На правах рукописи

УДК 629.11.012.8

Калимулин Марат Равильевич

МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЛИКА ОСОБО ЛЁГКИХ ВЫСОКОПОДВИЖНЫХ КОЛЁСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ГОРНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Специальность 05.05.03 – Колёсные и гусеничные машины

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук



Москва –2013

Работа выполнена в Московском государственном техническом университете имени Н. Э. Баумана.

Научный руководитель - доктор технических наук Жилейкин М.М.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, с.н.с. Плиев Игорь Арчилович

кандидат технических наук Лошаков Василий Иванович

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «МГИУ»

Защита диссертации состоится "20" мая 2013 г. в 14.30 часов на заседании диссертационного совета Д212.141.07 в Московском государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана по адресу: 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просьба направлять по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке государственного технического университета им. Н.Э. Баумана.

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана
2029094
Калимулин М.Р. Метод форм

Автореферат разослан "_____"_____20_____ г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук Сарач Е.Б.

2782

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы В последние годы ведущие армии мира интенсивно внедряют в арсенал своих сухопутных войск сверхлёгкие, высокоподвижные колёсные транспортные средства, способные выполнять целый ряд задач боевого назначения.

В нашей стране лёгкие, высокоподвижные колёсные транспортные средства до сих пор не получили широкого распространения. Это связано с климатическими особенностями и отсутствием необходимости осуществления боевых действий вооружённых сил и спецопераций правоохранительных органов в условиях песчано-пустынной местности. Вместе с тем значительная часть мероприятий по поддержанию конституционного порядка, борьбы с терроризмом и незаконными вооружёнными формированиями проводится российскими спецподразделениями в горной местности.

Это обусловило повышенное внимание к возможности использования в деятельности подразделений специального назначения особо лёгких высокоподвижных колёсных транспортных средств (ОЛВКТС) для горных условий эксплуатации, когда движение должно осуществляться по бездорожью с соответствующими требованиями по проходимости и маневренности.

Все это ставит задачу создания высоко-проходимого и маневренного транспортного средства относительно небольшой грузоподъемности, способного решать задачи в интересах специальных подразделений силовых структур Российской Федерации. К сожалению, такие машины отечественная промышленность не выпускает.

Отсутствие методов формирования технического облика и прогнозирования перспективных значений определяющих параметров в условиях нечётких критериев целей сдерживает развитие этого класса машин.

Поэтому совершенствование процесса формирования технического облика ОЛВКТС является актуальной задачей.

Цели и задачи Целью работы является формирование технического облика ОЛВКТС для горных условий эксплуатации на основе использования методов многокритериального анализа и прогнозирования. Для достижения цели в работе были поставлены и решены следующие задачи:

- разработан метод ранжирования показателей технического уровня ОЛКВТС с применением косвенных методов анализа экспертных заключений;

МГТУ им. Н.Э. Баумана Библиотека

• разработан метод прогнозирования перспективного изменения основных определяющих показателей во времени на основе баланса мнений экспертов и объективных данных об изменении значения данного параметра во временной перспективе методами нечёткой логики;

• разработан метод выбора оптимального схемного решения в нечётких условиях на основе многокритериального анализа вариантов при равновесных и неравновесных критериях;

• проведена процедура формирования технического облика ОЛВКТС;

• для отработки метода формирования технического облика ОЛВКТС и оценки работоспособности создан опытный образец ОЛВКТС и проведены экспериментальные исследования при прямолинейном движении по неровностям.

Научная новизна работы Разработан метод ранжирования показателей технического уровня ОЛВКТС с применением косвенных методов анализа экспертных заключений, отличающийся тем, что при выводе соотношений для правил распределения степеней принадлежности производится нормирование коэффициентов ранжирования показателей технического уровня.

Разработан метод прогнозирования перспективного изменения основных определяющих показателей ОЛВКТС, позволяющий построить прогноз изменения значения параметра, учитывая как объективные факторы (фактическое изменение параметра), так и субъективные (экспертная оценка), с использованием методов нечёткой логики.

