

ЦИФРОВИЗАЦИЯ В ВОПРОСАХ ОЦЕНКИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ НОВЫХ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

© 2025 Н.С. Тондель, В.Н. Козловский, И.А. Беляева, М.Д. Марков

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

Статья поступила в редакцию 14.02.2025

В работе представлены результаты разработки вопроса связанного с созданием инструментов цифровизации при оценке потребительского качества электромобилей.

Ключевые слова: ключевые слова: автомобилестроение, конкурентоспособность, качество, потребитель, автомобиль, оценка.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-1-119-126

EDN: VJMVBG

Все больше машиностроительных организаций сосредотачиваются на высококачественном обслуживании клиентов, повышая свою конкурентоспособность. Здесь оптимизация процесса котировки (выбор поставщика), включая расчет цен и предоставление всей соответствующей информации, играет решающую роль. Автоматизация и подходящие платформы и программные решения должны помочь ускорить соответствующие процессы, чтобы повысить удовлетворенность клиентов.

На рисунке 1 представлен примерный состав и устройство электромобиля.



Рисунок 1 – Устройство электромобиля

В состав современного электромобиля могут быть включены следующие системы и компоненты:

- тяговые аккумуляторные батареи (ТАКБ) служат для накопления энергии и являются своего рода «топливными баками» для электромобилей. ТАКБ могут размещаться в разных частях автомобиля, что может влиять на управляемость.

- система охлаждения. Система охлаждения электромобиля намного сложнее, чем система охлаждения классических автомобилей. Её задача не только охлаждать электродвигатель и блоки управления, но и также охлаждать тяговые батареи. Более того, тяговые батареи требуют определённого температурного режима для нормальной работы, поэтому система должна не только охлаждать, но и греть. Поэтому здесь точнее использовать термин «система термоменеджмента электромобиля». Также такая система может греть или охлаждать салон автомобиля.

- силовой агрегат с электродвигателем. Для легковых автомобилей используются электродвигатели в сборе с редуктором, который позволяет получить нужные тяговые характеристики, не заняв много места, что важно для легкового транспорта. Для экономии места силовые агрегаты могут быть совмещены в одном корпусе с тяговым инвертором и блоком управления двигателя.

Тондель Николай Сергеевич, аспирант. E-mail: n.tondel@mail.ru

Козловский Владимир Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой. E-mail: Kozlovskiy-76@mail.ru

Беляева Ирина Александровна, кандидат технических наук, доцент, научный сотрудник. E-mail: toe_fp@samgtu.ru

Марков Михаил Дмитриевич, аспирант. E-mail: mhommd@mail.ru

- тяговый инвертор. Служит для преобразования постоянного напряжения в соответствующее переменное, согласно запрошенному крутящему моменту.

- аккумулятор низковольтный. Такой аккумулятор нужен для запуска всей системы и включения высоковольтной батареи. Для легковых автомобилей обычно это напряжение 12 В.

- бортовое зарядное устройство. С помощью данного устройства можно производить зарядку ТАКБ от источника переменного тока (бытовая розетка 220 В, промышленная 380 В, зарядные станции переменного тока)

- высоковольтный преобразователь напряжения. Данный преобразователь выполняет такую же роль, как и генератор в автомобилях с двигателем внутреннего сгорания. Он преобразует высокое напряжение от (ТАКБ) в напряжение бортовой сети (12В).

- звуковой оповещатель пешеходов. Устройство, которое издаёт специфический звук при движении автомобиля на малой скорости. Необходимо для предупреждения пешеходов.

- электрический вакуумный насос. Выступает в роли обычного вакуумного насоса. Используется электрический привод.

- электронные блоки управления электроавтомобиля. Специфические: центральный контроллер - служит для управления общими функциями автомобиля, подаёт команды контроллеру двигателя; блок управления зарядкой - служит для коммуникации с зарядными станциями; блок управления ТАКБ - служит для подключения батарей, взаимодействия с зарядными устройствами, балансировки напряжения ячеек и защите всего массива ТАКБ, как правило представляет собой распределённую систему управления; блок термоменеджмента - служит для управления всеми устройствами, входящими в систему термоменеджмента (насосы, клапаны, компрессор кондиционера, чиллер, бойлер и т.п.); блок управления бортовым зарядным устройством; блок управления высоковольтным преобразователем; блок управления двигателем - принимает высокоуровневые команды от центрального контроллера и передаёт соответствующие сигналы тяговому инвертору.

