

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАЧИМОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ КОЛЕСНОГО ШАССИ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ТЯЖЕЛОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**С.В. Шаповалов**

ORCID: 0000-0003-3551-715X e-mail: ser150386@mail.ru

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

*Москва, Россия*

Исследованы эксплуатационные свойства колесного шасси для транспортировки тяжелого оборудования с применением метода анализа иерархий (МАИ). Разработана подробная номенклатура эксплуатационных свойств, охватывающая как технические, так и функциональные аспекты шасси (подвижность, живучесть и их производные разных уровней). Для каждого критерия проведен подробный анализ, описаны детали и дополнительные параметры, влияющие на него. Ранжированы свойства по степени их значимости. Установлено, что ключевым критерием при оценке колесного шасси специальных транспортных средств является опорная проходимость.

Определено, что оптимальным вариантом колесного шасси для транспортировки тяжелого оборудования является КамАЗ-65221 с трехосным полуприцепом, так как он в наибольшей степени соответствует ключевым критериям, в частности, опорной проходимости. Полученные результаты демонстрируют эффективность применения метода анализа иерархий для решения задач сравнительной оценки эксплуатационных свойств специальной техники и могут быть использованы при модернизации существующих или разработке новых образцов шасси.

**Ключевые слова:** колесное шасси; эксплуатационные свойства; метод анализа иерархий; экспертная оценка; многокритериальный анализ; парные сравнения; техническая надежность; иерархическая структура; технические системы; приоритетное техническое решение.

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Шаповалов, С.В. Применение метода анализа иерархий для оценки значимости эксплуатационных свойств колесного шасси для транспортировки тяжелого оборудования // Труды НГТУ им. П.Е. Алексеева. 2026. № 1. С. 124-132. DOI: 10.46960/1816-210X\_2026\_1\_124 EDN: IRKYCT

## ANALYTIC HIERARCHY PROCESS APPLICATION TO ASSESS IMPORTANCE OF PERFORMANCE PROPERTIES OF WHEELED CHASSIS FOR TRANSPORTING HEAVY EQUIPMENT

**S.V. Shapovalov**

ORCID: 0000-0003-3551-715X e-mail: ser150386@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University

*Moscow, Russia*

**Abstract.** The article investigates the performance properties of a wheeled chassis for transporting heavy equipment using the analytic hierarchy process (AHP). A detailed nomenclature of performance properties has been developed, covering both technical and functional aspects of the chassis, such as mobility, survivability and their derivatives at different levels. A detailed analysis is carried out for each criterion, describing the details and additional parameters that influence it. The properties are ranked according to their degree of importance. It has been established that flotation ability is a key criterion when evaluating the wheeled chassis of special vehicles.

It has been determined that the KAMAZ-65221 with a three-axle semi-trailer is the optimal wheeled chassis option for transporting heavy equipment, as it best meets key criteria, in particular, flotation ability. The obtained results demonstrate the effectiveness of the application of the analytic hierarchy process for solving problems of comparative assessment of the operational performance of special vehicles and can be used in the modernization of existing or the development of new chassis models.

**Ключевые слова:** wheeled chassis; performance properties; analytic hierarchy process; expert assessment; multicriteria analysis; paired comparisons; technical reliability; hierarchical structure; technical systems; priority technical solution.

**FOR CITATION:** S.V. Shapovalov. Analytic hierarchy process application to assess importance of performance properties of wheeled chassis for transporting heavy equipment. Transactions of NNSTU n.a. R.E. Alekseev. 2026. № 1. Pp. 124-132. DOI: 10.46960/1816-210X\_2026\_1\_124 EDN: IRKYCT

## Введение

При проведении сравнительного анализа колесных шасси с различными конструктивно-компоновочными решениями используется множество различных методик. Рассмотренные в [1, 2] методы интегральной оценки, несмотря на их распространенность, характеризуются существенными ограничениями: высокой ресурсоемкостью, фрагментарностью учитываемых параметров, значительной долей субъективизма в весовых коэффициентах и низкой релевантностью для задач этапа НИОКР.

