

УДК 656.13.072:629.114.001.45

И. В. ХМЕЛЁВ, кандидат технических наук, М. Г. ПИЦЫК, старший преподаватель, Национальный транспортный университет, г. Киев, Украина

МЕТОД ОЦЕНКИ ПРОЕКТОВ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК С УЧЁТОМ ИЗМЕНЕНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ АВТОБУСОВ

Предложен метод для композиционного проектирования автобусных перевозок, который основан на схеме функционирования автотранспортного средства как динамического средства труда. Для разработки метода использованы положения теории энергоресурсной эффективности автомобиля. Новизной данного метода является использование энергетически нормализованных расчётных схем транспортных операций на основе моделей эталонных прототипов и тестовых операций. Эти модели обеспечивают обоснование подвижного состава с технической новизной в проектах перевозок. Для возможности анализа развития параметров новых автотранспортных средств и совершенствования транспортных технологий разработана универсальная структура автомобиля обобщённого типа. Эта схема охватывает все варианты конструктивного базиса автомобиля. Новые варианты конструкции автомобиля формируются путём изменения количества конструктивных модулей и их параметров. Предложенный метод обеспечивает анализ транспортно-технологического качества автобусов в соответствии с концепцией сбережения энергии и ресурсов в транспортной системе.

Внутренние перевозки пассажиров автомобильным транспортом являются неотъемлемой составляющей транспортного комплекса страны и представляют собой особый вид хозяйственной деятельности, связанный с безопасностью для жизни и здоровья граждан. Поэтому государство осуществляет жёсткий контроль деятельности субъектов хозяйствования в сфере внутренних перевозок пассажиров автомобильным транспортом [1].

Среди всех видов пассажирского транспорта преимущество имеет автомобильный транспорт, который является наиболее массовым. Удовлетворяя потребности населения в перевозках, пассажирский автотранспорт влияет на уровень производительности труда и бытового обслуживания, развитие культуры и досуга. В связи с этим усовершенствование городских пассажирских перевозок имеет важное социальное значение [2].

Кроме того, основным товаром автотранспортной системы являются автотранспортные услуги (АУ). Для их непрерывного воспроизведения необходимо постоянно обновлять подвижной состав. Поэтому автомобиль является ресурсным товаром системы. В работе [3] показано, что сумма высоких эксплуатационных свойств автотранспортных средств (АТС) и самых прогрессивных (с точки зрения времени сообщения и комфортности поездки) технологий перевозок не обеспечивают заданные уровни повышения энергоресурсного и экологического качества автомобилей. Для достижения этой цели нужна система потребительски ориентированных и согласованных конструктивных и транспортных новаций в жизненном цикле автобуса.

Капиталоёмкие конструктивные новации, осуществлённые при создании нового подвижного состава, оплачиваются покупателем-перевозчиком. В свою очередь последний, в условиях конъюнктуры рынка перевозок, заинтересован в долгосрочном повышении экономической и технической конкурентоспособности своих услуг в рамках концепции сохранения энергии и ресурсов. Под конкурентоспособностью АТС понимается совокупность его качеств, характеризующих степень удовлетворения требований к уровням потребительской и трудовой полезности автомобиля по сравнению с лучшими аналогичными образцами [4].

Стратегической целью перевозчика является формирование энергосберегающих технологий систем автомобильных перевозок. Для реализации этой цели разработан комплекс моделей для управления энергоресурсной эффективностью АТС обобщённого типа. В основу комплекса положены исходные предпосылки, необходимые для имитации процессов использования ресурсов транспорта в проектах перевозок, а также принципы ресурсосбережения. С помощью моделей целевой функции энергоресурсной эффективности, а также моделей эффективности использования автомобиля с переменными параметрами и методов теоретического синтеза структуры АТС обобщённого типа формируется композиционная модель ресурсосберегающего проекта перевозок. Она обеспечивает обоснование подвижного состава с технической новизной в проектах перевозок [2].

