



ИССЛЕДОВАНИЕ НОРМИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАСХОДА ТОПЛИВА В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ ПАССАЖИРСКИХ АВТОБУСНЫХ ПЕРЕВОЗОК ГОРОДА ТАШКЕНТ.

PhD. Авлиёкулов Ж.С., к.т.н.Рахманкулов Ф.Х.,

маг. Эрданаев З.Н, маг. Садуллаев Б.

Аннотация: В статье исследуются теоретические аспекты и экспериментальные исследования нормирования параметров расхода топлива в городских условиях пассажирских автобусных перевозок города Ташкент, и его услуг на основе эксплуатационных характеристик и реальных расходов топлива, а также предлагается методика оценки топливной экономичности автобусов при движении на реальных маршрутах обслуживаемых автобусными парками.

Ключевые слова: Городской общественный транспорт; топливная экономичность; технико-эксплуатационные свойства; условия эксплуатации в условиях жаркого климата; нормирование параметров расхода топлива; линейный расход топлива; дифференцированная норма расхода топлива автобусом; уровень использования эксплуатационного потенциала автобусного парка.

Развитие автомобильного транспорта в Республике Узбекистан, в условиях нового хозяйственного механизма, требует повысить эффективность использования автотранспортных средств, тем самым повысить производительность труда, улучшить качество пассажирских перевозок, снизить топливные затраты и улучшить экологическую обстановку в городе Ташкент. Городской общественный автобусный транспорт является наиболее социально значимой составляющей городского транспортного комплекса Ташкента. Исходя из этого, повышение качества транспортного обслуживания населения городским пассажирским общественным транспортом, снижение топливных затрат и улучшение экологической обстановки в городе, является важным социально и экономически значимым вопросом. Качество транспортного обслуживания пассажиров, это совокупность свойств перевозочного процесса и системы перевозок пассажиров, снижение топливных затрат и улучшение экологической обстановки в городе, обеспечивающих соответствие нормативным требованиям. Норматив показателя качества- это значение показателя, соответствующее границе различных оценок качества, в том числе и показателей топливной экономичности городского пассажирского автобусного транспорта общего пользования в городе Ташкент, определяющих качество транспортного обслуживания населения городским пассажирским транспортом и охрану окружающей среды.



Общей чертой работ, отражающих нормирование качества городского пассажирского транспорта, является то, что представленный в них перечень показателей качества и определение его нормативных значений формируются только с учетом «мнений специалистов», на основе предшествующего опыта, и отсутствует оценка топливной экономичности городского пассажирского автобусного транспорта общего пользования в городе Ташкент, и привязка к фактическим показателям топливной экономичности городского пассажирского автобусного транспорта. Однако, в настоящее время нет четких и однозначных рекомендаций по установлению номенклатуры и нормативных значений показателей топливной экономичности городского пассажирского автобусного транспорта общего пользования в городе Ташкент, с учетом повышенных температур воздуха и повышенных температур асфальтобетонного покрытия. Поэтому нормирование показателей качества и оптимизация топливной экономичности городского пассажирского автобусного транспорта города Ташкент, требует усовершенствования. Анализ состояния вопроса в данной области работ, позволяет сделать следующие выводы: определить классификацию факторов, влияющих на маршрутный расход топлива городских автобусов; сформулировать рабочую гипотезу исследования, теоретически обоснованную с учетом выбранных факторов; описывать предложенный методический подход к процессу нормирования маршрутного расхода топлива для городских автобусов. На первом этапе, исследования проводились по конкретному маршруту № 60 города Ташкент и автобуса Мерседес Бенс 0345, Автобусного парка №2. Весь маршрут движения автобуса Мерседес-Бенс 0345 маршрута № 60, разбивался на участки дорог: прямолинейные, криволинейные, повороты, круговое движение, отдельно учитывались остановки на светофорах, перекрестках с учетом встречного движения, стоянки на остановках. Исследования проводились Ташкентским Государственным Транспортным Университетом и были представлены в предыдущей статье [5]. Как известно при движении автобуса на маршруте, кроме прямолинейных участков дороги, есть и криволинейные участки дороги и круговое движение, по этому при определении коэффициента сопротивления дороги ψ , необходимо учитывать и эти криволинейные участки дороги. При определении