- электронные блоки управления. Общие автомобильные функции: блок кузовной электроники - отвечает за освещение, стеклоочистку, элементы управления, размещённые в салоне; блок управления системой торможения и системой курсовой устойчивости; блок управления усилителем руля; системы и подсистемы автомобиля.

При анализе функций автомобиля, на инженерном уровне, используется системный подход, при выделении функций по системам. Таким образом можно выстроить функциональную структуру автомобиля и построить связи между элементами и системами.

Совершенствование инструментария встроенного качества напрямую зависит от исследований потребительских свойств новых электроавтомобилей, проводимых посредством сбора и анализа удовлетворенности клиентов. И поскольку большая удовлетворенность клиентов создает большую лояльность клиентов, то это, в свою очередь, помогает увеличить потенциальные продажи.

Во многих компаниях этот процесс стал очень трудоемким, а низкая степень автоматизации процессов часто приводит к длительному ожиданию коммерческих предложений. Это особенно касается вариантов производства, когда компоненты изготавливаются для одного заказчика по индивидуальным спецификациям продукта, как в случае процесса «инженер-на-заказ» (ЕТ). Здесь перед производителями стоит задача рассчитать цены на каждое конкретное, индивидуально разработанное изделие, создать коммерческие предложения и предоставить необходимую документацию.

Чем больше разнообразие конфигураций продукта или чем более индивидуальны разрабатываемые компоненты, тем больше времени требуется для расчета цен для предложения. И процесс создания предложения часто усложняется потребностью клиента в консультациях, поскольку ему нужны объяснения того, какая конфигурация машины лучше всего соответствует его конкретным бизнес-требованиям. Поэтому производитель должен освоить трудоемкий процесс составления предложения, а также иметь под рукой экспертные знания в области консультирования.

В дополнение к чистому расчету цены для создания котировок, также стало больше времени тратиться на предоставление всей необходимой клиентам информации. Это включает в себя техническую документацию, чертежи, сертификаты, технические паспорта продукта и результаты испытаний, которые нужны клиентам для их собственных проверок.

На первый взгляд, эти требования не являются новыми, поскольку всегда требовалось предоставлять клиентам документацию по продукции. Новым, однако, является количество требуемых документов и объем документации. В последние годы они значительно возросли.

Клиентам требуется все больше информации, поскольку требования к прослеживаемости продуктов и компонентов продолжают расти. Например, такие юридические требования, стандарты об ответственности за качество продукции, требуют подробной документации по продукту, чтобы иметь возможность прояснить вопросы ответственности в дальнейшем.

Для производителей, которые заказывают компоненты у своих поставщиков, необходима подробная документация о том, как была изготовлена конкретная деталь или компонент. Требуемая

информация может включать сведения о том, как был изготовлен продукт или компонент, на каком станке, в какое время, каким сотрудником, при каких условиях окружающей среды и с какими параметрами процесса (такими как температура, давление и т. д.). Чем больше ручного процесса составления требуемой документации, тем больше времени занимает создание предложения.

Исследование, рассматриваемое в данной работе, покрывает тематику, связанную с анализом потребительских свойств и их реализацией при серийном производстве с точки зрения электронной системы управления исполнительными устройствами электромобиля.

Потребительские свойства любого изделия, товара и т.д. позволяют определить, насколько какая-либо вещь пригодна к употреблению покупателем. Именно эти характеристики помогают понять, все ли функции выполняет приобретение, насколько оно полезно конечному покупателю.

Какие свойства товара определяют его качество? Исследователи выделяют следующие критерии (таблица 1).

Таблица 1 – Категории качества электромобилей

Свойство продукции	Описание
Экономичность	Потребительские свойства экономичности означают, что при эксплуатации предмета расходуется мало: вспомогательных элементов (например, масло в моторе); энергии; топлива.
Безопасность	При производстве электромобиля обязательное требование ко всем автопроизводителям – прохождение сертификационных испытаний и правил, для обеспечения корректной работы всех частей и узлов электромобиля в экстремальных условиях.
Экологичность	Основные потребительские свойства товара предполагают, что он не должен приносить вреда окружающей среде. Евронормы по вредным выбросам и т.д.
Эргономичность	Внешний вид выпускаемого электромобиля подталкивает потребителя сделать тот или иной выбор.
Надёжность	Это свойство предполагает, что приобретенный товар можно будет отремонтировать, что в целом автомобиль/электромобиль является износостойким и долговечным, способным прослужить покупателю в течении всего срока годности.
Удовлетворённость покупкой	Важно, чтобы покупатель был доволен своим приобретением и убедился в том, что купленный товар функционирует должным образом.
Востребованность	Этот критерий означает, что производитель должен отслеживать тренды в обществе. Предположить возможный класс покупателей (например, электрогрузчик, необходим заводам, а электробусы для перевоза пассажиров общественным транспортом)

