

Н.В. Савенков /к.т.н./, В.Г. Скрипкарь, Л.Э. Энтина

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» (Макеевка)

## ПОВЫШЕНИЕ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ НА ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ НА МАРШРУТАХ

*Предложена методика повышения топливной экономичности автомобилей категории M<sub>3</sub> на примере автобуса «Донбасс». Показано влияние значений передаточных чисел коробки передач на согласование режимов работы силовой установки с режимами движения на городских пассажирских маршрутах.*

**Ключевые слова:** автомобиль категории M<sub>3</sub>, городской маршрут, оптимизация, путевой расход топлива, передаточное число.

### Постановка проблемы

Определяющим показателем эффективности эксплуатации парка автобусов, при условии обеспечения обязательных требований по соблюдению качества и безопасности обслуживания пассажиров, является себестоимость перевозок.

Значительное влияние на этот показатель оказывают затраты на топливо. Среди известных конструктивных мероприятий для коммерческих автомобилей рациональным является направление по повышению топливной экономичности за счет согласования режимов работы двигателя и трансмиссии с заданными условиями движения. Это позволит повысить среднее значение общего КПД силовой установки автотранспортного средства на маршруте и, как следствие, уменьшить путевой расход топлива.

Данное направление требует исследования фактических режимов движения на городских пассажирских маршрутах.

### Анализ последних исследований и публикаций

Направление по повышению топливной экономичности автомобиля на маршруте за счет рационального выбора конструктивных и режимных параметров силовой установки (двигатель и трансмиссия) является эффективным, так как связано с рабочими процессами узлов и агрегатов, которые характеризуются наибольшими потерями энергии – общий КПД двигателя и трансмиссии автобуса может варьироваться от 0,01 до 0,3 [1].

Рассматриваемый подход может реализовываться различными способами. Для автотранспортных средств, оснащенных ступенчатой механической трансмиссией, повышение общего КПД силовой установки можно достичь путем оптимизационного поиска рационального ряда переда-

точных чисел промежуточных передач [2]. Это обеспечит улучшение свойств топливной экономичности в принятых режимных условиях эксплуатации при сохранении на требуемом уровне скоростных и экологических качеств.

### Цель (задачи) исследования

Целью настоящей работы является разработка метода повышения топливной экономичности отечественных автобусов на пассажирских маршрутах за счет рационального выбора параметров трансмиссии.

Для достижения поставленной цели решены такие задачи: определение и обоснование критерия эффективности процесса движения автомобиля на пассажирском маршруте; выбор оптимизационных параметров повышения топливной экономичности; разработка и обоснование эксплуатационных режимов движения; построение нагрузочно-скоростных характеристик двигателя; расчет потерь мощности в силовой установке; определение функции требуемой мощности, необходимой для движения автобуса в эксплуатационных условиях; оптимизационный расчет топливной экономичности; анализ полученных результатов и разработка рекомендаций по повышению топливной экономичности.

### Основной материал исследования

В качестве критерия эффективности процесса движения определено интегральное количество топлива, израсходованное на маршруте за один цикл движения автобуса (от отправной точки до конечной и обратно) в перерасчете на 100 км пути:

$$A = \frac{1}{36 \cdot \rho_T \cdot S_M} \int_{t_n}^{t_k} G_q dt, \quad (1)$$

где  $t_h$  и  $t_k$  соответственно время начала и конца маршрута (один цикл движения), с;  $\rho_T$  – плотность топлива, кг/дм<sup>3</sup>;  $S_M$  – протяженность маршрута (одного цикла движения), м;  $G_q$  – функция часового расхода топлива, кг/ч;  $t$  – текущее время движения в ездовом цикле, с.

Для автомобилей, оснащенных механической ступенчатой трансмиссией, задача согласования режимов работы ДВС и трансмиссии с режимами движения может реализоваться относительно просто – в качестве оптимизационных параметров могут быть выбраны: количество передач, значения передаточных чисел (ПЧ) коробки передач (диапазон и плотность ряда соответственно), а также передаточного числа главной передачи.

Наиболее рациональным с точки зрения соотношения трудоемкости и стоимости модернизации и ожидаемого полезного эффекта является выбор в качестве оптимизационных параметров передаточных чисел промежуточных передач. Это объясняется тем, что передаточное число низшей передачи принимается по условию преодоления максимального дорожного сопротивления при минимальной скорости, а ПЧ высшей передачи – по достижению максимальной скорости либо с целью обеспечения требуемого уровня топливной экономичности при заданной скорости движения.

Наиболее простым и распространенным способом построения модификационных рядов автомобилей с различными ПЧ трансмиссии является применение главной передачи с различными передаточными числами.

