



# МЕХАНИКА МОБИЛЬНЫХ МАШИН

УДК 629.03

**С.Н. ПОДДУБКО**, канд. техн. наук, доц.

генеральный директор<sup>1</sup>

E-mail: p-s-n@tut.by

**А.В. БЕЛЕВИЧ**

директор научно-инжинирингового центра «Электромеханические и гибридные силовые установки мобильных машин» — заведующий лабораторией бортовых мехатронных систем мобильных машин<sup>1</sup>

E-mail: belevich2005@yandex.by

**В.И. АДАШКЕВИЧ**

заведующий сектором электропривода и контрольно-измерительных систем<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 05.09.2017.

## ХОДОВОЙ МАКЕТ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ: ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ И ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

*В статье показана актуальность работ по разработке компонентов и созданию образцов транспортных средств с гибридными и электромеханическими силовыми установками. Представлено краткое описание и результаты выполнения этапов тягово-динамического расчета, выбора компонентов, компоновки, сборки и начального тестирования макетного образца белорусского электромобиля. Выполненная работа показывает большой потенциал белорусских разработчиков в области создания перспективных систем привода на базе электрических компонентов и систем управления современного технического уровня.*

**Ключевые слова:** электромобиль, электродвигатель, батарея, электронная система управления, испытания

**Введение.** Современные тенденции мирового развития транспортного машиностроения характеризуются массовым внедрением электромеханических приводов в составе силовых агрегатов. Это обусловлено необходимостью к снижению стоимости владения транспортным средством в условиях потенциального роста стоимости углеводородных ресурсов, а также ужесточением требований к уровню создаваемых им вредных выбросов [1–16].

Сегодня выделяют следующие пути развития конструкций силовых агрегатов транспортных средств с использованием электромеханических компонентов:

- создание электрических силовых установок на базе литиевых накопителей энергии (характерно для легковых автомобилей весом до 1,5 т, экс-

- плуатирующихся в городском или пригородном циклах);

- создание гибридных силовых установок с подзарядкой от сети (характерно для легковых и коммерческих автомобилей весом более 1,5 т).

При этом в мировой практике определились два основных подхода при создании электромобилей:

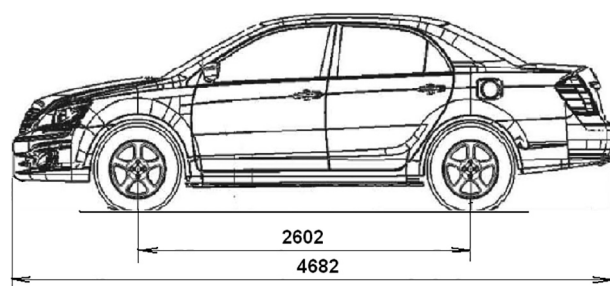
- создание электромобиля «с нуля» на основе последних достижений теории конструирования и технологий производства автомобилестроения. Этот подход требует привлечения больших финансовых ресурсов и команды высококлассных специалистов. Получаемое изделие, как правило, «премиум» класса с высокой стоимостью;

- создание электромобиля путем конструкторско-технологической переработки серийных моделей. Этот подход позволяет снизить до ми-

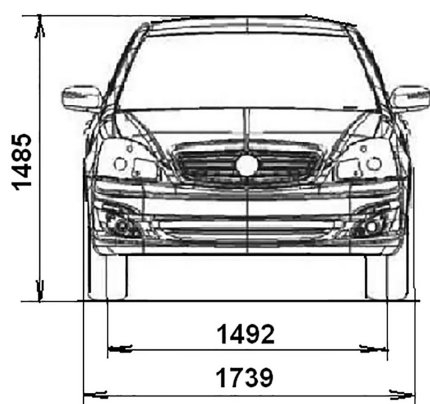
нимума финансовые и временные затраты на разработку, освоение производства и испытания электромобиля, в том числе сертификационные. В результате удается получить изделие «бюджетного» класса, доступное для широкого потребителя. По этому пути пошли практически все мировые производители массового автомобиля.

