

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

ТАШКЕНТСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

НУРМЕТОВ Хушидбек Икромович

УДК 629.03:007.113

**ОЦЕНКА НОРМАТИВНЫХ ЕЗДОВЫХ ЦИКЛОВ АВТОМОБИЛЕЙ
ПО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМУ БАЛАНСУ**

Специальность: 5А521101 «Автомобили»

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание академической степени магистра

Работа рассмотрена и допущена к защите

Зав.кафедрой «Автомобили»

_____ д.т.н., проф. А.А.Мухитдинов

« ____ » _____ 2009 г.

Эксперт

_____ к.т.н. доц. О.К.Касымов

« ____ » _____ 2009 г.

Научный руководитель

_____ д.т.н., проф. А.А.Мухитдинов

« ____ » _____ 2009 г.

Ташкент, 2009

РАЗРЕШЕНИЕ

Тема магистерской диссертации: «Оценка нормативных ездовых циклов автомобилей по энергетическому балансу»

Я, Нурметов Хуршидбек Икромович, разрешаю библиотеке Ташкентского автомобильно-дорожного института (ТАДИ) пользоваться моей магистерской диссертацией в установленном ректоратом ТАДИ порядке.

В случае, если материалы моей диссертации будут использоваться для коммерческих целей или для получения прибыли необходимо получение дополнительного моего согласия и согласия научного руководителя.

Мой e-mail: kh_tari@mail.ru

Содержание

Введение	
Глава–1. Обзор методов оценки нормативных ездовых циклов.	
1.1. Методики разработки нормативных ездовых циклов.....	
1.2. Анализ критерий оценки ездовых циклов.....	
1.3. Анализ международных ездовых циклов по оценки ТЭ и ТВГ автомобилей.....	
1.4. Выводы по обзорным материалам.....	
Глава–2. Расчетно-экспериментальные исследования по оценки ездовых циклов.	
2.1. Разработка метода расчетно-экспериментальных исследований...	
2.2. Разработка математической модели движения автомобиля на ездовых циклах.....	
2.3. Оценка ездовых циклов по режимам движения.....	
2.4. Расчетный анализ ездовых циклов по энергетическому показателю.....	
Общие выводы	
Список литературы	
Приложения	

Введение

Одним из основных задач по реализации государственной Антикризисной программы, преопределённый в книге «Мировой финансово-экономический кризис, пути и меры по его преодолению в условиях Узбекистана» Президента Республики Узбекистан, является **реализация мер по модернизации электроэнергетики, сокращению энергоёмкости и внедрению эффективной системы энергосбережения. Дальнейшее повышение конкурентоспособности нашей экономики, рост благосостояния населения во многом зависят от того, насколько бережно, экономно мы научимся использовать имеющиеся ресурсы и в первую очередь электро- и энергоресурсы [1].**

Определены и установлены актуальность, цель и задачи данной магистерской диссертации исходя из вышесказанной задачи.

Актуальность работы. Оценка автомобилей по эксплуатационным свойствам имеет достаточно широкий спектр методов, но на сегодня недостаточно изучена проблема зависимости конструктивных параметров и характеристики автомобиля с нормированными ездовыми циклами.

Цель работы. Разработать метод оценки ездовых циклов автомобиля по энергетическому балансу.

Задачи:

- Разработка математической модели требуемой энергии для различных режимов движений;
- Разработка метода расчетно-экспериментальных исследований;
- Разработать методику оценки ездового цикла по энергетическому балансу.

Современный высокий уровень технологии автомобилестроения, достижений электронной промышленности позволяют в достаточной степени довести конструкцию и её характеристики, чтобы обеспечить автомобиль

предельно возможными свойствами, адаптироваться конкретным режимам движения.

На сегодняшний день, все более ужесточающиеся требования к энергосбережению и охраны окружающей среды озадачивают специалистов к поиску новых решений. Переплетаются стыки городского дорожного строительства, электронно-управляемая организация дорожного движения, до насыщенного предела совершенствованная конструкция и управление автомобиля.

ГЛАВА–1. Обзор методов оценки нормативных ездовых циклов.

1.1. Методика разработки нормативных ездовых циклов.

Ездовой цикл это совокупность (сумма) регламентированных режимов движений автотранспортных средств.

Ездовой стандартизированный цикл определяется средне-статистическим анализом характера движения автомобиля в конкретных условиях эксплуатации, в упрощенном виде представлен на рис. 1.

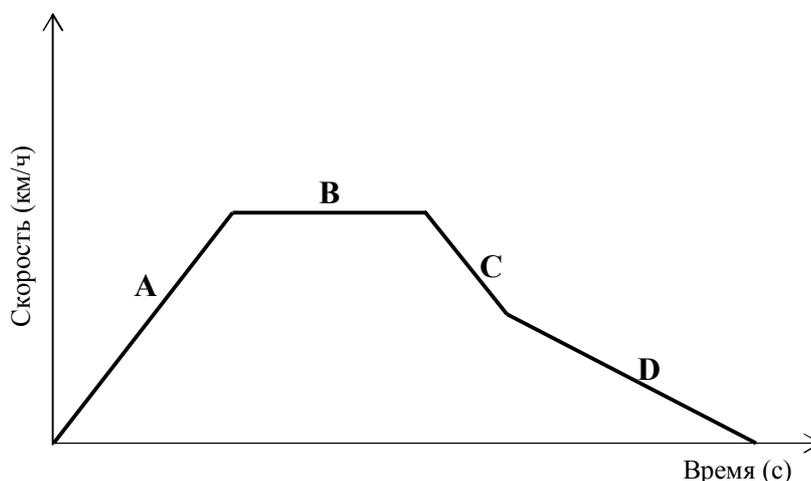


Рис. 1. Режимы движения автомобиля в эксплуатационных условиях:

A – Разгон; B – Равномерное движение; C – Торможение; D – Выбег или накат.

Ездовые циклы создаются для оценки эффективности работы автомобиля в конкретных условиях эксплуатации.

Параметры и режимы управления систем автомобиля выбирают по результатам движения на ездовом цикле. Показатели фаз циклов, т.е. время, максимальная скорость, средняя скорость, максимальное ускорение/замедление и среднее ускорение/замедление в различных циклах различны.

Режим движения – определяется главным образом скоростью и ее изменением по элементам ездового цикла: разгона, установившегося

движения, замедления, торможения, остановки, возобновления движения. При определенном допущении можно принять, что скоростные режимы движения автомобилей в различных условиях эксплуатации является сочетанием режимов разгона, замедления и режимов, близких к равномерному движению. Кроме того, можно считать, что в общем случае движения автомобиля скоростные режимы представляют собой сложные циклы движения с остановками, состоящих из различных составляющих циклов движения без остановок, случайно расположенных и имеющих случайное сочетание фаз.

1.2. Анализ критерий оценки ездовых циклов

Ездовые циклы оцениваются следующими критериями:

- ✓ Время, с
- ✓ Общий пробег, м
- ✓ Максимальная скорость, км/ч
- ✓ Средняя скорость, км/ч
- ✓ Максимальное ускорение, м/с²
- ✓ Среднее ускорение, м/с²
- ✓ Холостой ход, с
- ✓ Количество остановок

При различном, качественном и количественном сочетании фаз циклы движения могут иметь самые разнообразные формы, величину пути и скорости; причем, чем разнообразнее условия движения, тем более разнообразные формы имеют скоростные циклы движения. В одинаковых условиях движения скоростные режимы автомобилей даже разных типов имеют общий характер изменения, например, при движении в городе - циклический с остановками. Циклы «разгон-замедление-торможение» и «разгон-установившегося движение-замедление-торможение» приняты в качестве типовых (Рис. 2).

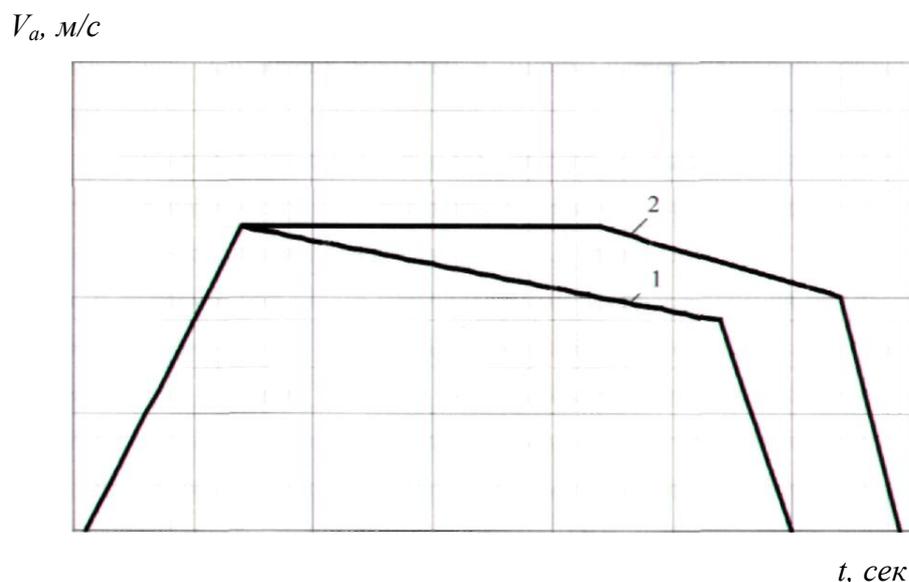


Рис. 2. Схема типовых циклов движения:

- 1 – «Разгон-Замедление-Торможение»;
- 2 – «Разгон-Установившегося движение-Замедление-Торможение»

Установившийся режим движения. Наиболее близким к оптимальному является движение с постоянной скоростью по горизонтальному участку шоссе, когда необходимо преодолевать только сопротивление качению и аэродинамическое сопротивление. Расход топлива при таком движении меньше, чем движения при других условиях. В процессе движения необходимо стремиться к приближению оптимальному скоростному и нагрузочному режимов работы двигателя, т.е. к зоне максимального крутящего момента и минимального удельного расхода топлива.

Равномерное (установившееся) движение выделено в качестве самостоятельного ввиду его практической важности и простоты изучения, хотя фактически оно является условным, т.к. в эксплуатации встречается редко из-за отсутствия строго горизонтальных дорог и движения без помех. Поэтому под режимами равномерного движения условно понимают такие

режимы, при которых среднее квадратическое отклонение скорости движения от ее средней величины на данном участке пути не превышает 2 %.

Время равномерного движения автомобиля обычно очень мало по сравнению с общим временем его работы. При эксплуатации в городах автомобили движутся равномерно всего 15-25 % времени.

Ускорение и замедление автомобиля. Режимы неравномерного (неустановившегося) движения включают режимы ускоренного (фаза разгон) и замедленного (фаза замедление и торможения) движения.

Режимы ускоренного (замедленного) движения подразделяются на режимы равноускоренного (равнозамедленного) движения — разгон (замедление) с постоянным ускорением и режимы не равноускоренного (не равнозамедленного) движения — разгон (замедление) с изменяющимся ускорением. Одним из примеров неравномерного движения может служить режим безостановочного движения, при котором скорость изменяется вследствие изменения сопротивления движению и помех в потоке транспорта.

Режим циклического движения характеризуется определенным системным сочетанием составляющих фаз движения. Циклические режимы движения можно разделить на два основных вида: без остановок и с остановками. Все встречающееся в эксплуатации разнообразие циклов движения образует ряд составляющих режимов или фаз движения. Как уже сказано, различают следующие основные фазы (режимы) движения: разгон, установившееся движение, замедление и торможение. Для четкости разделения фаз замедления и торможения условно принимают, что к первой относятся все режимы замедленного движения с отрицательным ускорением меньше единицы, а ко второй - от единицы и более. Фаза замедления включает выбег, и замедление при торможении двигателем, тормозом-замедлителем или вспомогательным тормозом. К фазе торможения относится процесс торможения рабочим тормозом с интенсивностью, соответствующей отрицательному ускорению не менее 1 м/с^2 .

Как видно из приведенной классификации, циклическое движение без остановок и с остановками может состоять из одинаковых по названиям циклов движения.

