т}$ является неизвестным. Для его определения используется эмпирическая формула:

$$\eta_{гд.т} = \frac{(1-b) \times f_{c.min}}{f_{c.min} + a + c \times V_{max}^2}, \quad (12)$$

где a, b, c – эмпирические коэффициенты.

Для гусеничного движителя с резинометаллическим шарниром (РМШ):

$a=0,013; b=0,04; c=1,3 \cdot 10^{-6}$.

При дальнейших расчетах принимаем, что $N_{e max} = N_{eN}$.

Расчет и построение свободной мощности и свободного момента двигателя

Свободная мощность двигателя определится уравнением:

$$N_{\delta i} = N_{ei} - N_{cyi}, \quad (13)$$

где N_{ei} – текущее значение эффективной мощности двигателя;

N_{cyi} – потери мощности в силовой установке.

Потери мощности N_{cyi} определяются уравнением:

$$N_{cyi} = N_{cyN} \times \left(\frac{\omega_i}{\omega_N} \right)^v, \quad (14)$$

где N_{cyN} – потери мощности в силовой установке при работе двигателя на максимальной мощности; v – показатель степени, зависящий от типа системы охлаждения (для эжекторной системы охлаждения $v=2$)

Потери мощности N_{cyN} определяются зависимостью вида:

$$N_{cyN} = N_{e max} \times (1 - \eta_{cy}), \quad (15)$$

Рассчитав свободную $N_{\delta i}$ мощность для всех выбранных точек угловой скорости, определяется свободный момент:

$$M_{\delta i} = \frac{N_{\delta i}}{\omega_i}, \quad (16)$$

Данные расчета графика 3, сводятся в (табл. 1).

Таблица 1

Данные расчета свободной мощности и свободного момента двигателя

Параметр	Угловая скорость, ω_i				
	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4	ω_5
N_{ei}, Bm	26111	62974	102909	133629	153596
N_{cyi}, Bm	1106	4424	9953	17694	27647
$N_{\partial i}, Bm$	25005	58551	92956	115934	125949
$M_{\partial i}, H \cdot m$	447	523	553	518	450

Применения такого типа средств специального назначения не ограничивается только пожаротушением. В качестве расширения функционала возможна оснастка дополнительным оборудованием. В фронтальной части силовой конструкции предусматривается установка ковша с целью его взаимодействия с различными типами препятствий, их перемещение и ликвидация. Дополнительно является средством тушения воспламенённых объектов на уровне, сопоставимом с клиренсом техники, засыпая очаги горения песком. Особенностью конструкции роботизированных машин является передача изображения через установленные камеры, посредством которых осуществляется управление техникой. Таким образом, используя камеры наблюдения в совокупности с датчики движения, появляется возможность разведки и исследования местности, а также поиска потерпевших. В качестве дополнительной функции возможна интеграция различных типов краново-манипуляторных установок «механическая рука» для перемещения различного рода объектов или распила поваленных деревьев. Крепления к корпусу лебёдки открывают возможность буксировать массивные препятствия и другую технику независимо от дорожных условий. В случае крайней необходимости вытянуть застрявшую технику.

Заключение

Таким образом, были рассмотрены ключевые требования к эксплуатации транспортных средств специального назначения, ориентированные под современные условия. Вследствие чего проведено

исследование прототипов роботизированных систем и машин пожаротушения, в ходе которого были выявлены некоторые недостатки, требующих замены или модернизации. Результатом стало отсутствие у данных машин двух и более показателей заданных требований эксплуатации. После чего были предложены возможные варианты устранения выявленных недостатков в виде среднего класса прототипа роботизированных машин дистанционного управления. Результатом модернизации стало замена корпуса машины на более облегчённый вариант таким образом, чтобы компенсировать показатели массы и габаритов техники. В сочетании с ходовой частью гусеничного типа такая концепция позволяет повысить проходимость машины по пересечённой местности, способствующей расширению области её применения. Также были проведены исследования силовых агрегатов в виде внешней скоростной характеристики двигателей внутреннего сгорания и на электротяге, результаты которого выявили потенциал у электромоторов. Таким образом, поставленные задачи были достигнуты. Результаты выполненной работы могут представить интерес и использоваться в качестве руководства для последующего исследования транспортных средств специального назначения. Модернизация механизмов, узлов, агрегатов и элементов конструкций транспортных средств специального назначения является необходимым условием для повышения качества и функциональности техники. Это позволяет улучшать жизнь людей и содействовать развитию общества в целом.

Список источников

1. Экспериментальный роботизированный комплекс для тушения лесных пожаров и предложения по роботизации лесопожарных подразделений рослесхоза российской федерации / В. С. Никитин, С. А. Голубин, Р. Б. Белов, Н. В. Андрианов // Перспективные системы и задачи управления : Материалы XVI Всероссийской научно-практической конференции и XII молодежной школы-семинара, п. Нижний Архыз - п. Домбай, 05–09 апреля 2021 года. – Ростов-на-Дону: ИП Марук М.Р, 2021. – С. 118-133. – EDN FUXAGD.