При таком подходе соотношения между смежными передаточными числами коробки передач являются постоянными [3], а поэтому изменение ПЧ главной передачи характеризуется наименьшей эффективностью по улучшению топливно-экономических эксплуатационных свойств автомобиля в комплексе нестационарных режимов движения [2].

Ограничения, принятые при выборе рациональных ПЧ промежуточных передач:

– обеспечение баланса мощности в трансмиссии в каждый момент времени движения на маршруте;

– текущие значения параметров регулирования ДВС лежат в допустимых диапазонах: текущая частота вращения коленчатого вала находится между минимально допустимой и номинальной, коэффициент использования мощности принимает значения от 0 до 1;

– значения передаточных чисел промежуточных передач лежат в диапазоне, расположенном между арифметическим и гиперболическим за-

конами распределения рядов передаточных чисел трансмиссии [2].

Экспериментальное определение режимов движения выполнено на пассажирском маршруте № 96 «АС ЦУМ – АС Щетинина», соединяющего города Макеевку и Донецк. Для проведения эксперимента применены GPS-трекер и программа GPS logger, которая через заданный промежуток времени (шаг) фиксировала скорость автобуса и его координаты. Путем дополнительных вычислений получены значения ускорений и последующих параметров тягового расчета.

В качестве программного обеспечения для построения математической модели режимов движения выбрана система компьютерной алгебры Mathcad.

Для создания непрерывной гладкой функции скорости движения автобуса на маршруте ( $V$ , м/с) в зависимости от времени:  $V=f(t)$  применен алгоритм интерполяции кубическим сплайном [4]. Результаты показаны на рис. 1.

На рисунке точка начала маршрута  $t=0$  с, точка завершения маршрута  $t=3527$  с. Верхний график соответствует движению от автостанции «ЦУМ» (г. Макеевка) до автостанции «Щетинина» (г. Донецк), нижний график – обратное направление.

Изменение высоты над уровнем моря ( $H_M$ ) на рассматриваемом маршруте приведено на рис. 2. Данные получены с помощью карты высот над уровнем моря и аппроксимированы функцией линейного сплайна [4].

На рисунках показан профиль в прямом направлении (от АС «ЦУМ» до АС «Щетинина»). В результате вычислений получены характеристики:  $H_M=f(S)$  и  $H_M=f(t)$ .

Расчет характеристики относительного уклона дороги  $i=f(t)$ , необходимой для последующего численного моделирования (ЧМ) процесса движения автомобиля по маршруту в программной среде, выполнен на основании зависимости:  $i=f(t)=(H_{M(p+1)}-H_{M(p)})/(S_{p+1}-S_p)$ , где  $p$  – порядковый номер промежуточных точек в соответствии с выбранным шагом вычисления.

Основные паспортные показатели и параметры двигателя ЗМЗ-5234.10, применяемого на рассматриваемом в исследовании автобусе «Донбасс», приведены в табл. 1 [5]. Математическое описание соответствующих нагрузочно-скоростных характеристик выполнено на основании классической теории автомобиля [6].

Соответственно, зависимость эффективной мощности от частоты вращения коленчатого вала и нагрузки имеет вид:

$$N_e = f(k, n) = k \cdot N_{e\max} \frac{n}{n_N} \times \left[ a + b \cdot \frac{n}{n_N} + c \cdot \left( \frac{n}{n_N} \right)^2 \right], \quad (2)$$

где  $N_{e\max}$  – максимальная мощность ДВС (при номинальной частоте вращения коленчатого вала  $n_N$  и при полной подаче топлива), кВт;  $k$  – коэффициент использования мощности;  $a, b, c$  – полиномиальные коэффициенты, зависящие от типа двигателя.