Разработан метод выбора оптимального схемного решения, отличающийся тем, что выбор проводится в нечётких условиях на основе многокритериального анализа вариантов при равновесных и неравновесных критериях по схеме Беллмана-Заде.

На защиту выносятся основные положения нового научного подхода к формированию технического облика ОЛВКТС, составляющие научную новизну работы, и результаты исследований.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и результатов базируется на накопленном опыте теоретических, расчётных и экспериментальных исследований, на применении апробированных методов нечёткой логики, а также подтверждена экспериментальными исследованиями макетного образца ОЛВКТС.

Практическая ценность работы В результате выполненных исследований для практического использования при проектировании вновь создаваемых ОЛВКТС:

- разработан комплекс практических методик, позволяющих формировать облик вновь создаваемых колёсных транспортных средств в условиях нечётких критериев и целей;
- определена номенклатура основных технических параметров, определяющих облик ОЛВКТС;
- определены перспективные значения основных определяющих параметров ОЛВКТС для горных условий эксплуатации.

Реализация результатов работы Материалы диссертационной работы внедрены в ФКУ НПО «СТиС» МВД России при разработке технических заданий на опытно-конструкторские работы, используются в учебном процессе на кафедре колёсных машин федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» и применяются при создании новых видов специального транспорта в ЗАО «ПП «Техника».

Апробация работы Основные положения и результаты диссертационной работы заслушивались и обсуждались: на научно-техническом семинаре кафедры колесных машин федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана»; на заседании научно-технического совета ФКУ НПО «СТиС» МВД России; на второй научно-практической конференции МВД России «Перспективы создания образцов вооружения и специальной техники нового поколения»; на первой Международной научно-практической конференции «СПЕЦ-ТРАНСПОРТ». Тема диссертации отражена в 6 научных работах, из них в журналах по Перечню ВАК – 2.

Структура работы Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных выводов и списка литературы. Работа изложена на 132 листах машинописного текста, содержит 64 рисунка, 34 таблицы. Библиография работы содержит 90 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулирована цель работы и приведено содержание выполненных исследований.

В первой главе проведен обзор трудов отечественных и зарубежных авторов, посвящённых вопросам формирования технического облика вновь создаваемых транспортных средств. Особенно выделены труды Б.Н.Белоусова, У.Ш.Вахидова, И.Ф.Дьякова, А.А.Ипатова, И.А.Плиева, Р.Беллмана, Л.Заде, Т.Саати, и труды научных школ МГТУ им. Н.Э.Баумана, 21 НИИИ МО РФ, НАМИ, ВУНЦ СВ.

Обзор и анализ исследований позволил провести поэтапный анализ процесса формирования технического облика вновь создаваемого транспортного средства. Блок-схема процесса приведена на рисунке 1.

Блок-схема процесса формирования технического облика ОЛВКТС

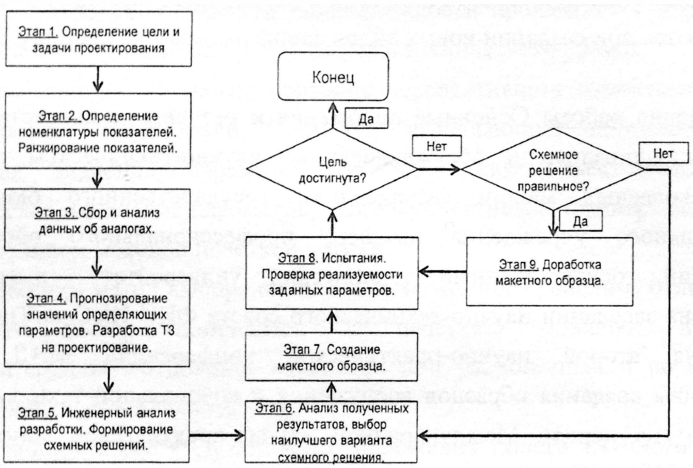


Рисунок 1 - Блок-схема процесса формирования технического облика ОЛВКТС

В работе описаны основные особенности и проблемы, возникающие на каждом из этапов процесса формирования технического облика ОЛВКТС.

Одной из основных задач при этом является определение

номенклатуры основных показателей ОЛВКТС, характеризующих его главные свойства.