потери энергии автобусов на маршруте, сопротивление дороги на отдельном каждом участке дороги, учитывались через значения коэффициента сопротивления движению Ψ , с учетом V_a -скорости движения, прямолинейных участков, радиусов закругления, повороту, круговому движению, при этом определялось необходимое количество топлива для движения на каждом участке маршрута. Для каждого значения скорости имеется определенная зависимость между временем t , путем S движения автомобиля, которая позволила определить экономический параметр, это как расход топлива Q_s . Как известно у автобусов ИСУЗУ, MAN, Мерседес-Бенс, гидродинамическая трансмиссия, следовательно топливная экономичность автобуса должна определяться с учетом гидродинамической передачи. Влияние бесступенчатого изменения передаточного числа трансмиссии, на топливную экономичность было рассмотренного [3]. Улучшение тягово-скоростных свойств и топливной экономичности, связано с возможностью при применении бесступенчатой трансмиссии и в случае необходимости использовать Ne_{max} для получения различных значений скорости V_a на маршруте, изменяя передаточные числа трансмиссии по гиперболическому закону. При бесступенчатом изменении $U_{тп}$ по гиперболическому закону, увеличивается скорость V_a движения на предельных мощностях Ne_{max} двигателя, возрастает ускорение при разгоне, в результате чего уменьшается время и путь разгона. При наличии гидромеханической трансмиссии, нельзя для расчета топливной экономичности автобуса, использовать методику применяемую при механической трансмиссии, так как гидropередача не обеспечивает однозначной зависимости, между частотой вращения коленчатого вала двигателя и турбины, жестко связанной с ведущими колесами. Поэтому для расчета топливной экономичности Q_s при наличии гидродинамической передачи, используется методика предложенная А.С. Литвиновым [3], которая использовалась в проведении испытаний на топливную экономичность автобуса Мерседес-Бенс 0345, на маршруте № 60 г. Ташкента. Наличие дополнительных потерь в гидropередаче и отсутствие жесткой кинематической связи между частотами вращения коленчатого вала двигателя и ведущих колес, при установке гидротрансформатора, автомобиль приобретает свойство автоматически приспосабливаться к изменению внешних



сопротивлений движению в сравнительно широких пределах, создает некоторую специфику в методике расчета расхода топлива Q_s . Анализируя полученные результаты экспериментальных исследований расхода топлива Q_s автобусом Мерседес-Бенс 0345 от параметров сопротивления дороги P_ψ , через коэффициент сопротивления ψ дороги и скорости движения V_a , можно сказать, что при не больших скоростях движения V_a от 5 км/ч до 10 км/ч, приращение расхода топлив ΔQ_s в пределах 15 % зависит в основном от сопротивления дороги P_ψ . При скоростях движения V_a от 40 км/ч до 60 км/ч, приращение расхода топлива ΔQ_s в пределах 30% зависит от двух параметров ($P_B + P_\psi$). В данном исследовании силу сопротивления воздушной среды P_B принимаем за const, а изменение силы сопротивления дороги P_ψ исследуем в зависимости от параметров дороги на маршруте, прямолинейное движение, криволинейное, круговое, что все это влияет на коэффициент сопротивления дороги ψ и P_ψ , и на расход топлива Q_s . Пользуясь описанной выше методикой можно построить топливно- экономическую характеристику автобуса с гидромеханической трансмиссией эксплуатируемых на маршрутах города Ташкента, а также на отдельных участках маршрута с учетом всех факторов влияющих на расход топлива. При проведении эксперимента регистрировались и учитывались параметры и характеристики маршрутов движения городских автобусов города Ташкента: - количество технологических остановок; - количество регулируемых перекрестков; - количество перекрестков и пересечений с главной дорогой; - количество поворотов; - количество светофоров; -средняя длина перегона; -среднесуточный пробег; -время в наряде; -средняя эксплуатационная скорость; -средняя скорость сообщения; - плотность транспортного потока; -количество перевезенных пассажиров. Указанные показатели определялись из отчетных данных автобусных предприятий, с использованием паспортов маршрутов, или по результатам обследования маршрутной сети (в случае отсутствия паспортов маршрутов). При сборе экспериментальных данных фиксировался также «возраст» автобусов в годах, пробег с начала эксплуатации в тыс. км и фактический расход топлива в л/100 км. Итоговые значения фиксируемых параметров для маршрутов рассчитывались как среднее арифметическое от значений, полученных при каждом из обследований или данных