Режимы разгона и замедления могут осуществляться различными способами, например, разгон с переключением или без переключения передач, при полной или частичной подаче топлива, замедление при торможении двигателем или тормозом-замедлителем и т.д. Поэтому в необходимых случаях из циклов под обобщенным названием могут быть выделены определенные их модификации с уточненными названиями. Так, из цикла «разгон-замедление» могут быть выделены такие частные циклы, как «разгон с переключением передач - замедление при торможении двигателем» и т.д. Такая конкретизация циклов необходима при исследовании топливно-скоростных свойств автомобилей, работающих в городских условиях эксплуатации.

В городских условиях эксплуатации продолжительность (по времени) работы автомобиля на неустановившихся режимах достигает 67%. Протяженность участков разгона и замедления, существенным образом влияющих на среднюю техническую скорость движения, составляет 70-80% от общего пути, пройденного автомобилем.

Доля топлива, потребляемого автомобилем на режимах разгона, составляет 40-50% от общего его баланса потребления. При разгоне расход топлива в 1,35-1,45 раза больше по сравнению с равномерным движением автомобиля на этом же участке. Это связано с тем, что значительная часть топлива идет на увеличение кинетической энергии автомобиля, которая при замедлении частично может быть обращена в полезную работу.

Приемы управления автомобилем, в особенности на режимах разгона, относят к наиболее важным факторам, существенно влияющим на расход топлива. Точное определение положения и интенсивности открывания дросселя, движение на правильно выбранной передаче, а также соблюдение

условий проезда перекрестка – вот те основные условия обеспечения минимально возможного расхода топлива при разгоне.

При замедлении или остановке автомобиля с помощью тормозов или путем торможения двигателем затраты энергии довольно значительны, т.ж. в первой случае кинетическая энергия автомобиля теряется за счет износа и нагревания тормозных колодок, во втором случае за счет расхода топлива двигателем в тормозном режиме.

Торможение двигателем надо проводить лишь в условиях медленной езды, когда из-за краткосрочного протекания различных возмущающих процессов нецелесообразно выключать, затем снова включать эту же передачу. При движении под уклон квалифицированные водители более эффективно используют энергию, запасенную ими при преодолении подъема, хотя и в этом случае имеют место невосполнимые потери части энергии на подтормаживание.

Критерии оценки режимов движения автомобиля

Разгон	Равномерное движение	Торможение	Движение на маршруте
1	2	3	4
Интенсивность движения			
ГОСТ 22576-77 1. Скоростная характеристика «разгон-выбег» 2. Скоростная характеристика разгона на высшей и предшествующей передачах 3. t_p для S_p 400 и 1000 м. 4. t_p до V_k (легк. до 100 км/ч)	ГОСТ 22576-77 5. V_{max} 6. V_{max} условная (последнее 400 м. для $S_p=2000$ м.)	ГОСТ 22895-77 Аварийное торможение $j_{ТУСм}$ и S_T при V_H (легк. от 80 км/ч) и P_n (усилие на педали)	ГОСТ 22576-77 7. Скоростная характеристика на дороге с переменным продольным профилем 8. Выбег с $V_H=50$ км/ч
Наиболее распространенные за рубежом [133]			
1. t_p до V_k (легк. до 100 км/ч) 2. t_p от V_H до V_k 3. скоростная характеристика разгона до V_{max}	4. V_{max}	$j_{ТУСм}$ и/или S_T при V_H и P_n (усилие на педали)	$V_{cp} = \frac{\sum S}{\sum t}$
Другие категории			
1. $j_{cp} = V_k / t_p$ 2. $V_{cp} = S_p / t_p$ при V_k 3. $V_{cp} = S_{pk} / t_p$ 4. $F = \sum S_p - V_k \sum t_p = V_k (\sum S_p / V_k - \sum t_p)$ $d = t_p - S_p / V_k = t_p (1 - V_{cp} / V_k)$ 5. V_k при S_{pk} - рекорды	$V_{cppd} = S_{pd} / t_{pd}$ V_{max} на 1 км с хода - рекорд	$V_{cp} = \frac{S_T}{t_T} = \sqrt{\frac{S_T j_T}{2}}$ если j_T постоянное	$V_{cp} = \frac{S_p + S_{pd} + S_T}{t_p + t_{pd} + t_T} = \frac{\sum S}{\sum t}$

Топливная экономичность			
	ГОСТ 20306-74 1. топливная характеристика установившегося движения 2. контрольный расход топлива, л/100 км		ГОСТ 20306-74 3. топливная характеристика на дороге с переменчивым продольным профилем
Наиболее распространённые за рубежом			
	Контрольный расход при 90 км/ч и 120 км/ч, л/100 км		$q_n = \frac{\sum Q}{\sum S} = Q_{SG}$ для стандартного городского цикла
Другие критерии			
1. Q_p до V_k 2. $\mu = G_T / j_a$ $\varepsilon = Q_p - \frac{S_p}{V_k} G_{TVK} = Q_p \left(1 - \frac{Q_{VK}}{Q_p} \right)$ 3. $B = \frac{Q_p}{S_p} \left(1 - \frac{q_{ПVK}}{q_{ПП}} \right)$	Q_W (л/100 Ткм)		$\sum S$ км на 1 л – рекорд $q_n = \frac{\sum Q}{\sum S}$ $Q_S = 0,6Q_{SG} + 0,3Q_{S90} + 0,1Q_{S120}$ $Q_{\Sigma} = K_1 Q_{SYCT} + K_2 Q_{ГЦ}$

1.3. Анализ международных ездовых циклов по оценке топливной экономичности и токсичности выхлопных газов автомобилей.

Автомобили по топливной экономичности, токсичным веществам в составе ОГ и на динамичность испытываются и оцениваются на конкретных ездовых циклах.

Ужесточение требований современности к топливной экономичности при сохранении высокой динамичности и обеспечении норм выброса токсичных газов исследователей приводит к выбору критериев и оценке показателей по ездовым стандартным циклам.

В различных странах имеются свои ездовые циклы, по которым оцениваются топливная экономичность (ТЭ) и токсичность выхлопных газов (ТВГ). Ниже приведены некоторые зарубежные ездовые циклы, сравнивая по их параметрам.

Таблица – 2

Сравнение некоторых зарубежных ездовых циклов по их параметрам

Наименование цикла	Время, (с)	Пробег, (м)	Максимальная скорость, (км/ч)	Средняя скорость, (км/ч)	Максимальное ускорение, (м/с ²)	Среднее ускорение, (м/с ²)	Максимальное замедление, (м/с ²)	Среднее замедление, (м/с ²)	Холостой ход, (с)	Количество остановок
Japanese 10-15	659	2790	47	15,2	1,19	0,36	-1,45	-0,4	170	14
ECE+EUDC	1225	10927	120	32	1,05	0,54	-1,4	0,79	339	13
FTP	2477	17767	91	25,8	1,48	0,51	-1,48	-0,58	361	22
HWFET (FHDS)	765	16511	96	77,6	1,43	0,19	-1,48	-0,22	6	1
NYCC	598	1900	44,6	11,4	2,68	0,62	-2,63	-0,61	210	18
UDDS	1369	11990	91,2	31,5	1,48	0,51	-1,48	-0,58	259	17
US06	600	12890	129	77,2	3,8	0,67	-3,1	-0,73	45	5

Цикл Japanese 10-15 (рис.3) применяется для испытания легковых автомобилей на токсичность ОГ и на топливную экономичность в Японии. Цикл состоит из трёх сегментов цикла 10 mode (цикл описывает движение автомобиля по городу и применяется для оценки топливной экономичности легковых автомобилей) и одного цикла 15 mode.

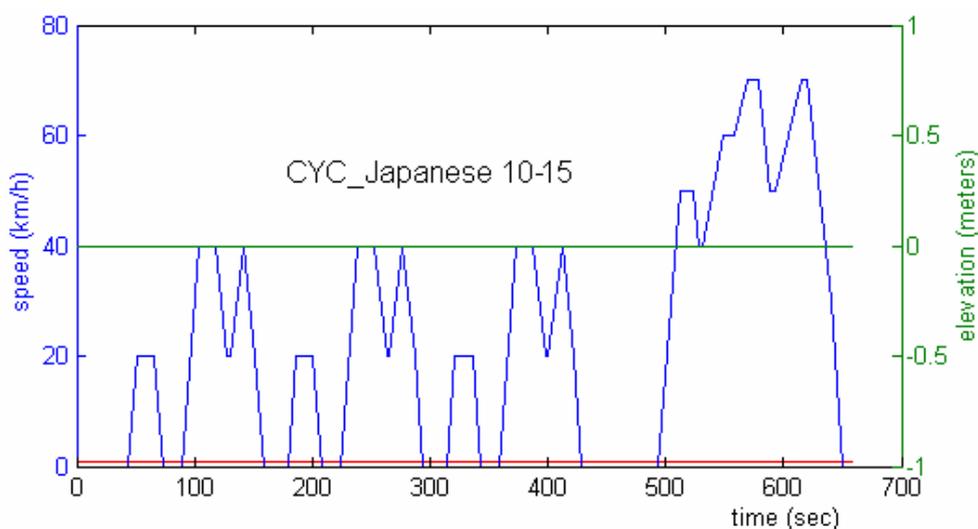


Рис. 3. Японский ездовой цикл Japanese 10-15.

ECE+EUUDC, а также цикл NEDC (рис. 4) применяются для испытания легкового автомобиля на токсичность в Европе. Этот цикл также называется циклом MVEG-A. Цикл состоит из четырех ECE сегментов и одного EUUDC сегмента. Перед началом испытания автомобиль подвергается в течении 6 часов, при температуре 20-30⁰ С. Затем в течении 40 секунд двигатель автомобиля работает в режиме холостого хода. Токсичность автомобиля измеряется в г/км.

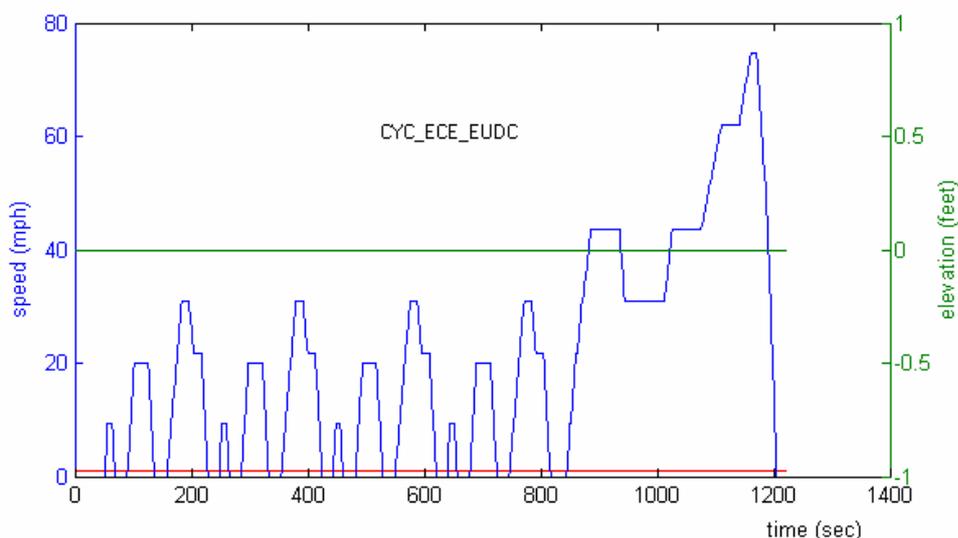


Рис. 4. Цикл ECE+EUUDC.

Цикл ECE (рис. 5) является городским циклом и также называется UDC циклом. Цикл описывает режим движения автомобиля в Париже и Риме. Цикл ECE характеризуется низкой скоростью, малой нагрузкой двигателя и низкой температурой отработанных газов.

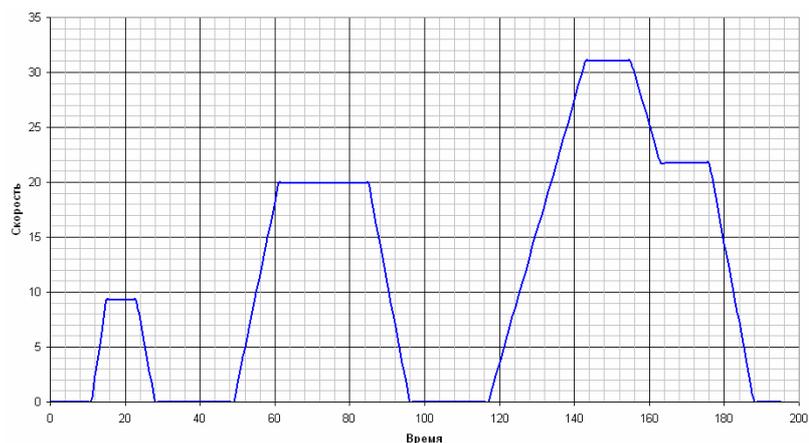


Рис. 5. Европейский ездовой цикл ECE (UDC)

Цикл EUDC (Extra Urban Driving Cycle) характеризуется высокой скоростью. Максимальная скорость по циклу 120 км/ч. Существует также цикл EUDC для автомобилей с малой мощностью. И в этом случае максимальная скорость по циклу равна 90 км/ч (рис. 6).

