

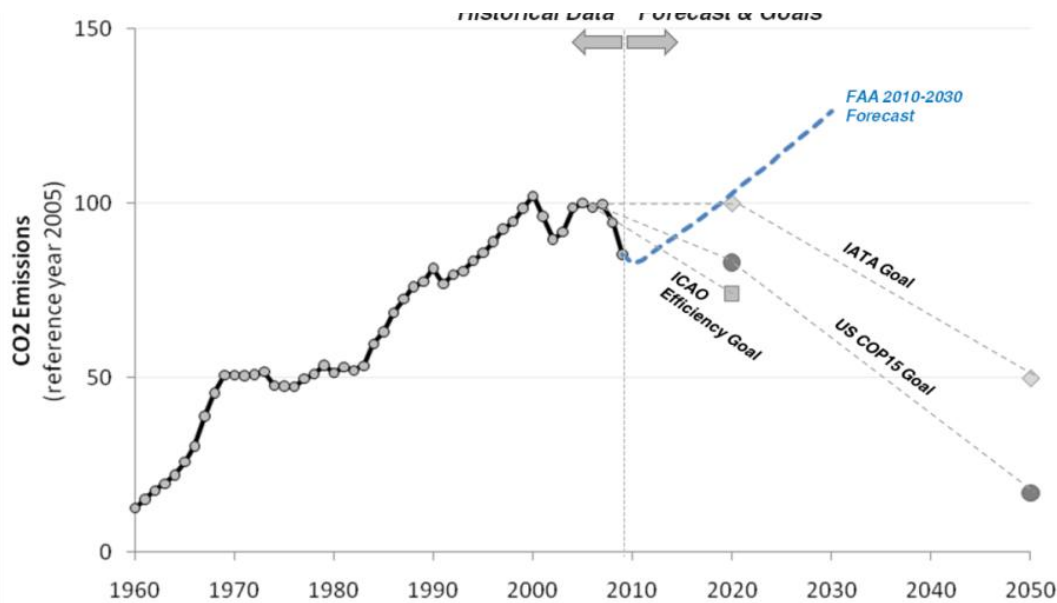
Участие ЦИАМ в разработке Международного Стандарта по эмиссии CO₂ самолетов



Мирзоян А.А., нач. сектора ЦИАМ,
член Рабочих группы CAEP,
представитель САП в ICSSAIA,
член ПК Международного Совета по авиационным наукам (ICAS)

- Постоянный рост авиаперевозок
- Перспективные цели по снижению эмиссии CO₂
- Ввод Европейской системы ETS для авиации

К 2020г.
 ЕС – 21%
 US – 17%
 ICAO – 2% в год



Проблема нормирования эмиссии CO₂ значительно усложняется еще из-за того, что величина этой эмиссии у самолетов ГА напрямую связана с их топливной эффективностью (при сгорании 1 кг авиакеросина в атмосферу выбрасывается приблизительно 3.15 кг CO₂), являющейся одним из наиболее важных качественных критериев в конкуренции разработчиков самолетов

- Развитие перспективных двигательных и самолетных технологий
- Повышение транспортной эффективности (за счет уменьшения расхода топлива)
- Уменьшение суммарного расхода топлива и эмиссии CO₂ самолетов, летающих в воздушном пространстве России

Основной принцип САЕР - эффективность и надежность методик сертификации с точки зрения технических возможностей, экономической обоснованности и экологических выгод

- Максимальный учет интересов России **еще** на этапе формирования Стандарта (впервые)
- Формирование своевременных рекомендаций по повышению конкурентоспособности существующих и проектируемых российских самолетов
- Получение достоверной информации об основных передовых тенденциях развития авиапромышленности, мирового парка

- Начало разработки Стандарта (решение ИКАО, 2010)
- организация специальной Рабочей Группы по разработке Стандарта CO₂
 - около 150 членов (один представитель России – сотрудник ЦИАМ)
 - все заинтересованные стороны: государственные, исследовательские, неправительственные организации, сертифицирующие органы, разработчики и эксплуатанты
 - 10 рабочих встреч, множество рабочих совещаний и еженедельные теле- и интернет-конференции
- 2 основных этапа
 - **Этап 1: разработка сертификационных требований**
 - **Этап 2: формирование основных положений Стандарта (определение ограничительных линий и требований по применимости)**