Метод анализа иерархий (МАИ) позиционируется в области проектирования специальных транспортных средств как системный инструмент для многокритериальной оценки, применяемый на всех этапах – от стратегического планирования НИР до тактического выбора компонентов и конечных изделий. Ключевая компетенция метода заключается в его способности структурировать сложные решения в виде иерархии, для которой осуществляется количественное определение значимости элементов с учетом совокупности разнородных показателей, включая количественные и качественные атрибуты [3, 4]. Универсальность МАИ обеспечивает его действенность при проведении комплексного анализа, оперирующего разнотипными данными.

В настоящее время МАИ получил широкое распространение при решении задач, связанных с выбором и обоснованием перспективных направлений развития в области специальных машин. Он активно применяется при оценке и выборе колесных шасси для разработки унифицированных семейств специальной техники, а также при сравнении и выборе конкретных образцов специализированных машин с учетом множества критериев. Структура иерархии свойств при применении МАИ формируется с учетом особенностей конкретного сравнительного анализа. Глубина проработки и число учитываемых показателей определяются степенью детализации рассматриваемых альтернатив. В современных исследованиях МАИ занимает ключевое положение среди подходов к оценке эксплуатационных характеристик и технического совершенства специальных транспортных средств [5-11].

### Краткий обзор математического аппарата метода анализа иерархий (МАИ)

МАИ представляет собой эффективный инструмент для сложных многофакторных задач выбора и принятия решений. В его основе лежит принцип разбиения общей проблемы на более простые элементы, связанные между собой в виде многоуровневой иерархической структуры [12]. Верхний уровень такой структуры занимает главная цель, а нижние – критерии, подкритерии и возможные альтернативы решений.

Основным математическим подходом, используемым в МАИ, является метод попарных сравнений элементов на каждом из уровней. Эти сравнения проводятся с помощью специальной шкалы относительной важности, предложенной Саати. В результате формируются квадратные обратно-симметричные матрицы, каждая ячейка которых отражает степень предпочтения одного элемента над другим, оцениваемую экспертами.

После формирования матриц парных сравнений рассчитываются приоритеты элементов иерархии. Для этого определяют собственные векторы матриц, соответствующие их максимальным собственным значениям. Они отражают относительную значимость (приоритет) элементов, и после нормирования позволяют получить конкретные количественные оценки степени влияния каждого критерия и альтернативы на решение поставленной задачи. Упрощенный подход расчета таких векторов заключается в использовании среднего геометриче-

ского значений в строках матриц. Для обеспечения достоверности и надежности результатов парных сравнений проводится проверка их внутренней согласованности. Согласованность оценок измеряется через специальные показатели: индекс согласованности и случайный индекс, которые затем объединяются в интегральный показатель – отношение согласованности. Данный показатель позволяет понять, насколько экспертные оценки логичны и приемлемы. При превышении допустимого значения отношения согласованности экспертам рекомендуется пересмотреть свои оценки для устранения внутренних противоречий.

На заключительном этапе вычисляется глобальный приоритет каждого критерия, который отражает его значимость в общей иерархической структуре. Это достигается последовательным перемножением значений приоритетов, начиная с текущего критерия и заканчивая главным (верхним) уровнем иерархии. Подобная операция позволяет получить единую, комплексную количественную оценку значимости критерия во всей системе. Итоговым шагом становится расчет итоговой приоритетности альтернатив. Глобальные приоритеты критериев перемножаются с локальными приоритетами альтернатив по каждому из них и суммируются, формируя интегральную оценку предпочтительности каждого из возможных решений. По полученным значениям выбирается наиболее предпочтительная альтернатива.

Таким образом, МАИ дает возможность интегрировать как количественные, так и качественные показатели, сочетая при этом объективные данные и субъективные оценки экспертов, что делает его удобным и надежным инструментом при принятии решений в сложных многофакторных задачах.