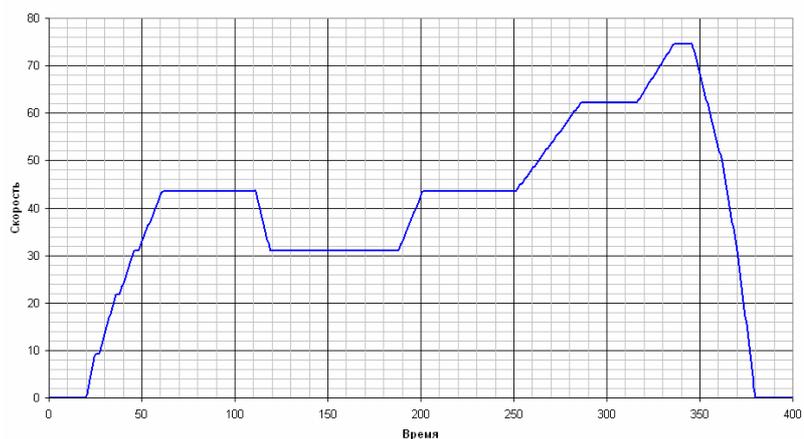


Рис. 6. Европейский ездовой цикл EUDC

Цикл NYCC (New York City Cycle) описывает режим движения автомобиля в городе Нью-Йорке (рис. 7).

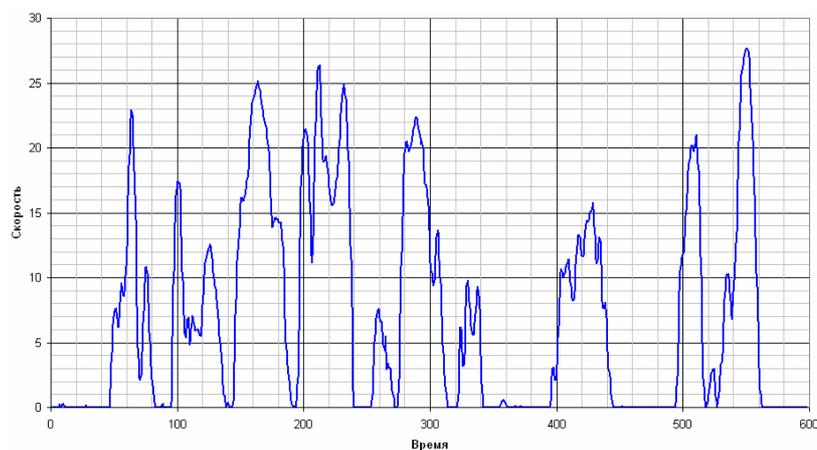


Рис. 7. Американский ездовой цикл NYCC

Цикл UDDS (Urban Dynamometer Driving Schedule) описывает городской ездовой цикл и применяется для испытания легковых автомобилей (рис. 8).

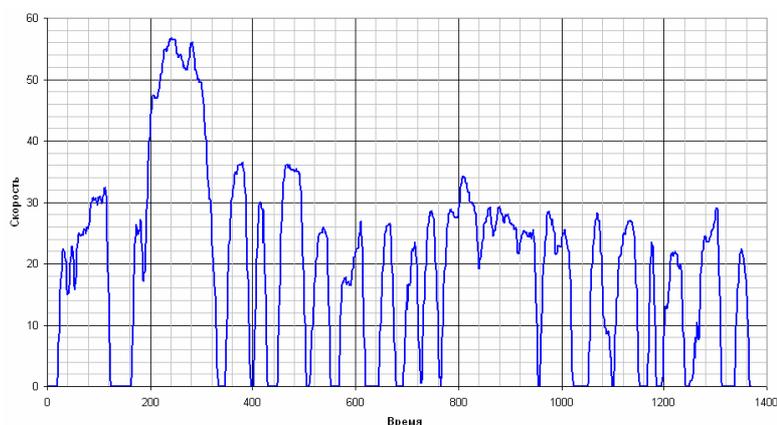


Рис. 8. Американский ездовой цикл UDDS

Цикл US06 (рис. 9) является одним из трех циклов применяемых Агентством Охраны Окружающей Среды США. Цикл характеризуется высокими значениями скоростей и ускорения.

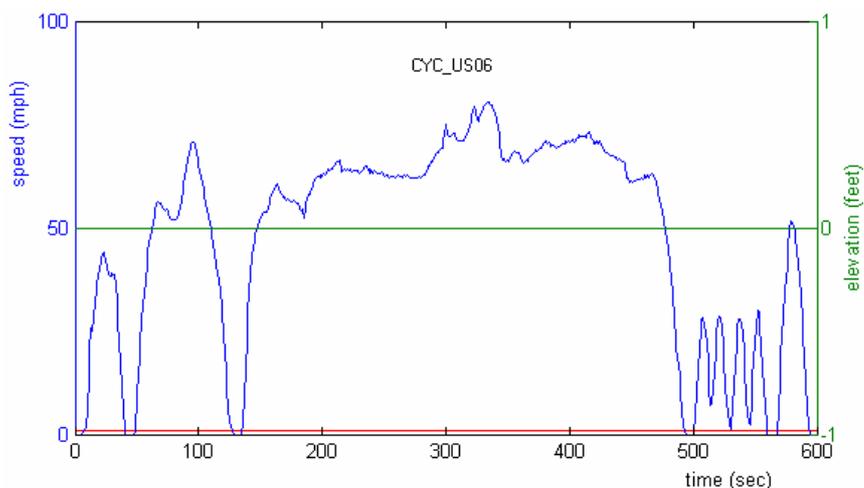


Рис. 9. Американский ездовой цикл US06

Сегодня в *Европе* действуют две основные системы требований, которым подчиняются все производители автомобилей. Это директивы Евросоюза и правила Европейской Экономической Комиссии ООН (ЕЭК ООН). Помимо Евросоюза, правила ЕЭК ООН применяются и других странах, в том числе и в России.

Обычно указываются данные расхода топлива по трем режимам движения: городскому, загородному и смешанному. По правилам ЕЭК ООН и вышеназванным директивам испытания проводятся на стенде с беговыми

барабанами. Данные городского цикла, к примеру, замеряются при температуре воздуха от +20 °С до +30 °С в условиях холодного пуска. Тестовая программа состоит из нескольких ускорений, движения с постоянной скоростью, ряда торможений и работы на холостом ходу. Максимальная скорость при этом составляет 50 км/ч, средняя – 19 км/ч, а общий пробег – 4 км.

Замеры расхода топлива в загородном цикле проводятся сразу после городского цикла. Испытание включает в себя движение с постоянной и переменной скоростями, несколько разгонов и торможений, работу двигателя на малых оборотах. Максимальная скорость – 120 км/ч, средняя – 63 км/ч. Общий пробег – 7 км. Данные для смешанного цикла определяются как среднее значение по результатам замеров расхода топлива в городском и загородном режимах.

В Европе расход топлива принято оценивать с помощью газоанализатора по результатам измерений углеродсодержащих компонентов (СО, СН, СО₂) в отработавших газах автомобиля. Расчет ведется в литрах на 100 км или в кубических метрах для сжатого природного газа.

Правила ЕЭК ООН № 84 предусматривают несколько иные параметры теста. Здесь расход топлива определяется с помощью специального устройства (расходомера) в режимах городского цикла и движения с постоянной скоростью 90 и 120 км/ч. Городской цикл замеряется на барабанном стенде, а режимы 90 и 120 км/ч допускается выполнять как на дороге, так и на стенде. В настоящее время Правила ЕЭК ООН №84 применяются только за пределами Евросоюза, в том числе и в нашей стране.

В США действуют собственные правила. Там процедура измерения расхода топлива регламентируется Агентством по охране окружающей среды (EPA – Environmental Protection Agency). Замеры осуществляются на стенде с беговыми барабанами в городском и магистральном режимах. Ездовые циклы США в отличие от европейских проводятся на различных скоростях,

при этом максимальная скорость в городском режиме равна 91,2 км/ч, а в магистральном – 96,4 км/ч.

В России, наряду с Правилами ЕЭК ООН № 84 и 101, в ходу еще и ГОСТ 20306-90, которым установлен порядок определения расхода топлива в дорожных условиях. Все это обилие документов и систем измерения зачастую приводит к некоторой путанице и большему расходу топлива, чем заявлено в технической документации. Чтоб точнее оценивать траты на горючее, необходимо делать поправку к заявленному автопроизводителем расходу.

Превышение допустимой концентрации отработавших газов у людей вызывает головокружение, головные боли, повышенную утомляемость, различные нервные расстройства и другие отрицательные явления. Под воздействием эмиссий отработавших газов происходят изменения в окружающей среде, что ведет к нарушению экологического равновесия в природе. При превышении некоторого допустимого предела такие изменения могут стать необратимыми. Выделение двигателями СО, по одной из теорий, способствует разрушению озонового слоя Земли, что губительно сказывается на животном и растительном мире и грозит глобальной катастрофой.

В связи с изложенным выше, существуют стандарты, правила, и другие нормативные документы по которыми определяются и нормируются токсичности вредных выбросов автотранспортных средств.

Существует два подхода к нормированию вредных выбросов от автомобильного транспорта:

Первый подход заключается в регламентировании концентрации или абсолютных величин выбросов отдельных токсичных компонентов отработавших газов на конкретном режиме(ах) работы двигателя без какого-либо последующего пересчета или с приведением в последствии этих выбросов к некоторому показателю, например к единице мощности двигателя или пробега автомобиля. В данном случае, очевидно, что нормируемый показатель не может отражать действительных выбросов в

атмосферу и служит лишь качественным критерием для экологической оценки той или иной автотранспортной техники. Чем больше режимов работы двигателя рассматривается и чем ближе они к реальным в условиях эксплуатации, тем точнее такой нормативный показатель может отражать действительные выбросы от автомобиля в атмосферу. Такой подход обычно используется эксплуатационниками для диагностики технического состояния систем питания двигателей автомобилей.

Второй подход заключается в выборе *ездового цикла* (имитации движения автомобиля на специальном стендовом оборудовании с соблюдением последовательности и доли времени работы двигателя в реальных режимах работы: холостом ходу, ускорении, установившемся движении и торможении) и регламентации вредных выбросов за цикл или на соответствующий такому циклу пробег автомобиля. В этом случае, естественно, нормируемые параметры более реально отражают выбросы автомобилей в атмосферу. Все зависит от степени соответствия выбранного ездового цикла существующим условиям эксплуатации автомобилей.

Нормирование в странах Западной Европы

Согласно Женевскому Соглашению (1958 г.) в странах Западной Европы действуют единые предписания (Правила ЕЭК ООН), содержащие, в частности, требования и к экологическим параметрам автотранспортной техники. Это Правила 15, 49, 83 и др., а также различные поправки и дополнения к ним.

Правила ЕЭК ООН 15 и 83 распространяются на легковые и грузовые автомобили, а также автобусы полной массой не более 3,5 тонн (категории транспортных средств M_1 и N_1). Этими документами регламентируются предельные выбросы вредных веществ в атмосферу с отработавшими газами двигателей автомобилей (испытания типа I), концентрация оксида углерода в отработавших газах при работе двигателя на холостом ходу (испытания типа II), выбросы картерных газов (испытания типа III) и топливные испарения (испытания типа IV). В основе испытания типа I лежит так называемый

европейский ездовой цикл. Он был разработан в середине 70-х годов на основе анализа движения легковых автомобилей в крупных немецких городах. Характерные параметры этого цикла: пробег автомобиля - 4052 метра, время - 780 секунд, максимальная скорость - 50 км/час, средняя скорость - 19 км/час. С 1992 года ездовой цикл был модернизирован путем добавления высокоскоростного режима движения автомобиля по автостраде. Такое дополнение продиктовано как изменившимися с 70-х годов условиями эксплуатации автомобилей, так и желанием сблизить условия испытаний автомобилей в Европе и США. Характерные параметры нового европейского ездового цикла составляют: пробег автомобиля - 11007 метра, время - 1180 секунд, максимальная скорость - 120 км/час, средняя скорость - 34 км/час (рис. 10).