2010 – 2012 - этап 1

- рассмотрение и длительное обсуждение большого количество показателей (метрик) эмиссии CO₂ (свыше 60)
- отбор 9 метрик для более детального и широкого обсуждения (2012)
- первоначальный срок введения Стандарта отложен на 2016 г.
- **ЦИАМ активно включается в процесс разработки Стандарта (апрель 2012)**

CW	Обозначение EASA/ Организация	Метрика	Корреляционный параметр	Тестовые условия	Комментарий
MC с использованием SAR					
1	M1/MS-I	1/(SAR x f)	MTOW	i) IP3 - 0.75*(MTOW - MinW) + MinW ii) IP3mean iii) 85% MTOW iv) 80% MTOW	f = α ^β α = RFA / Fuselage Planform Area β = 0.25
2	M3/MS-C	1/(SAR x RFA ^β)	MTOW	i) 80% MTOW ii) GW = f (MTOW)* MTOW	β = показатель экспоненты например 0.25
3	M7/MS-A	1/(SAR x RFA ^β)	((MTOW+MZFW)/2)	(MTOW+MZFW)/2	
4a	EPA (New)	1/(SAR x RFA ^β)	MTOW	Многоточечная система: 1) IP-4 - (97% MTOW) 2) IP-1 - (MW + 25%(MTOW-MW)) 3) ICCAIA Подвижная точка MTOW – на оптимальной высоте 4) Подвижная точка – Опт. высота + 2000ft 5) Подвижная точка – Опт. высота - 2000ft	β = показатель экспоненты – будет определен в будущем (в соответствии с европейским анализом β=0.25)
5	ACAC (New)	k[(SAR x (MZFW ^a) x (MTOW ^b))]	(MZFW + MTOW)/2	(MZFW + MTOW)/2	a = 0.2 (может быть еще уточнен) b = 0.9 (может быть уточнен) k = 1.0 x 10 ⁻⁹ (константа)

CW	Обозначение EASA/ Организация	Метрика	Корреляционный параметр	Тестовые условия	Комментарий
MC с использованием SAR					
6	M5q/M5r	1/SAR	TC	i) 50%TC + EW ii) (MTOW + MZFW)/2	TC = RFA x ρ + Rwc/SARb, где ρ = 235 Rwc = R1c+0.7(R2c-R1c) SARb = SAR в ср. точке между точками R1 & R2
7	MS-H	1/SAR	fPL*dFA*FA + ff*Fuel*MaxFuelCapacity	(EW**) + fFA*(dFA*FA) + fFuel*Fuel Capacity(@R ₂)	dFA = плотность на единицу FA [в кг/м ²] = 200 fFA = доля пол.нагр. = 50% fFuel = доля макс. массы топлива = 0.2 ff = коэф. константа или 1/ln(1+x) - 1/x, где x = R ₂ _fuel / (MTOW - R ₂ _Fuel) = 1
8a	EPA (New)	1/(SAR x RFA ^β)	fPL*dFA*FA + fFuel*Max Fuel Capacity(@R2)	Многоточечная система: 1) IP-4 - (97% MTOW) 2) IP-1 - (MinW + 25%(MTOW-MinW)) 3) ICCAIA MTOW на опт. высоте 4) Опт. высота + 2000фт (600м) 5) Опт. высота - 2000фт (600м)	Масса топлива (из CDS R2 топливо для FM2) dFA = плотность на единицу FA [в кг/м ²] fFuel = доля максимальной массы топлива
MC с использование суммарного расхода топлива					
9		MF/D	RFA*(R _{max}) ^d	i. 0.4R _{max} @ SAEW+140*RFA ii. Минимум MF/D (= 3500km) @ SAEW+140*RFA	δ между 0.08 и 0.15 (в соот. с европейским анализом : δ = 0.12)

Ни одна из рассматриваемых метрик не отвечала выдвинутым к ним требованиям полностью !