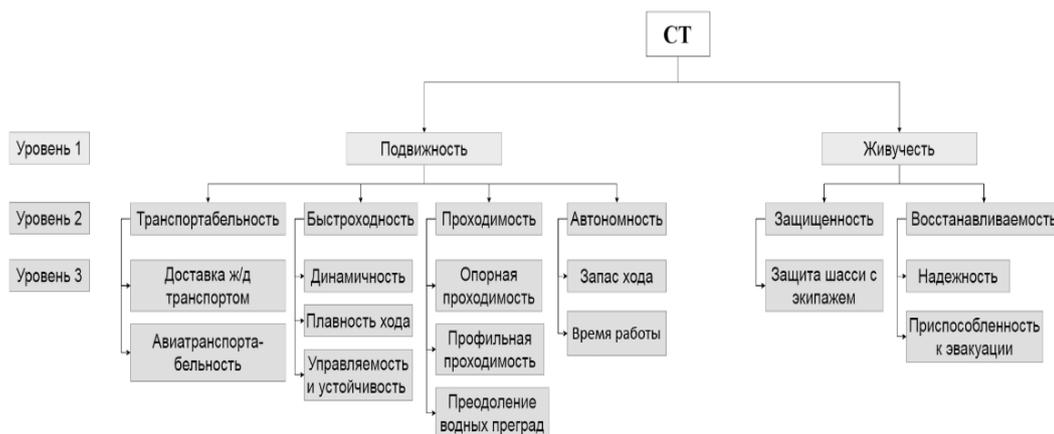
### **Определение перечня эксплуатационных параметров колесной платформы тяжеловозного назначения**

Процедура формирования перечня свойств объекта была реализована на основе системного анализа, в рамках которого ключевыми детерминантами выступили функционально-эксплуатационные параметры. Они были идентифицированы для класса специальных технических систем, целевое назначение которых заключается в эксплуатации и работе с тяжелым оборудованием. Для специальной техники принципиально необходимо шасси, обладающее высокими показателями мобильности, маневренности и проходимости, которое должно гарантировать оперативное перемещение в пределах занимаемой территории, а также быстрое развертывание в новом позиционном районе – как маршем, так и с использованием железнодорожного или воздушного транспорта. Помимо этого, к важнейшим требованиям относятся надежная защита экипажа и высокая эксплуатационная надежность шасси в разнообразных условиях. Перечисленные характеристики в совокупности определяют эффективность специальных машин при решении боевых задач, в связи с чем в рамках оценочной системы были выделены три ключевых свойства, выступающих в качестве основных критериев: мобильность, огневая мощь и живучесть [2]. Визуальное представление иерархии критериев дано на рис. 1. Детальный анализ и описание составляющих ее атрибутов приведены в следующих разделах работы.

### **Дескрипция параметров, образующих иерархическую модель**

Для транспортных средств, предназначенных для перевозки тяжелого оборудования, были выбраны следующие критерии оценки для выполнения специальных задач: подвижность и живучесть.

*Подвижность* – это способность транспортного средства быстро передвигаться, выражающаяся в средней скорости и времени, необходимом для развертывания и свертывания. Под данным понятием подразумевается возможность перемещения из одной точки в другую в установленные сроки. Подвижность как комплексная характеристика структурируется по следующим уровням реализации: стратегический, оперативный и тактический. Критериальная база оценки подвижности формируется ключевыми параметрами: транспортабельностью, быстроходностью, проходимостью и автономностью [3].



**Рис. 1. Многоуровневая система оценочных показателей для специальной транспортной техники**

**Fig. 1. Multi-level system of evaluation indicators for special transport equipment**

Проектирование образцов ВАТ должно учитывать императив транспортабельности как ключевого условия обеспечения мобильности войск. Данное требование реализуется посредством унификации массогабаритных и конструктивных параметров, обеспечивающей совместимость с различными видами транспорта. В структуре критериев транспортабельности, исходя из анализа условий перевозки, были выделены два ключевых компонента: железнодорожные перевозки и доставка авиационным транспортом.