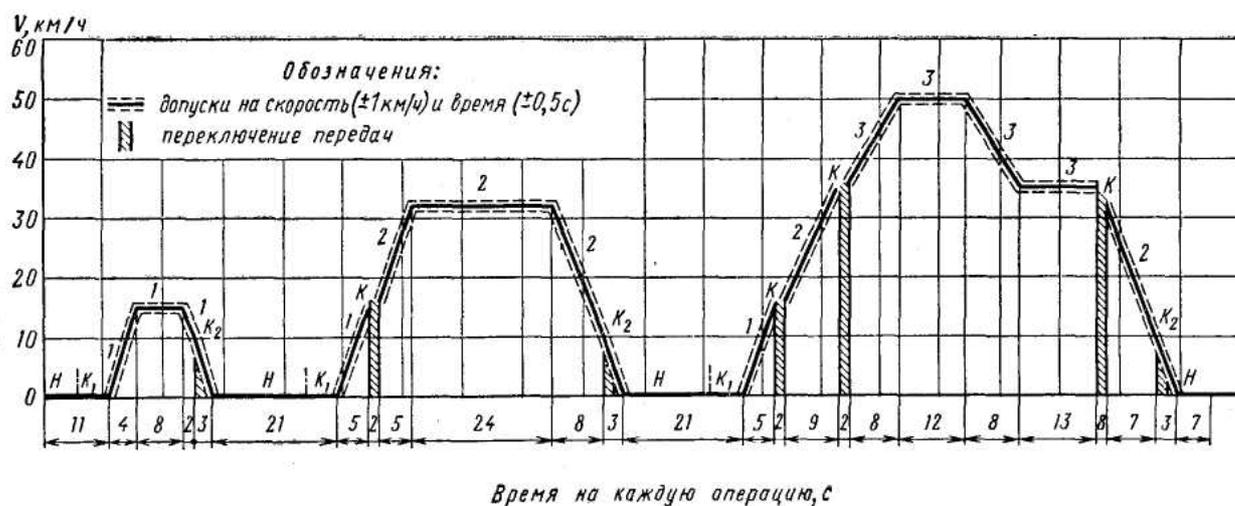


Рис. 10. Европейский ездовой цикл для оценки выделения вредных веществ с ОГ:

К - выключение сцепления; К₁, К₂ - выключение сцепления при включенных соответственно первой и второй передачах; 1 - первая передача; 2 - вторая передача; 3 - третья передача; Н - сцепление включено, рычаг передач в нейтральном положении.

Нормирование в США

В Соединенных Штатах Америки нормирование вредных выбросов от автомобилей производится по тем же показателям, что и в европейских странах:

- выбросы с отработавшими газами двигателей при испытании автомобиля по ездовому циклу, принятому в США;

- содержание оксида углерода при работе двигателя на холостом ходу;
- испарение топлива из системы топливоподачи;
- выбросы картерных газов.

Американский ездовой цикл, соответствующий федеральной процедуре US 75 FTP (рис. 11), имеет следующие характеристики: пробег автомобиля - 17860 метров, время пробега - 1877 секунд, максимальная скорость - 91,2 км/час, средняя скорость - 34 км/час. Данным ездовым циклом предусматривается 10-ти минутная остановка автомобиля.

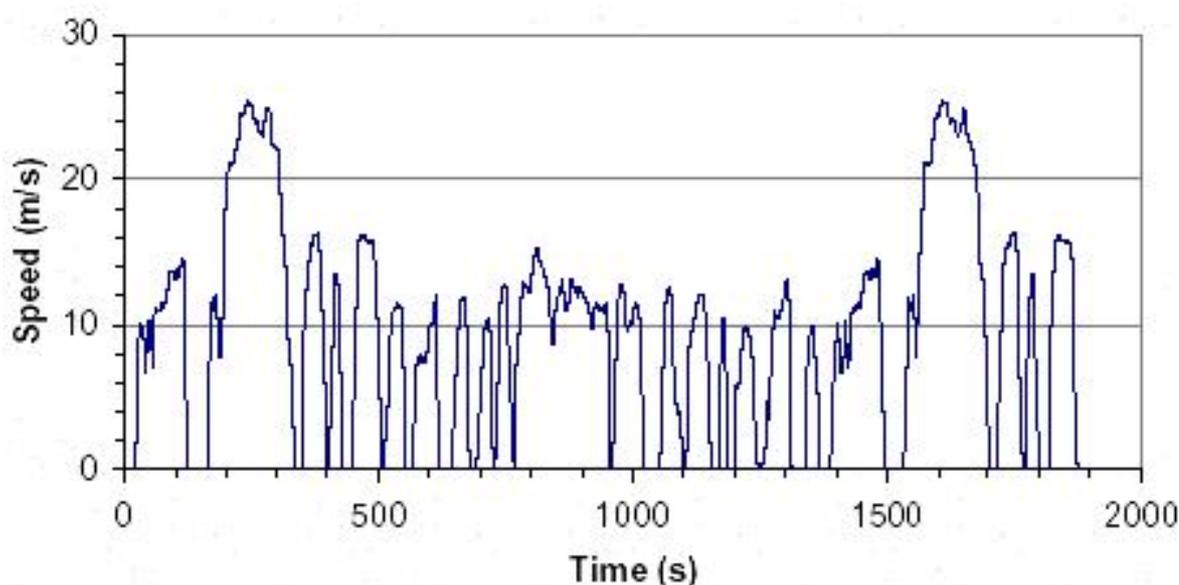


Рис. 11. Американский ездовой цикл US 75 FTP для оценки ТВГ

В Соединенных Штатах Америки экологические нормативы для автомобилей разработаны на федеральном уровне и отдельно для штата Калифорния, что обусловлено напряженной экологической ситуацией на его территории. В последнем случае действуют более жесткие ограничения.

Кроме того, в Калифорнии дополнительно регламентируются выбросы для автомобилей, двигатели которых работают на смесевых, бензо-спиртовых топливах.

Нормирование в Японии

Нормирование экологических параметров автомобилей в Японии производится так же, как в Европе или Америке. Регламентации подлежат:

- выбросы с отработавшими газами двигателей при испытании автомобиля по ездовым циклам, принятым в Японии;

- содержание оксида углерода и углеводородов при работе двигателя на холостом ходу;
- испарение топлива из системы топливоподачи;
- выбросы картерных газов.

Для оценки экологических качеств легковых автомобилей в Японии применяются два вида ездовых циклов - с так называемым холодным (когда двигатель перед испытаниями имеет температуру окружающего воздуха) и горячим (когда двигатель перед испытаниями прогрет до рабочей температуры) стартами. Основные параметры такого цикла следующие: пробег автомобиля - 3980 метров, время - 1350 секунд, максимальная скорость - 40 км/час, средняя скорость - 24,15 км/час. Параметры ездового цикла с холодным стартом следующие: пробег автомобиля - 4084 метров, время - 1200 секунд, максимальная скорость - 60 км/час, средняя скорость - 39,1 км/час. Выбросы вредных веществ при испытании по ездовому циклу с холодным стартом более чем на порядок превышают выбросы по ездовому циклу с горячим стартом.

1.4. Выводы по обзорным материалам

В результате исследований условий эксплуатации созданы нормированные ездовые циклы для оценки топливной экономичности и экологичности автомобилей. Требования эксплуатации по оценке приспособления автомобилей ездовым циклам обусловили исследования автостроителей:

- изучить режимы движений;
- изучить ездовые циклы;
- оценить фазы движения автомобилей;
- исследовать энергетического баланса автомобиля на ездовых циклах;
- исследовать возможности прогрессивной конструкции автомобиля с гибридным автомобилем.

Наиболее распространенными измерителями топливной

экономичности автотранспортных средств на практике служат расходы топлива в городских и магистральных условиях эксплуатации. Для контрольной оценки расхода топлива в этих условиях движения для каждого типа автотранспортного средства разработаны соответствующие городские и магистральные ездые циклы. Имитация движения в ездых циклах проводится в соответствии с операционными картами и схемами, представляющими собой зависимости скорости движения от пройденного пути. Моделирование движения натурального образца в магистральном ездом цикле проводят на специально подготовленных участках дороги, обычно на автополигоне, а в городском ездом цикле – на этих же дорогах и на динамометрическом стенде с беговыми барабанами.

Проведение экспериментальных исследований натуральных образцов по ездых циклам при создании новых или при модернизации серийно выпускаемых моделей автотранспортных средств с целью выбора наиболее рациональных параметров конструкции является трудоемкой и требующей большого количества материальных средств и времени работа. Поэтому разрабатываются программные средства моделирования движения в ездых циклах автотранспортного средства численными методами на компьютере. Такой подход позволяет оперативно оценить топливную экономичность автотранспортного средства при изменении конструкции, выполнить обоснование различных конструктивных параметров, сократив как время создания новой модели, так и затраты на выполнение экспериментальных стендовых, полигонных и дорожных испытаний.

Существует, по крайней мере, три наиболее развитые системы нормирования вредных выбросов автомобилей. Это европейская (к ней наиболее тесно тяготеет система нормирования, принятая в некоторых странах СНГ), американская и японская. Общие черты этих систем заключаются в том, что:

- экологические параметры автомобилей оцениваются в испытаниях по ездых циклам;

- дополнительно регламентируются выбросы отдельных вредных веществ, содержащихся в отработавших газах, при работе двигателя автомобиля на холостом ходу;
- нормируются топливные испарения и выбросы картерных газов.

Коротко говоря, сегодня в мире имеются различные нормативные ездовые циклы, разработанные на основе реальной движений автомобилей. Эти ездовые циклы используются для испытания автомобилей на топливной экономичности и токсичности выхлопных газов. Но на сегодня недостаточно изучены энергетические показатели автомобилей на ездовых циклах. Исходя из этого, в следующих разделах работы предусматриваются энергетические показатели автомобилей на различных режимах движений ездового цикла, прилагаются математические модели требуемых энергий и их методы расчета и разрабатывается методика оценки ездового цикла.

Глава–2. Расчетно-экспериментальные исследования по оценки ездовых циклов.

2.1. Разработка метода расчетно-экспериментальных исследований.

2.2. Разработка математической модели движения автомобиля на ездовых циклах.

Для экономного расходования энергии, прежде всего, нужно выяснить минимальное ее количество, требующееся для преодоления сопротивлений движению, и сравнить его с реальной потребляемой энергией. Речь идет о:

- сопротивлению качению;
- сопротивлению воздуха (аэродинамическое сопротивление);
- сопротивлению при подъёме;
- сопротивлению при ускорении автомобиля.

Сопротивление качению

Сопротивление качению зависит от массы автомобиля и коэффициента трения качения. Масса автомобиля при этом оказывает первостепенное влияние на величину сопротивления качению. Большая масса проявляется неблагоприятно в любом случае, если мы стремимся к экономии энергии. Масса проявляется в виде силы, прижимающей автомобиль к земле. Передвижению препятствует сила, которая зависит от коэффициента трения качения между автомобилем и поверхностью дороги. Здесь имеется возможность экономить определенную энергию. Сила сопротивления качению автомобиля P_f рассчитывается по формуле $P_f = Q \cdot f$.

Сопротивления воздуха (аэродинамическое сопротивление)

На расход топлива, в особенности при больших скоростях движения, значительное влияние оказывает сопротивление воздуха (аэродинамическое

сопротивление), сила аэродинамического сопротивления пропорциональна квадрату скорости и рассчитывается по формуле $P_e = Sv^2 \frac{\rho}{2} c_x$.

где S - площадь фронтальной проекции автомобиля, m^2 ;

v - скорость движения автомобиля относительно воздуха, m/c ;

ρ - плотность воздуха, kg/m^3 ;

c_x - коэффициент аэродинамического сопротивления.