паспорта маршрута, или принимались в абсолютном виде по данным паспорта маршрута. На маршрутный расход топлива городских автобусов, оценивалось влияние пяти групп факторов: конструкционных (К); организационных (О); природно-климатических (КЛ); технологических (Т); эксплуатационных (Э). Данное исследование проводилось для автобусных маршрутов города Ташкента, автобусов ИСУЗУ и MAN и автобуса Мерседес-Бенс, в настоящее время на маршрутах города Ташкент используются большое количество Китайских автобусов YUTONG и KING LONG работающих на сжатом газе, где расход топлива (газа), на сегодняшний день не достаточно изучен. Из литературных источников [1,2,3,4,6], известно, что в настоящее время успешно и широко применяются методы многофакторного анализа определения маршрутных норм расхода топлива автобусных пассажирских перевозок с использованием ЭВМ. Это позволяет значительно сократить число вариантов расчета, формализовать выбор факторов и интервалов их варьирования, а в определенных случаях формализовать оценку значимости коэффициентов и адекватность принятых моделей. В таблице 1. Представлены информация о разработке дифференциальных норм расхода дизельного топлива и сжатого газа по состоянию на 1 декабря 2023 года, для автобусных маршрутов г. Ташкента.

Информация о разработке дифференцированных норм расхода диз.топлива и сжатого газа (по состоянию на 1 декабря 2023 года)

Наименование предприятия	№ маршрутов, на которых необходимо разработать диф. норму	№ маршрутов, на которых разработано диф. норма
филиал "1-автобус саройи"		12, 13, 15, 22, 26, 28, 37, 39, 52, 54, 55, 61, 68, 81, 93, 119, 174, 185
филиал "2-автобус саройи"	3, 16, 17, 24, 30, 49, 72, 80, 83, 95, 128, 136, 159, 196, 198, 199	14, 63, 89, 129
филиал "4-автобус саройи"	8, 32, 38, 45, 57, 58, 84, 122, 158, 132, 135, 139, 145, 146, 154, 161	
филиал "5-автобус саройи"	1, 18, 50, 101, 110, 190	19, 21, 44, 60, 97, 99, 106, 148, 151, 153, 183
филиал "7-автобус саройи"		2, 9т, 13, 23, 33, 34, 41, 56, 69, 70, 73, 77, 94, 98, 103, 141, 150, 127, 171, 181



филиал "8-автобус саройи"		5, 6, 7, 25, 42, 43, 51, 65, 67, 71, 78, 82, 91, 100, 109, 115, 118, 123, 138, 140, 142, 149, 152, 157, 169, 175
филиал "12-автобус саройи"	40, 47, 48, 59, 62, 66, 74, 75, 86, 104, 105, 112, 117, 126, 130, 131, 133, 137, 143, 144, 156, 184, M2	
филиал "18-автобус саройи"	8т, 11, 17т, 20, 27, 29, 31, 35, 46, 53, 64, 85, 87, 88, 113, 114, 116, 120, 121, 124, 125, 134, 147, 188	

Эти методы обеспечивают высокую достоверность получаемых моделей, малую трудоемкость исследований, простоту анализа результатов, учитывают количественную оценку влияния на расход топлива, изменения эксплуатационных факторов и других выше перечисленных, конструкционных (К); организационных (О); природно- климатических (КЛ); технологических (Т).