Основные трудности, возникающие на этом этапе, заключаются в следующем:

- отсутствует чёткая методика формирования номенклатуры критериев, характеризующих технический уровень ОЛВКТС;
- отсутствуют чёткие границы, в которых должны находиться значения определяющих параметров;
- отсутствие методик чёткого ранжирования параметров по степени их важности требует привлечения экспертных нечётких оценок;
- весьма ограниченный объём информации практически исключает возможность применения статистических методов обработки предварительной информации.

В реальной практике при формировании требований технического задания часто приходится сталкиваться со случаями, когда нет возможности количественного обоснования тех или иных показателей, и степень проявления того или иного свойства можно оценить только на качественном уровне, например, «высокий уровень», «средний уровень», «низкий уровень».

В этих случаях для ранжирования показателей применяется экспертная оценка, исходя из попарного сравнения рассматриваемых параметров. Поэтому для решения задачи ранжирования определяющих параметров необходимо разработать метод, позволяющий вычислять степени принадлежности элементов тому или иному нечёткому терму на базе матрицы парных сравнений профессора Саати.

На этапе формирования базы данных об изделиях-аналогах в связи с весьма ограниченным объемом информации невозможно проводить статистический анализ численных значений полученных характеристик и уж тем более осуществлять известными статистическими методами прогноз изменения этих параметров на перспективу. С другой стороны, можно привлечь экспертов, которые могут оценить, каким должно быть значение определяющего параметра в «идеальном» случае.

Однако мнение экспертов в определённой степени носит субъективный характер. Единственная возможность – построение прогнозов на основе баланса мнений экспертов и объективных (пусть и малочисленных) данных об

изменении значения данного параметра во временной перспективе методами нечёткой логики.

В процессе анализа полученных схемных решений перспективных ОЛВКТС проводится многокритериальный анализ в условиях большого количества неопределённостей, когда цели и ограничения заданы нечёткими множествами. В данных условиях принятие решения – это выбор альтернативы, которая одновременно удовлетворяет и нечётким целям, и нечётким ограничениям. Решение задачи выбора оптимального схемного решения возможно с помощью теории принятия решений в нечётких условиях по схеме Беллмана-Заде на основе многокритериального анализа вариантов при равновесных и неравновесных критериях.

Проведенный анализ существующих конструкций и мирового опыта боевого применения ОЛВКТС позволил выявить основные тенденции развития подобных машин за рубежом, получить информацию о технических параметрах аналогов.

Также, с учётом анализа горных условий эксплуатации разрабатываемого ОЛВКТС, были проведены исследования по обоснованию номенклатуры основных технических параметров, определяющих облик ОЛВКТС, и сформулированы требования к возможным схемным решениям.

На основании изложенного для формирования технического облика ОЛВКТС были предложены восемь определяющих параметров.

Во второй главе разработана методика ранжирования показателей технического уровня ОЛВКТС с применением косвенных методов анализа экспертных заключений. Экспертный метод определения параметров весомости распространён достаточно широко и основан на обработке результатов опроса членов экспертной группы методами математической статистики. Разработанная методика направлена на снижение субъективности при определении рангов, однако, имеющиеся примеры показывают, что их объективность вызывает определённые сомнения.

Рассмотрим процедуру ранжирования оценочных показателей. Пусть A – некоторое свойство, которое рассматривается как лингвистический терм Нечёткое множество, с помощью которого формализуется терм A, представляет собой совокупность пар $A = \{\langle u_1, \mu_A(u_1)\rangle, \langle u_2, \mu_A(u_2)\rangle, ..., \langle u_n, \mu_A(u_n)\rangle\}$, где $U = \{u_1, u_2, ..., u_n\}$ - универсальное множество, на котором задается нечёткое

множество A. Задача состоит в том, чтобы определить значения $\mu_A(u_i)$ для всех $i=1,...,n$. Совокупность этих значений и будет составлять неизвестную функцию принадлежности. Метод, который предлагается для решения поставленной проблемы, базируется на идее распределения степеней принадлежности элементов универсального множества, согласно с их рангами. В нашем случае под рангом элемента $u_i \in U$ будем понимать число $r_A(u_i)$, которое характеризует значимость этого элемента в формировании свойства, описываемого нечётким термом.

