

Оценка эффективности высокоскоростного транспортного модуля транспортной системы Юницкого

Высокоскоростной транспортный модуль для струнного транспорта Юницкого (СТЮ) защищён 10 патентами (6 из них — патенты РФ, 4 — евразийские патенты). Изобретения [1—10] созданы с целью снижения аэродинамического сопротивления подвижного состава СТЮ, т.к. при высокоскоростном движении (скорость свыше 200 км/час) 90% и более расхода топлива транспортным средством приходится на преодоление аэродинамического сопротивления.

Таким образом, эффективность любой высокоскоростной транспортной системы, в том числе и СТЮ, напрямую зависит от аэродинамичности подвижного состава, т.к. расход топлива и его стоимость являются основной составляющей в себестоимости перевозок.

Для изучения аэродинамических характеристик модулей СТЮ были изготовлены их модели масштаба 1:5 (одно-, двух- и трехкорпусные варианты выполнения) в соответствии с изобретениями [1—10]. Модели выполнялись в полном соответствии с реальными объектами — были смоделированы все элементы реальной конструкции, влияющие на коэффициент аэродинамического сопротивления: колеса, колесные ниши, радиатор, прохождение воздуха через модуль (для охлаждения двигателя и обеспечения вентиляции пассажирского салона) и др.

Испытания проводились в Центральном научно-исследовательском Институте имени академика А.Н. Крылова в Санкт-Петербурге. Результаты испытаний изложены в отчете выпуска № 41298 «Экспериментальные исследования аэродинамических исследований модели транспортного модуля в аэродинамической трубе» (г. Санкт-Петербург, 2001 г.) [11].

Коэффициенты аэродинамического сопротивления моделей были пересчитаны на коэффициенты сопротивления натуральных транспортных средств до скоростей движения 500 км/час, при этом коэффициент аэродинамического сопротивления модуля СТЮ составил $C_x = 0,079$ [11, стр. 11]. В отчете также отмечено, что имеются конструктивные возможности снижения коэффициента сопротивления, хотя полученный результат примерно в 4 раза лучше, чем у современных автомобилей, коэффициент аэродинамического сопротивления которых имеет значение около 0,35.

Транспортный модуль СТЮ является по своей сути рельсовым автомобилем, т.е. автомобилем, поставленным на стальные колеса и размещенным на рельсах. Поэтому ближайшим аналогом высокоскоростного модуля СТЮ является высокоскоростной легковой автомобиль, в котором аэродинамике уделяют наибольшее внимание, т.к. от нее зависят скоростные характеристики и расход топлива автомобилем.

Из литературы известно, что базовая модель автомобиля, т.е. максимально приближенная к идеальной аэродинамической форме, имеет коэффициент аэродинамического сопротивления $C_x = 0,24$ [12, стр. 190]. Однако в реальных скоростных автомобилях, для обеспечения их устойчивого движения по полотну дороги при высокой скорости движения, устанавливают антикрыло и другие приспособления, ухудшающие аэродинамику. Например, на стр. 246 [12] приведены диаграммы зависимости C_x одних из лучших марок спортивных и гоночных автомобилей фирмы «Порше». Наилучшее значение C_x из всего многообразия марок этого автомобиля $C_x = 0,34$ (наихудшее значение $C_x = 0,7$).

Таким образом, улучшение коэффициента аэродинамического сопротивления транспортного модуля СТЮ, защищенного патентами [1—10], в сравнении с лучшими гоночными и спортивными автомобилями, составляет:

$$\Delta C_x = 0,34 - 0,079 = 0,261$$

Из законов аэродинамики известно, что сила сопротивления воздуха $F_{a.c.}$ и мощность аэродинамического сопротивления $W_{a.c.}$ определяются по формулам [12, стр. 16]:

$$F_{a.c.} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot C_x \cdot f_m,$$

$$W_{a.c.} = V \cdot F_{a.c.} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^3 \cdot C_x \cdot f_m,$$

где ρ — плотность воздуха, $\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3$;

V — скорость движения, м/с;

C_x — коэффициент аэродинамического сопротивления;

f_m — площадь проекции транспортного средства на плоскость, перпендикулярную к его продольной оси (мидель), м^2 .

СТЮ имеет существенные преимущества в сравнении с другими транспортными системами, что широко освещалось в прессе, по центральному телевидению, на научно-технических конференциях, симпозиумах, международных выставках. СТЮ получила государственную и международную поддержку.

Поэтому за срок действия патентов [1—10] — до 2021 г. — могут быть построены десятки трасс СТЮ, например, «Москва — Санкт-Петербург», «Москва — Сочи», «Москва — Минск — Калининград», «Москва — Владивосток» и др. Для расчетов эффективности изобретений по патентам [1—10] ограничимся лишь одной трассой СТЮ, причем возьмем наиболее короткую из них (чем короче трасса, тем меньше эффективность по экономии топлива): «Москва — Санкт-Петербург».

Основные характеристики двухпутной трассы СТЮ «Москва — Санкт-Петербург»:

- протяженность — 660 км/час;
- расчетная скорость движения транспортного модуля — 360 км/час (100 м/с);
- время в пути — 1 час 50 мин;
- расчетный пассажиропоток (в обоих направлениях) — 25 тыс. пасс./сутки.