Табл.2. Дифференциальные нормы расхода сжатого газа за март 2024г.

Докум. Подразделение	Пробег по плану	Пробег по факту	Разница пробега	Топливо по плану	Топливо по факту	Дизельное топливо по факту	Разница топлива дизель	Разница топлива	№
12-автопарк	996727,70	893464,90	103 262,80	702 066,66	630 961,14		702066,66	71 105,52	1
18-автопарк	1 412728,32	1 165952,50	246 775,82	1 052809,44	870 101,13	81,00	1 052728,44	182 708,31	2
1-автопарк	845630,23	729473,60	116 156,63	632 775,21	541 987,21		632775,21	90 788,00	3
2-автопарк	1 199064,03	1 155252,70	43 811,33	895 927,21	862 978,49	280,00	895647,21	32 948,72	4
4-автопарк	653 331,43	682088,30	-28 756,87	535 416,25	557 561,59	95,00	535321,25	-22 145,34	5
5-автопарк	900 568,33	786904,50	113 663,83	614 737,38	542 005,42	220,00	614517,38	72 731,95	6
7-автопарк	1 030100,36	933680,40	96 419,96	751 674,49	683 053,78	70,00	751604,49	68 620,71	7
8-автопарк	935 107,54	857022,20	78 085,34	685 933,76	629 349,95	100,00	685833,76	56 583,80	8
ИТОГО	7973257,94	7203839,10	769 418,84	5871340,40	5317998,72	846,00	5870494,40	553 341,68	

Табл.3. Дифференциальные нормы расхода дизельного топлива за март 2024г.

Докум. Подразделение	Пробег по плану	Пробег по факту	Разница пробега	Топливо по плану	Топливо по факту	Дизельное топливо по факту	Разница топлива дизель	Разница топлива	№
12-автопарк	359 829,55	327364,40	32 465,15	120 024,48	107 437,96	85 636,00	34 388,48	12 586,52	1



18-автопарк	384 671,18	322453,00	62 218,18	132 503,05	110 644,08	82 488,00	50 015,05	21 858,96	2
1-автопарк	217 397,37	195295,20	22 102,17	76 701,73	68 428,63	64 296,00	12 405,73	8 273,09	3
2-автопарк	249 877,87	229517,70	20 360,17	66 739,14	58 324,30	67 445,00	-705,86	8 414,84	4
4-автопарк	286 113,68	253831,50	32 282,18	110 704,43	97 928,67	109 149,00	1 555,43	12 775,76	5
5-автопарк	234 032,95	201701,70	32 331,25	74 139,69	64 502,63	66 210,00	7 929,69	9 637,07	6
7-автопарк	177 255,09	161082,40	16 172,69	62 225,93	54 451,54	53 451,00	8 774,93	7 774,38	7
8-автопарк	496 804,65	446764,50	50 040,15	190 553,12	171 033,31	138 595,00	51 958,12	19 519,81	8
ИТОГО	2405982,34	2138010,40	267 971,94	833 591,55	732 751,12	667 270,00	166 321,55	100 840,43	

В таблицах 2 и 3 представлены результаты дифференцированных норм расхода сжатого газа и дизельного топлива автобусных парков города Ташкент за март 2024 года.

Эксплуатационную норму расхода топлива можно определить из выражения:

$$Q_{\text{э}} = Q_{\text{л}} + Q_{\text{н}}, \quad \text{л/100км.} \quad (1)$$

Где: $Q_{\text{л}}$ – линейная норма расхода топлива л/100км.

$Q_{\text{н}}$ – надбавка к линейной норме в соответствии с реально существующими условиями эксплуатации.