Классификация потребительских свойств и представление их через функции электромобиля. Данный вопрос можно разделить на два больших направления.

1. Набор функций электромобиля.

Компоненты и функции электромобиля или транспортного средства зависят от типа автомобиля. В настоящее время в продаже и эксплуатации в мире существует не менее четырех типов электромобилей BEV, HEV, PHEV и FCEV.

В работе рассматривается первый тип – Battery Electric Vehicle. Для данного типа электромобиля разработан и внедрен системный подход для анализа всех функций электромобиля. Функции входят в системы и подсистемы. Таким образом, выстроена функциональная структура автомобиля и построены связи между элементами. Например, функциональная структура автомобиля, оснащённого автоматической коробкой передач, в части электронной системы управления включает, в том числе представленные в таблице 2 системы.

Нефункциональные качества реализации функций автомобиля. Нефункциональные требования (NFR) определяют стандарты и качества, которым должна соответствовать система для эффективной работы, уделяя особое внимание как это система работает. В то время как функциональные требования определяют конкретные задачи или поведение программной системы, NFR описывают такие качества, как скорость, надежность и безопасность, которые определяют производительность, удобство использования и устойчивость системы. В разработке программного обеспечения NFR играют решающую роль, предоставляя эталон качества системы и пользовательского опыта. Без них даже многофункциональное программное обеспечение может не оправдать ожиданий, если ему не хватает скорости, масштабируемости или простоты использования. NFR также влияют на архитектуру и дизайн, гарантируя, что система будет готова к таким требованиям, как пиковая производительность или строгая безопасность.

Рассматривая NFR на ранних этапах и тщательно, команды разработчиков повышают не только стабильность и эффективность системы, но и удовлетворенность и уверенность ее пользователей.

Примеры нефункциональных качеств электромобиля: плавность хода при разгоне; плавность при торможении; визуальный комфорт расположения органов управления; эргономика; усилие нажатия на рычаги и педали; усилие при повороте руля на разных скоростях; достаточность информации на КП; достаточность органов управления; звуковой комфорт (NVH) и т.п. Обычно для каждой функции применяется одно или несколько нефункциональных требований, характеризующих как эта функция будет выполняться. Для одной функции может применяться несколько нефункциональных требований. Нефункциональные требования могут следовать как из ограничений системы или законодательных требований, так и из предварительного анализа потребительских свойств автомобиля.

Оценка потребительских свойств автомобиля. Обычно многие параметры в данной категории имеют качественную оценку. Однако для задач серийного и массового производства их необходимо оценивать количественно. Количественная оценка позволит сформировать конкретные требования к системам и далее к компонентам, отвечающим за реализацию требуемой функции. Для перевода качественной оценки в количественные существуют несколько систем.

Система, созданная компанией AVL. Автоматизированная система, позволяющая производить оценку по большому количеству критериев и выдавать подробный отчет с численными показателями, которые потом легко сравнить с другими автомобилями и сделать заключение об уровне потребительских свойств. Система является своего рода стандартом в своей области. Отчет состоит из 10 основных групп показателей, а в сумме число таких показателей составляет более 800.

Все показатели дают объективную количественную оценку. Основные аспекты: динамика транспортного средства; топливная экономичность/энергоэффективность; уровень шумов и вибраций; управляемость; комфорт при вождении; сопротивление движению; уровень выбросов загрязняющих веществ.

Получение значений для упомянутых выше происходит по стандартизированной процедуре сбора данных. Предлагается устройство для сбора данных и набор датчиков: акселерометры, микрофон, термодатчики, вибродатчик и пр. Датчики устанавливаются в регламентированные места. Устройство сбора данных подключается к шине данных автомобиля для сбора дополнительной информации о других модулях. Далее для каждой функции происходит декомпозиция на подфункции. Для каждой подфункции есть свой перечень численных критериев оценки.