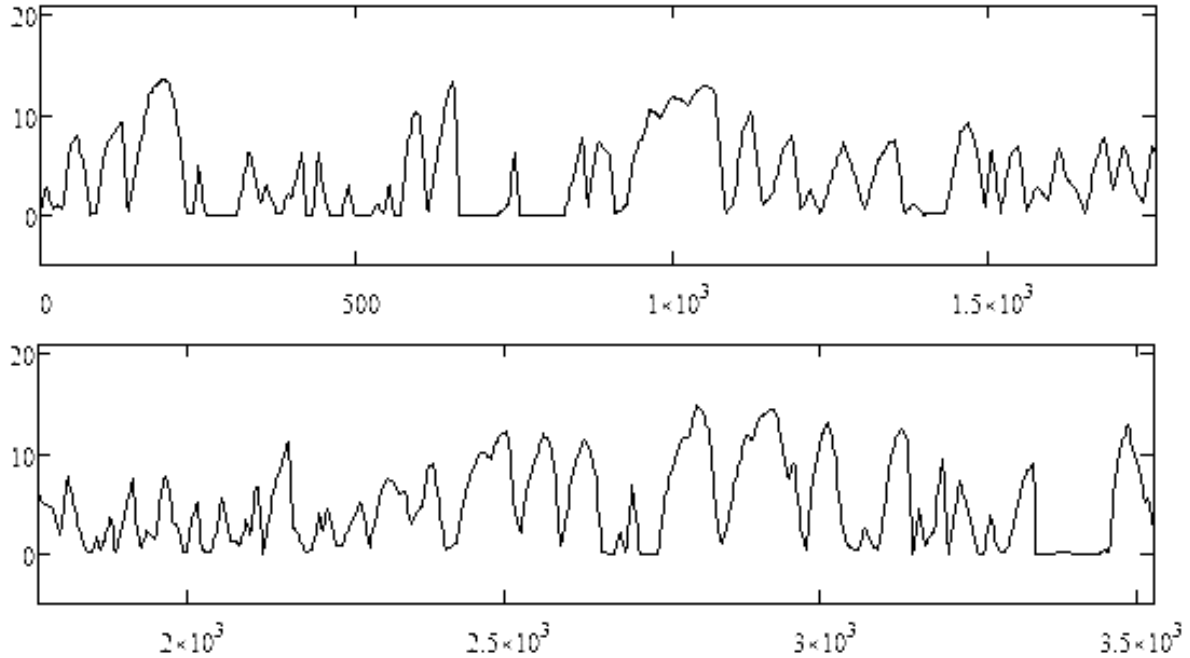


Рис. 1. Экспериментальная зависимость скорости движения автобуса «Донбасс» от времени на маршруте № 96 г. Макеевки

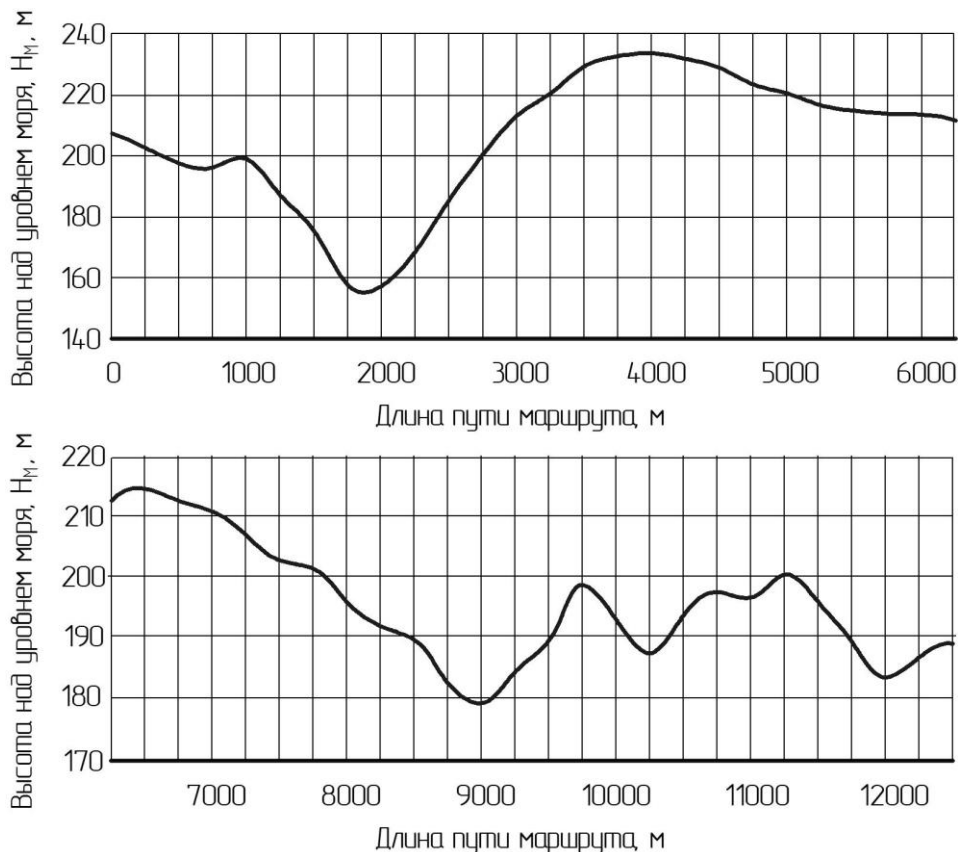


Рис. 2. Профиль дороги на маршруте № 96

Табл. 1. Основные характеристики двигателя ЗМЗ-5234.10

№ п/п	Показатели и параметры	Ед. изм.	Обозначения	Значения
1	Номинальная эффективная мощность	кВт	$N_{e\max}$	95,5
2	Номинальная частота вращения	мин <sup>-1</sup>	$n_N$	3300
3	Максимальный крутящий момент	Нм	$M_{e\max}$	314
4	Частота вращения при максимальном крутящем моменте	мин <sup>-1</sup>	$n_M$	2250
5	Минимальный удельный расход топлива	г/кВтч	$g_{e\min}$	279
6	Количество и расположение цилиндров	-	-	V8
7	Диаметр цилиндра и ход поршня	мм	$D/S$	92/88
8	Степень сжатия	-	$\epsilon$	7,6
9	Рабочий объем	дм <sup>3</sup>	$V_h$	4,67
10	Экологический класс	-	-	ГОСТ Р41.83