Мощность двигателя, необходимая для преодоления аэродинамического сопротивления, пропорциональна, следовательно, кубу скорости $N_e = \frac{P_e v}{3600}$, (kBm) где v - относительная скорость движения автомобиля, $км/ч$.

При больших скоростях движения автомобиля аэродинамическое сопротивление является преобладающим. На рис. 12 показано изменение мощностей, необходимых для преодоления сопротивления качению N_f и аэродинамического сопротивления N_e в зависимости от скорости v для автомобиля среднего класса. При скорости 60 км/ч мощности, необходимые для преодоления сопротивления качению и аэродинамического сопротивления, равны, что характерно для данного вида автомобилей. По сумме потребляемых мощностей можно убедиться в важном значении аэродинамического сопротивления. При скорости 80 км/ч мощность, затрачиваемая на его преодоление, в 4 раза больше, чем при скорости 40 км/ч, а при скорости выше, чем 120 км/ч, общая мощность, необходимая для движения, растет почти пропорционально кубу скорости автомобиля.

При определении мощности двигателя, необходимой для достижения максимальной скорости, большей той, которую обеспечивает номинальная мощность установленного на автомобиле двигателя, можно использовать без значительной ошибки следующее соотношение:

$$N_2 = N_1 \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^3$$

где N_2 - требуемая мощность, kBm ;

N_1 - достигнутая максимальная мощность, кВт;

v_2 - требуемая скорость, км/ч;

v_1 - достигнутая максимальная скорость, км/ч.

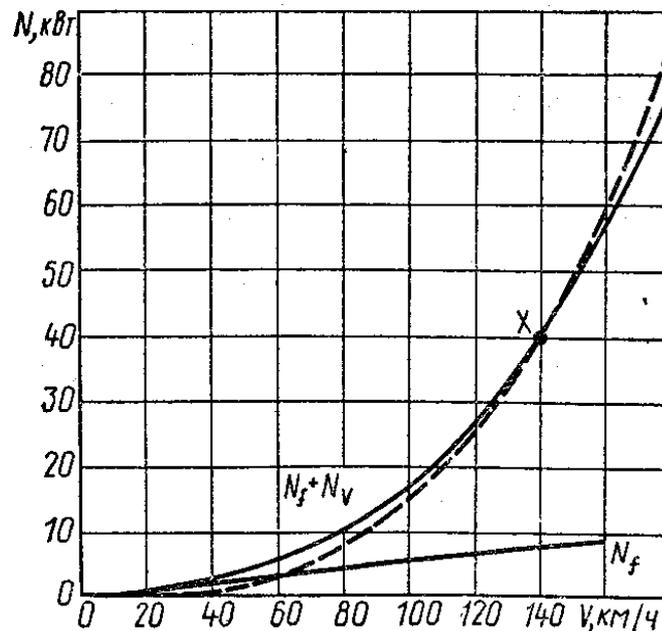


Рис. 12. Мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивлений движению:

$$m_a = 1350 \text{ кг}, S = 2 \text{ м}^2, f = 0,015, c_x = 0,456$$

Через точку X — максимальная мощность N_1 при максимальной скорости v_1 — проведена кривая зависимости мощности от куба скорости. Разница между этой кривой и линией мощности, требуемой для движения при максимальной скорости, незначительна.

Показанная сумма мощностей сопротивления качению N_f и аэродинамического сопротивления N_e представляет собой мощность сопротивления равномерному движению автомобиля по горизонтальному участку дороги при безветрии.

Сопротивление при движении на подъёме

При движении на подъёме необходимо преодолеть составляющую силы тяжести автомобиля: $P_s = Q \sin \alpha$, где Q — сила тяжести; α — угол подъема, град.

Мощность двигателя, требуемая для преодоления этого сопротивления

$$N_s = \frac{P_s v}{3600}, \text{ (кВт)} \text{ где } v \text{ — скорость автомобиля, км/ч.}$$

Величина этого сопротивления не зависит от конструкции автомобиля.

Сопротивление при ускорении автомобиля

Чтобы скорость автомобиля увеличилась, необходимо придать ему ускорение. Мощность, которая имеется для обеспечения ускорения, представляет собой разность между мощностью, требующейся при данных условиях для преодоления сопротивления движению, и мощностью, подводимой к ведущим колесам.

Чем автомобиль легче, тем большее ускорение удастся развить при одинаковой мощности двигателя.

Для выбора соответствующего ездового цикла, необходимо проанализировать энергетический баланс автомобиля по циклу.

Энергетический баланс автомобиля за ездовой цикл зависит от продолжительностей каждой из режимов движения, интенсивностей ускорения и замедления, а также скоростей движения на каждом из фаз.

Первым этапом построения энергетического баланса автомобиля является построение силового и мощностного балансов на трёх основных фазах движения автомобиля:

Фаза разгона

Силовой баланс автомобиля при разгоне выглядит:

$$P_u = P_T - (P_e + P_f), \quad (1)$$

где P_u - сила инерции, $P_u = m_a \cdot \delta_{ep} \cdot a$, Н,

a - ускорение автомобиля, $a = \frac{dv_a}{dt_y}$, м/с²

$$P_T = m_a \cdot \delta_{ep} \cdot \frac{dv_a}{dt_y} + (P_e + P_f), \quad (2)$$

а мощностной баланс:

$$N_T = m_a \cdot \delta_{ep} \cdot v_a \cdot \frac{dv_a}{dt_y} + (P_e + P_f) \cdot v_a, \quad (3)$$

$$N_T \cdot dt_y = m_a \cdot \delta_{ep} \cdot v_a \cdot dv_a + (N_e + N_f) \cdot dt_y, \quad (4)$$

где N_T - тяговая мощность, Вт;

N_f - мощность сопротивления качению, Вт;

N_g - мощность сопротивления воздуха, Вт;

t_y - время ускорения, с;

v_a - скорость автомобиля, м/с.

$$dE_{\text{уск}} = N_T \cdot dt_y, \quad (5)$$

$$dE_{\text{уск}} = m_a \cdot \delta_{\text{вп}} \cdot v_a \cdot dv_a + (N_g + N_f) \cdot dt_y, \quad (6)$$

где $E_{\text{уск}}$ - энергия необходимая при ускорении автомобиля, Дж;

Проинтегрировав обе части уравнения (4) получим:

$$E_T = m_a \cdot \delta_{\text{вп}} \cdot \frac{v_k^2 - v_n^2}{2} + \int_0^{t_y} (N_g + N_f) \cdot dt_y = m_a \cdot \delta_{\text{вп}} \cdot \frac{v_k^2 - v_n^2}{2} + \int_0^{t_y} v_a \cdot (f_r \cdot (1 + a_f \cdot v_a^2) \cdot m_a \cdot g + c_{\text{ае}} \cdot v_a^2) \cdot dt_y, \quad (7)$$

Приняв ускорение автомобиля постоянным $a = \frac{dv_a}{dt_y}$ ($dt_y = \frac{dv_a}{a}$), уравнение (6)

проинтегрируем в отношении v_a :

$$E_{\text{уск}} = m_a \cdot \delta_{\text{вп}} \cdot \frac{v_k^2 - v_n^2}{2} + \int_{v_n}^{v_k} \frac{v_a \cdot (f_r \cdot (1 + a_f \cdot v_a^2) \cdot m_a \cdot g + c_{\text{ае}} \cdot v_a^2) \cdot dv_a}{a}, \quad (8)$$

тогда энергия необходимая для разгона автомобиля от начальной скорости v_n до конечной v_k за время t_y выглядит:

$$E_{\text{уск}} = m_a \cdot \delta_{\text{вп}} \cdot \frac{v_k^2 - v_n^2}{2} + m_a \cdot g \cdot f_r \cdot \frac{v_k^2 - v_n^2}{2 \cdot a} + \frac{(c_{\text{ае}} + m_a \cdot g \cdot f_r \cdot a_f) \cdot (v_k^4 - v_n^4)}{4 \cdot a}, \quad (9)$$

Фаза установившегося движения

При установившемся движении требуемая энергия определяется как сумма энергии на преодоления сил сопротивления качению и аэродинамического сопротивления:

$$E_{\text{уст}} = (v_a \cdot f_r \cdot (1 + a_f \cdot v_a^2) \cdot m_a \cdot g + c_{\text{ае}} \cdot v_a^3) \cdot t_{\text{уст}}, \quad (10)$$

где $E_{\text{уст}}$ - энергия требуемая при установившемся движении, Дж;

v_a - установившаяся скорость движения автомобиля, м/с;

$t_{\text{уст}}$ - время движения на скорости v_a , с.

Фаза замедления

Замедление автомобиля происходит выделением энергии (равная кинетической энергии автомобиля и энергии его вращающихся частей) которая обычно поглощается фрикционными тормозами автомобиля:

$$E_{зам} = m_a \cdot \delta_{сп} \cdot \frac{v_n^2 - v_k^2}{2}, \quad (12)$$

где v_a - начальная скорость при замедлении, м/с;

v_k - конечная скорость при замедлении, м/с.

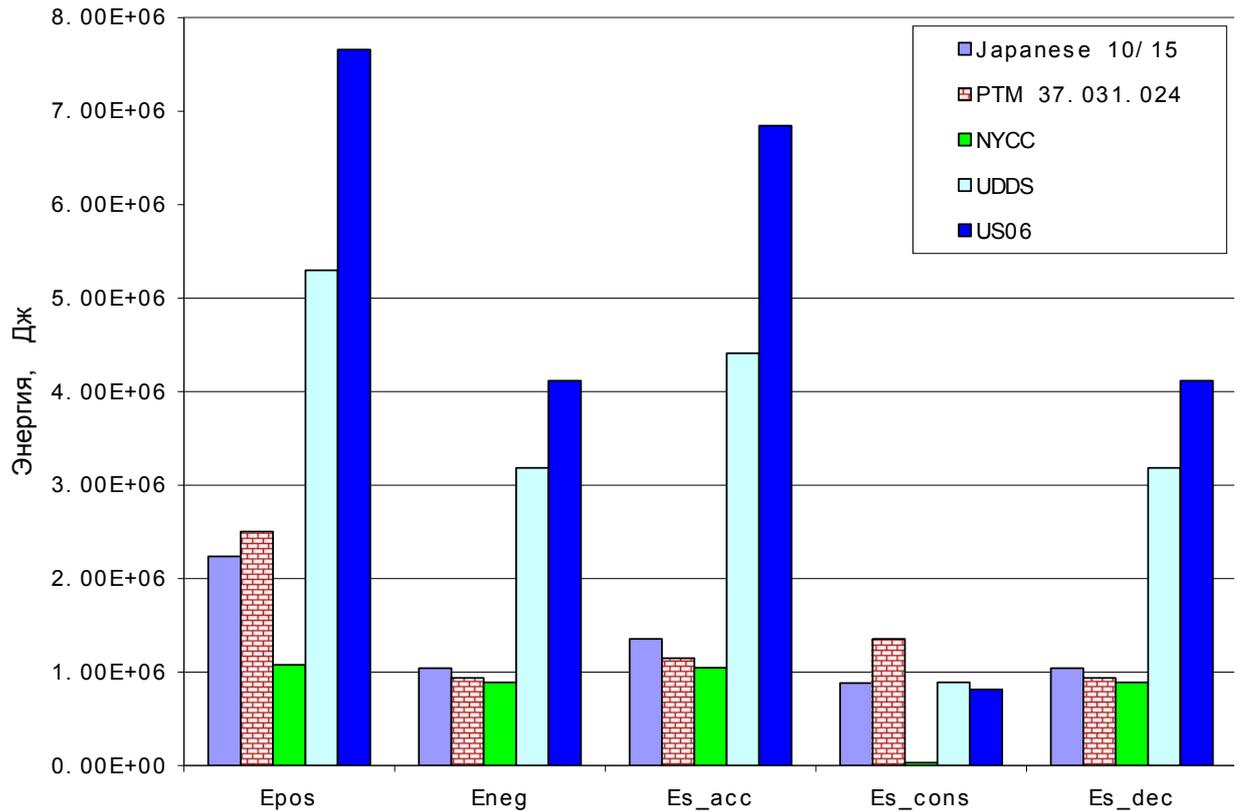


Рис. 12. Энергетический баланс автомобиля при различных ездовых циклах на примере автомобиля Nexia

2.3. Оценка ездовых циклов по режимам движения.

