

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2019-17-69-73>

**СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ НА ТОПЛИВНУЮ
ЭКОНОМИЧНОСТЬ АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА
ОСНАЩЕННОГО ДВС И МЕХАНИЧЕСКОЙ БЕССТУПЕНЧАТОЙ
ПЕРЕДАЧЕЙ. КРАТКОЕ СООБЩЕНИЕ**

Юркевич А.В., Терешин А.В., Солдаткин В.А., Юркевич И.А.

Ключевые слова: бесступенчатая трансмиссия, топливная экономичность, ходовой макет автомобиля УАЗ, сравнительные испытания, этап городского ездового цикла

Аннотация. Приведены результаты испытаний на топливную экономичность ходового макета с механической бесступенчатой и ступенчатой коробками передач. Впервые экспериментально доказана возможность повышения топливной экономичности автотранспортного средства с двигателем внутреннего сгорания и механической бесступенчатой передачей путем раздельного управления силовой функцией и частотой вращения коленчатого вала двигателя.

**COMPARATIVE TESTS ON FUEL EFFICIENCY OF A VEHICLE
EQUIPPED WITH AN ICE AND A MECHANICAL CONTINUOUSLY
VARIABLE TRANSMISSION. BRIEF NOTES**

Yurkevich A.V., Soldatkin V.A., Tereshin A.V., Yurkevich I.A.

Keywords: stepless transmission, fuel efficiency, chassis layout of the car UAZ, words, phrases, comparative tests, urban driving cycle milestone.

Abstract. The fuel consumption test data of a test mule with a mechanical continuously variable transmission and step-by-step gearbox are presented. For the first time, the possibility of increasing the fuel efficiency of a motor vehicle with an internal combustion engine and a mechanical continuously variable transmission by separate controlling the forcing function and engine crankshaft speed has been experimentally proved.

Актуальная проблема обеспечения экологичности и повышения экономичности использования автотранспортных средств (АТС) оснащенных поршневыми двигателями внутреннего сгорания (ДВС) может быть решена, если обеспечить его работу в точках характеристики, соответствующих минимальному эффективному удельному расходу топлива при любом значении требуемой от него мощности.

В работе [1] показано, что для того чтобы организовать работу ДВС на оптимальных режимах, обязательно должна существовать гибкая связь между двигателем и элементами трансмиссии. То есть частота вращения и крутящий момент, развиваемый ДВС должны иметь возможность регулироваться независимо. У известных трансмиссионных систем такие возможности весьма ограничены. Поэтому при их разработке в первую очередь уделяется внимание именно этому ключевому вопросу. Известно [2], что бесступенчатые передачи в трансмиссии, помимо облегчения труда водителя, могут обеспечить регулирование двигателя для осуществления его функционирования на наивыгоднейших режимах.

В работе [3] теоретически было доказано, что применение в трансмиссии АТС механической бесступенчатой передачи Благонравова с

колебательным движением внутренних звеньев и регулируемые силовыми функциями позволяет повысить энергоэффективность ДВС за счет повышения механического КПД моторной установки. Принцип действия и управления такой передачей подробно описаны в работах [4, 5]. Оценка энергоэффективности – топливная экономичность определяется по результатам испытаний, описанных в Правилах 83 ЕЭК ООН. При этом о повышении экономичности можно судить после проведения сравнительных испытаний АТС: оснащенного механической ступенчатой коробкой передач и механической бесступенчатой передачей. Информирование о первых промежуточных результатах таких испытаний задача этого краткого сообщения.

Сравнительные экспериментальные исследования выполнены на ходовом макете АТС, разработанном на базе автомобиля УАЗ с ДВС ЗМЗ 402 мощностью 69 кВт [6]. Масса ходового макета составила 1920 кг. Схема трансмиссии позволяет сначала использовать при движении штатную коробку передач (КП), а затем экспериментальный образец механической бесступенчатой передачи. Для сравнения выбран режим движения приближенный к первому этапу городского ездового цикла – ГЕЦ (Правила 83 ЕЭК ООН) – разгон до 15 км/час. Протяженность мерного прямолинейного участка составила 65-67 м. Измерение расхода топлива [7] проведено с точностью измерения 5-7%.

Регулирование системы ДВС – бесступенчатая передача по мере увеличения потребной мощности осуществлялось так: сначала при достаточно малой частоте вращения коленчатого вала ДВС $n_{двс}$ увеличивалась амплитуда колебаний φ_0 коромысел механических выпрямителей, что вызывало увеличение момента, нагружающего двигатель. И только после этого дальнейшее увеличение развиваемой мощности осуществлялось с помощью увеличения частоты $n_{двс}$. Смысл такого регулирования заключается в том, чтобы максимально снизить механические потери в двигателе, которые пропорциональны частоте $n_{двс}$.