Параметр  $k$  в функции (2) учитывает долю частичной нагрузки и представляет собой отношение текущей развиваемой ДВС мощности к максимальной (по внешней скоростной характеристике) при текущей частоте вращения:  $k=N_e/N_{eBCX}$ . Либо через крутящий момент:  $k=M_e/M_{eBCX}$ . Коэффициент  $k$  в процессе движения автомобиля изменяет значения от 0 до 1.

Полиномиальные коэффициенты вычислены на основании значений коэффициента приспособляемости по крутящему моменту ( $K_M=M_{e\max}/M_{eN}$ ) и коэффициента приспособляемости по частоте вращения ( $K_\omega=n_N/n_M$ ), где  $M_{eN}$  – крутящий момент на номинальном режиме:  $M_{eN}=9550 \cdot N_{e\max}/n_N$ . Таким образом:  $a=(K_M \cdot K_\omega \cdot (2 - K_\omega) - 1)/(K_\omega \cdot (2 - K_\omega) - 1)$ ,  $b=-2 \cdot K_\omega \cdot (K_M - 1)/(K_\omega \cdot (2 - K_\omega) - 1)$  и  $c=K_\omega^2 \cdot (K_M - 1)/(K_\omega \cdot (2 - K_\omega) - 1)$ . Результаты расчетов приведены в табл. 2. Полученные данные согласуются с ранее обоснованными ограничениями применимости функции (2) [7].

В соответствии с [6] универсальная функция нагрузочно-скоростной характеристики удельного расхода ДВС представлена выражением:

$$g_e = f(k, n) = g_{eN} (a_u - b_u \cdot k + c_u \cdot k^2) \times \left[ \beta_0 + \beta_1 \cdot \frac{n}{n_N} + \beta_2 \cdot \left( \frac{n}{n_N} \right)^2 \right], \text{ г/кВтч}, \quad (3)$$

где  $a_u, b_u, c_u, \beta_0, \beta_1, \beta_2$  – полиномиальные коэффициенты для учета влияния на  $g_e$  нагрузочного и скоростного режима ДВС. Принятые (в соответствии с рекомендациями [6]) значения приведены в табл. 3.

Значение эффективного удельного расхода топлива на номинальном режиме работы ДВС  $g_{eN}$  выбрано по условию равенства минимального значения  $g_{e\min}$  по внешней скоростной характеристике величине  $g_{e\min}$  (см. табл. 1).

В графическом виде функции (2) и (3) показаны на рис. 3. Поверхности построены с учетом

границ допустимых значений параметров регулирования ДВС:  $n$  и  $k$ .

Входными характеристиками в расчет критерия (1) являются: нагрузочно-скоростная характеристика эффективной мощности и удельного расхода топлива (2), (3); характеристика потерь в трансмиссии ( $\eta_T$ ), а также характеристики мощности сопротивления движению (потребной эффективной мощности ДВС), определяемой на основании уравнения мощностного баланса [6] с учетом составляющих сопротивления дороги, воздуха и инерции:

$$N_T = f(t) = V(t) \cdot (m \cdot g \cdot \psi(t) + W \cdot (V(t))^2 + m \cdot j(t) + J \cdot j(t)/r_K^2) \cdot (1000 \cdot \eta_T)^{-1}, \text{ кВтч}, \quad (4)$$

где  $V(t)$  – функция скорости автомобиля от времени движения на маршруте (см. рис.1);  $j(t)$  – функция продольного ускорения автобуса от времени движения на маршруте  $j(t)=dV(t)/dt$ ;  $\psi(t)$  – функция коэффициента сопротивления движению  $\psi(t)=f+i(t)$ ,  $f$  – коэффициент сопротивления качению;  $m$  – испытательная масса автомобиля, кг;  $g$  – ускорение свободного падения;  $W$  – фактор обтекаемости, кг/м;  $J$  – момент инерции вращающихся масс автомобиля, приведенный к ведущему колесу, кг·м<sup>2</sup>;  $r_K$  – радиус качения ведущего колеса, м.