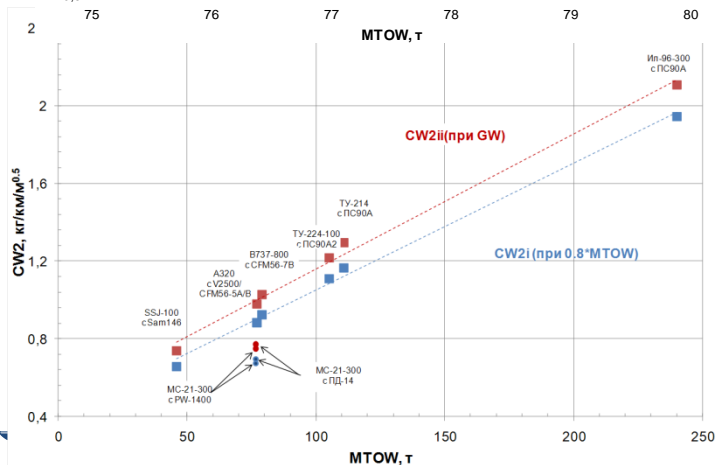
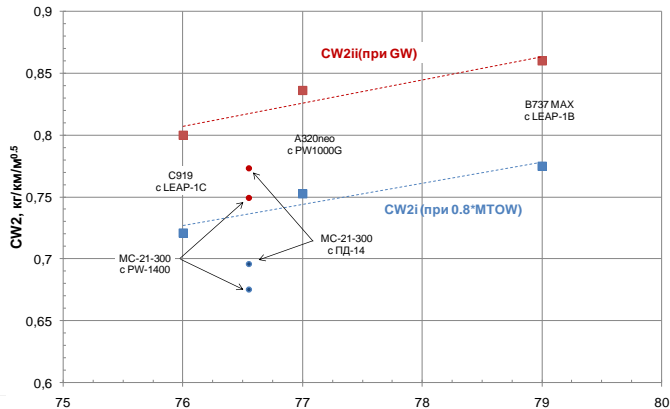
- Согласованы основные типы самолетов, к которым будет применяться Стандарт ($G_{\text{взл}} > 5700$ кг для дозвуковых самолетов с ТРДД, $G_{\text{взл}} > 8618$ кг для самолетов с ТВД)
- Разработаны и приняты критерии оценки эффективности использования различных показателей эмиссии CO_2 сам
- **Июль 2012 г. (SG 2012):** МС утверждена на заседании Руководящей группы членами САЕР
- **Февраль 2013 г. (САЕР/9):** Одобрение разработанного варианта сертификационных требований Стандарта (Приложение 16, Том III), публикация его в циркуляре ИКАО

(апрель 2012)

- Комплексный анализ 9 метрик применительно к эксплуатируемым и перспективным российским и некоторым зарубежным самолетам ГА (SSJ-100, ИЛ-96-300, ИЛ-476, ТУ-214, ТУ-224, БЕ-200, МС-21 с ПД-14 и PW1400, А320, А320neo, В737-800, В737 MAX и др.)

$G_{\text{взл}}$ 40 - 240т

- Использование данных из внутренней базы данных и валидированных программ расчета ЦИАМ для анализа



Выбрана наиболее приемлемая для России метрика!

- использует базовые характеристики самолета и определяет эмиссию CO₂ на уровне самолета
- отражает различия самолетов в отношении применяемых технологий повышения топливной эффективности
- основывается в основном на сертифицируемых параметрах самолета, а также на параметрах, которые достаточно легко измеряются
- сертификация не будет требовать чрезмерных затрат
- достаточно понятна широкой публике
- наиболее адекватно отражает уровень топливной эффективности российских самолетов во всем мировом парке пассажирских и транспортных самолетов**

31 августа 2013 г.