Ниже приведён пример для оценки управляемости транспортного средства:

Результатом работ должна являться спецификация функциональных и нефункциональных требований на каждый компонент системы. Таким образом будут достигнуты требуемые показатели ездовых свойств электромобиля.

Валидация. Фаза SWxx подразумевает собой фазу, когда собран прототип электромобиля, функционал автомобиля полностью реализован и нет значимых ошибок в работе систем. После этого

Таблица 2 – Электронные системы электромобиля

Объединяющий классификатор	Наименование систем
Комфорт, оснащение салона:	Выбор режимов движения, Режим удержания тормоза в пробках, Режим помощи при спуске Система помощи при парковке Регулировка сидений Управление стеклоподъёмниками
Поддерживающие системы	Система охлаждения узлов и агрегатов Зимний подогрев узлов и агрегатов Система зарядки аккумулятора Система энергоменеджмента
Основной режим работы автомобиля	Запуск и начало движения Завершение работы Движение вперёд Движение назад
Рулевое управление	Система снижения усилий рулевого управления
Торможение	Обработка положения тормозной педали Управление стоп-сигналами Антиблокировочная система Система курсовой устойчивости
Обзорность и внешнее освещение	Стеклоочистка Управление дальним светом Управление ближним светом Датчик света и дождя Подсветка слепых зон Подогрев зеркал Подогрев заднего стекла Подогрев ветрового стекла
Внешние сигналы	Стоп-сигналы Указатели поворота Звуковая сигнализация
Информирование водителя	Интерфейс «Человек-Машина» комбинация приборов кнопки Система развлечения и информирования Световые индикаторы Звуковое оповещение водителя
Безопасность	Подушки безопасности ЭРА-ГЛОНАСС S_Safety.ABG S_Safety.ERA Ремни безопасности Контроль систем при аварии Запрет блокировки руля при аварии Разблокировка дверей при аварии
Защитные состояния при неисправности	Некритичный отказ Временное снижение мощности для транспортировки на место ремонта
Противоугонные системы	Система Иммобилизации Противоугонная система
Системы удалённого доступа	Бесключевой запуск Дистанционный запуск Дистанционное управление замками дверей Трекинг украденного ТС Удалённый подогрев салона Удалённое охлаждение салона

происходит так называемая валидация по потребительским свойствам. Каждый автопроизводитель имеет собственную шкалу оценки потребительских свойств с собственными критериями перехода качественных характеристик в количественные. Количественные характеристики характеризуются баллами. Баллы получает каждое свойство. Затем эти балы суммируются и получается среднее значение, которое количественно характеризует насколько автомобиль будет пригодным для использования потребителем.

Потребительские свойства автомобиля. Здесь на первый план выходят качественные характеристики автомобиля, которые вытекают из набора функций. С этой точки зрения важны не только сами функции, но и их реализация. Такие качества называют нефункциональными.

Нефункциональные качества реализации функций автомобиля. Примеры: плавность хода при разгоне; плавность при торможении; визуальный комфорт расположения органов управления; эргономика; усилие нажатия на рычаги и педали; усилие при повороте руля на разных скоростях; достаточность информации; достаточность органов управления; звуковой комфорт (NVH).

Для оценки этих характеристик существует субъективный подход. Специалист по оценке потребительских свойств выставляет оценку по каждому свойству исходя из собственных ощущений и по каким-то общепринятым ключевым факторам. Изначально задаются цели проекта по количеству баллов и сравниваются с полученными баллами. После этого делается заключение о достижении или недостижении целей по потребительским свойствам. На основании этих результатов вырабатывается план корректирующих мероприятий по достижению целей проекта.

Потребительские свойства (ПС) могут иметь разный уровень, который характеризует значимость данного свойства для восприятия автомобиля. Также ПС можно разделить на несколько подгрупп:

1. Ходовые свойства. Всё, что связано с движением автомобиля.

