

УДК 629.113

НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ ТРЕБОВАНИЙ ЕЭК ООН В ОТНОШЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АТС И УСТАНОВЛИВАЕМЫХ НА НИХ ДВИГАТЕЛЕЙ

М. Е. Вайсблум, к.т.н. / НИЦИАМТ ФГУП НАМИ

Основные требования к выбросам вредных веществ автомобилями и двигателями установлены в Правилах ЕЭК ООН № 49 (грузовые автомобили и автобусы), № 83 (легковые автомобили и легкие грузовики), № 96 (дизели для внедорожной техники). Параллельно разрабатываются т.н. глобальные технические предписания (ГТП), которые в перспективе придут на смену региональным и национальным стандартам (в том числе Правилам ЕЭК ООН, Директивам ЕС, стандартам США и Японии), а в настоящее время используются при развитии указанных выше Правил Соглашения 1958 года.

На настоящий момент в области экологии разработаны следующие ГТП:

- ГТП № 2 — процедура испытаний мотоциклов по определению выбросов вредных веществ (ВВ), CO₂ и расхода топлива;
- ГТП № 4 — процедура испытаний по определению выбросов ВВ дизелями и газовыми двигателями для грузовых автомобилей;
- ГТП № 5 — требования к бортовой диагностике грузовых автомобилей и двигателей;
- ГТП № 10 — требования в отношении внецикловых выбросов;
- ГТП № 11 — требования к дизелям, устанавливаемым на сельскохозяйственных и лесных тракторах, а также внедорожной мобильной технике.

Новые ГТП и направления в стадии разработки:

- Требования безопасности в отношении АТС, работающих на водороде и топливных элементах (HFCV-SGE);
- Концепция экологически чистого транспортного средства (EFV, скорее всего, будет оформлена в виде специальной резолюции или в рамках Сводной резолюции по конструкции транспортных средств);
- Требования к рыночным моторным топливам (FQ, скорее всего, будут оформлены в виде рекомендаций правительствам Договаривающихся Сторон);
- Всемирная процедура испытаний легковых автомобилей (WLTP);
- Процедуры испытаний по определению выбросов вредных веществ и потребления энергии коммерческими ТС и автобусами с гибридными силовыми установками (НДН);

- Процедура испытаний систем кондиционирования легковых автомобилей в отношении их энергетической эффективности и влияния на экологические показатели автомобилей; предполагается, что она будет включена в Правила №№ 83, 101 и, возможно, оформлена в виде отдельного ГТП (MACTR);

- Требования к дополнительным системам снижения токсичности отработанных газов коммерческих автомобилей (REC).

ПРАВИЛА ЕЭК ООН № 49-06 (Коммерческие автомобили и устанавливаемые на них двигатели)

Проект Правил № 49-06 будет представлен на 62 сессии ГДЗЭ в июне с.г. Правила № 49-06 будут, очевидно, базироваться на Директиве ЕС 595/2009. Сроки вступления в силу будут установлены, вероятно, аналогично Директиве — январь 2014 г.

Прогнозируемые предельные значения выбросов ВВ Правил № 49-06 приведены в табл. 1.

Видно, что требования Правил 49-06 существенно жестче требований Правил № 49-05: по углеводородам — втрое; по оксидам азота — в 5 раз; по частицам (по массе) — в два раза.

ПРАВИЛА ЕЭК ООН № 83-06

Правила № 83-06, вступившие в силу с 9 декабря 2010 года, содержат требования Евро-5 и распространяются на автомобили категорий М1, М2, N1, N2 с контрольной массой до 2610 кг (Правила № 83-05 — на автомобили с максимальной массой до 3500 кг). Термин

Таблица 1. Предельные значения Евро-6

Цикл	Предельные значения							
	CO, мг/кВт·ч	THC, мг/кВт·ч	NMHC, мг/кВт·ч	CH ₄ , мг/кВт·ч	NOx ¹ , мг/кВт·ч	NH ₃ , млн ⁻¹	PM (масса), мг/кВт·ч	PM _{2.5} , кол./кВт·ч
ESC (Д)	1 500	130	-	-	400	10	10	-
ETC (Д)	4 000	160	-	-	400	10	10	-
ETC (И)	4 000	-	160	500	400	10	10	-

Примечания: И = с искровым зажиганием, Д = с воспламенением от сжатия. 1) — предельные значения NO_x в NOx будут определены позже. 2) — предельные значения по количеству частиц будут определены позже.