Основные характеристики транспортного модуля СТЮ:

- вместимость — 20 чел;
- среднеходовая скорость — 360 км/час (100 м/с);
- коэффициент аэродинамического сопротивления модуля — $C_x = 0,079$;
- ширина модуля — 3,1 м;
- длина модуля — 6,5 м;
- высота модуля — 2,1 м;
- наибольшая площадь поперечного сечения корпуса модуля (мидель) — $5,5 \text{ м}^2$.

Определим уменьшение мощности аэродинамического сопротивления $\Delta W_{a.c.}$ модуля СТЮ в сравнении с лучшим скоростным автомобилем фирмы «Порше»:

$$\Delta W_{a.c.} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^3 \cdot \Delta C_x \cdot f_m = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \text{ кг/м}^3 \cdot (100 \text{ м/с})^3 \cdot 0,261 \cdot 5,5 \text{ м}^2 = 897000 \text{ Вт} = 897 \text{ кВт}.$$

Для обеспечения перевозки 25.000 пасс./сутки 20-тиместные модули должны совершить 1250 поездок в сутки (один модуль может совершить 10 поездок в сутки, поэтому указанный пассажиропоток обеспечат 125 модулей), или 456.250 поездок в год.

Годовая экономия топлива $\Delta T_{\text{год}}$ за счет улучшения аэродинамики подвижного состава СТЮ в сравнении с автомобильным транспортом составит:

$$\Delta T_{\text{год}} = 456.250 \text{ поездок/год} \cdot 1,83 \text{ час/поездку} \cdot 897 \text{ кВт} \cdot 0,243 \text{ кг/кВт·час} = 181.990.000 \text{ кг/год},$$

где $0,243 \text{ кг/кВт·час}$ — расход топлива двигателем внутреннего сгорания*.

* Из мировой практики известно, что расход топлива в двигателе внутреннего сгорания находится в пределах: $0,297—0,337 \text{ кг/кВт·час}$ для карбюраторных и $0,243—0,270 \text{ кг/кВт·час}$ для дизелей [13, стр. 413]; для расчетов взят наименьший расход топлива.

При стоимости топлива 0,4 USD/кг, годовая экономия топлива в денежном выражении на трассе «Москва — Санкт-Петербург» составит:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 181.990.000 \text{ кг/год} \cdot 0,4 \text{ USD/л} = 72.796.000 \text{ USD/год.}$$

Если трасса «Москва — Санкт-Петербург» будет введена в строй в 2010 г., то за 11 лет действия патентов (до 2021 г.) экономия топлива подвижным составом составит:

$$\Sigma \mathcal{E}_T = 72,796 \text{ млн. USD/год} \cdot 11 \text{ лет} = 800,756 \text{ млн. USD.}$$

При роялти, равном 15%, стоимость интеллектуальной собственности, защищенной патентами [1—10], при использовании изобретений только на одной трассе СТЮ «Москва — Санкт-Петербург» в течение 11 лет, составит:

$$C_{\text{и.с.}} = 800,756 \text{ млн. USD} \cdot 0,15 = 120,113 \text{ млн. USD.}$$

Источники информации:

1. Юницкий А.Э. Высокоскоростной транспортный модуль. Евразийский патент № 003490, кл. В 62 D 35/00, 2001.
2. Юницкий А.Э. Высокоскоростной транспортный модуль. Евразийский патент № 003533, кл. В 62 D 35/00, 2001.
3. Юницкий А.Э. Высокоскоростной транспортный модуль. Евразийский патент № 003534, кл. В 62 D 35/00, 2001.
4. Юницкий А.Э. Высокоскоростной транспортный модуль. Евразийский патент № 003535, кл. В 62 D 35/00, 2001.
5. Юницкий А.Э. Высокоскоростной транспортный модуль транспортной системы Юницкого. Патент Российской Федерации № 2201368, кл. В 62 D 35/00, 2001.
6. Юницкий А.Э. Высокоскоростной транспортный модуль транспортной системы Юницкого. Патент Российской Федерации № 2201369, кл. В 62 D 35/00, 2001.
7. Юницкий А.Э. Высокоскоростной транспортный модуль транспортной системы Юницкого. Патент Российской Федерации № 2203194, кл. В 62 D 35/00, 2001.
8. Юницкий А.Э. Высокоскоростной транспортный модуль транспортной системы Юницкого. Патент Российской Федерации № 2203195, кл. В 62 D 35/00, 2001.
9. Юницкий А.Э. Высокоскоростной транспортный модуль транспортной системы Юницкого. Патент Российской Федерации № 2211781, кл. В 62 D 35/00, 2001.
10. Юницкий А.Э. Высокоскоростной транспортный модуль транспортной системы Юницкого. Патент Российской Федерации № 2217339, кл. В 62 D 35/00, 2001.
11. Ордена Ленина, ордена Октябрьской революции и ордена Трудового Красного Знамени Центральный научно-исследовательский институт им. Академика А.Н. Крылова. «Экспериментальное исследование аэродинамических характеристик модели транспортного модуля в аэродинамической трубе», отчет (выпуск № 41298), Санкт-Петербург, 2001 г.
12. Аэродинамика автомобиля / Под ред. В.-Г. Гухо; Перевод с немецкого. — М.: Машиностроение, 1987. — 424 с.: ил.
13. Г.П. Лызо, А.П. Лызо, В.А. Ломовский. Тракторы, автомобили, двигатели. Издание второе, переработанное и дополненное. — М.: «Высшая школа», 1968. — 500 с.: ил.