

УДК 629.113: 72.012

**К МЕТОДИКЕ РАЗРАБОТКИ ЭКСТЕРЬЕРА ТРАМВАЯ
TO THE DEVELOPMENT TECHNIQUE OF THE TRAM
EXTERIOR**

Таяновский Г.А., к.т.н., доцент, Мурог К.А., Нечай О.И.,
Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Беларусь

Tayanousky G.A., Ph.D.in Engineering, Associate Professor,
Murog K.A., Nechaj O.I., design engineers,
Belarusian national technical University,
Minsk, Belarus

Разработана структура аппаратного и компьютерного инструментария, конкретизированы методические положения разработки экстерьера дизайн-концепта городского трамвая на масштабном макете и 3D-модели с учетом влияния характеристик формы на эксплуатационные свойства машины и внешней среды на формообразование трамвая.

The structure of the hardware and computer tools has been developed, the methodological guidelines for developing the exterior of the urban tram concept on a scale model and 3D models have been specified, taking into account the influence of shape characteristics on the operational properties of the machine and the external environment on the formation of the tram.

ВВЕДЕНИЕ

Создание трамваев новых концепций и компоновочных схем требует определения их рациональной формы и параметров, что реализуется натурными, макетными испытаниями и компьютерным моделированием динамики их движения, отработкой конструкции по многим другим аспектам. Сложность выбора экстерьера для заданной компоновочной схемы машины и структурно-параметрической оптимизации концепта нового трамвая связана с тем, что внешняя среда и назначение влияет на формообразование, а форма влияет на эксплуатационные свойства будущего трамвая. Цель оптимизации – достижение максимальных показателей потребительского качества, которое и определяется совокупностью упомянутых функциональных и потребительских свойств [1-3].

На начальных этапах обоснования создаваемого трамвая

в распоряжении разработчика-дизайнера имеются, как правило, только эскизные варианты компоновочной схемы платформы трамвая и первичные прорисовки вариантов их обвеса, возможно также - несколько масштабных макетов, выполненных из бумаги, пластичного легко деформируемого или другого материала [2].

Поэтому актуальны методические разработки по практическому решению задач изыскания и выбора рациональной формы с прогнозом ее художественно-эстетической оценки и влияния на важнейшие эксплуатационные свойства, технический уровень и качество изготовления трамвая.

Цель данной работы - формирование рациональной структуры аппаратного и программного инструментария рабочей лаборатории инженера-дизайнера, методических положений исследования экстерьера дизайн-концепта городского трамвая на масштабном макете и 3D-модели для оценки влияния характеристик формы на эксплуатационные свойства машины и отработки экстерьера по другим важнейшим аспектам методологии создания трамвая.

СТРУКТУРА МЕТОДИКИ РАЗРАБОТКИ ДИЗАЙН-КОНЦЕПТА ГОРОДСКОГО ТРАМВАЯ

Адекватность результатов анализа свойств машины до ее создания в металле предопределяет выбранная модель, разработанная методика исследования модели и переноса принятых решений и разработанных рекомендаций на полноразмерную машину с соблюдением закономерностей теории подобия [3].

Решение рассматриваемых задач предполагает наличие концепции формообразования экстерьера трамвая заданного назначения, четко очерченной специфики проявления известных принципов формообразования технического объекта, соответствующего аппаратного, расчетно-теоретического и программного инструментария. Некоторые проблемные вопросы рассматриваемой сложной технической задачи рассмотрены в работах авторов данной статьи [6, 7].

На рисунке 1 представлены структурные компоненты аспектов и последовательность их проектно-технологических

**Аспекты и проектно-технологические процедуры
отработки формообразования экстерьера трамвая**

Аэродинамическая оптимизация (аспект А)	Художественное конструирование (аспект Д)	Эргономическая отработка экстерьера (аспект Б)	Отработка на технологичность (аспект В)	Отработка на надежность (аспект Г)
Комплекс требований	Формулирование концепции экстерьера с учетом среды	Комплекс требований	Комплекс требований	Комплекс требований
Виртуальная модель	Выбор специфики реализац принципов формообразован	Анализ обзорности, освещенности, заметности	Выбор материалов	Выявление причин предельных состояний
Аэродинам оптимизация на вирт модели	Эскизная проработка экстерьера и окраски	Отработка трамвая на безопасность	Выбор технологических процессов изготовл	Анализ структурной надежности
Продувка макета в аэродинам трубе	Изготовление масштабного макета	Отработка на плавность хода,	Выбор способа крепления обвески	Анализ НДС несущей системы
Доработка и оценка макета по аэродин сопротивлению	Отработка экстерьера по аспектам А и Б	Отработка формы на энергоэкономичность	Выбор технологических процессов покраски	Анализ влияния колебаний на ресурс
Выбор варианта формы и расположения на шасси	Разработка варианта вирт модели экстерьера	Отработка трамвая на вписываемость в плане	Отработка экстерьера на унификацию	Анализ влияния климат условий на ресурс
Испытан и аэродин доводка эксперимент образца	Разработка плазовых чертежей обвески	Отработка экстерьера на работу в сложн климате	Отработка экстерьера на типизаацию	Анализ сохраняемости
Разработка рекомендаций по выбору экстерьера	Изготовление макета трамвая, эксперт оценка	Отработка на удобство посадки-высадки	Анализ на технологичность сборки	Оценка ТУИК по всем аспектам

Рисунок 1

процедур в итерационном процессе отработки формообразования экстерьера трамвая.