Учитывая указанные выше тенденции мирового автомобилестроения, строительство в Республике Беларусь завода по производству легковых автомобилей Geely, а также действующие в Таможенном Союзе требования к предприятиям промышленной сборки в части уровня локализации (до 50 % до 2019 года), представляется реальным организация производства электромобилей на базе кузова электромобиля, имеющегося в производственной линейке компании «Geely». При этом для достижения достаточного уровня локализации Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси предлагает освоить в Республике Беларусь производство тягового электропривода, инверторов, системы управления верхнего уровня автомобиля и накопителей электроэнергии. В качестве пробного проекта специалистами Института было принято решение о создании ходового макета электромобиля на базе серийного автомобиля Geely SC7 (рисунок 1), характеристики которого приведены в таблице 1.

Для реализации данной задачи в Объединенном институте машиностроения НАН Беларуси проведена работа по оценке компетенций ор-



a



б

Рисунок 1 — Габаритные размеры легкового автомобиля Geely SC7

ганизаций Республики Беларусь разных форм собственности в области проектирования и производства базовых электромеханических компонентов силовых установок для транспортных машин, включающая анализ наличия кадрового потенциала и современных технологий производства. Результаты показали:

- высококвалифицированные кадры в области проектирования электрических машин современного уровня имеются в следующих организациях: Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, ООО «КЕЙДЖИ ИМПЭКС», ОДО «СТРИМ», ОАО «Рухсервомотор»;

- производственный потенциал по мелкосерийному и массовому производству электрических машин имеют ОАО «Могилевский завод «Электродвигатель», ОАО «Полесьеэлектромаш», ОДО «Вольно»;

- высококвалифицированные кадры и производственный потенциал в области создания инверторов управления тяговым электроприводом имеются на ООО «КЕЙДЖИ ИМПЭКС», ОДО «СТРИМ», ОАО «Белкоммунмаш», ОАО «Завод Этон», ОАО «Измеритель», ОАО «Рухсервомотор»;

- высококвалифицированные кадры в области проектирования конструкций транспортных средств имеет Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси;

- высококвалифицированные кадры и производственный потенциал в области разработки электронных систем управления мобильных машин верхнего уровня имеют Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, ООО «КЕЙДЖИ ИМПЭКС», ОДО «СТРИМ», ОАО «Белкоммунмаш», ОАО «Измеритель»;

- высококвалифицированные кадры в области создания новых типов накопителей электрической энергии имеет ГО «НПЦ по материаловедению НАН Беларуси».

Анализ приведенных выше данных показывает готовность отечественных разработчиков к созданию принципиально новых конструкций силовых установок транспортных средств с использованием электромеханических компонентов в целом и легкового автомобиля в частности. При этом, учитывая отсутствие во всех перечисленных выше организациях развитой стендовой базы, а также ограниченный уровень доступа к современным программно-аппаратным средствам разработки, для реализации крупных инновационных проектов в области электротранспорта в Республике Беларусь необходимо создать единый центр компетенций, оснащенный соответствующей материальной базой (стендовое оборудование) и специализированным программным обеспечением. Формирование данного центра позволит объединить усилия всех заинтересованных сторон и оказывать услуги по проектированию электрических и электромеханических компонентов силовых

Таблица 1 – Массогабаритные характеристики автомобиля Geely SC7

№ п/п	Параметр конструкции	Значение параметра
1	Колесная формула / ведущие колеса	4×2 / передние
2	Схема компоновки транспортного средства	переднеприводная
3	Тип кузова / количество дверей	цельнометаллический, несущий, седан /4
4	Количество мест для сиденья	5
5	Габаритные размеры, мм	
	- длина	4682
	- ширина	1739
	- высота	1485
6	База, мм	2602
7	Колея передних / задних колес, мм	1492/1472
8	Масса транспортного средства в снаряженном состоянии, кг	1275
9	Технически допустимая максимальная масса транспортного средства, кг	1610
10	Технически допустимая максимальная масса, кг, приходящаяся:	
	- на переднюю ось	850
	- на заднюю ось	760
11	Подвеска передняя	независимая (Мак Ферсон), с гидравлическими телескопическими амортизаторами и стабилизатором
12	Подвеска задняя	полузависимая, пружинная, на продольных качающихся рычагах, с поперечной торсионной балкой и стабилизатором устойчивости
13	Рулевое управление	с гидромеханическим усилителем
14	Рулевой механизм	«шестерня — рейка»
15	Рабочая тормозная система	двухконтурный привод с диагональным разделением контуров, с вакуумным усилителем, с ABS; тормозные механизмы передних — дисковые вентилируемые, задних колес — дисковые
16	Стояночная тормозная система	механический тросовый привод к специальным барабанным тормозным механизмам задних колес
17	Шины:	
	- обозначение размера	195/60R15
	- индекс несущей способности для максимально допустимой нагрузки	88H