Конкурс "Авиастроитель года" по итогам 2012 года

Рекомендация России САЕР по предпочтительной метрике CO₂ на основе исследований ЦИАМ

Документ России по разрабатываемому Стандарту на эмиссию CO₂ (2012)

Результаты оценки метрических систем

- На основе анализа полученных результатов российская сторона поддерживает одну из рассматриваемых САЕР метрических систем, основанную на использовании скорректированного среднего крейсерского километрового расхода топлива
- Предлагается учесть информацию по российским самолетам при определении ограничительной линии Стандарта и применимости Стандарта

Предложения

- Учесть позицию России в отношении поддержки одной из предлагаемых САЕР метрических систем Стандарта на эмиссию CO₂.
- Принять во внимание предложение российской стороны о намерении предоставить данные по российским самолетам для определения ограничительной линии Стандарта по эмиссии CO₂
- При дальнейшей разработке Стандарта российская сторона предлагает учитывать мнение российских разработчиков

ЦИАИ Принятая CAEP метрика (при поддержке России) (на заседании SG CAEP в Санкт-Петербурге в июле 2012 года)

Осредненный крейсерский километровый расход топлива
(обратная величина крейсерской удельной дальности SAR)

$$1/SAR = 1/V * dG/dt = G_{тек} / (K_{кр} * V_{кр} / C_{R эфф})$$

Показатель (метрика) эмиссии CO₂

$$MV = (1/SAR)_{cp} / RGF^{0.24}$$

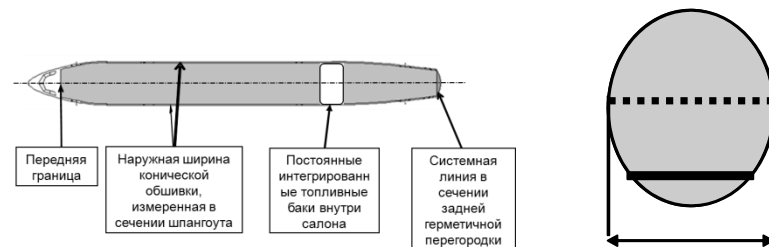
Три тестовые точки Крейсерского
Полета (условно начало, конец и
середина)

RGF - расчетный геометрический параметр

$$M1 = 0.92 * MTOM$$

$$M2 = 0.45 * MTOM + 0.63 * MTOM^{0.924}$$

$$M3 = (M1 + M2) / 2$$



Корреляционный параметр - максимальная сертифицируемая взлетная
масса самолета MTOM



Участие ЦИАМ в разработке Баз Данных САЕР, используемых для определения ограничительной линии

- Получение и наполнение закрытых рабочих Баз Данных по эмиссии CO₂ существующих и проектируемых самолетов (до 31 декабря 2012)

ЦИАМ совместно с Союзом Авиапроизводителей России (САП) специальные форматы данных для данных российских производителей

Запросы

ГСС, Иркутск, ОАО «Туполев», АК им. С.В.Ильюшина», ТАНТК

Разработка российской БД ЦИАМ с информацией от разработчиков, необходимой для определения показателей эмиссии CO₂

Самолет	Двигатель	МТОМ, кг	Параметры	$M1=0.92 \cdot \text{МТОМ}$	$M2=0.45 \cdot \text{МТОМ} + 0.63 \cdot \text{МТОМ}^{0.924}$	$M3=(M1+M2)/2$	RGF	$\text{RGF}^{0.24}$	Q _{ср}	$\text{EEM}=\text{Q}_{\text{ср}}/\text{RGF}^{0.24}$
Ил-96-400Т	ПС-90А1	270000	Mi	248400	187254	217826,8857	288,37	3,893929	8,984756	2,307375457
			H	8850	11160	10050				
			Vис	849	824	832				
			Gт	8667	6437	7433				
			$Q=1/\text{SAR}=\text{Gт}/\text{Vис}$	10,20848057	7,811893204	8,933894231				
Ил-96-300	ПС-90А	240000	Mi	220800	166973	193886,6708	227,57	3,678812	7,865941689	2,138174375
			H	10050	12200	10950				
			Vис	835	823	824				
			Gт	7523	5525	6489				
			$Q=1/\text{SAR}=\text{Gт}/\text{Vис}$	9,009580838	6,713244228	7,875				



31 августа 2013 г.