Табл. 2. Основные параметры функции эффективной мощности

$M_N, \text{ Нм}$	$K_\omega$	$K_M$	$c$	$b$	$a$
276,3	1,46	1,13	-1,3	1,827	0,5

Табл. 3. Параметры функции эффективного удельного расхода топлива

$g_{eN}, \text{ г/кВтч}$	$a_u$	$b_u$	$c_u$	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$
291	2,75	4,61	2,86	1,23	-0,792	0,58

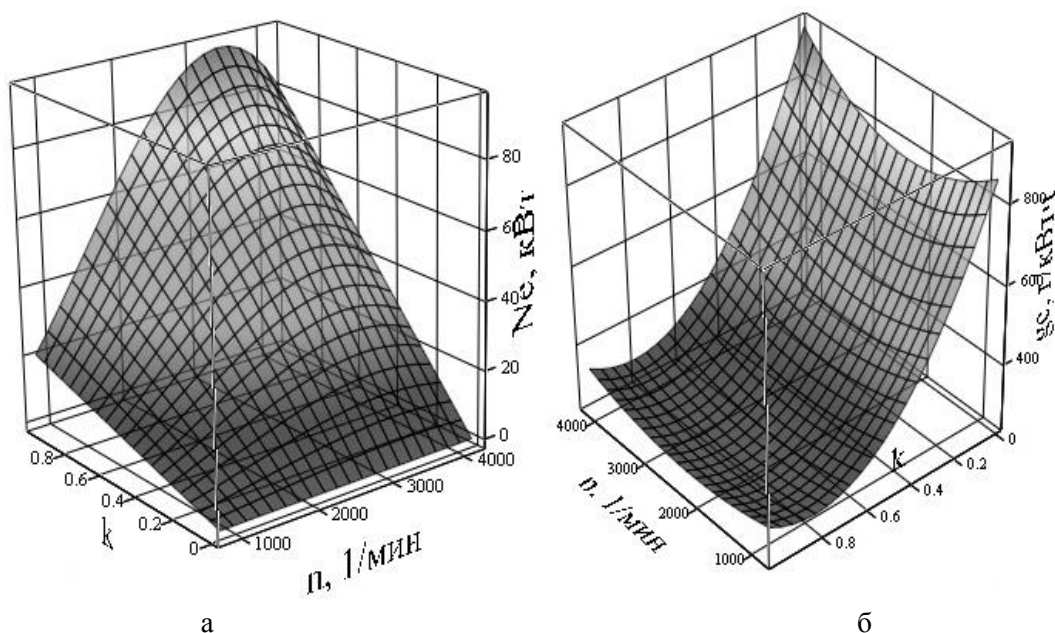


Рис. 3. Нагрузочно-скоростные характеристики эффективных показателей ДВС ЗМЗ-5234.10:  
 а – мощность; б – удельный расход топлива

Значения параметров функции (4) приведены в табл. 4.

Дальнейшим шагом ЧМ процесса движения автомобиля на маршруте является выбор комплекса условий, обеспечивающих принятие решений по переключению передач и, как следствие, разработка функции  $U_m=f(t, U_1, U_2, U_3, U_4, U_5)$ , где  $U_m$  – текущее ПЧ коробки передач при движении автобуса на маршруте,  $U_1...U_5$  – соответственно значения ПЧ от низшей до высшей передач коробки.

Известно множество подходов к выбору моментов переключения передач при движении в таких режимах, на которых регламентирована зависимость скорости от времени, но не установлены конкретные условия для изменения те-

кущей передачи [8,9]. Например, переключение может осуществляться по достижении определенной скорости либо числа оборотов коленчатого вала ДВС. Критериями для этого могут также служить: требуемый запас мощности, минимальный путевой расход топлива на маршруте, максимальная экономичность или комплексные критерии эффективности. В настоящей работе критерием для смены передачи выбрано условие приоритетного движения на высшей передаче в коробке передач при обеспечении соблюдения в каждый момент времени баланса мощности при частоте вращения коленчатого вала, входящей в рабочий диапазон (от минимальной на режиме холостого хода до номинальной  $n_N$ ).

Табл. 4. Параметры автобуса «Донбасс», определяющие сопротивление движению

№ п/п	Параметр	Ед. изм.	Обозначение	Значения
1	Коэффициент сопротивления качению	-	$f$	0,014
2	Фактор обтекаемости	кг/м	$W$	2,13
3	Радиус качения ведущего колеса	м	$r_K$	0,389
4	Момент инерции вращающихся масс, приведенный к ведущему колесу	кг·м <sup>2</sup>	$J$	10,02
5	Размерность шин ведущих колес	-	$B/H D$	245/70 19,5
6	Максимальная скорость	м/с	$V_{max}$	23,61
7	КПД трансмиссии	-	$\eta_T$	0,9

Примечание:

