

## УКРУПНЕННЫЙ АНАЛИЗ СТРАТЕГИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ В ИСПОЛЬЗОВАНИИ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

**Р. А. Шабалин<sup>1</sup>,**

магистрант,

**О. О. Подоляк<sup>2</sup>,**

доц., канд. экон. наук,

**М. А. Прилуцкая<sup>2</sup>,**

доц., канд. техн. наук,

**К. А. Асанбеков<sup>2</sup>,**

доц., канд. техн. наук,

**И. И. Огнев<sup>2,3</sup>,**

доц., канд. техн. наук

<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань,

<sup>2</sup>Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,

г. Екатеринбург

<sup>3</sup>Южно-Уральский технологический университет, г. Челябинск

*В свете соотношений в объемах работы транспорта на различных видах топлива и расходов энергии наибольший интерес вызывают проблемы совершенствования технологий энергетических установок автомобильного транспорта. В статье приведен укрупненный анализ использования автомобилей с двигателем внутреннего сгорания и водородных автомобилей на топливных элементах*

**Ключевые слова:** *двигатели внутреннего сгорания, водородные автомобили, топливные элементы, экономическая эффективность.*

## AN INTEGRATED ANALYSIS OF STRATEGIC DIRECTIONS IN THE USE OF NEW TECHNOLOGIES IN ROAD TRANSPORT

*At this moment of the ratios in the volumes of transport using various types of fuel and energy consumption, the problems of improving the technologies of power plants of road transport are of the greatest interest. The article provides an integrated analysis of the use of cars with an internal combustion engine and hydrogen fuel cell vehicles.*

**Keywords:** *internal combustion engines, hydrogen cars, fuel cells, economic efficiency.*

Важнейшим параметром автомобилей с двигателем внутреннего сгорания (далее – ДВС), определяющим его экономичность, является показатель расхода топлива [1]. Поскольку дальнейший рост показателей эффективности двигателя внутреннего сгорания практически исчерпан, то снижение расходов топлива сегодня возможно в основном за счет уменьшения веса автомобиля, повышения аэродинамических свойств кузова, снижения сопротивления качению и улучшения эффективности использования трансмиссии. За счет этих факторов удельный расход может быть снижен на 12 % к 2030 г., в том числе за счет улучшения аэродинамических свойств автомобиля – на 4,4 %, снижения сопротивления при качении на 6,7% и совершенствования трансмиссии – на 0,9 % [2].

Влияние факторов на экономичность автомобилей с ДВС отражено в прогнозных оценках расходов топлива (табл. 1).

Таблица 1

Прогноз усредненных параметров новых автомобилей с ДВС

Автомобиль с ДВС	Год				
	2020	2025	2030	2035	2040
Мощность, кВт	85	85	85	85	85
Расход топлива, л/100 км	6	5,6	5	4,8	3,9
Кузов, долл.	12000	12000	12000	12000	12000
Удельная стоимость ДВС, долл./кВт	43	50	51	54	57
Всего стоимость ДВС, долл.	4250	4335	4590	4675	4845
Прочее оборудование, долл.	1200	1300	1500	2500	3000
Всего (округленно), долл.	17450	17635	18100	19175	19845

Экономика водородных автомобилей с топливными элементами (далее – ТЭ) в значительной мере определяется следующими факторами:

- 1) стоимость водорода и связанная с ним инфраструктура производства, доставки и хранения;
- 2) степень совершенств самого ТЭ как энергетической машины;

3) хранение водорода на борту автомобиля [3].

Производство ТЭ в мире неуклонно возрастает. Предполагается, что в ближайшие годы выпуск ТЭ достигнет 650 МВт в год, в том числе более 50 % от этой величины будет приходиться на транспортные системы, из которых наибольшая доля принадлежит ТЭ типа PEM (Proton-exchange membrane) [4].

В соответствии с тенденциями совершенствования основных компонентов автомобиля с ТЭ, были составлены оценки ожидаемой стоимости этой технологии в период до 2040 г. (табл. 2).