установок для предприятий машиностроительного комплекса республики. Роль данного центра компетенций в области силовых электроприводов может выполнять Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, имеющий в своем составе научно-инжиниринговый центр «Электромеханические и гибридные силовые установки мобильных машин» и реализующий в настоящее время несколько проектов по разработке электрических и гибридных силовых установок транспортных машин с использованием современных компонентов электропривода, в том числе с привлечением партнеров на условиях частного-государственного партнерства.

Одним из наиболее значимых проектов Объединенного института машиностроения НАН Бе-

ларуси НАН Беларуси в данной области, является создание ходового макета электромобиля на базе серийного автомобиля Geely SC7 с использованием компонентов электропривода отечественного производства. В реализации данного проекта в рамках частного-государственного партнерства использованы компетенции компании ОАО «КЕЙ-ДЖИ ИМПЭКС» (г. Минск) в области электропривода и системы управления и ООО «ЭнерЗэт» (г. Санкт-Петербург, Россия) в области тяговой батареи.

На этапе создания ходового макета электромобиля были реализованы следующие задачи:

- разработано техническое задание на ходовой макет электромобиля на базе серийного автомобиля Geely SC7;

- выполнен расчет тягово-динамических характеристик и разработаны технические задания на базовые компоненты его силовой установки;

- выполнено трехмерное сканирование элементов кузова базового автомобиля;

- разработаны, изготовлены и испытаны в стендовых условиях экспериментальные образцы компонентов электромеханической силовой установки;

- выполнена компоновка электромеханической силовой установки в кузове машины, проведены прочностные расчеты элементов крепления ее базовых компонентов;

- разработана конструкторская документация на элементы высоковольтного электрооборудования электромобиля, а также комплекс технических решений по интеграции вновь созданных элементов в состав штатной системы электрооборудования;

- разработан и изготовлен макетный образец системы верхнего уровня управления, обеспечивающей информационную (программно-алгоритмическую) интеграцию и взаимодействие всех компонентов силовой установки;

- выполнена сборка и тестирование систем тягового электропривода и ряда вспомогательных систем в составе ходового макета электромобиля;

- выполнена сборка ходового макета электромобиля и тестирование его параметров в условиях Республиканского полигона для испытаний мобильных машин Объединенного института машиностроения НАН Беларуси.

Учитывая целевое назначение проектируемого электромобиля, в том числе использование в службах городского такси, для разработки конструкции силовой установки приняты целевые показатели тягово-динамических свойств, приведенные в таблице 2.

На основании первичной обработки исходных данных на основе типовой методики тягово-динамического расчета автомобилей приняты базовые параметры, приведенные в таблице 3.

По результатам тягово-динамического расчета, а также проведенного ранее анализа конструкций аналогов сформированы первичные технические требования к электромеханической силовой установке электромобиля, приведенные в таблице 4.

Таблица 2 — Целевые показатели тягово-динамических свойств ходового макета электромобиля

№ п/п	Параметр конструкции	Значение параметра
1	Максимальная скорость, км/ч	110
2	Разгон до 100 км/ч, с	не более 10
3	Долговременно преодолеваемый уклон со скоростью 50 км/ч, %	20
4	Долговременно преодолеваемый уклон со скоростью 100 км/ч, %	6
5	Пробег электромобиля на одном заряде, км	150

Таблица 3 — Параметры ходового макета электромобиля, принятые при расчетах

№ п/п	Параметр конструкции	Значение параметра
1	Коэффициент аэродинамического сопротивления $C_x$	0,35
2	Площадь фронтальной проекции, м <sup>2</sup>	2,1
3	Динамический радиус шин (195/60 R15), м	0,3075
4	Момент инерции вращающихся масс, кг·м <sup>2</sup>	12 кг·м <sup>2</sup>
5	Коэффициент трения качения (асфальт)	0,01