Конкурс "Авиастроитель года" по итогам 2012 года



- Основная база данных САЕР по показателям эмиссии CO2 **MVdb**

<u>Aircraft Type</u>	<u>Aircraft Version</u>	<u>Commercial Designation</u>	<u>Engine model</u>	<u>Highest MTOM (kg)</u>	<u>CO2 Metric Value (kg/km/m^{0.48})</u>	<u>Status (OoP, OoP-av, IP, IP-av)</u>
IL-96	400T		PS-90A1	270000		IP
IL-96	300		PS-90A	250000		IP
IL-114	300, 100		TV7-117S,PW127H	23500		IP-av
RRJ-95	B	Sukhoi Superjet 100	SaM146-1S17	45880		IP
TU-204	CE		PS-90A	107500		IP
TU-204	300		PS-90A	107500		
TU-204	120CE		RB211-535E4-75	103000		IP
TU-214			PS-90A	110750		IP
TU-334	100		D-436T1	47900		IP
TU-204	120		RB211-535E4	103000		IP

- База данных САЕР по эмиссии проектируемых самолетов **PAMVdb**

PAMVdb Key	Project Aircraft Name	% MV	% MTOM	Reference MVdb Aircraft	Data Source
1001	A350-800	-20% to -25%	-6% to -9%	A340-300	MMU
1002	A350-900	-15% to -20%	-1% to +1%	A340-300	MMU
1003	A350-1000	-24% to -28%	-18% to -21%	A340-600	MMU
1004	A319neo	-11% to -14%	No Change	A319ceo	MMU
1005	A320neo	-11% to -14%	+ 1 to +2 tonne	A320ceo	MMU
1006	A321neo	-12% to -15%	No Change	A321ceo	MMU
1007	Boeing 737-7	-10% to -14%	+2% to +6%	Boeing 737-700W	Boeing
1008	Boeing 737-8	-10% to -14%	+2% to +6%	Boeing 737-800W	Boeing
1009	Boeing 737-9	-10% to -14%	+2% to +6%	Boeing 737-900W	Boeing
1010	Boeing 787-9	+4% to +7%	+9% to +12%	Boeing 787-8	Boeing
1011	Bombardier CS100	-25% to -29%	-24% to -26%	Boeing 737-700IGW	MMU
1012	Bombardier CS300	-18% to -22%	-15% to -17%	Boeing 737-700IGW	MMU
1013	Cessna Model 680 SN501 and on	-3% to -5%	+1% to +2%	Model 680 Citation Sovereign	Cessna
1014	Cessna Model 750 SN501 and on	-4% to -6%	+1% to +2%	Model 750 Citation X	Cessna
1015	Embraer E175 new	-8% to -11%	+3% to +5%	Embraer E175	Embraer
1016	Irkut MS-21-300	-9% to -14.5%	+2% to -2%	Boeing 737-800W	Irkut
1017	Mitsubishi MRJ70	-18% to -20%	+4% to +8%	Embraer E170	Mitsubishi
1018	Mitsubishi MRJ90	-15% to -17%	+11% to +14%	Embraer E170	Mitsubishi
1019	TU-204SM	-4% to +0%	-1% to -5%	TU-214	Tupolev
1020	RRJ-95LR-100	+5% to +9%	+6% to +10%	RRJ-95B	Sukhoi Civil Aircraft

31 августа 2013 г.