Параметр «быстроходность» операционализируется через три группы свойств: динамичность (прямолинейная быстроходность), плавность хода и управляемость. Набор показателей, характеризующих динамичность, включает экстремальные и средние значения скоростей на различных типах дорожного покрытия, максимальный динамический фактор и экстремальные значения кинематических параметров (ускорение/замедление). Плавность хода представляет собой ключевое эксплуатационное свойство транспортного средства, характеризующее его способность перемещаться по дорогам и пересеченной местности с установленными скоростными режимами при минимальном воздействии ударов, толчков и ограниченной амплитуде колебаний корпуса. Это свойство напрямую влияет на сохранение нормального физиологического состояния экипажа и пассажиров, обеспечивает целостность и сохранность перевозимых грузов, а также поддерживает стабильную работу всех систем и механизмов автомобиля. Она является комплексным показателем, определяющим безопасность, комфорт и надежность эксплуатации транспортного средства в различных дорожных условиях. Критерием оценки плавности хода выступает среднеквадратичное отклонение (СКО) вертикальных виброускорений экипажа. Криволинейное движение определяется совокупностью динамических свойств: управляемости и устойчивости [1].

Адекватность реакции параметров движения транспортного средства на управляющие воздействия характеризуется его свойством управляемости. Оценка данного свойства в соответствии с теорией испытаний автомобильной техники базируется на следующих показателях: статическая траекторная управляемость, где наблюдается функциональная зависимость кривизны траектории от угла поворота рулевого колеса; усилие фиксации рулевого колеса, требуемое как в статическом, так и в установившемся криволинейном режимах; а также совокупность предельных скоростных характеристик, включающая скорость входа в поворот, выполнения маневра «переставка», движения по траектории с фиксированным радиусом и критическую скорость, при которой происходит потеря устойчивости.

Способность транспортного средства к автономному движению в условиях пересеченной местности, характеризуемой неоднородностью грунтов и наличием препятствий, формирует комплексное свойство, определяемое как проходимость. Его количественная

оценка основывается на следующих параметрах: поддержание регламентированной средней скорости на грунтах с низкой несущей способностью; преодоление препятствий (подъемы, спуски, косогоры, рвы) в установленных пределах; движение по слабым грунтам и участкам с геометрическими ограничениями; а также способность к форсированию водных преград вброд без нарушения работоспособности систем.

Перечисленные выше критерии были объединены в три группы: профильная проходимость, опорная проходимость, и преодоление водных преград [2]. Опорная проходимость характеризует способность транспортного средства сохранять подвижность на грунтах с ограниченной несущей способностью. Количественная оценка данного свойства осуществляется по значению средней скорости на деформируемых покрытиях (размокшие и заснеженные грунтовые дороги, колонные пути), тогда как качественная оценка фиксирует способность к преодолению локальных зон с критическим сопротивлением движению.

Профильная проходимость лимитируется геометрическими и маневренными характеристиками транспортного средства. Ее параметризация включает следующие показатели [2]: предельные углы подъема и спуска; критические углы статического и динамического крена; максимальная высота вертикального порогового препятствия; максимальная ширина преодолеваемого рва; минимальный радиус поворота при преодолении препятствия.

Водопреодолевающая способность (при движении вброд) определяется максимальной глубиной водной преграды, при которой гарантируется сохранение функциональности силовой установки и ключевых систем транспортного средства. Автономность системы характеризуется совокупностью ее мобильности, определяемой запасом хода по топливу, и оперативной готовности, задаваемой продолжительностью независимой работы целевой аппаратуры, достаточной для выполнения функциональных задач.