- значение  $f$  выбрано для сухого асфальтобетонного шоссе [6];
- $W$  определен выражением:  $0,5 \cdot \rho_B \cdot C_X \cdot F$ , где  $\rho_B$  – плотность воздуха, кг/дм<sup>3</sup>;  $C_X$  – коэффициент обтекаемости АТС встречного потока воздуха;  $F$  – площадь поперечного сечения автобуса (мидель); величина  $W$  определена с помощью ЧМ процесса движения автобуса с максимальной скоростью по уравнению (4) при  $j=0$  и  $V=V_{max}$ ;
- радиус  $r_K$  при отсутствии буксования, а также с учетом ряда допущений определен зависимостью:  $r_K=(\lambda_{CM} \cdot B \cdot H/100 + D \cdot 25,4/2)/1000$ , где  $\lambda_{CM}$  – коэффициент смятия шины под нагрузкой,  $\lambda_{CM}=0,9$ .

В ходе ЧМ значение критерия определялось на основании зависимости:

$$A = \frac{1}{10^3 \cdot 36 \cdot \rho_T \cdot S_M \cdot \eta_T} \times \int_{t_h}^{t_k} g_e(t, U_m, U_0) \cdot N_T(t) dt, \text{ л/100 км.} \quad (5)$$

Функция  $g_e=f(t, U_m)$ , г/кВтч, характеризует текущее значение удельного расхода топлива ДВС при времени движения  $t$ . Эта зависимость получена на основании рассмотренного выражения (3) с учетом режимов работы силовой установки на маршруте:  $n=f(t, U_m)=V(t) \cdot U_m \cdot U_0 / (0,105 \cdot r_K)$ ,  $k=f(t, U_m)=N_T(t)/N_e(1, n(t, U_m))$ .

Функция значений ПЧ коробки передач  $U_m=f(t, U_1, U_2, U_3, U_4, U_5)$  автобуса при его движении на маршруте и оснащенного, в качестве

примера, серийной трансмиссией, приведена на рис. 4.

Таким образом, изменяя значения оптимизационных параметров ( $U_2, U_3, U_4$ ) с учетом принятых ограничений ( $N_T=N_e, n \in [n_{\min}; n_N], k \in [0;1]$ ), выполнялась оценка изменения путевого расхода топлива, рассчитанного в соответствии с целевой функцией критерия (5). Процедура оптимизационного поиска рациональных значений параметров осуществлялась при помощи функции Minimize системы компьютерной алгебры Mathcad [10].

В соответствии с зависимостью (5) в работе рассчитаны рациональные значения передаточных чисел промежуточных передач трансмиссии автобуса при различных значениях его фактической массы и обеспечивающие минимальный расход топлива на рассматриваемом маршруте. Полученные данные, а также соответствующие значения расхода топлива приведены в табл. 5.