Конкурс "Авиастроитель года" по итогам 2012 года

- База данных для моделирования последствий принятия Стандарта

SP G&Rdb

GR_Key	ACCODE	sp_Manufacturer	sp_Airplane_name	sp_MTOM	sp_Engine	ENG_MOD	Action_Note	AC_1stDir	AC-id_ANE
	IL114	Ilyushin	Project (IL-114-300)	23 500	TV7-117SM			2013	
550	IL114	Ilyushin	IL-114-100	23 500	PWC-127H	NONE	ACTION: to update data according to MVdb averaging data	2001	DHC830
458	IL96	Ilyushin	IL-96-300	250 000	PS-90A	ENGVER14		1993	A340-211
572	IL96-F	Ilyushin	IL-96-400T	270 000	PS-90A1	NONE		1993	A340-211
595	MC-21-300	Irkut	PROJECT	79 017	PD-14		probably correspond to PD-14 and PW1400G(see PAMVdb)	2016	A320-211
678	MC-21-300	Irkut	PROJECT	79 017	PW1400G			2016	A320-211
603	MRJ-200LR	MHI (Mitsubishi Heavy	Project	42 800		NONE		2014	737500
604	MRJ-300LR	MHI (Mitsubishi Heavy	Project	40 200		NONE		2014	737500
551	RRJ-95	Sukhoi Civil Aircraft	RRJ-95B	45 880	Sam146-1S17	NONE		2011	737500
655	RRJ-95LR	Sukhoi Civil Aircraft	PROJECT	49 450	Sam146-1S18		ACTION: Noise data "expecting certification" 2013	2013	
656	TU204-100E	Tupolev		103 000	PS-90A			2007	
658	TU204-120	Tupolev	TU-204-120	103 000	RB211-535-E4		ACTION: to add from MVdb	1998	
326	TU204-300	Tupolev	TU-204-300	107 500	PS-90A	ENGVER17		1993	757RR
576	TU204-F	Tupolev	TU-204CE	107 500	PS-90A	ENGVER17		1993	757RR
578	TU204-F	Tupolev	TU-204-120CE	103 000	RB211-535E4-75	NONE		2004	757RR
657	TU204SM	Tupolev	Project	108 000	PS-90A2		ACTION: Noise data "expected in first half 2013"	2013	
333	TU214	Tupolev	TU-214	110 750	PS-90A	NONE		1993	757RR
172	TU334	Tupolev	TU-334	47 900	D-436T1	NONE		1999	F10065



Возвращение российских самолетов с ПС-90А и ПС-90А2 в выборку самолетов, участвующих в определении ограничений Стандарта

- **Обновление устаревших данных (1990гг.) базы сертификационных данных EASA по эмиссии вредных веществ за ВПЦ новыми сертификационными данными разработчика ОАО «Авиадвигатель», в соответствии с которыми ПС-90А и ПС-90А2 удовлетворяет нормам ИКАО 2008г.**

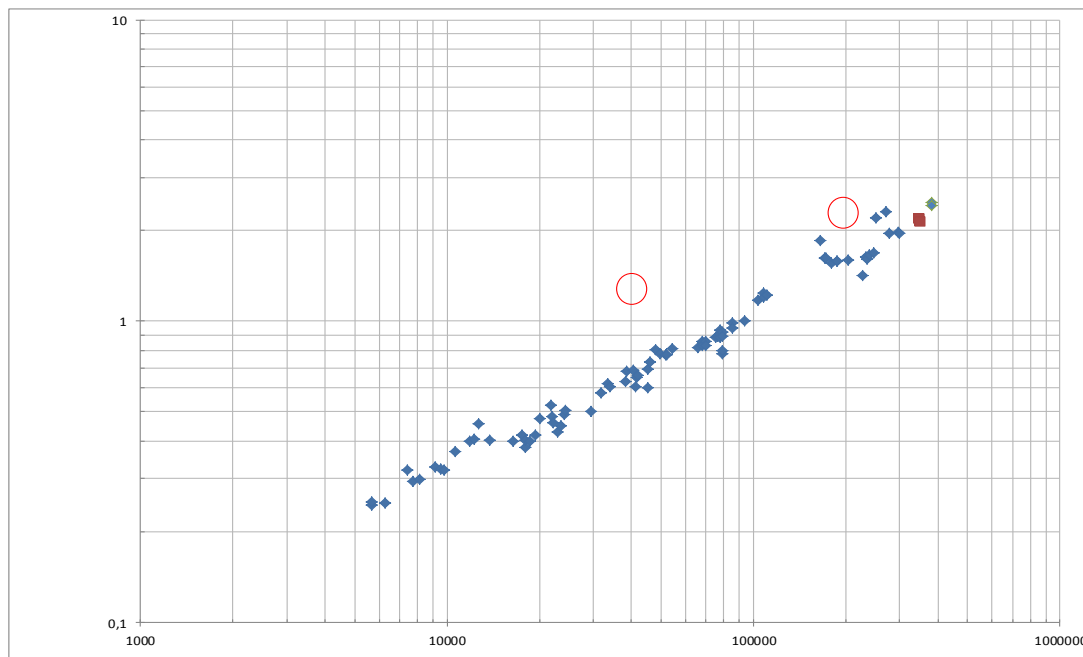


31 августа 2013 г.