Комплексное свойство *живучести* проявляется в способности объекта сохранять и оперативно восстанавливать боеспособность после поражающих воздействий. Концептуальная модель свойства включает две составляющие: защищенность (противодействие средствам поражения) и восстанавливаемость (оптимизация времени восстановления работоспособности). Оценка компонента защищенности осуществляется по степени защищенности основных структурных элементов: шасси, экипажа и систем вооружения.

Восстанавливаемость определяет потенциал вооружения и военной техники к быстрому возобновлению боевых и функциональных качеств после их нарушения вследствие боевых повреждений или технических сбоев. Система оценки данного атрибута базируется на двух синтетических показателях: структурной безотказности объекта (надежности) и его подготовленности к эвакуационным операциям.

Надежность представляет собой системное свойство технического объекта, детерминирующее его способность к сохранению установленных значений параметров и характеристик в течение регламентированного периода эксплуатации. Данная характеристика обеспечивает выполнение объектом предписанных функций в условиях номинальных режимов работы, внешних воздействий, а также при проведении операций технического обслуживания, хранения и транспортирования в соответствии с нормативно-технической документацией.

Как было сказано выше, система свойств надежности обладает адаптивной структурой, конфигурация которой определяется эксплуатационным назначением объекта и внешними операционными условиями. Ядро системы составляют взаимообусловленные компоненты: безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость, способные образовывать ситуативно-обусловленные конфигурации.

Эвакуация поврежденной техники представляет собой комплекс мероприятий: от поиска и извлечения поврежденного оборудования до его транспортировки в ремонтные зоны или к пунктам погрузки на другой транспорт. Приспособленность к эвакуации предполагает наличие: стандартных точек крепления буксировочных средств; минимального количества операций, необходимых для подготовки техники к перемещению; взаимодействия со средствами технической помощи (эвакуаторы, тягачи, транспортно-ремонтные машины).

### Результаты экспертной оценки

Для установления количественных значений весовых коэффициентов оценочных показателей было организовано экспертное исследование с участием 25 профильных специалистов, имеющих опыт в сфере конструирования и эксплуатации колесных шасси. Результаты оценки на основе МАИ Т. Саати приведены на диаграмме (рис. 2).