Для последующих построений введём обозначения: $r_A(u_i) = r_i$, $\mu_A(u_i) = \mu_i$. Тогда правило распределения степеней принадлежности можно задать в виде системы соотношений:

$$\begin{cases} \dfrac{\mu_1}{r_1} = \dfrac{\mu_2}{r_2} = ... = \dfrac{\mu_n}{r_n}, \\ r_1 + r_2 + ... + r_n = 1. \end{cases} \qquad (1)$$

Используя данные соотношения, легко определить ранги r_i всех элементов универсального множества через степень принадлежности опорного элемента:

$$r_1 = (1 + \frac{1}{s_{12}} + \frac{1}{s_{13}} + ... + \frac{1}{s_{1n}})^{-1},$$

$$r_2 = (\frac{1}{s_{21}} + 1 + \frac{1}{s_{23}} + ... + \frac{1}{s_{2n}})^{-1}, \quad \frac{r_i}{r_j} = s_{ij}$$

.....

$$r_n = (\frac{1}{s_{n1}} + \frac{1}{s_{n2}} + \frac{1}{s_{n3}} + ... + 1)^{-1}. \qquad (2)$$

Постановка задачи прогноза изменений параметров заключается в следующем. Дана последовательность нечётких значений одной переменной, полученная в результате наблюдения в заданном интервале времени. Требуется идентифицировать тип изменения этой переменной T_r в следующем интервале времени. Тип изменения T_r переменной может быть задан в нечётких термах, используемых в задаче интерпретации, например: «Рост», «Падение», «Стабилизация» и др. Эта задача включает предварительное решение задачи построения модели рассматриваемого нечёткого временного ряда.

Предварительный анализ тенденций развития ОЛВКТС проводится группой экспертов на основе знаний технических характеристик аналогов. Задача экспертов – оценить, насколько быстро растет тот или иной определяющий параметр в зависимости от года разработки изделия-аналога, и насколько, по мнению эксперта, достигнутый уровень близок к идеальному значению.

Для прогнозирования значения определяющего параметра методами нечёткой логики введём две входные лингвистические переменные X_1 и X_2:

1) X_1: тенденция роста параметра;
2) X_2: степень близости достигнутого уровня к идеальному значению.

Введём также одну выходную переменную Y: прогноз роста.

Значение входной переменной X_1 характеризует темп роста данного определяющего параметра за рассматриваемый период времени. Значение входной переменной X_2 – это мнение авторитетного эксперта относительно того, каким должно быть значение данного параметра в «идеальном» случае.

Таким образом, данная методика позволяет построить прогноз изменения значения параметра, учитывая как объективные факторы (фактическое изменение параметра), так и субъективные (экспертная оценка). Термы для лингвистических переменных приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Термы для лингвистических переменных

Лингвистическая переменная	Термы
X_1: тенденция роста параметра	низкий, ниже среднего, средний, выше среднего, высокий
X_2: степень близости достигнутого уровня к идеальному значению	далёк от идеала, приближается к идеалу, почти идеал
Y: прогноз роста	низкий, ниже среднего, средний, выше среднего, высокий

Для завершения процедуры фаззификации построены функции принадлежности для каждой лингвистической переменной на основе экспертной информации.

Следующий этап прогнозирования – разработка нечётких правил. Большинство нечётких систем используют продукционные правила, связывающие лингвистические переменные. Совокупность таких правил

описывает стратегию принятия решения, применяемую в данной задаче (таблица 2).

Таблица 2 - Таблица нечётких правил для прогнозирования значения определяющего параметра

		Степень близости к идеалу		
		Далёк от идеала	Приближается к идеалу	Почти идеал
Тенденция роста параметра	Низкий	Низкий	Низкий	Низкий
	Ниже среднего	Ниже среднего	Низкий	Низкий
	Средний	Средний	Ниже среднего	Низкий
	Выше среднего	Выше среднего	Средний	Низкий
	Высокий	Высокий	Средний	Низкий

Процесс вычисления нечёткого правила называется нечётким логическим выводом и подразделяется на два этапа: обобщение и заключение. В работе использовался алгоритм нечёткого логического вывода Мамдани.