Таблица 2. Предельные значения Евро-5

Категория	Класс	Контрольная масса, кг	Предельные значения													
			Оксид углерода (CO)		Суммарные углеводороды (THC)		Неметановые углеводороды (NMHC)		Оксиды азота (NOx)		Суммарные углеводороды и оксиды азота (THC + NOx)		Масса дисперсных частиц (PM)		Количество дисперсных частиц (P)	
			L ₁ (мг/км)		L ₂ (мг/км)		L ₃ (мг/км)		L ₄ (мг/км)		L ₂ +L ₄ (мг/км)		L ₅ (мг/км)		L ₆ (кол/км)	
			И	Д	И	Д	И	Д	И	Д	И	Д	И 1	Д	И	Д
M	—	Все	1 000	500	100	-	68	-	60	180	-	230	4.5	4.5	-	6.0x10 ¹¹
N ₁	I	RM ≤ 1 305	1 000	500	100	-	68	-	60	180	-	230	4.5	4.5	-	6.0x10 ¹¹
	II	1 305 < RM ≤ 1 760	1 810	630	130	-	90	-	75	235	-	295	4.5	4.5	-	6.0x10 ¹¹
	III	1 760 < RM	2 270	740	160	-	108	-	82	280	-	350	4.5	4.5	-	6.0x10 ¹¹
N ₂			2 270	740	160	-	108	-	82	280	-	350	4.5	4.5	-	6.0x10 ¹¹

Примечания: И — искровое зажигание, Д — воспламенение от сжатия.

«Евро-5» впервые введен легитимно в текст Правил ЕЭК ООН.

Сопоставляя предельные значения Евро-5 и Евро-4 Правил №83-05, можно сделать следующие выводы:

а) двигатели с искровым зажиганием:

- оксид углерода (CO) — требования идентичны;
- суммарные углеводороды (THC) — требования идентичны;
- оксиды азота (NOx) — требования Евро-5 ужесточены на 25%;
- дисперсные частицы — требования введены впервые для двигателей с искровым зажиганием с непосредственным впрыском топлива;
- неметановые углеводороды (NMHC) — требования введены впервые;

б) дизели:

- CO — требования идентичны;
- NOx — требования Евро-5 ужесточены на 30%;
- THC + NOx — требования Евро-5 ужесточены на 23–24 %;
- Дисперсные частицы — требования Евро-5 ужесточены в 5÷12 раз (в зависимости от категории ТС).

Серьезные изменения введены в отношении надежности по экологическим показателям.

Пробег автомобиля, в течение которого должны поддерживаться установленные требования по экологии, увеличен до 160 тыс. км (80 тыс. км в Евро-4). Существенно увеличены т.н. «коэффициенты ухудшения». Для автомобилей с двигателями с искровым зажиганием они составляют: CO — 1,5; THC — 1,3; NOx — 1,6 (вместо значения 1,2 для всех компонентов в Евро-4). Это означает, что при сертификационных испытаниях новых автомобилей должен быть обеспечен значительно больший запас по отношению к установленным предельным значениям выбросов, чем это требовалось ранее.

ПРАВИЛА ЕЭК ООН № 96-02

Правила № 96 с поправками серии 02 вступили в силу с 03.02. 2008 г. Основные отличия от 01 серии поправок являются:

- ужесточение нормативных требований в отношении двигателей, работающих на переменных режимах;
- расширение области распространения на двигатели, работающие с постоянной частотой вращения: газовые компрессоры; ирригационные насосы; генераторные агрегаты с переменной нагрузкой; газонокосилки,

отбойные молотки, снегоочистительное оборудование, уборочные машины.

Предельные значения выбросов приведены в табл. 3.

К рассмотрению на 62 сессии ГДЗЭ (июнь с.г.) подготовлен проект третьей серии поправок Правил № 96 ЕЭК ООН. Указанная серия поправок приводит Правила № 96 в соответствии с директивами ЕС 97/68, ЕС 2010/26, а также с ГТП № 11 (требования к двигателям, устанавливаемым на внедорожной технике). Возможный срок вступления в силу Правил ЕЭК ООН № 96-03 — не ранее сентября 2012 года.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ АВТОМОБИЛИ

С 2008 г. в рамках ГДЗЭ ведется разработка универсальной концепции дружелюбного к окружающей среде легкового автомобиля (EFV). В рабочей группе по разработке концепции рассматривалось несколько вариантов. Одним из первых рассмотрен вариант воздействия на окружающую среду в полном жизненном цикле (выбросы вредных веществ, потребление энергии и др.), включая добычу, переработку и доставку топлива, полезных ископаемых, необходимых для изготовления автомобиля, собственно изготовление автомобиля, эксплуатацию автомобиля вплоть до его утилизации (концепция Well to Wheels, WTW).