В свою очередь значение $Q_{\text{н}}$, складывается из суммы отдельных надбавок, которые регламентируются: -конструкционными (К); организационными (О); природно- климатическими (КЛ); технологическими (Т), и другими условиями.

$$Q_{\text{н}} = Q_{\text{з}} + Q_{\text{ц}} + Q_{\text{сп}} + Q_{\text{г}} + Q_{\text{п}} + Q_{\text{к}} + Q_{\text{т}} + Q_{\text{д}} + Q_{\text{у}} + Q_{\text{в}}, \quad \text{л/100км.}, \quad (2)$$

Где: $Q_{\text{з}}$ – надбавка при работе в зимнее, при установившейся средней T воздуха ниже 0°C . и летнее время с учетом повышенных температур воздуха.

$Q_{\text{ц}}$ – при работе в горной местности (свыше 1500м. над уровнем моря).

$Q_{\text{сп}}$ - при работе на дорогах со сложным планом, на 1км. пути более 5 закруглений радиусом менее 40м.

$Q_{\text{г}}$ - для автобусов и автомобилей, условия работы которых в черте города требует частых остановок.

$Q_{\text{п}}$ - при перевозке грузов, требующих пониженных скоростей движения автомобиля.

$Q_{\text{к}}$ - для автомобилей, вышедших из капитального ремонта и для новых автомобилей при работе на первой тысяче км.

$Q_{\text{т}}$ - при постоянной работе автомобилей в качестве технологического транспорта на территории предприятий, внутри цехов.

$Q_{\text{д}}$ -при работе в карьерах и тяжелых дорожных условиях.



Q_y -при учебной езде.

Q_r - на внутри гаражные разьезды и технические надобности АТП разрешается расходовать от общего его количества.

Сопоставление существующих дифференцированных маршрутных норм и фактические эксплуатационные расходы топлива показывают их заметное отклонение от государственных норм.

Поэтому одной из основных задач исследования является изучение наиболее существенных факторов, характеризующих реальные условия эксплуатации автобусов на линии и определение степени их количественного влияния на топливную экономичность. Проведенные экспериментальные исследования позволили определить основные факторы влияющие на расход топлива автобусами на маршруте города Ташкента.

Влияние факторов оценивается в заданных интервалах их варьирования с учетом того, что линейные эффекты смешаны с парными взаимодействиями. Так как планы эксперимента линейные, то квадратичные эффекты смешаны с коэффициентом регрессии b_0 .

Поэтому при оценке значимости факторов и отсеивания незначимых, следует дополнительно использовать априорную информацию о характере их влияния на принятые параметры оптимизации.

Сложность исследования заключается как на наличие не только линейных, но и сложных взаимодействий между факторами, обуславливают нелинейное влияние эксплуатационных на расход топлива. Вследствие этого не только значимыми, но даже определяющими могут быть эффекты взаимодействия и квадратичные эффекты факторов. Поэтому при многофакторном исследовании системы «водитель-автомобиль-дорога-среда» особое значение приобретают вопросы выбора плана эксперимента и основных уровней факторов.

При определении расхода топлива автобусами применяется общая формула регрессивной модели эксплуатационного расхода топлива:

$$Q_{\text{э}} = b_0 + b_1 * p + b_2 * V_{\text{э}} + b_3 * l + b_4 * i + b_5 * p^2 + b_6 * V_{\text{э}}^2 + b_7 * l^2 + b_8 * i^2 + b_9 * p * V_{\text{э}} + b_{10} * p * l + b_{11} * p * i + b_{12} * V_{\text{э}} * l + b_{13} * V_{\text{э}} * i + b_{14} * l * i, \quad \text{л/100км.}, \quad (3)$$

Где: $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, \dots, b_{14}$ - коэффициенты регрессии;

p – пассажиропотоки на один оборот, чел.;

l - длина цикла движения, км.;

i - уклон дороги, в %.;

$V_{\text{э}}$ - скорость движения, км/ч.



После обоснования расчетной модели линейного расхода топлива, разработка методики маршрутного расхода топлива автобусами для данных контролируемых маршрутов сводится к определению параметров, характеризующих транспортную работу автобуса. Предварительные ходовые испытания автобусов [5], позволили получить значения этих параметров. Обработка накопленного статистического материала на ЭВМ с помощью метода корреляционно-регрессионного анализа получить уравнения регрессии определяемого линейного расхода топлива для автобусов ИСУЗУ, Мерседес-Бенс.