На основе математической модели приведенной во главе 2.1., составлена программа анализа ездовых циклов (Приложении 1). В таблице приведены результаты анализа существующих ездовых циклов на примере автомобиле Nexia.

Таблица –

	<i>cyc_time</i>	<i>cyc_max_vel</i>	<i>amax</i>	<i>sum_acc_time</i>	<i>Ssum_acc</i>	<i>a_avg</i>	<i>sum_const_time</i>	<i>Ssum_const_time</i>
<i>CYC EUDC LOW</i>	400	24.99460825	0.833153608	72	15.27448282	0.005892933	258	5032.247794
<i>CYC I015</i>	660	19.43238464	0.793160381	166	637.1039307	0.046240669	141	1507.397282
<i>CYC ARB02</i>	1639	35.88963889	3.530861111	723	239.4728333	0.000916241	129	3237.978417
<i>CYC ARTERIAL</i>	291	17.87777778	1.072666667	120	35.75555556	0.004966049	88	1573.244444
<i>CYC BUSRTE.mat</i>	1289	9.077660451	1.702061334	288	109.4992792	0.002640318	56	405.9416283
<i>CYC CBD14.mat</i>	569.9	8.938888889	1.340833333	141.4	6.257222222	0.000625911	257.6	2302.657778
<i>CYC CBDBUS.mat</i>	574	8.938888889	1.027972222	154	62.57222222	0.005276794	244	2181.088889
<i>CYC CBDTRUCK.mat</i>	850	8.938888889	0.357555556	431	62.57222222	0.000673685	53	473.7611111
<i>CYC CSHVR Vehicle.mat</i>	1780	19.57616667	1.162055556	661	128.5859167	0.0005886	196	1597.200667
<i>CYC ECE.mat</i>	195	13.88589347	1.055327904	42	13.46931667	0.015271334	57	539.6058203
<i>CYC EUDC.mat</i>	400	33.32614433	0.833153608	103	19.44025086	0.00366486	215	4124.110361
<i>CYC TASHKENT 89.mat</i>	235.2	14.44524444	0.596953384	105.6	200.119375	0.035891474	35.2	497.8049344
<i>CYC SC03.mat</i>	600	24.49255556	2.279416667	255	64.02479167	0.001969236	23	306.4251111
<i>CYC HWFET.mat</i>	765	26.77197222	1.430222222	338	32.80572222	0.00057431	126	2970.750333
<i>CYC IM240.mat</i>	240	25.34175	1.474916667	134	29.40894444	0.003275668	11	174.2189444
<i>CYC LA92.mat</i>	1435	30.03466667	3.083916667	549	184.6550972	0.001225312	179	2970.526861
<i>CYC MANHATTAN.mat</i>	1089	11.30769444	2.055944444	386	104.2274444	0.001399064	18	121.3901111
<i>CYC NYCC.mat</i>	598	12.38036111	2.681666667	195	60.49393056	0.003181798	12	56.13622222
<i>CYC UDDS.mat</i>	1369	25.34175	1.474916667	544	137.2119444	0.000927308	109	1430.669167
<i>CYC UDDSHDV.mat</i>	1060	25.92277778	1.957616667	287	69.26521528	0.001681827	195	3631.423611
<i>CYC US06 HWY.mat</i>	368	35.88963889	3.083916667	179	30.19109722	0.001884529	31	917.8898056

	<u>idle_time_without</u>	<u>idle_time_with</u>	<u>sum_decc_time</u>	<u>jdmax</u>	<u>Ssum_decc_time</u>	<u>jd_avg</u>	<u>part_acc</u>	<u>part_decc</u>
<i>CYC_EUDC_LOW.mat</i>	39	70	30	1.388589347	441.626956	0.981393236	18	7.5
<i>CYC_1015.mat</i>	207	353	146	0.832813931	1152.062369	0.108093673	25.15151515	22.12121212
<i>CYC_ARB02.mat</i>	103	787	684	3.62025	13794.44864	0.058968779	44.11226358	41.73276388
<i>CYC_ARTERIAL.mat</i>	43	83	40	2.01125	355.7230833	0.444653854	41.2371134	13.74570447
<i>CYC_BUSRTE.mat</i>	734	945	211	2.269415113	951.1686091	0.042728987	22.34290147	16.36927851
<i>CYC_CBD14.mat</i>	107.9	170.9	63	2.234722222	269.6237056	0.135864805	24.81137042	11.05457098
<i>CYC_CBDBUS.mat</i>	101	176	75	2.100638889	324.3028889	0.115307694	26.82926829	13.06620209
<i>CYC_CBDTRUCK.mat</i>	144	366	222	0.625722222	995.3452778	0.040392228	50.70588235	26.11764706
<i>CYC_CSHVR_Vehicle.mat</i>	366	923	557	1.787777778	4085.295694	0.026335593	37.13483146	31.29213483
<i>CYC_ECE.mat</i>	60	96	36	0.833153608	212.0098215	0.327175651	21.53846154	18.46153846
<i>CYC_EUDC.mat</i>	40	82	42	1.388589347	791.5514715	0.897450648	25.75	10.5
<i>CYC_TASHKENT_89.mat</i>	37	94.4	57.4	1.192265689	482.76436	0.293049788	44.89795918	24.4047619
<i>CYC_SC03.mat</i>	110	322	212	2.726361111	2461.390097	0.109531421	42.5	35.33333333
<i>CYC_HWFET.mat</i>	4	301	297	1.474916667	6412.222556	0.145387037	44.18300654	38.82352941
<i>CYC_IM240.mat</i>	9	95	86	1.564305556	1098.365972	0.297016217	55.83333333	35.83333333
<i>CYC_LA92.mat</i>	217	707	490	3.933111111	5881.274903	0.048990212	38.25783972	34.14634146
<i>CYC_MANHATTAN.mat</i>	373	685	312	2.502888889	1399.383056	0.028751296	35.44536272	28.65013774
<i>CYC_NYCC.mat</i>	191	391	200	2.636972222	886.9389028	0.044346945	32.60869565	33.44481605
<i>CYC_UDDS.mat</i>	241	716	475	1.474916667	4947.093972	0.043852357	39.73703433	34.69685902
<i>CYC_UDDSHDV.mat</i>	338	578	240	2.069352778	2387.928074	0.082914169	27.0754717	22.64150943
<i>CYC_US06_HWY.mat</i>	10	158	148	3.083916667	4062.970819	0.370979805	48.64130435	40.2173913

2.4. Расчетный анализ ездовых циклов по энергетическому показателю.

	part_const	part_idle	Ssum	Vel_avg	D_HR	D_RE
<i>CYC_EUDC_LOW.mat</i>	64.5	9.75	6607.685724	16.51921431	0.587822532	0.222035457
<i>CYC_1015.mat</i>	21.36363636	31.36363636	4162.692528	6.30710989	0.546915097	0.354918067
<i>CYC_ARB02.mat</i>	7.870652837	6.284319707	31900.34686	19.46329888	0.411187651	0.223851944
<i>CYC_ARTERIAL.mat</i>	30.24054983	14.7766323	3219.877167	11.06486999	0.690078642	0.454508679
<i>CYC_BUSRTE.mat</i>	4.344453064	56.94336695	2594.792504	2.013027544	0.366527547	0.318182813
<i>CYC_CBD14.mat</i>	45.20091244	18.93314617	3236.360478	5.678821684	0.477591759	0.343022421
<i>CYC_CBDBUS.mat</i>	42.5087108	17.59581882	3227.207056	5.622311943	0.469269984	0.338322876
<i>CYC_CBDTRUCK.mat</i>	6.235294118	16.94117647	3512.402306	4.132238007	0.395847865	0.288203781
<i>CYC_CSHVR_Vehicle.mat</i>	11.01123596	20.56179775	10811.85428	6.074075437	0.466314029	0.323134674
<i>CYC_ECE.mat</i>	29.23076923	30.76923077	993.8967112	5.096906211	0.461240033	0.317395848
<i>CYC_EUDC.mat</i>	53.75	10	6953.444472	17.38361118	0.441535567	0.1785829
<i>CYC_TASHKENT_89.mat</i>	14.96598639	15.73129252	1927.658874	8.195828548	0.529839749	0.324765378
<i>CYC_SC03.mat</i>	3.833333333	18.33333333	5759.4155	9.599025833	0.495899968	0.343910662
<i>CYC_HWFET.mat</i>	16.47058824	0.522875817	16503.02136	21.57257694	0.245858463	0.085422809
<i>CYC_IM240.mat</i>	4.583333333	3.75	3151.271194	13.13029664	0.525207154	0.325946168
<i>CYC_LA92.mat</i>	12.4738676	15.12195122	15794.03339	11.00629504	0.494796527	0.335975484
<i>CYC_MANHATTAN.mat</i>	1.652892562	34.25160698	3323.657667	3.052027242	0.390172662	0.331169569
<i>CYC_NYCC.mat</i>	2.006688963	31.93979933	1898.038972	3.173978214	0.427182612	0.368183911
<i>CYC_UDDS.mat</i>	7.96201607	17.60409058	11987.67572	8.756519885	0.454151944	0.311059699
<i>CYC_UDDSHDV.mat</i>	18.39622642	31.88679245	8933.194817	8.42754228	0.457024503	0.274196017
<i>CYC_US06_HWY.mat</i>	8.423913043	2.717391304	10033.32175	27.26446128	0.241168379	0.092988017

Энергия, затрачиваемая в отдельных компонентах автомобиля различна при движении автомобиля по различным циклам. На рис.13 приведен энергетический баланс легкового автомобиля при движении по циклам UDDS и HWFET (цифры, приведенные в скобках). Как отмечалось во главе 1.3, HWFET описывает магистральный режим движения, скорости движения по этому циклу выше, чем по циклу UDDS, а время работы на холостом ходу меньше. Следовательно, по этому циклу расход энергии на преодоление сил сопротивления качению и аэродинамического сопротивления увеличиваются, а на работу в режиме холостого хода, наоборот, уменьшается. Так по циклу HWFET до колес достигает 20,2 % энергии, тогда как по UDDS колес достигает только 12,6 % энергии от сгорания топлива.