Выяснилось, что практическая реализация данной концепции крайне затруднительна и в обозримой перспективе вряд ли возможна.

Поэтому решено было на первом этапе производить оценку экологических показателей и энергетической эффективности автомобиля в процессе его эксплуатации — от момента выпуска в обращение до его утилизации включительно (концепция Tank to Wheels, TTW).

Оценку предлагалось производить по единому универсальному показателю, выраженному количеством баллов по 100-бальной шкале. В качестве критериев были выбраны: выбросы CO₂, выбросы нормируемых вредных веществ, уровень шума, приспособленность к утилизации. Каждому из указанных параметров было предложено

установить весовые факторы — предельное количество баллов, соответственно: 40, 30, 20, 10 (в сумме 100 баллов).

В дальнейшем этот подход был признан излишне упрощенным. Весовая оценка каждого из указанных компонентов весьма субъективна и может по-разному оцениваться в различных регионах и в различные периоды времени.

В результате принято решение вообще отказаться от концепции установления единого универсального параметра совместимости транспортного средства с окружающей средой.

Принято решение не применять терминов типа «экологически чистый» автомобиль. Каждый из указанных параметров признано оценивать отдельно и независимо от остальных по 100-бальной шкале, чтобы избежать субъективизма в оценках. Автомобили с высокими оценками по соответствующим параметрам принято определять как, например, автомобиль с низкими выбросами CO₂, автомобиль с низкими выбросами вредных веществ и т.д. Оценка автомобилей по соответствующим параметрам должна производиться на добровольной основе с целью предоставления потребителю объективной информации о соответствующих показателях автомобиля.

Например, как вариант, рассматривается такая схема ранжирования выбросов CO₂:

Выбросы CO ₂ , г/км	Баллы
Менее 80	100
80-100	90
100-120	80
120-140	70
140-160	60
160-180	50
180-200	40
200-220	30
220-240	20
240-260	10
Более 260	0

Таблица 3. Предельные значения Правил № 96-02

Предшествующие требования (96-01)					
Диапазон мощности	Полезная мощность (P) кВт	Оксид углерода (CO) г/кВт·ч	Углеводороды (HC) г/кВт·ч	Оксиды азота (NOx) г/кВт·ч	Частицы (PT) г/кВт·ч
E	130 ≤ P ≤ 560	3,5	1,0	6,0	0,2
F	75 ≤ P < 130	5,0	1,0	6,0	0,3
G	37 ≤ P < 75	5,0	1,3	7,0	0,4
D	18 ≤ P < 37	5,5	1,5	8,0	0,8
Требования 96-02					
Диапазон мощности	Полезная мощность (P) кВт	Оксид углерода (CO) г/кВт·ч	Сумма углеводородов и оксидов азота (HC + NOx) г/кВт·ч	Частицы (PT) г/кВт·ч	
H	130 ≤ P ≤ 560	3,5	4,0	0,2	
I	75 ≤ P < 130	5,0	4,0	0,3	
J	37 ≤ P < 75	5,0	4,7	0,4	
K	18 ≤ P < 37	5,5	7,5	0,6	

Соответственно, в отношении шума (при измерении по Правилам ЕЭК ООН № 51) предлагается следующая схема ранжирования:

Уровень шума, dB	Баллы
< 60	100
60 — 62	90
63 — 65	80
66 — 68	70
69 — 71	60
72 — 74	50
> 74	00

Оценка приспособленности автомобиля к утилизации — один из наиболее сложных параметров. В настоящее время рассматривается такая схема:

Параметр	Баллы
Меры по утилизации, предусмотренные на этапе конструирования автомобиля	15 %
Степень использования экологически чистых материалов	15%
Наличие руководства производителя по утилизации, повторному использованию компонентов и их кодировок	10 %
Степень утилизируемости автомобиля	60 %

Под степенью утилизируемости понимается отношение массы автомобиля, которая легко, экономически и экологически эффективно поддается утилизации, к общей массе автомобиля.

По всем из указанных критериев предполагается наличие обобщенной маркировки исключительно в целях информирования потребителя. Возможные примеры маркировок приведены на рис. 1.