Таблица 4 — Технические требования к электромеханической силовой установке электромобиля

№ п/п	Параметр силовой установки	Значение параметра
1	Номинальный крутящий момент в стоповом режиме, Нм	1000
2	Номинальный крутящий момент при максимальной скорости, Нм	600
3	Диапазон скоростей вращения, об/мин	0 ... 10 000
4	Номинальная мощность, кВт	60
5	Напряжение бортовой сети, В	400
6	Емкость батареи, кВт·ч	22



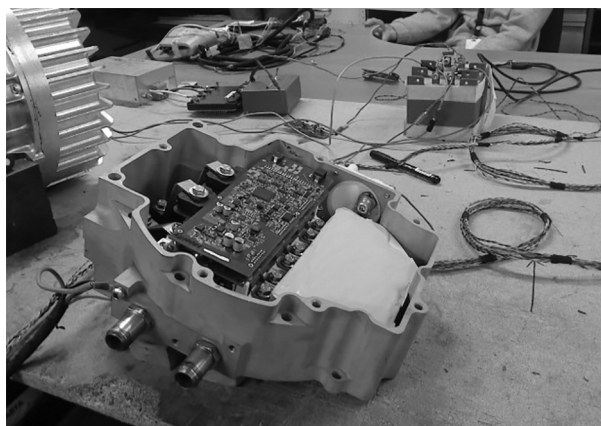
На основании приведенных выше требований, а также с учетом анализа конструктивных характеристик базового шасси разработан, изготовлен и испытан в лабораторных условиях макетный образец тягового электропривода в составе инвертора управления и мотор редуктора на базе синхронного вентильного электродвигателя на постоянных магнитах, общий вид которого приведен на рисунке 2, а технические характеристики — в таблице 5.

Как видно из представленных характеристик, предлагаемый к использованию электропривод обладает возможностью перегрузки по мощности в 2 и более раз, что является типовым для большинства электрических машин и позволяет использовать в составе силовых установок электродвигатели меньшей номинальной мощности по отношению к двигателям внутреннего сгорания. На основании электромеханической характеристики экспериментального образца тягового электропривода, полученной в рамках стендовых испытаний, а также результатов тягово-динамического расчета получены разгонные характеристики ходового макета электро Автомобиля при снаряженной массе и полной загрузке, а также разных уровнях тока электродвигателя (рисунок 3).

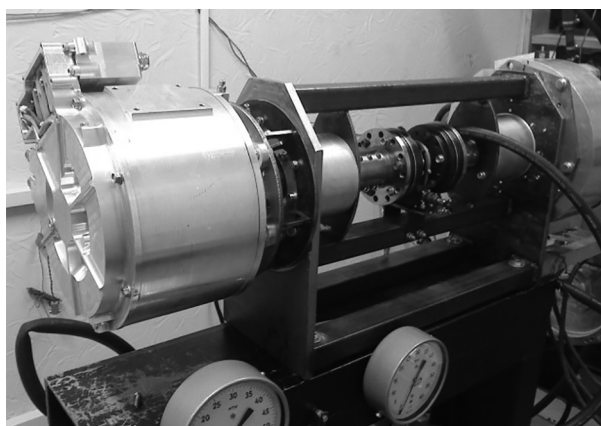
Для решения задачи по компоновке элементов силового агрегата в составе ходового макета электро Автомобиля выполнено 3D-сканирование предварительно подготовленных областей подкапотного пространства, днища и багажника с использованием метода фотограмметрии. Общий вид полученных результатов и процесса сканирования приведен на рисунке 4.