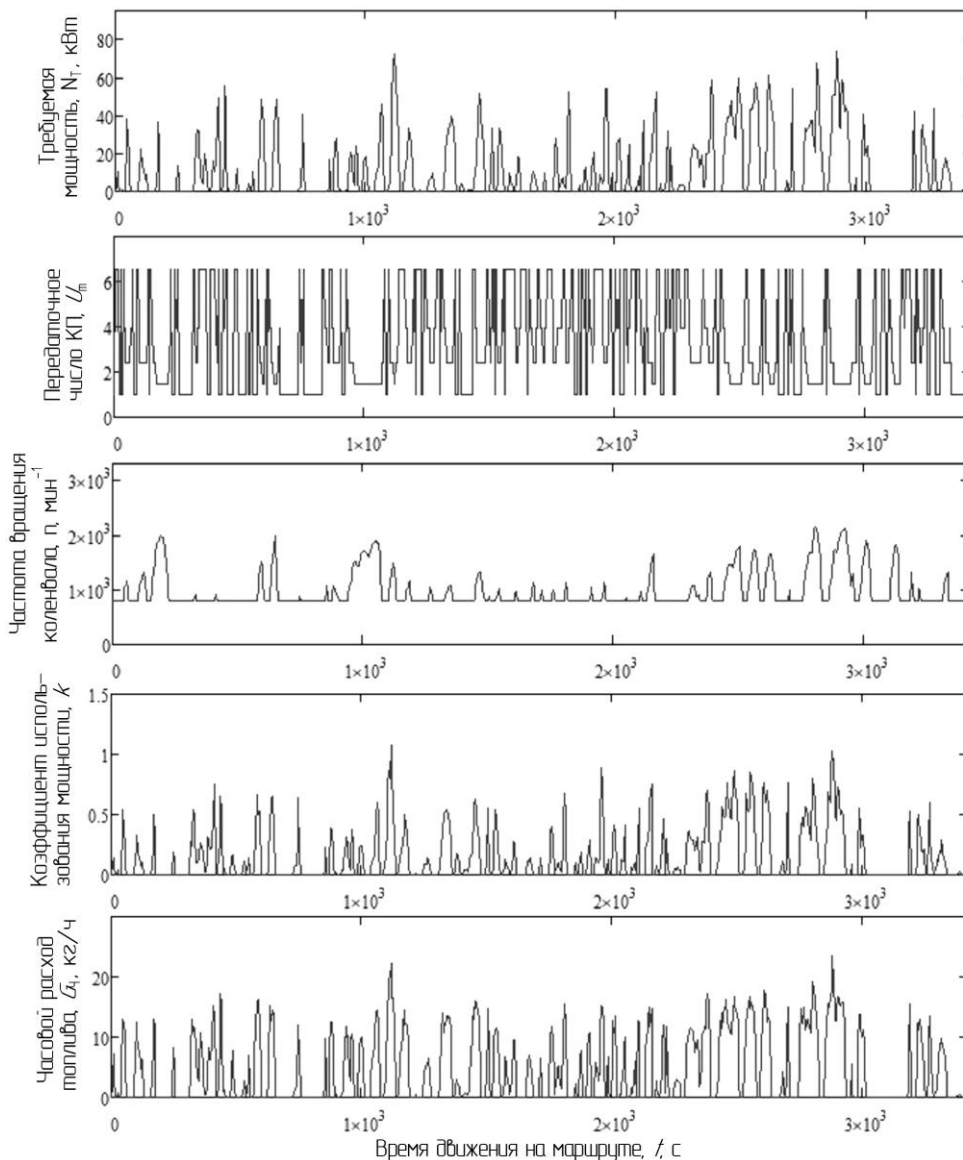


Рис. 4. Результаты расчета параметров автобуса «Донбасс», оснащенного серийной трансмиссией, полученные численным моделированием движения по маршруту № 96

Табл. 5. Результаты оптимизационного расчета

№ ряда	Значения передаточных чисел промежуточных передач			Путевой расход топлива А, л/100 км	Экономия по отношению к серийному ряду, %	Фактическая (испытательная) масса автобуса, кг <i>m</i>
	$U_2$	$U_3$	$U_4$			
Серийный	3,933	2,376	1,442	24,4	0 %	7300*
				25,72		8000
				26,39		8500
1	4,5	2,05	1,268	23,356	4,3	7300*
2	3,8	2,255	1,413	25,212	2	8000
3	3,915	2,36	1,439	26,125	1	8500

Примечание:

\*Масса автобуса без стоячих пассажиров.

Основываясь на данных, приведенных в табл. 5, можно сделать вывод о том, что результат оптимизационного расчета в значительной степени зависит от величины фактической массы автобуса (это является основополагающим фактором затраты энергии при движении). Фактическая масса автобуса обусловила количество перевозимых пассажиров. Данная величина не является постоянной и зависит от ряда факторов, в числе которых: количество автобусов на маршруте, время суток, день недели, время года, а также другие календарные и социальные факторы. В соответствии с [9] автомобили категории М<sub>3</sub> подвергают испытаниям на предмет определения топливно-экономичных свойств при испытательной массе, равной полной массе. Рассматриваемый стандарт допускает выполнение испытаний при величине фактической массы, отличающейся от полной, в обоснованных случаях.

Таким образом, так как маршрут № 96 обладает относительно дифференцированным пассажиропотоком, вопрос о выборе величины испытательной массы автобуса требует дополнительных статистических данных. Соответственно, в первом приближении в качестве рекомендаций, обоснованных в настоящей работе, предлагается ряд передаточных чисел № 1 из табл. 5, который получен в результате оптимизационного расчета при половине грузоподъемности.

### Выводы

В работе подтвержден широкий информационно-аналитический потенциал использования расчетно-экспериментального метода исследования процессов в области повышения топливной экономичности автобусов в конкретных эксплуатационных условиях.

Расчеты, основанные на результатах системно проведенных экспериментальных исследований условий, параметров и режимов движения автобуса в пределах выбранного городского маршрута, позволяют принять технические и организа-

ционные решения в контексте повышения топливной экономичности за счет применения рационального ряда передаточных чисел коробки передач. В частности, на основании оптимизационного расчета движения автобуса ПА3-3204 «Донбасс» на маршруте № 96 между городами Донецком и Макеевкой рекомендован рациональный ряд передаточных чисел промежуточных передач:  $U_2=4,5$ ;  $U_3=2,05$ ;  $U_4=1,268$ . При прочих равных это обеспечивает экономию топлива на 4,3 % по отношению к серийному ряду ПЧ.

Задача внедрения рационального ряда передаточных чисел в конструкцию серийной коробки передач требует замены 3-х зубчатых пар вторичного и промежуточного валов. Предложенный в работе подход и разработанные рекомендации позволяют улучшить топливно-экономические свойства автобуса при его движении в конкретных эксплуатационных условиях.