ГИБРИДНЫЕ АВТОМОБИЛИ

Определение выбросов вредных веществ гибридными транспортными средствами (ГТС) категорий M1, M2, N1,

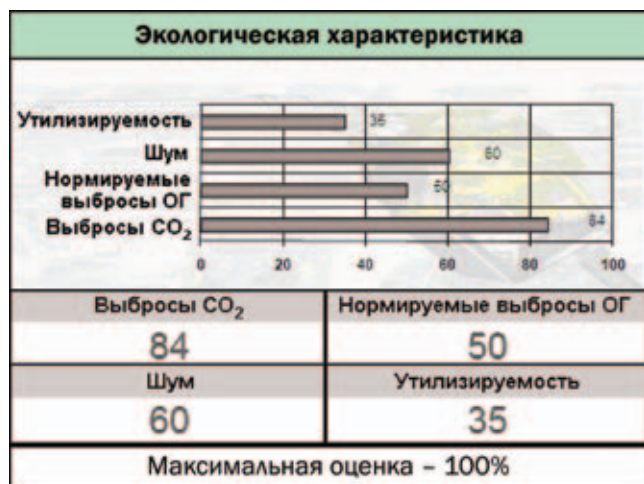


Рисунок 1. Примеры маркировок АТС по обобщенным экологическим характеристикам

N2 контрольной массой менее 2610 кг регламентируется Правилами ЕЭК ООН № 83-05 (Евро-4) и 83-06 (Евро-5).

К гибридным относятся транспортные средства, имеющие, по меньшей мере, два различных преобразователя энергии для приведения в движение транспортного средства и две различные системы аккумулирования энергии.

Процедуры определения потребления энергии и выбросов CO₂ (для АТС категорий M1, N1) регламентируются Правилами № 101 ЕЭК ООН.

В отношении коммерческих АТС и автобусов с гибридными силовыми установками международные требования в отношении выбросов вредных веществ и процедур определения потребления энергии до настоящего времени не разработаны.

В 2010 г. в рамках ГДЗЭ создана и начала работу специализированная группа по разработке процедур испытаний коммерческих ТС и автобусов с гибридными силовыми установками по определению выбросов вредных веществ и потребления энергии.

При определении концепции метода испытаний рассматривались два основных подхода:

- испытание комплектного транспортного средства на стенде с беговыми барабанами, по аналогии с методикой испытаний легковых гибридных автомобилей по Правилам ЕЭК ООН № 83 и № 101;
- испытания двигателя внутреннего сгорания на моторном стенде в сочетании с моделированием гибридной силовой установки — т.н. метод HILS.

В соответствии с позицией большинства экспертов в качестве базового при разработке метода испытаний принят метод HILS. При этом в качестве альтернативы не исключена возможность исследования, на последующих этапах, метода испытаний с использованием стенда с беговыми барабанами.

Основные аргументы против использования метода испытаний грузовых гибридов по аналогии с испытаниями легковых гибридных АТС (на стенде с беговыми барабанами) следующие:

- грузовые автомобили имеют гораздо больше вариантов конфигурации, различных типов двигателей, трансмиссий, передаточных отношений, типов шин и колес в соответствии потребностями потребителя;
- стоимость собственно оборудования для проведения подобных испытаний существенно выше, чем для испытаний легковых автомобилей.

С другой стороны, проводить испытание двигателя внутреннего сгорания на моторном стенде по стандартизованным циклам, например ETC или ESC, аналогично испытаниям двигателей «обычных» автомобилей также неприемлемо, т.к.:

- в гибридной силовой установке осуществляется накопление энергии торможения;