По результатам проведенного сканирования выполнена компоновка базовых компонентов электромеханической силовой установки (меха-

тронного модуля на базе синхронной вентильной электрической машины на постоянных магнитах,



а



б

Рисунок 2 — Тяговый электропривод ходового макета электро Автомобиля: а — общий вид инвертора управления электрической машины, б — общий вид синхронного вентильного электродвигателя на постоянных магнитах

Таблица 5 — Технические характеристики электромеханической силовой установки

Мехатронный модуль	
Максимальная мощность электромашины (далее ЭМ), кВт	100
Номинальная мощность ЭМ, кВт	50
Максимальный крутящий момент ЭМ, Нм	280
Максимальный КПД (ЭМ с силовым преобразователем), %	92
Диапазон частоты вращения ЭМ, об/мин	0...11000
КПД редуктора с дифференциалом, %	97
Передаточное отношение редуктора с дифференциалом	1:9,59
Силовой преобразователь (инвертор)	
Номинальное напряжение источника постоянного тока, В	320
Диапазон рабочих напряжений от источника постоянного тока, В	250 ...450
Максимальный потребляемый ток (при максимальном крутящем моменте), А	500
Максимальный потребляемый ток при номинальной мощности и напряжении питания 250В, А	250
Степень защиты	IP66
Интерфейс	CAN 2.0B

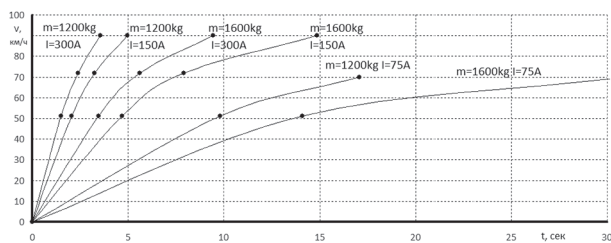
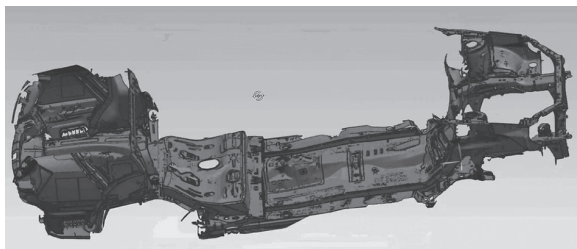
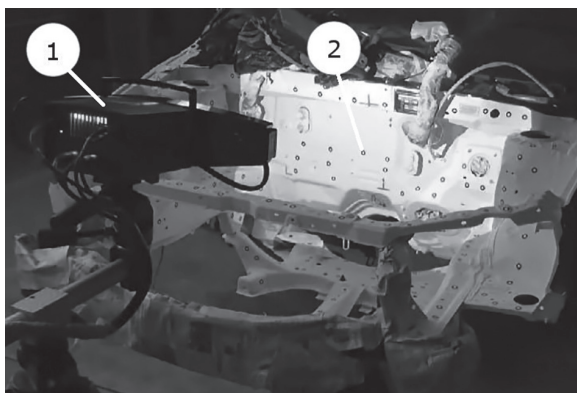


Рисунок 3 — Результаты тягово-динамического расчета ходового макета электромобиля



а

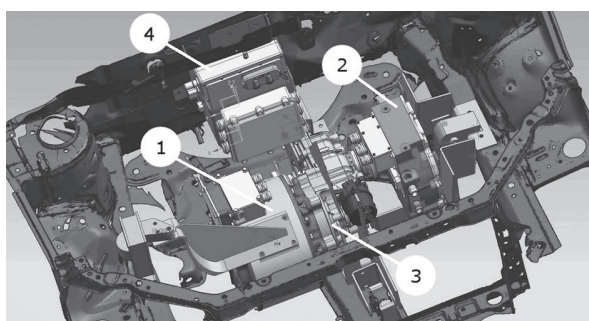


б

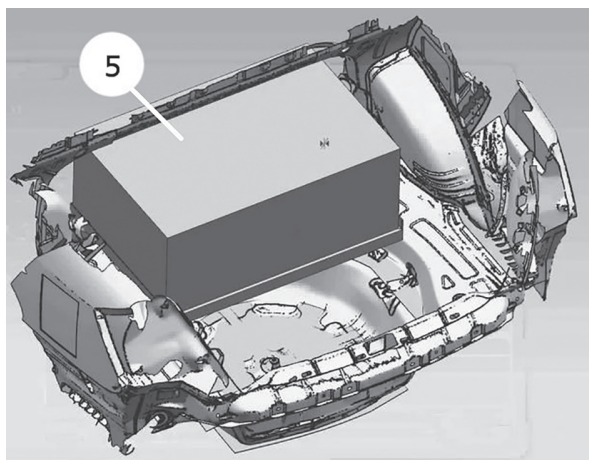
Рисунок 4 — Результаты 3D-сканирования кузова базового шасси: а — результаты 3D-сканирования днища, багажника и подкапотного пространства в виде облака точек; б — процесс сканирования специально подготовленного подкапотного пространства 2 с использованием 3D-сканера 1