В результате логического вывода по *j*-му правилу получаем нечёткое значение выходной переменной Y_j:

$$\mu_j(Y) = \min[\mu_j(X_1),\ \mu_j(X_2)]. \tag{3}$$

где $\mu_j(X_1),\ \mu_j(X_2)$ - значение функций принадлежности по *j*-му правилу для входных переменных X_1 и X_2 соответственно.

Если множество термов L является «размытым», то результатом нечёткого логического вывода может быть несколько термов $\mu_j(Y)$ выходной переменной. В этом случае наряду с операцией импликации для каждого значения $\mu_j(Y)$ необходимо провести операцию агрегирования (объединения) нечёткого множества $\mu(Y) = [\mu_1(Y),\ \mu_2(Y),\ldots,\ \mu_n(Y)]$, которая обычно реализуется операцией взятия максимума.

На последнем этапе необходимо осуществить переход от нечётких значений выходной величины Y значения прогноза определяющего параметра к четкому числовому значению. Эта операция называется дефаззификацией (устранением нечёткости). В работе применяется дефаззификация по методу центра тяжести. При этом четкое значение определяется как проекция центра

тяжести фигуры, ограниченной функциями принадлежности выходной переменной с допустимыми значениями, по формуле

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^{n} u_i \cdot \mu(u_i)}{\sum_{i=1}^{n} \mu(u_i)} \quad (4)$$

В работе рассмотрен процесс принятия решений в условиях неопределённости, когда цели и ограничения заданы нечёткими множествами. Принятие решения - это выбор альтернативы, которая одновременно удовлетворяет и нечётким целям, и нечётким ограничениям.

На предыдущих этапах выполнения работ по формированию технического облика ОЛВКТС были определены:

$X = \{x_1, x_2, ..., x_k\}$ - множество вариантов, которые подлежат многокритериальному анализу;

$G = \{G_1, G_2, ..., G_n\}$ - множество количественных и качественных критериев, которыми оцениваются варианты.

Задача многокритериального анализа состоит в упорядочивании элементов множества X по критериям из множества *G*. Пусть $\mu_{G_i}(x_j)$ - число в диапазоне [0,1], которое характеризирует уровень оценки варианта $x_j \in X$ по критерию $G_i \in G$: чем больше число $\mu_{G_i}(x_j)$, тем выше оценка варианта x_j по критерию G_i, $i = 1,..n$, $j = 1,...,k$. Тогда критерий G_i можно представить в виде нечёткого множества $\tilde{G}_i$ на универсальном множестве вариантов *X*:

$$\tilde{G}_j = \left(\frac{\mu_{G_i}(x_1)}{x_1}, \frac{\mu_{G_i}(x_2)}{x_2}, ..., \frac{\mu_{G_i}(x_k)}{x_k} \right), \quad (5)$$

где $\mu_{G_i}(x_j)$ - степень принадлежности элемента x_j нечеткому множеству $\tilde{G}_i$. Наилучшим вариантом будем тот, который одновременно лучший по всем критериям. Нечёткое решение $\tilde{D}$ находится как пересечения частных неравновесных критериев

$$\widetilde{D}=\left(\frac{\min\limits_{i=1,n}(\mu_{G_i}(x_1))^{r_i}}{x_1},\frac{\min\limits_{i=1,n}(\mu_{G_i}(x_2))^{r_i}}{x_2},...,\frac{\min\limits_{i=1,n}(\mu_{G_i}(x_k))^{r_i}}{x_k}\right), \quad (6)$$

где r_i - коэффициент относительной важности критерия G_i, $r_1+r_2+...+r_n=1$.