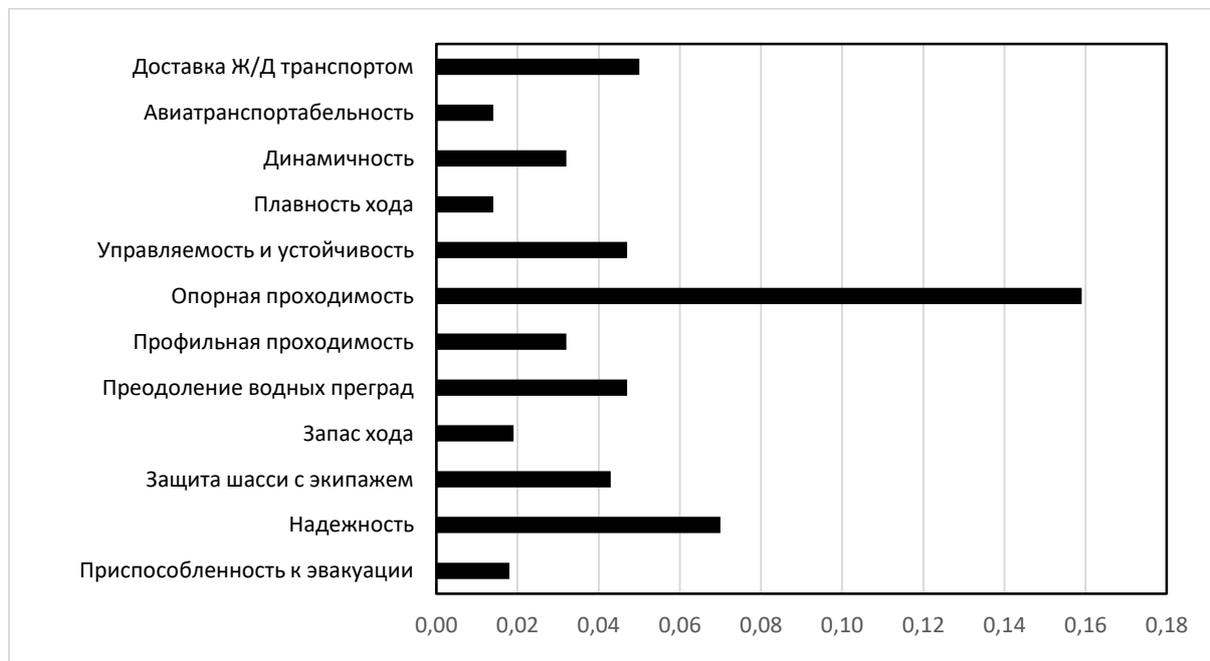


Рис. 2. Глобальные приоритеты критериев

Fig. 2. Global priorities for criteria

Анализ результатов позволяет сделать вывод, что ключевым критерием, определяющим эффективность, выступает опорная проходимость. Именно она имеет наибольшее значение при выборе колесного шасси для транспортировки тяжелого оборудования.

### Выбор колесного шасси по результатам проведенной оценки

На основе результатов экспертной оценки был проведен выбор наиболее подходящей модели колесного шасси, в качестве основного критерия принимался уровень опорной проходимости. Такой подход позволяет обеспечить соответствие выбранной конструкции требованиям к передвижению в условиях ограниченной проходимости и повышенной сложности рельефа. В рамках данной работы сравнены варианты шасси для транспортировки тяжелого оборудования, а именно КамАЗ-6505, БАЗ-6909 и активный автопоезд с тягачом КамАЗ-6505. Их ключевые эксплуатационные характеристики представлены в табл. 1 [1].

Результаты компаративного исследования свидетельствуют о достижении активным автопоездом с тягачом КамАЗ-6560 максимальных значений в категории опорной проходимости. Критически значимыми эксплуатационными характеристиками данной транспортной платформы являются: минимизация осевых нагрузок, повышенная топологическая проходимость и увеличенный запас устойчивости. Конструкция шасси обладает свойством функциональной адаптивности, обеспечивающей как автономную эксплуатацию полуприцепа в стационарном режиме, так и реализацию модульной конфигурации силового агрегата. Корреляционный анализ верифицирует гипотезу о целесообразности применения активного автопоезда на базе КамАЗ-6560 в качестве оптимального транспортного решения для перемещения тяжелогрузного оборудования, удовлетворяющего полной номенклатуре релевантных эксплуатационных параметров.

**Таблица 1.**  
**Сравнение характеристик**

**Table 1.**  
**Comparison of characteristics**

	<b>КамАЗ-6560</b>	<b>БАЗ-6909</b>	<b>Активный автопоезд с тягачом КамАЗ-6560</b>
Колесная формула	8x8.1	8x8.1	12x12
Формула рулевого управления	1-2-00	1-2-00	1-2-00
Колея колес, мм	2086	2217	2086
База, мм	7140	7350	17020
Расстояние между осями, мм	2060+3640+1440	2200+3700+1450	2060+4400+1440+ +7560+1560
Габаритные размеры, мм:			
- длина	10080	11760	19960
- ширина	2550	2750	2550
- высота по крыше кабины	3230	2850	3230
Внешний габаритный радиус поворота, мм	16200	14000	-
Передний свес, мм	1405	2500	1415
Задний свес, мм	1345	1800	1840
Снаряженная масса, кг	13250	18200	13250+7000
Грузоподъемность, кг	21550	18000	21550+25000
Полная масса, кг	35000	36500	66800
Радиус колес, мм	635	675	635, 530
Наибольшая глубина преодолеваемого брода, мм	1800	1400	-
Угол преодолеваемого подъема, град	31	30	-
Максимальная скорость, км/ч	90	80	90 – тягач 70 – полуприцеп
Силовая установка			
- тип	ДВС	ДВС	ДВС+электро-мотор
- модель	КАМАЗ-740.37-400	ЯМЗ-849.10	
- мощность, л.с. (кВт)	400 (294)	500 (368)	
- крутящий момент, Н·м (кгс·м)	1766 (180)	1960 (200)	
Трансмиссия	автоматическая 9-ти ступенчатая	механическая 9-ти ступенчатая	тягач – автоматическая 9-ти ступенчатая, полуприцеп – бесступенчатая передача