инвертора тягового электродвигателя, силового преобразователя энергии, батареи), а также разработка конструкции вспомогательных компонентов (крепёжной арматуры), обеспечивающих их монтаж в составе машины. Общий вид компоновочных решений ходового макета электромобиля приведен на рисунке 5.

Результаты перекомпоновки силовой установки показали существенное перераспределение массы автомобиля между осями. Нагрузка передней оси по сравнению с автомобилем Geely SC7 уменьшилась на 200 кг, а задней — увеличилась на 150 кг. Для оценки изменения характеристик управляемости и выработки рекомендаций по доработке подвески ходового макета в среде компьютерного моделирования MSC ADAMS выполнено моделирование работы подвески в типовых режимах движения автомобиля (движение по прямой с преодолением неровностей, поворот с постоян-



а



б

Рисунок 5 — Общий вид компоновочных решений электромеханической силовой установки ходового макета электромобиля: а — компоновка подкапотного пространства, содержащая 1 — электродвигатель; 2 — инвертор; 3 — редуктор; 4 — силовой преобразователь; б — компоновка багажника с установленной тяговой батареей 5

ным радиусом, движение «змейкой»). Результаты моделирования показали, что одним из решений, обеспечивающим управляемость автомобиля при минимальной переработке конструкции, является усиление задних пружин на 14 % при сохранении жесткости передних, что и было реализовано в конструкции макета.

Таким образом, в результате проведенных расчетных, конструкторских и монтажных работ выполнена сборка ходового макета электромобиля. Общий вид подкапотного пространства ходового макета представлен на рисунке 7.

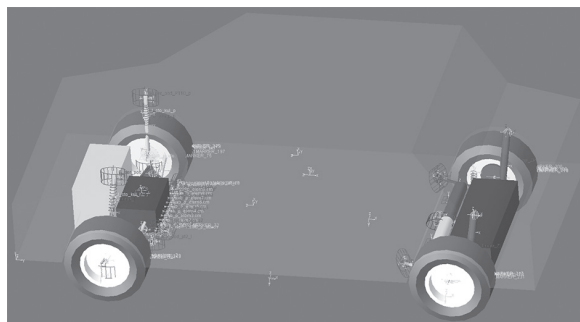
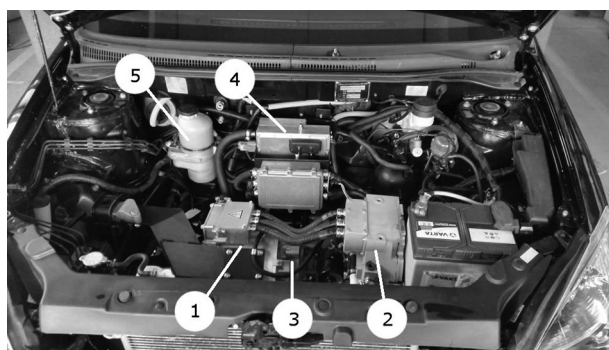


Рисунок 6 — Компьютерная модель ходового макета электромобиля в среде MSC ADAMS





**Рисунок 7 — Компонентная базовых компонентов силовой установки ходового макета:** 1 — электрический двигатель; 2 — инвертор управления электрическим двигателем; 3 — двухступенчатый согласующий редуктор; 4 — силовой преобразователь 400/12 вольт; 5 — электрический насос гидроусилителя рулевого управления

Важнейшим этапом разработки ходового макета стало создание системы верхнего уровня управления, обеспечивающей информационный обмен комплекса электронных блоков управления каждого из компонентов и их взаимодействие в составе интегрированной системы. Алгоритмы системы обеспечивают диагностику высоковольтной сети и процесс включения батареи, контроль максимально допустимого тока в силовой цепи, контроль минимального и максимального уровня напряжений на батарее, управление процессом заряда, управление тяговым электроприводом (задание крутящего момента и частоты вращения электрической машины в зависимости от степени нажатия ходовой педали, управление степенью рекуперации энергии), управление силовым преобразователем. Учитывая сложность используемых в ее составе алгоритмов и технических решений, в материалах данной статьи они не рассматриваются и будут опубликованы в последующих работах по тематике.