2. Лесные пожары в России. Статистика и антирекорды // Лесные пожары в России. – 2019. – URL: <https://tass.ru/info/6712527> (дата обращения: 23.02.2024).
3. Статистика пожаров в России – данные МЧС России по годам // Статистика. – 2019 – URL: <https://rusind.ru/statistika-pozharov-v-rossii.html> (дата обращения: 21.02.2024)
4. Робототехнические комплексы ЕЛЬ-4 и ЕЛЬ-10: назначение и характеристики // Статьи. – 2020. – URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/robototekhnicheskie-kompleksyi-el-4-i-el-10-naznachenie-i-taktiko-tehnicheskie-harakteristiki/> (дата обращения: 20.02.2024).
5. Nesterenko, G. A. Evaluation of the effectiveness of the use of an irrigation system using UAVS / G. A. Nesterenko // Journal of Agriculture and Environment. – 2024. – No. 1(41). – DOI 10.23649/JAE.2024.41.20. – EDN GRCXDO.
6. Робототехнические комплексы (РТК): основные модели, описание и ТТХ // Статьи. – 2018 – URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/robototekhnicheskie-kompleksyi-mchs-osnovnyie-modeli-opisanie-i-tth/> (дата обращения: 20.02.2024)
7. Нестеренко, А. Н. Робототехнические комплексы в силовых структурах: основные направления развития / А. Н. Нестеренко, В. В. Горошко // Военно-правовые и гуманитарные науки Сибири. – 2021. – № 2(8). – С. 96-99. – EDN AOOGZT.
8. Гладков, С. Д. Транспортное полуавтономное роботизированное средство специального назначения / С. Д. Гладков, Г. А. Нестеренко // Транспортные системы: безопасность, новые технологии, экология : сб. докл. V Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 65-летию высшего образования в Якутском ин-те водного транспорта (Якутск, 21 апр. 2023 г.). – Якутск : Изд-во Якутского ин-та водного транспорта (филиал) Сиб. гос. ун-та водного транспорта, 2023. – С. 239–246. – EDN ADJNHO.
9. Цариченко, С. Г. Мобильные робототехнические комплексы для проведения аварийно-спасательных и ремонтно-восстановительных работ на объектах атомной отрасли / С. Г. Цариченко, О. П. Гойдин, С. А. Голь // Экстремальная робототехника. – 2020. – Т. 1, № 1. – С. 295-301. – EDN HWKYOZ.
10. Сафиуллин, Р. Н. Конструкция, расчет и эксплуатационные свойства транспортных средств / Р. Н. Сафиуллин, А. С. Афанасьев, Р. Р. Сафиуллин. – Москва-Берлин : Директ-Медиа, 2018. – 1 с. – ISBN 978-5-4475-9658-3. – EDN YNNROH.
11. Модели Tesla Model S I, Лифтбек // Каталог. – 2012. – URL: https://auto.ru/catalog/cars/tesla/model_s/20350920/20474510/specifications/20474510_22656978_20474548/ (дата обращения: 20.02.2024).

References

1. Nikitin V.S., Golubin S.A., Belov R.B., Andrianov N.V. *Perspektivnyye sistemy i zadachi upravleniya*, Materialy konferentsii i shkoly-seminara, Rostov-na-Donu, IP Maruk M.R, 2021, pp. 118-133.
2. URL: <https://tass.ru/info/6712527>.

3. URL: <https://rusind.ru/statistika-pozharov-v-rossii.html>.
4. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/robototekhnicheskie-kompleksyi-el-4-i-el-10-naznachenie-i-taktiko-tehnicheskie-harakteristiki/>.
5. Nesterenko G. A. *Journal of Agriculture and Environment*, 2024, no. 1(41).
6. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/robototekhnicheskie-kompleksyi-mchs-osnovnyie-modeli-opisanie-i-tth/>.
7. Nesterenko A.N., Goroshko V.V. *Voyenno-pravovyye i gumanitarnyye nauki Sibiri*, 2021, no. 2(8), pp. 96-99.
8. Gladkov S.D., Nesterenko G.A. *Transportnyye sistemy: bezopasnost', novyye tekhnologii, ekologiya*, Sbornik. dokladov konfrentsiy, Yakutsk, Izd-vo Yakutskogo in-ta vodnogo transporta (filial) Sib. gos. un-ta vodnogo transporta, 2023, pp 239–246.
9. Tsarichenko, S.G., Goydin O.P., Gol' S.A. *Ekstremal'naya robototekhnika*, 2020, vol. 1, no. 1, pp. 295-301.
10. Safiullin R.N., Afanas'yev A.S., Safiullin R.R. *Konstruktsiya, raschet i ekspluatatsionnyye svoystva transportnykh sredstv* (Design, calculation and operational properties of vehicles), Moscow-Berlin, Direkt-Media, 2018, 1 p.
11. URL: https://auto.ru/catalog/cars/tesla/model_s/20350920/20474510/specifications/20474510_22656978_20474548/.

Рецензент: Е.А. Лысенко, канд. техн. наук, доц., ОмГТУ

Информация об авторах

Нестеренко Григорий Анатольевич, канд. техн. наук, доц., ОмГТУ.

Нестеренко Ирина Сергеевна, ст. преподаватель, ОмГТУ.

Гладков Сергей Денисович, студент группы ТСН-201, ОмГТУ.

Information about the authors

Nesterenko Grigoriy A., Candidate of Sciences (Technical), associated professor, OmSTU.

Nesterenko Irina S., senior lecturer, OmSTU.

Gladkov Sergey D., student of group TSN-201, OmSTU.

Статья поступила в редакцию 04.03.2024; одобрена после рецензирования 05.03.2024; принята к публикации 15.03.2024.

The article was submitted 04.03.2024; approved after reviewing 05.03.2024; accepted for publication 15.03.2024.