Третья глава посвящена практическому формированию технического облика ОЛВКТС для горных условий эксплуатации. Сначала были вычислены ранги определяющих параметров, которые приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Коэффициенты весомости (ранги) параметров, определяющих технический облик ОЛВКТС

№	Определяющий параметр	Значения коэффициентов весомости (ранги)
1	Максимальная скорость движения	0,03
2	Запас хода	0,13
3	Удельная мощность	0,03
4	Дорожный просвет	0,11
5	Угол преодолеваемого подъема	0,11
6	Угол поперечной устойчивости	0,44
7	Габаритная высота	0,04
8	Удельная грузоподъемность	0,11

Далее проведено прогнозирование значений определяющих параметров. По результатам обработки мнений экспертов определены функции принадлежности для входных переменных (рисунки 2 – 3).

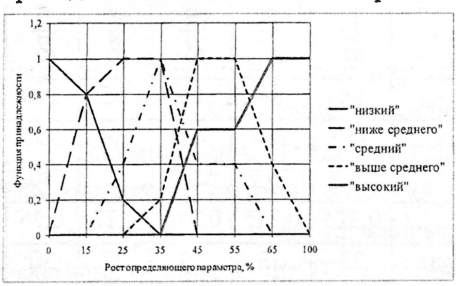


Рисунок 2 – Функции принадлежности входной переменной X_1

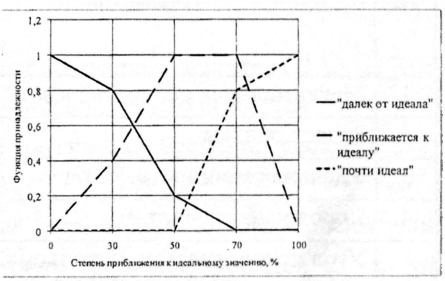


Рисунок 3 - Функции принадлежности входной переменной X_2

Перейдем к процедуре фаззификации. Определены значения входных лингвистических переменных X_1: «Тенденции роста параметра» и X_2: «Степень близости к идеалу» на основании прогноза экспертов и значений функций принадлежности. Результаты прогнозирования значений определяющих параметров приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Результаты прогнозирования значений определяющих параметров

Параметр	Численное значение
Удельная мощность	50 кВт/т
Максимальная скорость	~150 км/ч
Удельная грузоподъемность	0,7
Запас хода	1500 км
Дорожный просвет	0, 42 м
Угол преодолеваемого подъема	35 градусов
Угол поперечной устойчивости	40 градусов
Габаритная высота	1600 мм

В соответствии с требованиями к перспективным ОЛВКТС и, применив отечественные узлы и агрегаты, были смоделированы пять вариантов компоновок, отличающихся типом силовой установки, расположением моторно-трансмиссионного, массогабаритными характеристиками. Значения определяющих параметров приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Значения определяющих параметров для разработанных вариантов схемных решений ОЛВКТС

№	Параметр	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5
1	Максимальная скорость , км/ч	86	86	86	95	110
2	Запас хода, км	750	750	750	500	900
3	Удельная мощность, кВт/т	36,7	36,7	36,7	42	40
4	Дорожный просвет, м	0,315	0,315	0,315	0,27	0,26
5	Угол преодолеваемого подъема, град	23	23	23	27	30
6	Угол поперечной устойчивости, град	32	34	34	35	38
7	Габаритная высота, мм	1750	1680	1680	1880	1609
8	Удельная грузоподъемность	0,35	0,35	0,35	0,3	0,44

Нечёткое решение $\tilde{D}$ находим по формуле для неравновесных критериев в результате получаем следующее значение.

$$\tilde{D} = \left\{ \frac{0,33}{x_1}, \frac{0,43}{x_2}, \frac{0,43}{x_3}, \frac{0,45}{x_4}, \frac{0,71}{x_5} \right\}, \quad (7)$$

которое свидетельствует о преимуществе проекта №5 (рисунок 4) над всеми остальными.