Общий вид ходового макета электромобиля приведен на рисунке 8.

Результаты тестирования ходового макета в условиях НТЦ «Республиканский полигон сертификационных испытаний мобильных машин» показали следующие значения основных параметров ходового макета электромобиля:

- снаряженная масса — 1300 кг;
- максимальная скорость — 110 км/ч;
- время разгона 0...100 км/ч — 15 с (ограничена электроникой на период испытаний);
- эффективность системы в режиме рекуперации — 90 %;
- запас хода — 100 км.

**Заключение.** По результатам выполненных работ создан ходовой макет электромобиля на базе легкового автомобиля Geely SC7, имеющий пробег без подзарядки до 100 км, максимальную скорость движения автомобиля до 110 км/ч, а также интенсивность разгона до 100 км/ч в пределах 15 секунд.



**Рисунок 8 — Ходовой макет электромобиля. Общий вид**

Для обеспечения указанных тягово-скоростных характеристик в рамках этого проекта разработан и изготовлен экспериментальный образец тягового электропривода номинальной мощностью 60 кВт (при  $n_{\max} = 12\,000$  об/мин), выполненный на базе синхронного вентильного электродвигателя на постоянных магнитах.

#### Список литературы

1. An investigation of electric motor drive characteristics for EV and HEV propulsion systems // Society of Automotive Engineers Journal. — Paper № 2000-01-3062. — 2003.
2. Effect of extended-speed, constant-power operation of electric drives on the design and performance of EV-HEV propulsion system // Society of Automotive Engineers Journal. — Paper № 2000-01-1557. — 2003.
3. Rand, D.A.J. Batteries for Electric Vehicles / D.A.J. Rand, R. Woods, R.M. Dell Batteries // Research Studies Press / Ltd., Baldock, Hertfordshire. — United Kingdom, 1998.
4. Богданов, К.Л. Тяговый электропривод автомобиля / К.Л. Богданов. — М.: Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет, 2009. — 57 с.
5. Горохов, Р.Н. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: уч. пособие / Р.Н. Горохов. — Томск: Изд-во Томского политехнич. ун-та, 2009. — 294 с.
6. Hybrid Electric Vehicles: Principles and Applications with Practical Perspectives. — John Wiley & Sons, Ltd., 2011.
7. Электромобили и гибридные автомобили / П.А. Златин [и др.]. — М: Агроконсалт, 2004. — 416 с.
8. Modern Electric, Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles: Fundamentals, Theory, and Design. — CRC Press, 2005. — 419 с.
9. Characterization and Comparison of Two Hybrid Electric Vehicles (HEVs) — Honda Insight and Toyota Prius // Society of Automotive Engineers. Technical Paper: 2001-01-1335.
10. Hybrid Distribution Trucks: Costs and Benefits. Research Report 476660-00080-1 / Southwest Region University Transportation Center. — Austin, Texas 78701. June 2011.
11. Evaluation of the 2008 Lexus LS 600h Hybrid Synergy Drive System / Oak Ridge National Laboratory. — ORNL/TM-2008/185. — 2009. — 91 p.
12. Electric vehicles in Europe: gearing up for a new phase? / Amsterdam Roundtable Foundation and McKinsey & Company The Netherlands. — April 2014.
13. Hybrid and Electric Vehicles. The Electric Drive Plugs In / International Energy Agency Annual report of the Executive Committee and Task 1 over the year 2010. — 425 p. — Mode of access: www.ieahev.org.
14. Eighteen-Month Final Evaluation of UPS Second Generation Diesel Hybrid-Electric Delivery Vans: Technical Report. — NREL/TP-5400-55658. — September 2012. — 47 p.
15. Book on Electric Vehicle Technology Explained. — John Wiley & Sons Ltd. — 2003.
16. State of development of the electric and hybrid vehicles, energetic and ecological aspect of applications // Industry. — 2011. — 34(4). — Pp. 267-292.