Это закон управления, обеспечивающий энергоэффективность применения на транспортных машинах бесступенчатой передачи с регулируемой силовой функцией [5]. Его реализация осуществлялась при помощи разработанной электронной системы управления, которая обеспечивает выполнение этих соотношений управлением подачей топлива ДВС и изменением амплитуды колебаний коромысел выпрямителей [8]. На рисунке 1.а приведены полученные экспериментальные зависимости частоты вращения вала ДВС $n_{двс}$ от скорости движения АТС (средние значения 10 заездов). Следует отметить, что при использовании в трансмиссии штатной коробки передач (включена 1 передача, передаточное число 3,78) движение в зоне А – пунктирная линия, происходит с пробуксовкой сцепления (частота холостого хода ДВС примерно 600 об/мин). Дальнейший набор скорости прямопропорционален частоте вращения ДВС.

При использовании бесступенчатой механической передачи набор скорости сначала осуществляется за счет увеличения амплитуды колебаний коромысел выпрямителей φ_0 до значения $0,26...0,27$ рад (линия 3 рис.1,а) при практически постоянной частоте вращения вала ДВС – $800...900$ об/мин. Дальнейший набор скорости происходит уже за счет увеличения частоты вращения вала ДВС при постоянной амплитуде колебаний коромысел выпрямителей. На рисунке 1.б. приведены значения расхода топлива в зависимости от времени t движения АТС.

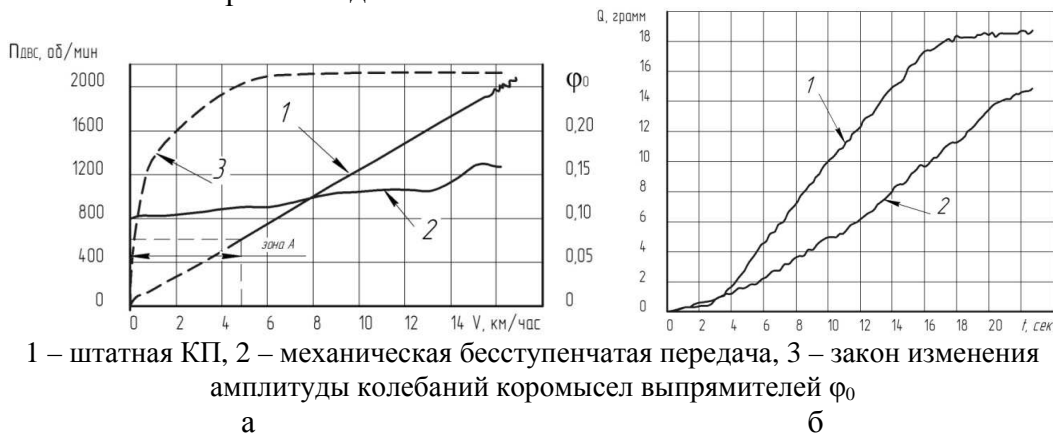


Рис. 1. Результаты экспериментальных исследований при разгоне ходового макета до 15 км/час: а - закон управления и частота вращения вала ДВС (первый этап ГЕЦ), б – результаты экспериментального измерения расхода топлива

Увеличение расхода топлива при ступенчатой КП объясняется тремя факторами: наличием потерь на трение в сцеплении при трогании с места; увеличением почти вдвое коэффициента учета вращающихся масс, что требует соответствующего увеличения силы тяги для обеспечения заданной величины ускорения; увеличения частот вращения вала двигателя на всех режимах. Снижение расхода топлива при использовании в трансмиссии механической бесступенчатой передачи составляет порядка $20...30\%$.

Конечно, неправомерно количественно оценивать в целом повышение экономичности АТС, сравнивая результаты только в этом цикле. Однако результаты испытаний показали, что при использовании в трансмиссии механической бесступенчатой передачи Благонравова с электронной системой управления расход топлива снижается, что полностью подтверждает теоретические выводы.

Вывод. Есть теоретически разработанные и экспериментально проверенные технические решения, позволяющие существенно повысить энергоэффективность АТС. Эти решения связаны с применением механических бесступенчатых передач с колебательным движением внутренних звеньев и использованием регулируемых силовых функций.