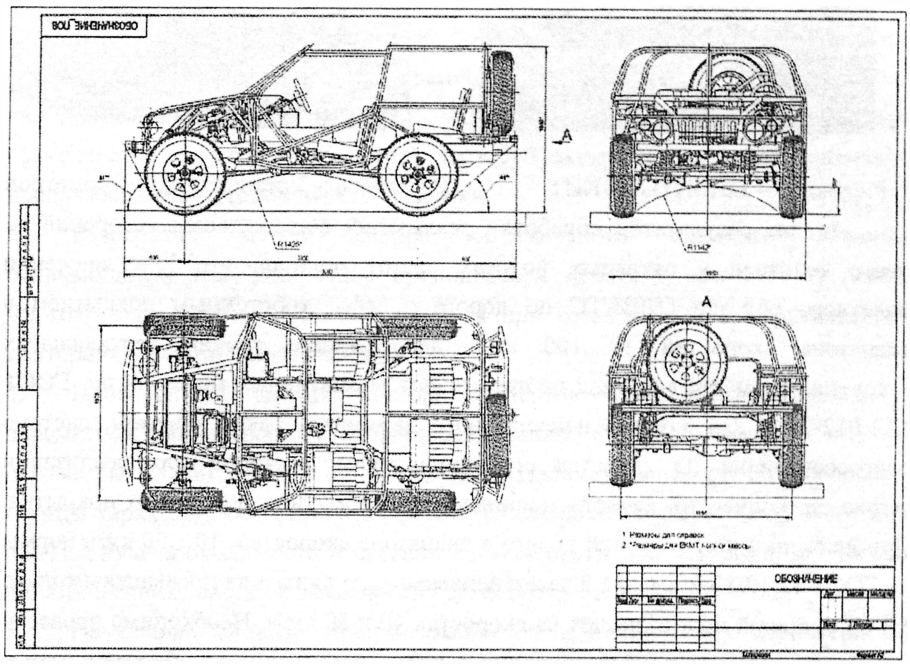


Рисунок 4 - Вариант №5: компоновка с использованием двигателя ВАЗ -2170 и КПП УАЗ – Patriot с передним расположением агрегатов

Таким образом, проект №5 лучше других одновременно удовлетворяет всем критериям с учетом их важности.

В четвёртой главе представлены результаты ходовых испытаний макетного образца ОЛВКТС, изготовленного по конструктивной схеме №5 (рисунок 5). Экспериментальные исследования проводились на контрольно-испытательных трассах (КИТ) НИЦ АТ 3 ЦНИИ МО РФ и заключались в определении уровня вертикальных виброускорений на месте водителя (рисунок

б) при движении по различным типам дорог с различными скоростями движения. Также проводились исследования тягово-динамических качеств макетного образца.



Рисунок 5 – ОЛВКТС на КИТ

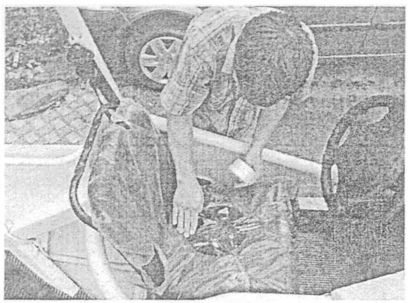


Рисунок 6 – Установка акселерометров

Анализ результатов обработки реализаций вертикальных ускорений на месте водителя в октавных полосах частот показал, что при движении макетного образца ОЛВКТС по дороге с асфальтобетонным покрытием в диапазоне скоростей 10…100 км/ч действующие уровни вертикальных ускорений на месте водителя не превышают нормативных значений по ГОСТ 12.1.012-2004 для 8 часов непрерывного движения. Таким образом, система подрессоривания не является ограничивающим фактором для реализации тягово-динамических качеств машины на данном типе дорожного покрытия. При движении по грунтовой дороге в диапазоне скоростей 10…50 км/ч нормы по ГОСТ 12.1.012-2004 для 2 часов непрерывного движения превышены только в 3-ей октавной полосе частот на скоростях 40 и 50 км/ч. Необходимо провести доработку системы подрессоривания в плане повышения ее энергоемкости с целью повышения максимальной скорости движения ОЛВКТС на грунтовых дорогах при ограничениях со стороны системы подрессоривания.

Тяговые качества автомобиля проверялись по времени разгона автомобиля до максимальной скорости на дороге с асфальтобетонным покрытием. Установлено, что максимальная скорость макетного образца ОЛВКТС составила 104 км/ч.