Основная часть работ по выполнению аспектов *А, Д, Б* (рисунок 1) выполняются в бюро дизайна и общей компоновки, тогда как процедуры аспектов *В* и *Г* связаны с реализацией как в соответствующих КБ, так и в большей степени - обязательно с изготовлением и натурными испытаниями.

Последовательность выполнения процедур отработки формообразования трамвая, представленных на рисунке 1, является неизбежно итерационной. При этом проектные итерации являются многоуровневыми и содержат процедуры, которые могут относиться к любому из рассмотренных аспектов *А-Д*. Смысл любой такой итерации заключается в достижении приемлемого результата по конкретным локальным целям-критериям улучшения текущего состояния объекта проектирования. В связи с этим рациональное по затратам времени шаговое по-процедурное планирование хода проектирования возможно, на наш взгляд с наилучшими результатами, в форме сетевого планирования с корректировкой сетки после рассмотрения результатов каждой процедуры и принятия решения о процедурной стратегии и тактике дальнейшего хода процесса проектирования. Сетевые методы в проектировании давно, широко и успешно используются за рубежом ведущими машиностроительными корпорациями. В случае реализации проектирования в подразделениях, которые могут находиться в разных странах и континентах, с большим комплексом работ и исполнителей при ограниченных финансовых и временных ресурсах, благодаря компьютерным возможностям быстрой передачи громадных массивов данных и сетевому планированию, достигается значительное сокращение времени разработки машин и повышение их технического уровня и потребительских качеств. К примеру, в создании ракетной системы «Полярис» участвовало 3800 подрядчиков и выполнялось 60 тысяч операций[8].

На рисунке 2 приведена схема взаимодействия аппаратного и программного инструментария рабочей лаборатории инженера-дизайнера в реализации предлагаемых особенностей методики разработки экстерьера трамвая.

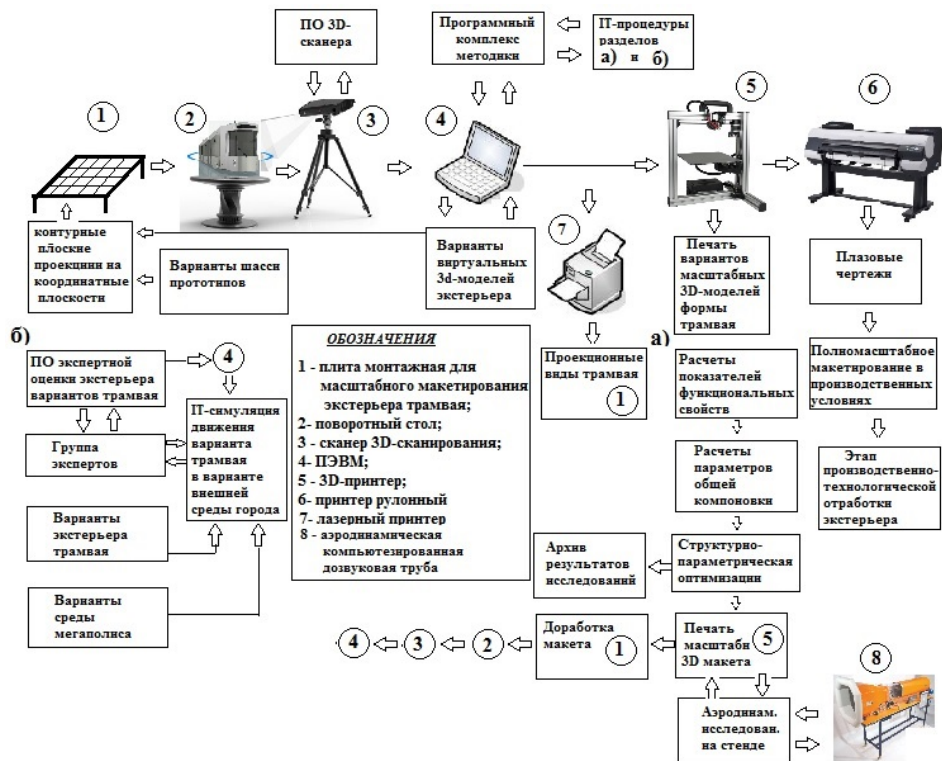


Рисунок 2

Как видно из рисунка, аппаратная часть обеспечения предлагаемой методики включает восемь наименований оборудования (см. позиции 1-8), при этом позиции 5, 6, 7 могут быть коллективными сетевыми принтерами, предназначенными для использования несколькими рабочими микро-лабораториями дизайнеров одного проектного бюро.