Для целевого управления энергоресурсосберегающим развитием подвижного состава актуальным является создание методов комбинаторного анализа схем функционирования автобуса и композиционного проектирования процесса воспроизводства АУ, что обеспечивает заданный уровень энергоресурсного качества. В настоящее время теория композиционного проектирования сложных систем и процессов широко используется в отраслях создания вычислительной техники, в электротехнике, в авиационной и т. д. Эта теория представлена в работах Л. Берталяни, Н. И. Бусленко, В. А. Веникова, А. Ланге, И. А. Лазарева, Н. Н. Моисеева, А. И. Половинкина, Г. С. Поспелова и других ученых. На основе этих работ согласно задаче композиционного проектирования воспроизводства АУ, сформулированы исходные предпосылки композиционного проектирования перевозок [1].

Для возможности оценки эффективности автобуса как носителя технических ресурсов транспорта в данной работе использованы положения теории энергоресурсной эффективности автомобиля [2]. В связи с тем, что технологии систем перевозок состоят из процессов преобразования ресурсов транспорта в продукт, то в основу математической модели энерго- и ресурсопотребления положено описание функционирования АТС как динамического средства труда в операции движе-

ния. Основной особенностью подобного функционирования АТС является выполнение адаптивно-дискретной транспортной работы. При определении энергоресурсной эффективности автобуса необходимо учитывать факторы интенсивности переходных процессов. В этих процессах происходит повышение энергозатрат, износ силовых агрегатов и шин, рост токсичности отработавших газов из-за нарушения рабочих процессов двигателя. При интенсивных переходных процессах (ускорениях и разгонах) чаще всего нарушается устойчивость силовых связей колёс с дорогой, что непосредственно влияет на безопасность движения, и, кроме того, растут потери энергии в месте контакта колёс с дорогой [2].

Также необходимо отметить, что главной особенностью будущих транспортных предложений является изменение конструктивных параметров АТС – то, что сейчас не учитывается в проектах пассажирских перевозок. В связи с этим в данной статье разработан метод оценки будущих проектов перевозок пассажиров с учётом эволюции конструктивных параметров автобусов. На основании работы [2] была разработана схема структурно-параметрической организации конструкции автобуса (СПОКА) обобщённого типа (рисунок 1), согласно которой процесс его перемещения с пассажирами основан на процессах преобразования внутренней энергии двигателя $E_{дв}$ в импульс количества движения, равный дискретной транспортной работе ΔW :

$$E_{дв} \rightarrow P_T \Delta t \rightarrow q\gamma_{ст} v \Delta t \rightarrow \Delta W, \quad (1)$$

где $q\gamma_{ст}$ – пассажироместность автобуса и коэффициент её использования; P_T – сила тяги; Δt – время операции; v – средняя скорость движения автобуса.

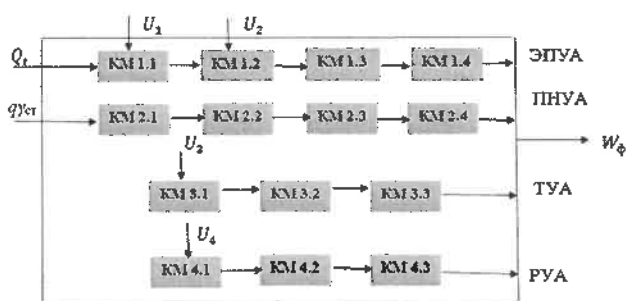


Рисунок 1 – Схема структурно-параметрической организации конструкции автобуса;

U_1, U_2, U_3, U_4 – воздействия на элементы KM;
 W_ϕ – физический продукт транспорта; Q_i – поток топлива

Эти процессы обеспечиваются работой двух основных устройств конструкции автомобиля: энергопреобразующего и пассажиронесущего (грузонесущего). Первый преобразует химическую энергию топлива в кинетическую энергию объекта перевозок (пассажиров), а второй обеспечивает передачу веса пассажиров на поверхность качения через колёса. То есть обобщённый взгляд на конструкцию АТС достигается модульным описанием его энергопреобразующего и пассажиронесущего устройств. Прогресс в энергопреобразовании и перевозке пассажиров, достигаемый в заданном варианте конструкции автобуса, обеспечивается направленным выбором структуры и параметров его функцио-

нальных модулей. Гибкость технического облика АТС в пределах описания элементов типоразмерного ряда подвижного состава происходит на основе представления конструкции автобуса в виде некоторого множества характеристик СПОКА. Выбор характеристик и параметров этих устройств должен обеспечивать максимизацию энергетической эффективности конструкции АТС [5]. В данном случае энергопреобразующее устройство (ЭПУА) представляет собой двигатель и элементы передачи энергии к колёсно-тяговому модулю, перевозочное устройство (ПНУА) – кузов автобуса.