Конкурс "Авиастроитель года" по итогам 2012 года



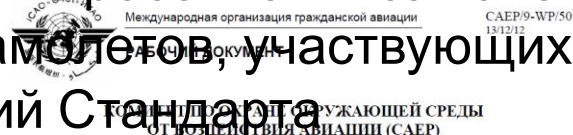
- Представителем России поднят и решен вопрос о неприменимости Стандарта к пассажирским вариантам самолетов специального назначения (самолетам-амфибиям, ВТС)



- **Принята предложение о неприменимости Стандарта к самолету-амфибии Бе-200 и ВТС ИЛ-76 (и другим подобным самолетам) на заседании в марте 2013г. в Бонне!**

- Еженедельные телеконы и web-конференции в рабочих группе и ICSSAIA (в неудобное время 18-21часов)
- Участие в более чем в 40 телеконах в 2012 и 2013 году
- Участие(заочное, через Интернет) в 4-х заседаниях Рабочих групп по разработке Стандарта

- Поддержка одной из метрик
- Включение данных российских самолетов в рабочие БД САЕР
- Неприменимость Стандарта к самолетам-амфибиям (включая Бе-200) и к семейству ИЛ-76
- Включение в БД САЕР самолета ИЛ-114-300 с ТВ7-117СМ
- Возвращение российских самолетов с ПС-90А и ПС-90А2 в выборку самолетов, участвующих в определении ограничений Стандарта



ДЕВЯТОЕ СОВЕЩАНИЕ
Монреаль, 4-15 февраля 2013 года
Пункт 2 повестки дня. Рассмотрение технических предложений, касающихся эмиссии авиационных двигателей
ПОЗИЦИЯ РФ ПО РАЗРАБАТЫВАЕМОМУ СТАНДАРТУ НА ЭМИССИЮ CO₂
(Представлено членом САЕР от Российской Федерации)

АННОТАЦИЯ

На основе анализа принятой САЕР SG метрической системы разрабатываемого Стандарта ИКАО на эмиссию CO₂, применительно прежде всего к российским самолетам российская сторона поддерживает предлагаемую метрическую систему Стандарта по эмиссии CO₂.

На следующих этапах разработки Стандарта российская сторона предлагает расширить свое участие. При установлении ограничительных уровней Стандарта на основе новой базы данных по выпускаемым самолетам (MVdb), российская сторона предлагает добавить в эту базу данных требуемую информацию от российских разработчиков по выпускаемым и проектируемым в России самолетам ГА. При дальнейшей разработке Стандарта российская сторона предлагает также учитывать консолидированную позицию российских разработчиков, вырабатываемую в Союзе авиапроизводителей России (САП).

Действия САЕР изложены в п. 3.

31 августа 2013 г.

Конкурс "Авиастроитель года" по итогам 2012 года

- Российская позиция по Стандарту вырабатывается в рамках временной рабочей группы САП, Проблемного Совета «Экология» Минпромторга
- Благодаря жесткой и настойчивой позиции представителя России данные российских самолетов учитываются при выработке применимости и ограничительных линий Стандарта в САЕР
- Требуется опережающие комплексные исследования по моделированию потенциальных ограничений Стандарта, их последствий для российских самолетов
- Необходима выработка своевременных рекомендаций для промышленности с учетом сроков введения в действие нового Стандарта и обновления российского парка пассажирских и грузовых самолетов

«В экологии есть два раздела: экология биологическая и экология культурная, или нравственная. Убить человека биологически может несоблюдение законов биологической экологии, убить человека нравственно может несоблюдение законов экологии культурной. И нет между ними пропасти, как нет четко обозначенной границы между природой и культурой.»

“Скорость, с какой развивается цивилизация и, следовательно, скорость, с какой люди опустошают нашу удивительно прекрасную планету, растет из года в год, из месяца в месяц. Долг каждого - попытаться предотвратить ужасное осквернение нашего мира, и в эту борьбу каждый может внести свой, пусть маленький, пусть скромный, вклад.”

Лихачев Дмитрий
Сергеевич



Джеральд
Даррелл

31 августа 2013 г.

Конкурс "Авиастроитель года" по итогам 2012 года