Таблица 2

Прогноз усредненных параметров новых водородных автомобилей с ТЭ

Водородный автомобиль с ТЭ	Год				
	2020	2025	2030	2035	2040
Мощность, кВт	85	85	85	85	85
Запас хода по топливу, км	450	550	650	750	950
Удельный расход H <sub>2</sub> , кг/100 км	1,1	1,1	1,1	1,1	1
Стоимость кузовов, долл.	12000	12000	12000	12000	12000
Удельная стоимость ТЭ, долл./кВт	175	120	100	75	50
Всего стоимость ТЭ, долл.	14875	10200	8500	6375	4250
Удельная стоимость емкости для хранения H <sub>2</sub> , долл./кг	550	350	200	175	150
Емкость для H <sub>2</sub> , кг	4,95	6,05	7,15	8,25	9,5
Стоимость емкости для H <sub>2</sub> , долл.	2722,5	2117,5	1430	1443,75	1425
Удельная стоимость электромоторов, долл./кВт	20	15	10	8	7
Всего электромоторы, долл.	1700	1275	850	680	595
Прочее оборудование, долл.	2400	2600	3000	3000	3000
Всего (округленно), долл.	33700	28190	25800	23500	21250

С учетом рассмотренных тенденций вполне возможно, что стоимость автомобиля с ТЭ может снизиться к 2035 г. до 20–25 тыс. долл.

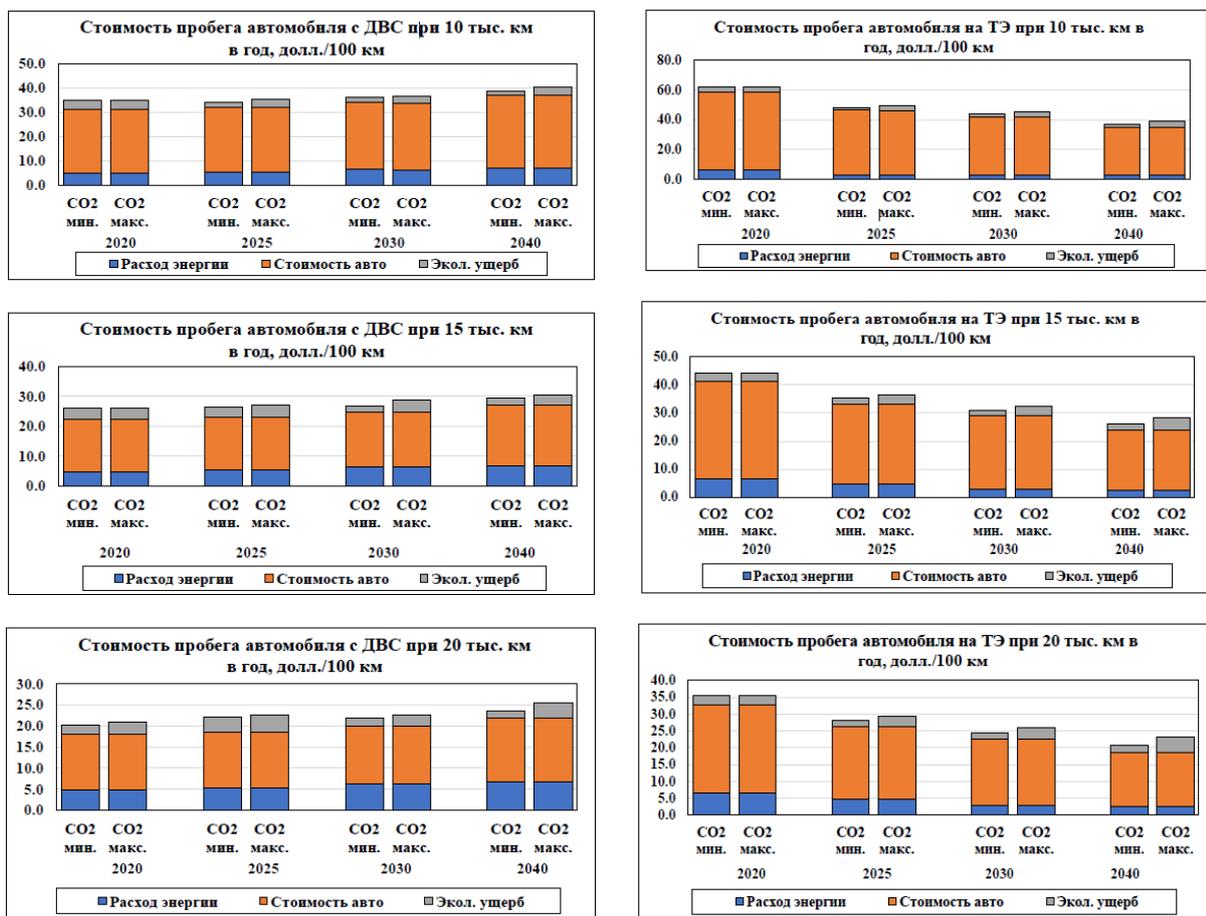
Расчеты показывают, что экономичность базовой технологии на основе ДВС скорее всего будет медленно ухудшаться за счет некоторого увеличения стоимости автомобилей в связи с ожидаемыми технологическими новациями, несмотря на ожидаемое снижение удельных расходов топлива на 35 % в период с 2020 до 2040 г. (см. табл. 1).