В схему конструктивного базиса автобуса входят четыре устройства: энергопреобразующее (ЭПУА), пассажиронесущее (ПНУА), тормозное (ТУА) и рулевое (РУА). Первые два устройства (ЭПУА и ПНУА) состоят из четырех конструктивных модулей (KM). Третье и четвертое устройства включают в себя по три KM.

Устройства включают в себя следующие конструктивные модули:

1) ЭПУА: KM 1.1 – источник энергии; KM 1.2 – трансформация энергии (коробка передач, главная передача); KM 1.3 – распределение энергии (дифференциалы межколёсные, межосевые и коробки отбора мощности); KM 1.4 – колёсно-тяговый модуль (пара ведущих колёс – ось);

2) ПНУА: KM 2.1 – кузов; KM 2.2 – рама (остов); KM 2.3 – подвеска; KM 2.4 – ходовые модули (все оси);

3) ТУА: KM 3.1 – тормозная педаль и тормозной привод; KM 3.2 – тормозные механизмы (во всех колесах); KM 3.3 – тормозные колёса;

4) РУА: KM 4.1 – рулевое колесо с рулевым механизмом; KM 4.2 – рулевой привод (рулевая трапеция и рулевые тяги); KM 4.3 – управляемые колёса (передние).

Анализ технико-экономических показателей подвижного состава необходимо проводить исходя из стратегии повышения показателя энергетической эффективности, который принят главным показателем потребительского качества АТС в рамках концепции сбережения энергии и ресурсов в перевозочном процессе [3]. Он представляет собой отношение транспортной энергоотдачи данного автобуса в тестовой операции ρ к транспортной энергоотдаче эталонного автобуса в эталонной операции $\rho_{ст}$:

$$\Pi_\phi = \frac{\rho}{\rho_{ст}} = \frac{K_v \gamma_{ст}}{K_e (\eta + \gamma_{ст})} \rightarrow \max, \quad (2)$$

где K_v – коэффициент скорости (отношение средней скорости автобуса в тестовом цикле к скорости эталонного автобуса); K_e – энергетический коэффициент пробега (отношение расхода топлива автобуса в тестовом цикле к расходу топлива эталонного автобуса, движущегося с постоянной эталонной скоростью); η – коэффициент снаряжённой массы автобуса.

Максимизация показателя Π_ϕ обеспечивает создание энергосберегающих транспортных технологий согласно вышеупомянутой концепции. Этот показатель необходимо учитывать в комплексе с показателем топливной эффективности $\Pi_{ет}$, который представляет собой отношение расхода топлива данного автобуса в тестовой операции ρ_n к расходу топлива эталонного автобуса в эталонной операции $\rho_{нет}$:

$$P_{eq} = \frac{P_n}{P_{нст}} \rightarrow \min. \quad (3)$$

На следующем этапе работы проведен анализ влияния изменения конструктивных параметров АТС на показатели его энергетической эффективности. Поскольку сейчас в мире существует тенденция к уменьшению радиуса колеса АТС, в данной работе представлены результаты влияния этого конструктивного параметра (рисунок 2). Уменьшение радиуса колеса даёт возможность увеличить объём салона автобуса (и тем самым повысить комфортность и безопасность перевозки пассажиров), не выходя за допустимый нормативный габарит по высоте, а также не уменьшая маневренность и устойчивость АТС.

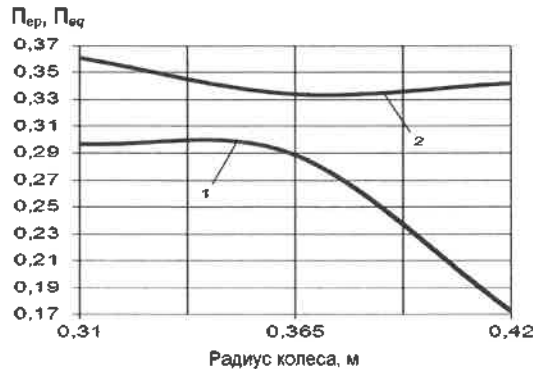


Рисунок 2 – График зависимости показателей энергетической эффективности автобуса «Богдан А092» от радиуса колеса r : 1 – P_{ep} ; 2 – P_{eq}