Для проверки правильности разработки элементов было проведено исследование пути свободного качения (выбега) автомобиля с установившейся

скорости 50 км/ч до полной остановки, которое составило 402,4 м, что также является приемлемым результатом.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Разработан метод ранжирования показателей технического уровня ОЛВКТС с применением косвенных методов анализа экспертных заключений, отличающийся тем, что при выводе соотношений для правил распределения степеней принадлежности производится нормирование коэффициентов ранжирования показателей технического уровня.

2. Разработан метод прогнозирования перспективного изменения основных определяющих показателей во времени, позволяющий построить прогноз изменения значения параметра, учитывая как объективные факторы (фактическое изменение параметра), так и субъективные (экспертная оценка), с использованием методов нечёткой логики.

3. Разработан метод выбора оптимального схемного решения, отличающийся тем, что выбор проводится в нечётких условиях на основе многокритериального анализа вариантов при равновесных и неравновесных критериях по схеме Беллмана-Заде.

4. Проведенный анализ мнений экспертов относительно значимости параметров, определяющих технический облик ОЛВКТС показал, что все параметры можно разбить на три группы. Параметры первой по значимости группы характеризуют стойкость ОЛВКТС к опрокидыванию, второй группы- профильную проходимость и степень автономности, третьей группы - тягово-динамические свойства и заметность ОЛВКТС.

5. На основе анализа мнений экспертов и технических характеристик ОЛВКТС аналоговой группы методами нечёткого прогнозирования установлено, что перспективные значения основных определяющих параметров ОЛВКТС для горных условий эксплуатации имеют следующие значения: удельная мощность 50 кВт/т; максимальная скорость 150 км/ч; удельная грузоподъемность 0,7; запас хода 1500 км; дорожный просвет 0,42 м; угол преодолеваемого подъема 35°; угол наклона 40°; габаритная высота 1600 мм.

6. Методами экспериментального исследования установлено, тягово-динамические характеристики, вибрационные нагрузки и схема подвески разработанного макетного образца подтверждают правильность выбранного варианта схемного решения создания ОЛВКТС.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОТРАЖЕНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ

1. Ударная машина пехоты: заявка: 2008131361/02 Российская Федерация: МПК F41H7(2006.01)/ Калимулин М.Р.; патентообладатели Калимулин М.Р., Свищев А.А. - №2404399; заявл. 29.07.2008; опубл. 20.11.2010, Бюл. № 32 – 10 с.
2. Кубасов И.А., Калимулин М.Р., Калугин А.В. Спецтехника и связь: новые технологии на службе полиции //Журнал «Научно-технический портал МВД России». 2012. №1. С.5-8.
3. Жилейкин М. М., Калимулин М. Р., Мирошниченко А. В. Прогнозирование значений определяющих показателей при формировании технического облика особо лёгких высокоподвижных колесных транспортных средств // Электронный журнал «Вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана». 2012. Выпуск 10 (10) ISSN 2305-5626. URL: http://vestnik.bmstu.ru/catalog/ machin/transport/408.html.
4. Жилейкин М. М., Калимулин М. Р., Мирошниченко А. В. Методика ранжирования показателей технического уровня особо лёгких высокоподвижных колесных транспортных средств для горных условий эксплуатации с применением косвенных методов анализа экспертных заключений // Электронный журнал «Вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана». 2012. Выпуск 10 (10) ISSN 2305-5626. URL: http://vestnik.bmstu.ru/catalog/ machin/transport/409.html.
5. Калимулин М. Р. Анализ процесса формирования технического облика особо лёгких высокоподвижных колёсных транспортных средств для горных условий эксплуатации. [Электронный ресурс]: Электронное научно-техническое издание: наука и образование. 2012. Выпуск 11, № 10.7463/1112.0465856. URL: http://technomag.edu.ru/doc/ 465856.html.
6. Жилейкин М. М., Калимулин М. Р., Мирошниченко А. В. Методика выбора оптимального схемного решения в нечётких условиях на основе многокритериального анализа вариантов при равновесных и неравновесных критериях. [Электронный ресурс]: Электронное научно-техническое издание: наука и образование. 2012. Выпуск 12, № 10.7463/ 1212.0465867. URL: http://technomag.edu.ru/doc/ 465867.html.