На рис. 1а показана ожидаемая динамика изменения стоимости пробега автомобиля с ДВС при годовом пробеге от 10 до 20 тыс. км. При относительно малых расстояниях (10 тыс. км) стоимость пробега возрастает с 35 долл./100 км до 39–41 долл./100 км. При пробеге в 20 тыс. км затраты растут с 20–21 долл./100 км в настоящее время до 24–26 долл./100 км.

Для этой технологии автомобилей с ТЭ на фоне прогнозируемого сокращения их стоимости (см. табл. 2) ожидается заметное сокращение затрат: с 60–62 долл./100 км при 10 тыс. км пробега до 36–39 долл./100 км.

На рис. 1б показана ожидаемая динамика изменения стоимости пробега автомобиля с ТЭ при годовом пробеге от 10 до 20 тыс. км. Увеличение пробега заметно снижает затраты. При пробеге 20 тыс. км в год затраты для водородного автомобиля сокращаются с 36 долл./100 км в настоящее время до 20–23 долл./100 км к 2040 г., т. е. оказываются ниже, чем для ДВС при тех же величинах годового пробега.

Анализ результатов оценки экономической эффективности традиционных и альтернативных технологий в автотранспорте показывает, что в настоящее время стоимость эксплуатации традиционных автомобилей с ДВС в лучшем случае на 50–60 % ниже, чем перспективных технологий автомобилей на ТЭ. Однако по мере совершенствования альтернативных технологий и изменений стоимости энергоносителей ожидается, что автомобиль с ТЭ способен обеспечить равную затрату по стоимости эксплуатации с автомобилями на ДВС.



*a*

*б*

Рис. 1. Прогноз изменения стоимости пробега автомобилей с различными видами топлива при минимальных и максимальных оценках ущерба от выбросов CO<sub>2</sub> и годовом пробеге от 10 до 20 тыс. км: *a* – для автомобиля с ДВС, *б* – для автомобиля с ТЭ

### Список литературы

1. Топливная экономичность автомобилей с бензиновыми T58 двигателями / Т. У. Асмус, К. Боргнакке, С. К- Кларк и др. / под ред. Д. Хиллиарда, Дж. С. Спрингера ; пер. с англ. А. М. Васильева; под ред. А. В. Кострова. М. : Машиностроение, 1988. 504 с.
2. Influences on the Low Carbon Car Market from 2020–2030: Final Report for Low Carbon Vehicle Partnership. Element Energy, Cambridge, UK, 2011. URL: [https://www.zemo.org.uk/assets/reports/Influences%20on%20the%20Low%20Carbon%20Car%20Market%20from%202020-2030%20-%20Final%20Report%20010811\\_pdf.pdf](https://www.zemo.org.uk/assets/reports/Influences%20on%20the%20Low%20Carbon%20Car%20Market%20from%202020-2030%20-%20Final%20Report%20010811_pdf.pdf) (дата обращения: 08.11.2023).
3. Сняк Ю. В., Петров В. Ю. Экономические условия появления водорода как энергоносителя на энергетическом рынке России // Экономические проблемы энергетического комплекса : открытый семинар. 101 заседание, 27 мая 2009 г. ИНП РАН. М., 2009. С. 91.
4. USDRIVE. Fuel Cell Technical Team Roadmap, June 2013. URL: [https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/02/f8/fctt\\_roadmap\\_june2013.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/02/f8/fctt_roadmap_june2013.pdf) (дата обращения: 08.11.2023).