Таблица 3 – Пример реализации количественных показателей потребительских свойств электромобиля

Уровень ПС	Свойство	Балл	Значение/комментарий	Мнемоника
13	Способность к движению электромобиля	5.9	Цель: 8.0	DEV
14	Запуск электродвигателя	4.0		DEV.EST
14	Трогание	6.0		DEV.VEST
14	Удержание на подъёме	6.0		DEV.HH
14	Удары при нажатии/отпуске педали акселератора	6.0		DEV.ACPD
14	Переключение направления движения	6.0		DEV.RNGSEL
14	Ползущий режим	7.0		DEV.CREEP
14	Чувство замедления	6.0		DEV.DECC
13	Ускорение и ответная реакция автомобиля	7.0	Цель: 8.0	ACCELEV
14	Время реакции на нажатие/отпускание педали акселератора - колебания	6.0		ACCELEV.ACPD
14	Ответная реакция и комфорт при трогании	7.0		ACCELEV.VEST
14	Максимальное ускорение при трогании	8.0		ACCELEV.ACCMAX

2. Комфорт. Всё, что связано с комфортом водителя и пассажира.

3. Эргономика. Удобство управления автомобилем.

Пример оценки уровня значимости потребительского свойства представлен в таблице 3.

ПС низкого уровня группируются в ПС более высокого уровня и выставляется средний балл по каждой группе. Далее баллы по группам сводятся в итоговую таблицу потребительской оценки (таблица 4).

Определение ключевых параметров для каждого потребительского свойства. Для того, чтобы иметь возможность воздействовать на потребительские свойства с целью их улучшения, необходимо определить ключевые характеристики электромобиля для каждого свойства.

Например, на максимальное ускорение при трогании (ACCELEV.ACCMAX) влияют следующие подсистемы: S_Support.EMGT – система энергоменеджмента; S_Support.CL: Система охлаждения узлов и агрегатов; S_Main.FWD: Движение вперёд; S_Emergency_states.LH: Временное снижение мощности для транспортировки на место ремонта. Каждая из перечисленных выше систем обладает рядом функций и ключевых параметров, влияющих на ПС ACCELEV.ACCMAX:

S_Support.EMGT: напряжение ВВ сети; номинальное значение напряжения для данной степени заряда ТАКБ; ток разряда ТАКБ; ток инвертора; время работы инвертора при максимальном токе; Число последовательных циклов работы системы при максимальном токе в течение заданного промежутка времени; межцикловой интервал работы системы при максимальном токе

S_Support.CL: температура обмоток инвертора; температура ячеек ТАКБ; разница температур ячеек ТАКБ; Мощность теплоотдачи чиллера; скорость работы насоса в контуре двигателя; производительность системы кондиционирования в части охлаждения ТАКБ; производительность радиатора; скорость вращения вентилятора радиатора

S_Main.FWD: внешняя скоростная характеристика двигателя при заданном напряжении ВВ сети; величина текущего крутящего момента двигателя; скорость вращения выходного вала электродвигателя; передаточное число редуктора; КПД редуктора; КПД приводов; статический радиус колеса; карта КПД электродвигателя.

S_Emergency_states.LH: условия возникновения временного снижения мощности.

Далее данные параметры можно условно разделить на 2 группы:

Группа 1: Параметры, позволяющие вычислить количественную оценку ПС:

Измеряемые:

- скорость вращения выходного вала электродвигателя.

Расчётные:

- Передаточное число редуктора

- КПД редуктора;

- КПД приводов;

- Карта КПД электродвигателя.

Группа 2: Параметры, влияющие на ПС. Все остальные параметры. Также можно разделить на измеряемые (например, температуры) и управляемые (например, скорость насоса).

Между измеряемыми и управляемыми значениями строится матрица связей с весовыми коэффициентами. Например, температура обмоток двигателя зависит от скорости подачи насоса ОЖ, мощности радиатора, скорости вентилятора радиатора и текущей скорости. Каждый параметр имеет свой допустимый диапазон значений.

Далее для количественной оценки ПС производят тесты, согласно плану испытаний для данного ПС. При анализе полученных результатов важно использовать статистический метод, который позволит оценить, насколько результаты тестов попадают в доверительный интервал и принять решение о числе дополнительных тестов. Итоговый результат переводят в баллы, согласно методике. Одновременно с измерением ключевого или ключевых параметров проводят запись всех остальных параметров из группы 2. При недостижении требуемых ключевых показателей система анализирует, какие измеряемые параметры из группы 2 были на грани диапазона значений. После этого система вносит рекомендации по изменению ключевых параметров согласно весовым коэффициентам.