Список литературы

1. Кузнецов А.Г. Анализ возможности работы двигателя с минимальным расходом топлива // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2015. – №7 (664). – С. 52-58.
2. Петров В.А. Автоматическое управление бесступенчатых передач самоходных машин. – М.: Машиностроение, 1986. – 248 с.
3. Благодравов А.А. Обеспечение максимально возможной энергоэффективности машин в городском транспортном потоке / А.А. Благодравов, А.В. Юркевич // Вестник машиностроения. – 2019. – №11. – С. 47-49. – DOI:10.18411/B100-22011-T20191106
4. Юркевич А.В. Экспериментальная оценка распределения холостых потерь мощности по структурным механизмам бесступенчатой передачи Благодравова // Journal of Advanced Research in Natural Science. – 2019. – №8. – С. 38-48. – DOI:10.26160/2572-4347-2019-8-38-48
5. Blagonravov A.A., Yurkevich A.B., Yurkevich A.A. Automatic control of a stepless mechanical transmission with an internal force function // Russian Engineering Research. – 2017. – №37(3). – P. 185-188.
6. Терешин А.В., Солдаткин В.А., Юркевич И.А., Петров Д.А. Разработка ходового макета автотранспортного средства с механической бесступенчатой передачей Благодравова // Актуальные проблемы математики, механики, информатики: Материалы конференции Молодых учёных. – Ижевск, 2018. – С. 111-113. DOI:10.18411/B10022011T20180301
7. Юркевич А.В., Солдаткин В.А., Терешин А.В., Юркевич И.А. Методика экспериментального определения расхода топлива в условиях эксплуатации автотранспортного средства с механической бесступенчатой передачей Благодравова // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2018. – №1. – С. 23-27. – DOI: 10.26160/2658-3305-2018-1-23-27
8. Юркевич А.В., Солдаткин В.А., Терешин А.В., Юркевич И.А. Разработка автоматизированной механической бесступенчатой передачи для мобильных энергоэффективных транспортных и тяговых средств // МНТК "ИМТОМ-2018": Материалы IX Международной научно-технической конференции. – Казань, 2018. – С. 209-213. DOI:10.18411/B10022011T20181203

References

1. Kuznetsov A.G. Analysis of possibility of engine operation with minimum fuel consumption // University News. Engineering. 2015. No.7. P. 52-58.
2. Petrov V.A. Automatic control of continuously variable transmissions of self-propelled vehicles. – М.: Mechanical Engineering, 1986. – 248 p.
3. Blagonravov A.A.1, Yurkevich A.V. Ensuring the highest possible energy efficiency of cars in urban traffic // Engineering Bulletin. 2019. No.11. P. 47-49.

4. Yurkevich A.V. Experimental evaluation of the of off-load power losses distribution between the structural mechanisms the continuously variable transmission named after Blagonravov // Journal of Advanced Research in Natural Science. 2019. No.8. P. 38-48.
5. Blagonravov A.A., Yurkevich A.B., Yurkevich A.A. Automatic control of a stepless mechanical transmission with an internal force function // Russian Engineering Research. 2017. №37(3). P. 185-188.
6. Tereshin A.V., Soldatkin V.A., Yurkevich I.A., Petrov D.A. development of a chassis layout of amotor vehicle with a mechanical continuously variable transmission // Actual problems of mathematics, mechanics, Informatics: proceedings of the conference of young researchers, Izhevsk, 2018. P.111-113.
7. Yurkevich A.V., Soldatkin V.A., Tereshin A.V., Yurkevich I.A. Method of experimental determination of fuel consumption under operating conditions of the motor vehicle with Blagonravov’s mechanical continuously variable transmission // Transport, mining and construction engineering: science and production. 2018. No. 1. – P. 23-27.
8. Yurkevich A.V., Soldatkin V.A., Tereshin A.V., Yurkevich I.A. Development of automated mechanical continuously variable transmission for mobile energy-efficient and traction vehicles // Innovative Engineering Technologies, Equipment and Materials. Materials of the IX International Scientific and Technical Conference. Kazan, 2018. P. 209-213.

Юркевич Андрей Владиленович – кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник, urkeva@mail.ru	Yurkevich Andrey Vladilenovich – candidate of technical science, associate professor, senior researcher, urkeva@mail.ru
Солдаткин Владислав Александрович – инженер	Soldatkin Vladislav Aleksandrovich – engineer
Терешин Алексей Валерьевич – инженер	Tereshin Aleksey Valerievich – engineer
Юркевич Иван Андреевич – лаборант	Yurkevich Ivan Andrievich – technician
Институт машиноведения УрО РАН, Отдел механики транспортных машин, г. Курган, Россия	Institute of mechanical engineering of UB RAS, Department of mechanics of transport machines, Kurgan, Russia

Received 23.12.2019