PODDUBKO Sergey N., Ph. D. in Eng., Assoc. Prof.

General Director<sup>1</sup>

E-mail: p-s-n@tut.by

BELEVICH Alexander V.

Director of R&D Center “Electromechanical and Hybrid Power Units of Mobile Machines” — Head of the Laboratory of Onboard Mechatronic Systems of Mobile Machines<sup>1</sup>

E-mail: belevich2005@yandex.by

ADASHKEVICH Vladimir I.

Head of the Sector of Electric Drives and Control and Measuring Systems<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Joint Institute of Mechanical Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

Received 05 September 2017.

## ELECTRIC VEHICLE PROTOTYPE: DEVELOPMENT STAGES AND FIRST RESULTS

*The article shows the relevance of work on the development of components and models of vehicles with hybrid and electromechanical power units. A brief description and results of the stages of the traction-dynamic calculation, selection of components, layout, assembly and initial testing of the prototype of the Belarusian electric vehicle are presented. The results of the work show the potential of Belarusian developers in the field of creating advanced drive systems based on electrical components and modern technical level control systems.*

**Keywords:** electric car, electric motor, battery, electronic control system, tests

### References

1. An investigation of electric motor drive characteristics for EV and HEV propulsion systems. *Society of Automotive Engineers (SAE) Journal*, 2003, no. 2000-01-3062.
2. Effect of extended-speed, constant-power operation of electric drives on the design and performance of EV-HEV propulsion system. *Society of Automotive Engineers (SAE) Journal*, 2003, no. 2000-01-1557.
3. Rand D.A.J., Woods R., Dell R.M. *Batteries for Electric Vehicles*. Baldock, Research Studies Press, Ltd., 1998.
4. Bogdanov K.L. *Tjagovyy jelektroprivod avtomobilja* [Traction electric car drive]. Moscow, Moskovskij avtomobilno-dorozhnyj gosudarstvennyj tehnikeskij universitet, 2009. 57 p.
5. Gorodov R.N. *Netradicionnye i vozobnovljaemye istochniki jenergii* [Non-traditional and renewable energy sources]. Tomsk, Izdatelstvo Tomskogo politehnich. universiteta, 2009. 294 p.
6. Mi Ch., M. Masrur A., Wenzhong Gao D. *Hybrid Electric Vehicles: Principles and Applications with Practical Perspectives*. 2011, John Wiley & Sons, Ltd.
7. Zlatin P.A. [et al.] *Jelektromobili i gibridnye avtomobili* [Electric cars and hybrid cars]. Moscow, Agrokonsalt, 2004. 416 p.
8. Ehsani M., Gao Y., Emadi A. *Modern Electric, Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles: Fundamentals, Theory, and Design*. CRC Press, 2005, 419 p.
9. Duoba M., Ng H., Larsen R. Characterization and Comparison of Two Hybrid Electric Vehicles (HEVs) – Honda Insight and Toyota Prius. *Society of Automotive Engineers Technical Paper*, 2001.
10. *Hybrid Distribution Trucks: Costs and Benefits*. Austin, Southwest Region University Transportation Center, 2011.
11. Olszewski M. *Evaluation of the 2008 Lexus LS 600h hybrid synergy drive system*. Oak Ridge National Laboratory, 2009. 91 p.
12. *Electric vehicles in Europe: gearing up for a new phase?* Amsterdam Roundtable Foundation, McKinsey & Company, 2014.
13. Hybrid and Electric Vehicles. The Electric Drive Plugs In. *International Energy Agency Annual report of the Executive Committee and Task 1 over the year 2010*. 425 p. Available at: [www.ieahev.org](http://www.ieahev.org).
14. Lammert M., Walkowicz K. *Eighteen-Month Final Evaluation of UPS Second Generation Diesel Hybrid-Electric Delivery Vans*. 2012. 47 p.
15. Larminie J., Lowry J. *Book on Electric Vehicle Technology Explained*. John Wiley & Sons Ltd, 2003.
16. *State of development of the electric and hybrid vehicles, energetic and ecological aspect of applications*. International Energy Agency, 2011, no. 34(4), pp. 267–292.