Таблица 4 – Группировка баллов

Потребительские свойства	ед. изм	Версия автомобиля	Уровень целевых свойств	Уровень достигнутых свойств
Способность к движению электромобиля	балл	С колесом 15'	8.0	5.9
Ускорение и ответная реакция автомобиля	балл	С колесом 15'	8.0	7.0

Перевод качественной характеристики в количественную оценку.

Для получения количественной оценки для каждого ПС задаётся своя таблица пересчёта. Пример для ACCELEV.ACCMAX представлен в (таблице 5).

Таблица 5 - Показатели ACCELEV.ACCMAX. Ключевой параметр (измеряемый): скорость вращения выходного вала электродвигателя, время.
Ключевой параметр (расчётный): ускорение

Баллы	Ускорение (м/с ²)
0	менее 0.1
1	0.1-0.2
2	0.2-0.5
3	0.5-0.8
4	0.8-0.9
5	0.9-1.1
6	1.1-1.3
7	1.3-2.0
8	2.0 и выше

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Козловский, В.Н.* Обеспечение качества и надежности электрооборудования автомобилей: монография / В.Н. Козловский. – Тольятти, 2009.
2. *Строганов В.И.* Итоги и перспективы развития электромобилей и автомобилей с гибридными силовыми установками / В.И. Строганов, В.Н. Козловский // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2012. – № 2-3. – С. 2-8.
3. *Panyukov, D.I.* Highlights of russian experience in implementing ISO/TS 16949 / D.I. Panyukov, V.N. Kozlovskiy // Life Science Journal. – 2014. – Т. 11. – № 8s. – С. 439-444.
4. *Козловский, В.Н.* Надежность системы электрооборудования легкового автомобиля / В.Н. Козловский, В.Е. Ют // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2008. – № 3. – С. 37-40.
5. *Козловский, В.Н.* Комплекс электронных систем управления движением легкового автомобиля с комбинированной силовой установкой. Часть 1. В.Н. Козловский, В.И. Строганов, В.В. Дебелов, М.А. Пьянов // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2014. – Т. 10. – № 1. – С. 40-49.

DIGITALIZATION IN THE ISSUES OF ASSESSING CONSUMER PROPERTIES OF NEW ELECTRIC CARS

© 2025 N.S. Tondel, V.N. Kozlovsky, I.A. Belyaeva, M.D. Markov

Samara State Technical University, Samara, Russia

The paper presents the results of developing a question related to the creation of digitalization tools for assessing the consumer quality of electric vehicles.

Keywords: Key words: automotive industry; competitiveness; quality; consumer; car; assessment.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-1-119-126

EDN: VJMVBG

REFERENCES

1. *Kozlovskij, V.N.* Obespechenie kachestva i nadezhnosti elektrooborudovaniya avtomobilej: monografiya / V.N. Kozlovskij. – Tol'yatti, 2009.
2. *Stroganov V.I.* Itogi i perspektivy razvitiya elektromobilej i avtomobilej s gibridnymi silovymi ustanovkami / V.I. Stroganov, V.N. Kozlovskij // Elektronika i elektrooborudovanie transporta. – 2012. – № 2-3. – С. 2-8.
3. *Panyukov, D.I.* Highlights of russian experience in implementing ISO/TS 16949 / D.I. Panyukov, V.N. Kozlovskiy // Life Science Journal. – 2014. – Т. 11. – № 8s. – С. 439-444.
4. *Kozlovskij, V.N.* Nadezhnost' sistemy elektrooborudovaniya legkovogo avtomobilya / V.N. Kozlovskij, V.E. Yutt // Elektronika i elektrooborudovanie transporta. – 2008. – № 3. – С. 37-40.
5. *Kozlovskij, V.N.* Kompleks elektronnyh sistem upravleniya dvizheniem legkovogo avtomobilya s kombinirovannoj silovoj ustanovkoj. Chast' 1. V.N. Kozlovskij, V.I. Stroganov, V.V. Debelov, M.A. P'yanov // Elektrotehnicheskie i informacionnye komplekсы i sistemy. – 2014. – Т. 10. – № 1. – С. 40-49.

Nikolay Tondel, Graduate Student, E-mail: n.tondel@mail.ru

Vladimir Kozlovsky, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department. E-mail: Kozlovskiy-76@mail.ru

Irina Belyaeva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor. E-mail: toe_fp@samgtu.ru

Mikhail Markov, Graduate Student. E-mail: mhommd@mail.ru