Линейный расход топлива для автобусов ИСУЗУ:

$$Q_{\text{э}} = 32,8 + 0,129p - 0,38 * V_{\text{э}} + 450,1i - 3,5 * l + 0,007p^2 + 0,014 V_{\text{э}}^2 + 1129,9 i^2 + 0,003 p V_{\text{э}} - 0,913 p i - 9,98 V_{\text{э}} i, \quad (4)$$

Линейный расход топлива для автобусов Мерседес-Бенс:

$$Q_{\text{э}} = 43,2 + 0,017p - 0,68 * V_{\text{э}} + 1688,6i - 2,1 * l + 0,0196p^2 + 0,01 V_{\text{э}}^2 + 2132,5 i^2 + 0,009 p V_{\text{э}} - 15,91 p i - 109,5 V_{\text{э}} i, \quad (5)$$

Статистическая характеристика модели:

- коэффициент множественной корреляции $R=0,75$;
- коэффициент множественной детерминации $D=0,62$;
- критерий Фишера $F=17,2$;
- табличное значение критерия Фишера $F_1=2,81$;

В соответствии с планом работы экспериментальных исследований, проводилось практическое подтверждение и уточнение теоретических закономерностей формирования линейного расхода топлива и методика его определения. Проведение эксперимента исследований состояло из: - выбора номера маршрута и условий проведения эксперимента; - использование оборудования для проведения эксперимента на автобусе [5]; - график и план проведения эксперимента. Состояние выбранных автобусов на маршруте, соответствовало техническим требованиям. Выбор условий проведения эксперимента и время проведения, составлен на основе статистических данных технико-эксплуатационных показателей автобусов на различных маршрутах и по дорожным условиям. Ходовые испытания автобусов ИСУЗУ, Мерседес-Бенс, в городских условиях эксплуатации жаркого климата, позволили получить реальную информацию о расходе топлива и режимах работы на маршрутах. Работа автобуса на линии и определенные условия эксплуатации представляют собой один из важнейших факторов определяющих экономичность работы автобуса. Разнообразие условий эксплуатации и характеристики маршрутов не поддаются математическому описанию и их можно отнести к случайным величинам, они зависят от расположения маршрута, наличия и состояния дорог,



плотности населения, плотности движения автотранспорта, пешеходов и других факторов. Поэтому полученные результаты экспериментальных испытаний обработаны по каждому маршруту отдельно. На основании полученных статистических характеристик, проводилось уточнение существующей методики определения минимального расхода топлива и оценка точности определения в реальных условиях эксплуатации в автотранспортном предприятии. Анализ результатов показывает, что линейная норма расхода топлива не может быть для всех маршрутов единой и однозначной, поэтому её необходимо дифференцировать по маршрутам. Для определения дифференцированных норм расхода топлива автобусом на маршруте, необходимо проводить дополнительные исследования.

Список литературы:

1. А.Ш.Хусаинов, «Эксплуатационные свойства автомобиля», - Ульяновск: УлГТУ, 2011.
2. В.К.Вахламов, «Конструкция, расчет и эксплуатационные свойства автомобилей», - М.: «Академия», 2009 г.
3. А.С.Литвинов, Я.Е.Фаробин., «Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств». - М.: «Машиностроение», 1989 г.
4. Н.А.Яковлев, Н.В.Диваков., «Теория автомобиля». Минск.: «Звезда» 1976 г.
5. Ф.Х.Рахманкулов, З.Эрданаев., «Исследование расхода топлива в городских условиях пассажирских автобусных перевозок города Ташкент», Ташкент: Республиканская научная онлайн конференция., май, 2023. Доклад 6 стр.
6. Панкратов Н.П., Джаджанидзе В.И. «Определение норм расхода топлива на городских маршрутах путем математического моделирования.» Экспресс-информация современное состояние и тенденции развития больших городов в СССР и за рубежом. Выпуск 8, Москва, 1985г.