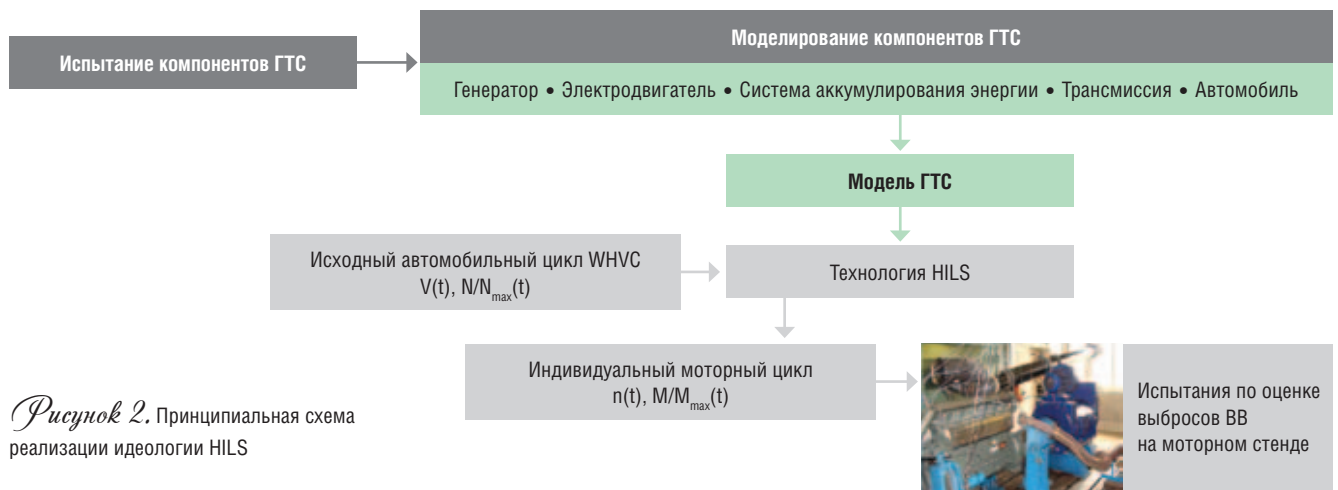


Рисунок 2. Принципиальная схема реализации идеологии HILS

- в составе гибридной силовой установки ДВС работает меньше и на других режимах, по сравнению с ДВС «обычного» ТС;
- режимы работы ДВС в составе гибридного ТС определяются взаимодействием ДВС с компонентами гибридной силовой установки;
- собственно гибридные силовые установки отличаются большим разнообразием идеологий реализации, алгоритмов управления и компонентов.

Поэтому, стандартизованные циклы для ДВС грузовых автомобилей не являются представительными в отношении ДВС в составе гибридных АТС. Учитывая изложенное, для объективной оценки экологических и экономических характеристик ГТС они или их силовые установки (ДВС и компоненты гибридной силовой установки) должны испытываться в комплексе.

Основные принципы технологии HILS:

- в качестве исходного испытательного цикла принимается т.н. автомобильный цикл WHVC, созданный в процессе разработки всемирной процедуры испытаний грузовых автомобилей (ГТП № 4). На базе указанного цикла были разработаны обобщенные циклы испытаний двигателей WHTC (цикл переменных режимов) и WHSC (цикл стационарных режимов) на основе обобщенной модели трансмиссии;
- аналогичным образом на базе этого же обобщенного автомобильного цикла WHVC создается индивидуальный для каждого гибридного ТС цикл испытаний двигателя путем моделирования компонентов силовой установки (ДВС, трансмиссия, электромотор, система аккумулирования энергии, генератор и др.), параметров автомобиля (масса, сопротивление движению, моменты инерции вращающихся масс) и др. Данные для создания модели получают по результатам испытаний отдельных компонентов гибридной силовой установки;
- проводится испытание ДВС по разработанному индивидуальному циклу двигателя по стандартизованной

методике испытаний ДВС (Правила № 49, ГТП № 4 и др.) с использованием стандартизованного оборудования. По результатам испытаний определяются выбросы нормируемых вредных веществ, выбросы CO_2 и удельный расход топлива.

Упрощенная схема реализации идеологии HILS приведена на рис. 2.

ТРЕБОВАНИЯ К ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ СИСТЕМАМ СНИЖЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ ОГ КОММЕРЧЕСКИХ АВТОМОБИЛЕЙ (REC)

С 2010 в рамках ГДЗЭ начата разработка требований к дополнительным системам снижения выбросов вредных веществ (фильтры частиц, селективные нейтрализаторы оксидов азота SCR и др.), устанавливаемым на коммерческие автомобили и автобусы. Документ будет распространяться на ТС, попадающие под регулирование Правилами № 49 и № 96 ЕЭК ООН. Цель работы — регламентация процедур оснащения ТС, находящихся в обращении, дополнительными устройствами снижения выбросов дисперсных частиц и оксидов азота и их последующего официального одобрения. Работу предполагается выполнить в течение двух лет. Предполагается, что разработанные требования будут оформлены в виде отдельных Правил ЕЭК ООН.

ТРЕБОВАНИЯ В ОТНОШЕНИИ ДВУХТОПЛИВНЫХ КОММЕРЧЕСКИХ АВТОМОБИЛЕЙ И ДВИГАТЕЛЕЙ

До настоящего времени, в соответствии с областью распространения Правил № 83 ЕЭК ООН, под двухтопливными понимали автомобили, имеющие возможность работать на двух различных видах топлива: бензине или газе (СНГ или КПП), и имеющие две независимые системы подачи топлива (бензиновую и газовую) в двигатель (Bi-fuel vehicle).