### Список литературы

1. Senft, J.R. Mechanical Efficiency of Heat Engines. – New York: Cambridge University Press, 2007. – 189 p.
2. Newman, K. Modeling the effects of transmission gear count, ratio progression, and final drive ratio on fuel economy and performance using ALPHA / K. Newman, P. Dekraker // SAE Technical Paper 2016-01-1143 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-10/documents/2016-01-1143-model-trans-gear-count-ratio-prog-final-drive-ratio-using-alpha\\_0.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-10/documents/2016-01-1143-model-trans-gear-count-ratio-prog-final-drive-ratio-using-alpha_0.pdf)
3. Automotive engineering. Powertrain, chassis system and vehicle body / Edited by David A. Crolla. – Oxford, UK: Butterworth-Heinemann, 2009. – 835 p.
4. Горожанкин, С.А. Методики для аппроксимации зависимостей нескольких переменных в программной среде MS Excel и Mathcad / Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление

- ние // С.А. Горожанкин, А.А. Шитов, Н.В. Савенков. – 2016. – №3(247). – С. 35-47.
5. Автобусы семейства ПАЗ 3203. Руководство по эксплуатации. 3204-3902010 РЭ. – ООО «Павловский автобусный завод», 2015. – 44 с.
  6. Литвинов, А.С. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств: Учебник для вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» / А.С. Литвинов, Я.Е. Фаробин. – М.: Машиностроение, 1989. – 240 с.
  7. Савенков, Н.В. Универсальный способ описания внешних скоростных характеристик автомобильных ДВС, обладающих «полкой» крутящего момента / Н.В. Савенков, В.В. Понякин, В.В. Бибииков // Журнал ААИ. – 2018. – №3(110). – С. 17-21.
  8. Предложение по новым глобальным техническим правилам, касающимся всемирных согласованных процедур испытания транспортных средств малой грузоподъемности, ЕЭК ООН 2014 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2014/wp29/ECE-TRANS-WP29-2014-027e.pdf>
  9. ГОСТ Р 54810-2011. Автомобильные транспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2012. – 23 с.
  10. Кирьянов, Д.В. Mathcad 14. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 704 с.

**N.V. Savenkov /Cand. Sci. (Eng.)/, V.G. Skrypkar, L.E. Entina**  
*Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture (Makeevka)*

### IMPROVING THE FUEL ECONOMY OF THE CITY BUSES BASED ON THE ANALYSIS OF DRIVING MODES ON THE PASSENGER ROUTES

**Background.** *The cost of passenger transportation, subject to mandatory requirements for compliance with the quality and safety of service, is a determining indicator of the efficiency of the fleet of buses. This indicator is complex. A significant proportion of it is due to fuel costs.*

*The paper proposes a solution to the problem of improving the fuel-efficient properties of buses by increasing the average value of the total efficiency of the power plant of the vehicle on the route by harmonising operating modes of the engine with the operating conditions.*

**Materials and/or methods.** *Based on the study of the load-speed characteristics of the engine and the conditions of bus traffic on one of the passenger routes with the help of GPS-tracker the appropriate mathematical models created. The solution to the problem carried out by the calculation and experimental method by carrying out a numerical experiment set in the software environment.*

**Results.** *As a result, for the domestic bus “Donbass”, selected as an example, proposed a set of structural measures aimed at determining the rational parameters of the transmission, ensuring a reduction in fuel consumption in operating conditions.*

**Conclusion.** *The task of implementing a rational number of gear ratios in the design of the serial gearbox requires the replacement of 3 gear pairs of secondary and intermediate shafts. The proposed approach and developed recommendations can improve the fuel and industrial properties of the bus when it moves in specific operating conditions.*

**Keywords:** *category M3 vehicle, city route, optimisation, route fuel consumption, gear ratio.*

#### Сведения об авторах

##### **Н.В. Савенков**

ORCID iD: 0000-0003-3803-9528  
 Телефон: +380 (71) 370-67-51  
 Эл. почта: N.V.Savenkov@donnasa.ru

##### **Л.Э. Энтина**

ORCID iD: 0000-0003-4418-3294  
 Телефон: +380 (71) 322-51-57  
 Эл. почта: liannavila@yandex.ru

##### **В.Г. Скрипкарь**

ORCID iD: 0000-0002-7699-4035  
 Телефон: +380 (71) 342-09-15  
 Эл. почта: nasa.autos@gmail.com

*Статья поступила 07.05.2019 г.*

*© Н.В. Савенков, В.Г. Скрипкарь, Л.Э. Энтина, 2019  
 Рецензент д.т.н., проф. В.П. Кондрахин*