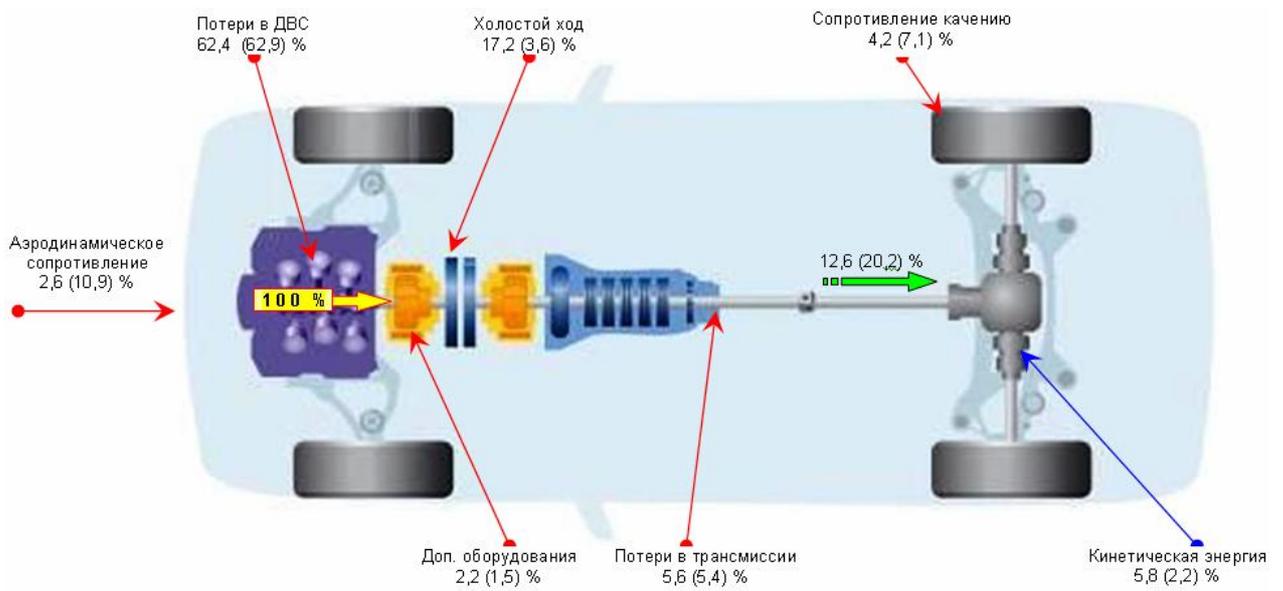


Рис. 13. Энергетический баланс легкового автомобиля при движении по циклам UDDS и HWFET (цифры, приведенные в скобках).

```

clear
clc
disp(['Data loaded: CYC_TASHKENT_89.mat'])
load( 'E:\Matlab_works\Nexia_INMOVE\drive_cycle\drive_cycle_mat\CYC_CBDTRUCK.
mat');
hold on, figure (1), plot(cyc_mph(:,1),cyc_mph(:,2)*1.609,'linewidth',1.3);
xlabel('Время, [с]', 'fontsize',12), ylabel('Скорость [км/ч]', 'fontsize',12);
axis([0 max(cyc_mph(:,1))+5 -1 max(cyc_mph(:,2)*1.609)+5]);
[m,n] = size(cyc_mph(:,1));
Time = [cyc_mph(:,1)];
Vel_kph = [cyc_mph(:,2)]*1.609; % скорость по циклу в км/час
Vel = [cyc_mph(:,2)]*1.609/3.6; % скорость по циклу в м/с
cyc_time=max(Time);% максимальное время цикла секунд
cyc_max_vel=max(Vel);% максимальная скорость по циклу в м/с
for k = 1:m-1,
    if Vel(k) < Vel(k+1)
        a(k)= (Vel(k+1)-Vel(k))/(Time(k+1)-Time(k)); %ускорение по циклу в
м/с2
        amax=max(a); % максимальное ускорение по циклу в м/с2
        cyc_acc_time(k)=Time(k+1)-Time(k);
        sum_acc_time=sum(cyc_acc_time); % суммарное время за которое
автомобиль осуществлял разгон (в секундах)
        S_acc_time(k)=Vel(k)*cyc_acc_time(k)+a(k)*(cyc_acc_time(k)^2)/2;
        Ssum_acc_time=sum(S_acc_time);
        S_acc(k)=a(k)*(cyc_acc_time(k)^2)/2;
        Ssum_acc=sum(S_acc); % суммарный путь за которое автомобиль
осуществлял разгон (в метрах)
        a_avg=2*Ssum_acc/(sum_acc_time^2);
    elseif Vel(k) == Vel(k+1) & Vel(k) ~ =0
        cyc_const_time(k)=Time(k+1)-Time(k);
        sum_const_time=sum(cyc_const_time);% суммарное время за которое
автомобиль осуществлял движение с постоянной скоростью (в секундах)
        S_const_time(k)=Vel(k)*cyc_const_time(k);
        Ssum_const_time=sum(S_const_time); % суммарный путь за которое
автомобиль осуществлял движение с постоянной скоростью (в метрах)
    elseif Vel(k) ==0
        cyc_idle_time_without(k) = Time(k+1)-Time(k); % Без учета работы на
принудительном холостом ходу(в секундах)
        idle_time_without=sum(cyc_idle_time_without);
    else Vel(k) > Vel(k+1)
        cyc_decc_time(k)=Time(k+1)-Time(k);
        sum_decc_time=sum(cyc_decc_time);
        jd(k)= (Vel(k)-Vel(k+1))/(Time(k+1)-Time(k));
        jdmax=max(jd); % максимальное замедление по циклу в м/с2
        S_decc_time(k)=((Vel(k)+Vel(k+1))/2)*cyc_decc_time(k);
        Ssum_decc_time=sum(S_decc_time);
        jd_avg=2*Ssum_decc_time/(sum_decc_time^2);
    end
end
idle_time_with = cyc_time-(sum_const_time+sum_acc_time); % С учетом работы
на принудительном холостом ходу
part_acc = sum_acc_time/cyc_time*100; part_decc =
sum_decc_time/cyc_time*100; part_const = sum_const_time/cyc_time*100;
part_idle = idle_time_without/cyc_time*100;
TEST=part_acc+part_decc+part_const+part_idle;
Ssum=Ssum_const_time+Ssum_acc_time+Ssum_decc_time;
Vel_avg=Ssum/cyc_time;
%figure (2), hist(Vel, 5);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% BALANCE of Energy
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

```

g=9.81; ma=1460; u1=3.97; u2=2.19; u3=1.43; u4=1.0; u5=0.793; u0=3.51;
fr=0.01; fi=0.8; cae=0.3612; af=(0.006)^2; rk=0.27; Ik=181/2.205*rk^2/2;
Iice=0.2; V1=11; V2=21; V3=33; V4=47; V_th=5 %m/s;
for i=1:m-1
    if Vel(i+1)-Vel(i)>0
        if Vel(i+1)<=V1
            Eacc(i)=(ma+Ik/(rk^2)+Iice*(u0^2)*(u1^2)/(rk^2))*(Vel(i+1)^2-
Vel(i)^2)/2;
        elseif Vel(i+1)<=V2
            Eacc(i)=(ma+Ik/(rk^2)+Iice*(u0^2)*(u2^2)/(rk^2))*(Vel(i+1)^2-
Vel(i)^2)/2;
        elseif Vel(i+1)<=V3
            Eacc(i)=(ma+Ik/(rk^2)+Iice*(u0^2)*(u2^3)/(rk^2))*(Vel(i+1)^2-
Vel(i)^2)/2;
        elseif Vel(i+1)<=V4
            Eacc(i)=(ma+Ik/(rk^2)+Iice*(u0^2)*(u4^3)/(rk^2))*(Vel(i+1)^2-
Vel(i)^2)/2;
        else
            Eacc(i)=(ma+Ik/(rk^2)+Iice*(u0^2)*(u5^3)/(rk^2))*(Vel(i+1)^2-
Vel(i)^2)/2;
        end
    elseif Vel(i+1)-Vel(i)<0
        if Vel(i+1)>=V_th & Vel(i)>V_th
            Edec(i)=((ma+Ik/(rk^2))*(Vel(i)^2-Vel(i+1)^2)/2)-
ma*g*fr*((Vel(i)^2-Vel(i+1)^2)/(2*(Vel(i)-Vel(i+1)))/(Time(i+1)-Time(i)))-
(ma*g*fr*af+cae)*((Vel(i)^4-Vel(i+1)^4)/(2*(Vel(i)-Vel(i+1)))/(Time(i+1)-
Time(i))));
        elseif Vel(i)>V_th
            Edec(i)=((ma+Ik/(rk^2))*(Vel(i)^2-V_th^2)/2)-ma*g*fr*((Vel(i)^2-
V_th^2)/(2*(Vel(i)-Vel(i+1)))/(Time(i+1)-Time(i)))-
(ma*g*fr*af+cae)*((Vel(i)^4-V_th^4)/(2*(Vel(i)-Vel(i+1)))/(Time(i+1)-
Time(i))));
        else
            Edec(i)=0;
        end
    end
end
for ss=1:m-1
    if Vel(ss+1)-Vel(ss)>0
        if Vel(ss+1)<=V1
            Eacc_w(ss)=(ma+Ik/(rk^2)+Iice*(u0^2)*(u1^2)/(rk^2))*(Vel(ss+1)^2-
Vel(ss)^2)/2+ma*g*fr*((Vel(ss)^2-Vel(ss+1)^2)/(2*(Vel(ss)-
Vel(ss+1)))/(Time(ss+1)-Time(ss)))+(ma*g*fr*af+cae)*((Vel(ss)^4-
Vel(ss+1)^4)/(2*(Vel(ss)-Vel(ss+1)))/(Time(ss+1)-Time(ss)));
        elseif Vel(i+1)<=V2
            Eacc_w(ss)=(ma+Ik/(rk^2)+Iice*(u0^2)*(u2^2)/(rk^2))*(Vel(ss+1)^2-
Vel(ss)^2)/2+ma*g*fr*((Vel(ss)^2-Vel(ss+1)^2)/(2*(Vel(ss)-
Vel(ss+1)))/(Time(ss+1)-Time(ss)))+(ma*g*fr*af+cae)*((Vel(ss)^4-
Vel(ss+1)^4)/(2*(Vel(ss)-Vel(ss+1)))/(Time(ss+1)-Time(ss)));
        elseif Vel(i+1)<=V3
            Eacc_w(ss)=(ma+Ik/(rk^2)+Iice*(u0^2)*(u2^3)/(rk^2))*(Vel(ss+1)^2-
Vel(ss)^2)/2+ma*g*fr*((Vel(ss)^2-Vel(ss+1)^2)/(2*(Vel(ss)-
Vel(ss+1)))/(Time(ss+1)-Time(ss)))+(ma*g*fr*af+cae)*((Vel(ss)^4-
Vel(ss+1)^4)/(2*(Vel(ss)-Vel(ss+1)))/(Time(ss+1)-Time(ss)));
        elseif Vel(i+1)<=V4
            Eacc_w(ss)=(ma+Ik/(rk^2)+Iice*(u0^2)*(u4^3)/(rk^2))*(Vel(ss+1)^2-
Vel(ss)^2)/2+ma*g*fr*((Vel(ss)^2-Vel(ss+1)^2)/(2*(Vel(ss)-
Vel(ss+1)))/(Time(ss+1)-Time(ss)))+(ma*g*fr*af+cae)*((Vel(ss)^4-
Vel(ss+1)^4)/(2*(Vel(ss)-Vel(ss+1)))/(Time(ss+1)-Time(ss)));
        else
            Eacc_w(ss)=(ma+Ik/(rk^2)+Iice*(u0^2)*(u5^3)/(rk^2))*(Vel(ss+1)^2-
Vel(ss)^2)/2+ma*g*fr*((Vel(ss)^2-Vel(ss+1)^2)/(2*(Vel(ss)-

```

```

Vel(ss+1)/(Time(ss+1)-Time(ss))+ (ma*g*fr*af+cae)*((Vel(ss)^4-
Vel(ss+1)^4)/(2*(Vel(ss)-Vel(ss+1))/(Time(ss+1)-Time(ss)))));
    end
elseif Vel(ss+1)-Vel(ss)==0

Econs(ss)=(ma*g*fr*Vel(ss+1)*(1+af*(Vel(ss+1))^2)+(ma*g*fr*af+cae)*(Vel(i+1))
^3)*(Time(ss+1)-Time(ss));
    end
end

IndNeg=find(Edec<0);
Edec(IndNeg)=0;
Es_acc=sum(Eacc);
Es_dec=sum(Edec);
D_HR=Es_dec/Es_acc
Es_acc_w=sum(Eacc_w);
Es_cons=sum(Econs);

D_RE=Es_dec/(Es_cons+Es_acc_w)