Для облегчения изыскания вариантов экстерьеров трамвая и их исследования используется прием создания первичной масштабной компьютерной 3D-модели концепта (поз.1), по проекциям которой на плоскости создаются первичные шаблоны для изготовления первого масштабного макета варианта трамвая. Этот макет дорабатывается и оптимизируется по аэродинамике с помощью измерительно-регистрирующего комплекса стенда - компьютеризированной аэродинамической трубы. В силу специфики влияния аэродинамики формы экстерьера на свойства и эстетическое восприятие разрабатываемого трамвая комплект оборудования как раз и включает малогабаритную компьютеризированную аэродинамическую трубу 8 для продувки масштабных макетов вариантов концептов трамвая.

Затем на поворотном столе с помощью 3D-сканера (поз. 2 и 3) выполняют 3D-сканирование отработанного варианта макета. После чего следует изготовление по сканированной 3D-модели с помощью 3D-принтера (поз. 5) натурального масштабного макета и проводится его контрольная продувка для подтверждения аэродинамических показателей.

Далее, на основе твердотельной компьютерной модели варианта концепта трамвая, с использованием методов теории подобия получают его полномасштабную твердотельную 3D-модель, которую исследуют расчетными методами на показатели важнейших функциональных и эксплуатационных свойств с помощью разработанного комплекса программного обеспечения (ПО) по двум направлениям анализа: а) и б) (см. рисунок 2). При положительных результатах расчетного исследования на рулонном принтере б выводятся плазовые чертежи для изготовления в производственных условиях полномасштабного макета концепта трамвая.

Изложенный методический подход к изысканию и отработке экстерьера трамвая позволяет с меньшими затратами

рассмотреть большое вариативное поле концептов, создаваемых на конкурентной основе несколькими дизайнерами в одном КБ дизайна и общей компоновки. Он также позволяет исключить на ранних этапах недостатки оценки аэродинамических свойств трамвая на чисто компьютерных моделях, а также получить экспертный прогноз художественно-эстетического облика концептов трамвая до значительных затрат на изготовление дорогостоящих полномасштабных натуральных макетов. Этот алгоритм реализует системный подход в проектировании трамвая и позволяет с большей вероятностью избежать затрат, связанных с изготовлением заведомо неудачных вариантов концептов разрабатываемого трамвая.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате разработана структура аппаратного и компьютерного инструментария, конкретизированы методические положения разработки экстерьера дизайн-концепта городского трамвая на масштабном макете и 3D-модели с учетом влияния характеристик формы на эксплуатационные свойства машины и внешней среды эксплуатации на формообразование трамвая.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технический регламент Таможенного Союза. ТР ТС 018/2011. О безопасности колесных транспортных средств.
2. Автомобили и тракторы. Основы эргономики и дизайна: Учебник для студентов вузов/ И.С. Степанов, А.Н. Евграфов, А.Л. Карунин, В.В. Ломакин, В.М. Шарипов; Под общ. ред. В.М.Шарипова.–М.: МГТУ «МАМИ», 2002.–230 с.
3. Высоцкий, М.С. Основы проектирования модульных магистральных автопоездов/ М.С. Высоцкий, С.И. Кочетов, С.В. Харитончик. – Минск: Беларус. Навука, 2011. – 392 с.
4. Евграфов, А.Н. Аэродинамика колесного транспорта/ А.Н. Евграфов, М.С. Высоцкий//Минск: НИРУП «Белавтотракторостроение», 2001.- 368 с.
5. ГОСТ 8769-75 «Приборы внешние световые автомобилей, автобусов, троллейбусов, тракторов, прицепов и полуприцепов. Количество, расположение, цвет, углы видимости».

6. Мурог, К.А. Принципы формообразования экстерьера трамвая, художественные и технические аспекты/ К.А. Мурог, Г.А. Таяновский// Научное обеспечение развития отечественной тракторной техники, многоцелевых колесных и гусеничных машин, городского электротранспорта: сборник научных трудов, посвященный 65-летию кафедры "Тракторы" / Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Тракторы" ; сост. Г. А. Таяновский ; под общ. ред. В. П. Бойкова. – Минск : БНТУ, 2018. – С. 74-78. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rep.bntu.by/handle/data/48904>.
7. Нечай, О. И. Алгоритм экспертного выбора экстерьера трамвая для заданной среды мегаполиса / О. И. Нечай, Г. А. Таяновский // Научное обеспечение развития отечественной тракторной техники, многоцелевых колесных и гусеничных машин, городского электротранспорта: сборник научных трудов, посвященный 65-летию кафедры "Тракторы" / Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Тракторы" ; сост. Г. А. Таяновский ; под общ. ред. В. П. Бойкова. – Минск : БНТУ, 2018. – С. 78-81. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://rep.bntu.by/handle/data/48905>.
8. Сетевое планирование в проектировании машин. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://upr-proektom.ru/setevoe-planirovanie>.