Анализ графиков показывает, что зависимость $P_{eq} = f(r)$ имеет экстремальный характер (рисунок 2, кривая 2), принимая минимальное значение при $r = 0,37$ м. График зависимости $P_{ep} = f(r)$ показывает (см. рисунок 2, кривая 1), что функция почти не изменяется до значения $r = 0,35$ м. При значениях аргумента $r \in [0,35; 0,42]$ функция резко уменьшается. Таким образом, максимальное значение показателя энергетической эффективности автобуса ($P_{ep} = 0,3$) достигается при радиусе колеса $r = 0,35$ м. Дальнейшее уменьшение радиуса не приводит к улучшению (увеличению) показателя P_{ep} и не обеспечивает выполнение условия (1). Более того, уменьшение радиуса колеса негативно влияет на показатель P_{eq} .

К математическим моделям анализа показателя энергетической эффективности предъявляется требование совмещения операций структурной и параметрической оптимизации конструкции автотранспортного

средства [3]. Это требование выполнено таким образом, что создана гибкая и целостная модель схем функционирования автобуса, в которой все агрегаты представлены в виде информационных блоков, задающихся как совокупности переменных состояний.

Результаты работы позволяют сформулировать следующие выводы.

1 Установлено, что повышение энергоресурсного качества автотранспортных услуг достигается с помощью формирования системы потребителски ориентированных и согласованных конструктивных и транспортные новаций в жизненном цикле автобуса.

2 Разработаны математические модели показателей энергетической эффективности, которые позволяют решать оптимизационные задачи агрегатного формирования эффективного ресурсосберегающего воспроизводства автотранспортных услуг на всех стадиях жизненного цикла автобуса.

3 Предложенный метод обеспечивает выбор параметров АТС, отвечающий развитию технического базиса транспортной системы согласно концепции сохранения энергии и ресурсов, а также стратегии повышения технико-технологической конкурентоспособности будущих транспортных предложений.

4 Полученные в работе результаты могут быть использованы для следующего этапа исследований – оценки и выбора рационального проекта пассажирских перевозок по критерию энергетической эффективности.

Список литературы

- 1 Пассажирские автомобильные перевозки : учеб. для вузов / В. А. Гудков [и др.]. – М. : Горячая линия – Телеком, 2006. – 448 с.
- 2 Хмельов, І. В. Метод оцінки транспортно-технологічної якості автобусів / І. В. Хмельов, О. В. Гусев, М. Г. Піцик // Вісник Національного транспортного університету. – Київ, 2017. – № 1 (37). – С. 410–415.
- 3 Хабутдинов, Р. А. Энергоресурсна ефективність автомобіля / Р. А. Хабутдинов, О. Я. Кошук. – Київ : УТУ, 1997. – 137 с.
- 4 Хабутдинов, Р. А. Методи техніко-технологічного обґрунтування новачіних проектів перевезень за концепцією енерго- та ресурсозбереження / Р. А. Хабутдинов, І. В. Хмельов // Вісник Національного транспортного університету. – Київ, 2004. – № 9. – С. 19–23.
- 5 Хабутдинов, Р. А. Методи совершенствования технико-эксплуатационных свойств транспортных средств в технологической концепции развития транспорта / Р. А. Хабутдинов, И. В. Хмельов // Проблемы транспорта : сб. науч. праш. – Київ. – 2006. – № 3. – С. 19–26.

Получено 05.04.2019

I. V. Khmelyov, M. G. Pitsyk. The project evaluating method in passenger transportation and bus constructive parameter changes to consider.

The article proposes a method for the composite design of bus transportation, which is based on the functioning scheme of a motor vehicle as a dynamic means of labor. For the development of the method the car energy efficiency theory is used. The method novelty is the use of energetically normalized computational transport operations schemes based on reference prototypes and test operations models. These models provide a justification for rolling stock with technical novelty in transportation projects. For the possibility of analyzing the new vehicle parameter development and the transport technology improvement, the generalized type vehicle universal structure has been developed. This scheme covers all variants of the car constructive basis. The car's design new versions are formed by changing the structural module number and their parameters. The proposed method provides the bus transport and technological quality analysis in accordance with the energy and resources saving concept in the transport system.