### Заключение

Проведено системное исследование эксплуатационных характеристик колесных шасси тяжелогрузных транспортных платформ. Разработана многоуровневая критериальная модель, позволившая провести структурированный анализ и количественно оценить влияние различных факторов на интегральный показатель эксплуатационной эффективности.

Применение методов экспертного оценивания с последующим ранжированием позволило установить доминирующую роль критерия опорной проходимости в общей системе оценок. Данное положение подтверждает определяющее значение параметров статической устойчивости и динамической маневренности шасси в реальных условиях эксплуатации.

Полученные результаты обеспечивают научно обоснованный выбор активного автопоезда КамАЗ-6560 в качестве оптимального технологического решения для различных операционных контекстов, а также создают методологическую платформу для дальнейших исследований. Предложенная методика, основанная на применении метода анализа иерархий, демонстрирует потенциал для оценки широкого класса мобильных технических систем и обладает свойством адаптации к изменяющимся требованиям за счет модификации критерияльного аппарата.

### Библиографический список

1. **Морозов, А.В.** Выбор метода комплексного сравнения объектов автобронетанковой техники на этапе проектирования / А.В. Морозов, А.А. Котровский, А.В. Филев // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2014. – № 2 (104). – С. 120-123.
2. Методы оценки эффективности полноприводной автомобильной техники / В.В. Шипилов, В.Б. Каспаров [и др.]. – Бронницы, 2005. – 144 с.
3. **Саати, Т.Л.** Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т.Л. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.
4. **Саати, Т.Л.** Аналитическое планирование. Организация систем / Т.Л. Саати, К. Кернс.– М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.
5. **Плиев, И.А.** Оценка технического уровня семейств автомобилей многоцелевого назначения на основе метода анализа иерархий // Журнал автомобильных инженеров. – 2010. – № 3. – С. 46-49.
6. **Плиев, И.А.** Оценка технического уровня семейств автомобилей многоцелевого назначения на основе метода анализа иерархий // Журнал автомобильных инженеров. – 2010. – № 5. – С. 50-54.
7. **Рязанцев, В.И.** Методика проведения согласования экспертных оценок полученных путем индивидуального анкетирования методом анализа иерархий / В.И. Рязанцев, А.В. Морозов // Инженерный вестник. – 2014. – № 12. – С. 1-9.
8. **Морозов, А.В.** Комплексное сравнение объектов военной автомобильной техники типа MRAP на стадии проектирования // Журнал автомобильных инженеров. – 2015. – № 1 (90). – С. 40-45.
9. **Дубенский, М.Я.** Метод выбора базового шасси при создании спецавтомобиля. дисс ... кандидата технических наук. – Москва, 1999. – 130 с.
10. **Постников, М.В.** Метод комплексного сравнения военных гусеничных машин на основе анализа иерархий. дисс ... кандидата технических наук. – Москва, 2003. – 240 с.
11. **Наумов, В.Н.** Оценка конструкций и компоновок военных гусеничных машин с помощью метода анализа иерархий / В.Н. Наумов, Ю.Л. Рождественский, В.Г. Брекалов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. – 64 с.
12. **Евсеев, К.Б.** Иерархия эксплуатационных свойств транспортных средств для перевозки тяжелых неделимых грузов в условиях Крайнего Севера // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2021. – № 2 (133). – С. 74-84.