All=[cyc_time cyc_max_vel amax sum_acc_time Ssum_acc a_avg sum_const_time
Ssum_const_time idle_time_without idle_time_with sum_decc_time jdmax
Ssum_decc_time jd_avg part_acc part_decc part_const part_idle Ssum Vel_avg
D_HR D_RE];

```

Литературы

1. Каримов И.А. Мировой финансово-экономический кризис, пути и меры по его преодолению в условиях Узбекистана. Т.: «Узбекистан», 2009.
2. Астапенко А.В. Улучшение топливной экономичности городского автобуса путем оптимизации параметров силового агрегата и режимов управления. Автореф... канд. техн. наук (05.05.03). – М., 1993. – 19 с.
3. Безверхий С.Ф., Яценко Н.Н. Основы технологии полигонных испытаний и сертификация автомобилей. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1996. – 600 с.
4. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. - М.; Наука, 1980. - 976 с.
5. Вонг Дж. Теория наземных транспортных средств: Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1982. – 284 с.
6. Высоцкий М.С. и др. Грузовые автомобили. – М.: Машиностроение, 1979. – 382 с.
7. Гащук П.Н. Оптимизация топливно-скоростных свойств автомобиля. – Львов: Вища шк. Изд-во при Львов. ун-те, 1987. – 168 с.
8. Гришкевич А.И. Автомобили: Теория: Учебник для вузов. – Мн.: Выш. Шк., 1986. – 208 с.
9. Диваков Н.В., Снакин Р.Ф., Лепешев В.Ю. Тягово-скоростные и топливно-экономические качества автомобиля с бесступенчатой передачей, - Автомобильная промышленность, 1980, №11, с. 23-24.
10. Зимелев Г.В. Теория автомобиля, - М.: Машгиз, 1959. - 312 с.
11. Злотин Г.Н., Мищустин Н.А, Крутящий момент двигателя при быстром открытии дроссельной заслонки. - Труды/Волгоградск. политехн. инс-та. 1970. Двигатели и тракторы, с. 74-79.
12. Илларионов В.А. Эксплуатационные свойства автомобиля, - М.: Машиностроение, 1966. - 280 с.
13. Испытания автомобилей/ В.Б.Цимбалин, В.Н.Кравец, С.М.Кудрявцев, И.Н.Успенский, В.И.Песков. - М.: Машиностроение, 1978. - 199 с.
14. Кадыров С.М. Пути повышения долговечности автотракторных дизелей в условиях Средней Азии. – Ташкент, Фан, 1981. – 136 с.
15. Крайнык Л.В., Гащук П.Н. Критериальная оценка динамичности и топливной экономичности разгона автомобиля. - Автомобильная промышленность, 1981, №8, с. 17-19.
16. Крупченков В.С. Методы анализа и оценки влияния температуры окружающей среды на тягово-скоростные свойства и топливную

- экономичность автомобиля. Автореф. дис. канд. техн. наук (05.05.03). – М., 1988. – 19 с.
17. Куликов Н.К. Метод расчета динамических и экономических показателей автомобиля с прогрессивной передачей в процессе разгона. - Автомобильная и тракторная промышленность, № 5, 1952. с. 12-16.
 18. Куликов Н.К. Оценка экономичности автомобиля в процессе разгона. Автомобильная и тракторная промышленность, 1955, № 10. с. 14-19.
 19. Куликов Н.К. Теория динамики и топливной экономичности автомобиля в процессе разгона.: Автореф. дис.. д-ра техн. наук. - М.: 1952. - 15 с.
 20. Кутенев В.Ф., Гусаков А.П., Аропов В.Ф. Возможность улучшения топливной экономичности и снижения токсичности легковых автомобилей при эксплуатации в городских условиях - Автомобильная промышленность, №6, 1979, с. 6-8.
 21. Лепешев В.Ю. Исследование топливной экономичности легкового автомобиля малого класса с бесступенчатой клиноременной передачей, - Дис. канд. техн. наук. – М.: 1982, - 143 л.
 22. Литвинов А.С. Теория эксплуатационных свойств автотранспортных средств: Учебное пособие, часть I. - М.: Изд. МАДИ, 1978. - 121 с.
 23. Литвинов А.С. Фаробин Я.Е., Автомобили: Теория эксплуатационных свойств. –М.: Машиностроение, 1989. –240с.
 24. Мацкарле Ю. Современный экономичный автомобиль / Пер. с чешск. В.Б. Иванова; Под ред. А.Р. Бенедиктова. – М.: Машиностроение, 1987. – 320с.
 25. Мухитдинов А.А. Топливная экономичность автомобиля с бесступенчатой передачей при равномерном движении. - Сб. научи. тр./МАДИ, 1983. Соверш. рабочих процессов автотранспортных средств, с. 47-51.
 26. Мухитдинов А.А. Топливная экономичность автомобиля с бесступенчатой передачей при разгоне. В кн.: Повышение эксплуатационных свойств автотранспортных средств/ Сб. науч. Трудов МАДИ, 1984, с. 66-72.
 27. Мухитдинов А.А., Умняшкин В.А., Колмаков В.И. Экспериментальное исследование бесступенчатой передачи автомобиля. В кн.: Повышение эксплуатационных свойств автотранспортных средств/ Сб. науч. Трудов МАДИ, 1984, с. 77-83.
 28. Мухитдинов А.А. Выбор режимов управления бесступенчатой передачи автомобиля. Дисс. канд. техн. наук (05.05.03). – М.: 1984. –211 с.
 29. Мухитдинов А.А. Совершенствование конструкции бесступенчатой передачи с целью повышения топливной экономичности. В сб. тезисов

- НТК «Повышение топливной экономичности автомобилей и тракторов», Челябинск, 1987.
30. Мухитдинов А.А., Юлчиев З. Методика экспериментального исследования регуляторной характеристики бесступенчатой передачи на автомобиле. Деп. в ЦНИИТЭИ Автопрома 29 июля 1987, №1584-ап.
 31. Мухитдинов А.А. Способ регулирования бесступенчатой передачи автомобиля при интенсивном разгоне - Транспорт, Москва, 2000, №7, с.32-33.
 32. Мухитдинов А.А. О максимально возможном тягово-скоростном свойстве самоходной машины - Транспорт, Москва, 2000, №7, с.37-39.
 33. Мухитдинов А.А. Выбор рационального регулирования бесступенчатой передачи самоходной машины - Тракторы и сельхозмашины, Москва, 2000, №7, с. 27-28.
 34. Мухитдинов А.А. Метод определения предельной тяговой силы автомобиля. В сб. докладов международной научно-технической конференции «Развитие и эффективность автомобильно-дорожного комплекса в Центрально-Азиатском регионе», Ташкент, 2000, Том 1.
 35. Мухитдинов А.А. Совершенствование характеристик двигателей автомобилей – Вестник транспорта, Москва, 2002, № 7, с. 27- 31.
 36. Мухитдинов А.А. Выбор передаточных чисел механической ступенчатой трансмиссии по интенсивному разгону автомобиля - Транспорт, Москва, 2002
 37. Мухитдинов А.А. Метод расчета режима работы двигателя и управления трансмиссией по улучшению топливно-экономических свойств автомобиля. - Транспорт, Москва, 2002
 38. Нарбут А.Н. Эффективность использования машины. –М.: Известия ВУЗов, Машиностроение / МВТУ им. Баумана, 1993, №10-12.
 39. Нарбут А.Н., Мухитдинов А.А. Трансмиссия автомобиля и условия эксплуатации - Транспорт, Москва, 2000, №9, с.31-32.
 40. Нарбут А.Н., Мухитдинов А.А. Система «двигатель-трансмиссия». Ступени развития – Автомобильная промышленность, Москва, 2001, №4, с. 13-14.
 41. Нарбут А.Н., Мухитдинов А.А. Мартынов К.В. Оптимизация процесса разгона АТС – Автомобильная промышленность, Москва, 2002, №1, с.20-21.
 42. Нарбут А.Н., Мухитдинов А.А. Анализ процесса интенсивного разгона самоходной машины с бесступенчатой передачей. - Тракторы и сельхозмашины, 1983, №10, с. 9-10.
 43. Нарбут А.Н., Мухитдинов А.А. Интенсивный разгон автомобиля с бесступенчатой передачей. - М., 1984. - 12 с. – Рукопись представлена

- Моск. автодорожным и-том. Деп, в НИИНАвтопроме 5 марта 1984. № 1006ап-Д84.
44. Нарбут А.Н., Мухитдинов А.А. Метод расчета оптимального по интенсивности разгона самоходной машины. - Известия ВУЗов, Машиностроение, 1984, №7, с. 74-79.
 45. Нарбут А.Н., Мухитдинов А.А. Метод расчёта режима работы системы двигатель-бесступенчатая передача-автомобиль. В кн.: Седьмая Всесоюзная НТК по управляемым и автоматическим механическим приводам и передачам гибкой связью. Тезисы докладов, Одесса, 1986.
 46. Нарбут А.Н., Мухитдинов А.А., Барвинок В.Г. О выборе критериев оптимизации процесса разгона автомобиля. – Известия вузов, Машиностроение, 1983, №12, С.91-96
 47. Нусупов Э.С. Повышение эксплуатационной эффективности автотранспортных средств в горных условиях. Автореф. докт. техн. наук (05.05.03). – М., 1991. – 42 с.
 48. Островцев А.Н, Потенциальные свойства функциональных систем и их влияние на эксплуатационные качества автомобиля. - Сб. научн. тр./МАДИ, 1975, вып. 101, с. 4-11.
 49. Отчет НИР на тему «Разработка математической модели управления гибридным приводом автомобиля и виртуальной программы исследования автомобиля и гибридным приводом» под руководством А.А.Мухитдинова. Ташкент, 2006.
 50. Петухов М.Ю. Улучшение топливной экономичности легкового автомобиля путем автоматизации его трансмиссии. Автореф. дис. канд. техн. наук (05.05.03). – М., 1991. – 18 с.
 51. Разработка математической модели и комплекса программ для определения расхода топлива и токсичности выбросов отработавших газов при движении автобуса в ездовых циклах: Отчет/МАДИ(ТУ); Руков. темы Нарбут А.Н. - №Темы Э473491Б. – М., 1991. –38 с.
 52. Родионов В.Ф., Фиттерман Б.М. Проектирование легковых автомобилей, - М.: Машиностроение, 1980. - 479 с.
 53. Рубец Д.А. Смесеобразование в автомобильном двигателе при переменных режимах. – М.: Машгиз, 1948. - 147 с.
 54. Саттивалдиев Б. Исследование топливной экономичности автомобиля в высокогорных условиях эксплуатации и пути её повышения. Автореф. канд. техн. наук (05.05.03). – М.: 1973. – 25 с.
 55. Смирнов Г.А. Теория движения колесных машин. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.
 56. Таборек Я. Механика автомобиля. - М.: Машгиз, 1960. - 207 с.

57. Токарев А.А. Топливная экономичность и тягово-скоростные качества автомобиля. - М.: Машиностроение, 1982.
58. Фалькевич В.С., Диваков Н.В, Испытания автомобиля, - М.: Машгиз, 1952. - 239 с.
59. Фалькевич В.С. Теория автомобиля. - М.: Машгиз, 1963. - 239с.
60. Фиттерман Б.М., Леоничева С.К. Методика оценки конкурентоспособности легковых автомобилей. – Автомобильная промышленность, 1979, №10 – с. 12-15
61. Цискарашвили М.А. Пути повышения топливной экономичности легковых автомобилей при разгоне. Автореф. канд. техн. наук (05.05.03). – Тбилиси, 1991. – 26 с.
62. Чудаков Е.А. Пути повышения экономичности автомобиля. -М. - Л.: Изд-во АН СССР, 1948. - 168 с.
63. Чудаков Е.А. Теория автомобиля. - М.: Машгиз, 1950, - 343 с.
64. Шапко В.Ф., Нарбут Т.А. К вопросу о расчете топливной экономичности автомобиля. - Известия ВУЗов, Машиностроение. 1977, №5, с. ПО-П2.
65. EPA, 1993, *Federal Test Procedure Review Project: Preliminary Technical Report*, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Mobile Sources, Certification Division, Ann Arbor, Mich., May.
66. EPA, 1995, *Proposed Regulations for Revisions to the Federal Test Procedure for Emissions from Motor Vehicles; Proposed Rule*, *Federal Register*, Vol. 60, No. 25, pp. 7404-7424, Feb. 7.
67. Heavenrich, R.M., and K.H. Hellman, 1999, *Light-Duty Automotive Technology and Fuel Economy Trends through 1999*, U.S. Environmental Protection Agency EPA420-R-99-018, Sept.
68. Johnson, V.H., K.B. Wipke, and D.J. Rausen, 2000, *HEV Control Strategy for Real-Time Optimization of Fuel Economy and Emissions*, Society of Automotive Engineers OOFCC-67.
69. Graham et al., 2001, *Comparing the Benefits and Impacts of Hybrid Electric Vehicle Options*, 1000349, Electric Power Research Institute, Palo Alto, Calif., July.
70. GM et al., 2001, General Motors Corporation, Argonne National Laboratory, *Well-to-Wheel Energy Use and Greenhouse Gas Emissions of Advanced Fuel/Vehicle Systems – North American Analysis*, June.
71. <http://www.dieselnets.com/standards/cycles/>
72. <http://www.avto-barmashova.ru/>
73. <http://avto.knc.ru/theory/1>
74. <http://www.afuelsystems.com/ru/tma/tma-isp-2-ru.html>
75. <http://science.ncstu.ru/post-grad/asp/entry/05.05.03.htm>

76. <http://www.kormotor.ru/>
77. <http://www.kolesa.ru/>
78. <http://www.driveway.ru/guide/autodict/2779.php>
79. <http://www.center-at.ru/?mod=pages&pagename=mirakpp>
80. <http://www.libonline.ru/index.php?id=4619>
81. http://kolesavto.com/?Rashod_topлива_pri_dvizhenii