Правила № 83 распространяются также на автомобили, работающие на смеси двух топлив, например бензине и этаноле (Flex-fuel vehicle). В этом случае в автомобиле имеется только одна система питания, оба топлива хранятся в одном топливном баке в виде смеси. Что касается Правил № 49, они, до настоящего времени, распространяются только на однопаливные автомобили (двигатели): дизели, работающие на дизельном топливе и газовые искровые, работающие на компримированном (сжатом) природном газе.

С 2010 г. в рамках ГЗДЭ началась разработка процедур испытаний и требований в отношении двухтопливных АТС и двигателей в рамках Правил № 49, имеющих возможность работать на смеси двух топлив: дизельного и газового (компримированного природного газа, сжиженного природного или сжиженного нефтяного — Dual-fuel vehicle). Этот тип транспортных средств существенно отличается от двух вышеперечисленных: автомобиль имеет две независимые системы хранения топлива, но подача обоих топлив в двигатель производится одновременно (т.н. газодизели). Очевидным преимуществом подобных двигателей является их универсальность в части используемого топлива: как правило, газодизели могут работать как практически на газе (доля дизтоплива — 5-10 %), так и на чистом дизтопливе. Газодизели известны давно и «де-факто» производились и использовались во многих странах. Международными требованиями, однако, газодизели не охватывались по ряду объективных причин: процедурные сложности определения выбросов углеводородов в связи переменным соотношением дизтопливо/газ в зависимости от режимов работы и др.

В соответствии с предложенным специализированной группой графиком работ, на первом этапе будут подготовлены соответствующие поправки в Правила № 49, затем в Правила № 85 (процедуры определения мощности), № 24 (дымность ОГ), № 67 (требования безопасности в отношении ТС, работающих на СНГ), № 110 (требования безопасности в отношении ТС, работающих на КПП), и затем в Правила № 115 (требования безопасности и экологии в отношении модернизации газобаллонных ТС, находящихся в обращении).

По предварительным оценкам, работу планируется завершить в 2013 г.

ТРЕБОВАНИЯ В ОТНОШЕНИИ ВНЕЦИКЛОВЫХ ВЫБРОСОВ (ГТП № 4)

Разработка требований в отношении т.н. внецикловых выбросов была начата в 2001 году и завершилась в 2009 г. ГТП № 10 распространяется на коммерческие автомобили и автобусы полной массой более 3,5 т.

Циклы испытаний двигателей по определению выбросов вредных веществ при сертификации выполня-

ются в лабораторных условиях в рамках установленных атмосферных условий и строгой последовательности заданных режимов работы двигателя.

Кроме того, действующими нормативными документами, Правилами № 49 и Глобальными предписаниями в отношении процедур сертификации коммерческих АТС и двигателей (ГТП № 4) запрещено использование т.н. «ухудшающих» технологий. Под «ухудшающими» технологиями понимают снижение эффективности систем контроля выбросов за пределами атмосферных условий и режимов работы двигателя в лабораторных условиях при сертификации. В реальной эксплуатации двигатели работают в гораздо более широком диапазоне атмосферных условий и режимов, чем это может быть реализовано при выполнении стандартизованных циклов в лабораторных условиях.

Современные электронные системы двигателей способны мониторить широкий спектр режимов работы двигателей и атмосферных условий и, соответственно, корректировать характеристики систем контроля выбросов, в том числе искусственно снижая их эффективность за пределами, установленными процедурами сертификации. Действующие требования о запрете «ухудшающих» технологий носят качественный характер и, как показала практика, не могут реализовать в полной мере контроль выбросов за пределами режимов и условий стандартизованных циклов.

Технология контроля внецикловых выбросов содержит два основных компонента:

- запрет на применение «ухудшающих» технологий;
- применение т.н. концепции «не превысить» (WNTe),

для ограничения выбросов за пределами условий сертификации.

WNTe технология содержит количественные требования по контролю выбросов в существенно более широких пределах атмосферных условий и режимов работы двигателей.

Таким образом, требования о запрете «ухудшающих» технологий и требования ГТП № 10 о внецикловых выбросах дополняют друг друга и обеспечивают более эффективный контроль выбросов вредных веществ не только в ограниченных условиях сертификационных испытаний, но также и в более широких условиях реальной эксплуатации.