### References

1. Morozov A.V., Kotrovskiy A.A., Filev A.V. Vybora metoda kompleksnogo sravneniya ob'ektov avtobronetankovoy tekhniki na etape proektirovaniya [Selection of a method for complex comparison of armored vehicles at the design stage]. Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva [Transactions of NNSTU n.a. R.E. Alekseev]. 2014;(2):120-123 (in Russian).
2. Shipilov V.V., Kasparov V.B., et al. Metody otsenki effektivnosti polnoprivodnoy avtomobil'noy tekhniki [Methods for assessing the efficiency of all-wheel drive vehicles]. Bronnitsy; 2005. 144 p. (In Russian).
3. Saaty T.L. Prinyatie resheniy. Metod analiza ierarkhiy [Decision making. The analytic hierarchy process]. Moscow: Radio i svyaz'; 1993. 278 p. (In Russian).
4. Saaty T.L., Kearns K. Analiticheskoe planirovanie. Organizatsiya sistem [Analytical planning. The organization of systems]. Moscow: Radio i svyaz'; 1991. 224 p. (In Russian).
5. Pliev I.A. Otsenka tekhnicheskogo urovnya semeystv avtomobiley mnogotselevogo naznacheniya na osnove metoda analiza ierarkhiy [Assessment of the technical level of families of multi-purpose vehicles based on the analytic hierarchy process]. Zhurnal avtomobil'nykh inzhenerov [Automotive Engineers Journal]. 2010;(3):46-49 (in Russian).

6. Pliev I.A. Otsenka tekhnicheskogo urovnya semeystv avtomobiley mnogotselevogo naznacheniya na osnove metoda analiza ierarkhiy [Assessment of the technical level of families of multi-purpose vehicles based on the analytic hierarchy process]. Zhurnal avtomobil'nykh inzhenerov [Automotive Engineers Journal]. 2010;(5):50-54 (in Russian).
7. Ryazantsev V.I., Morozov A.V. Metodika provedeniya soglasovaniya ekspertnykh otsenok poluchennykh putem individual'nogo anketirovaniya metodom analiza ierarkhiy [Methodology for reconciling expert assessments obtained by individual questioning using the analytic hierarchy process]. Inzhenernyy vestnik [Engineering Bulletin]. 2014;(12):1-9 (in Russian).
8. Morozov A.V. Kompleksnoe sravnenie ob"ektov voennoy avtomobil'noy tekhniki tipa MRAP na stadii proektirovaniya [Complex comparison of MRAP-type military vehicles at the design stage]. Zhurnal avtomobil'nykh inzhenerov [Automotive Engineers Journal]. 2015;(1):40-45 (in Russian).
9. Dubenskiy M.Ya. Metod vybora bazovogo shassi pri sozdanii spetsavtomobilya [Method for selecting a base chassis when creating a special vehicle] [dissertation]. Moscow; 1999. 130 p. (In Russian).
10. Postnikov M.V. Metod kompleksnogo sravneniya voennykh gusenichnykh mashin na osnove analiza ierarkhiy [Method for complex comparison of military tracked vehicles based on the analytic hierarchy process] [dissertation]. Moscow; 2003. 240 p. (In Russian).
11. Naumov V.N., Rozhdestvenskiy Yu.L., Brekalov V.G. Otsenka konstruktsiy i komponovok voennykh gusenichnykh mashin s pomoshch'yu metoda analiza ierarkhiy [Evaluation of designs and layouts of military tracked vehicles using the analytic hierarchy process]. Moscow: Bauman Moscow State Technical University; 2005. 64 p. (In Russian).
12. Evseev K.B. Ierarkhiya ekspluatatsionnykh svoystv transportnykh sredstv dlya perevozki tyazhelykh nedelimykh gruzov v usloviyakh Kraynego Severa [Hierarchy of operational properties of vehicles for transporting heavy indivisible cargo in the Far North]. Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva [Transactions of NNSTU n.a. R.E. Alekseev]. 2021;(2):74-84 (in Russian).

*Дата поступления  
в редакцию: 28.07.2025*

*Дата принятия  
к публикации: 18.02.2026*