

Категория	Название
НО: 1.A.3.a, 1.A.5.b *	Авиация
ИНЗВ: 080501	Внутреннее движение в зоне аэропорта (циклы посадки-взлета — ≤ 3 000 футов (914,4 м))
080502	Международное движение в зоне аэропорта (циклы посадки-взлета — ≤ 3 000 футов (914,4 м))
080503	Внутренние крейсерские полеты (> 3 000 футов (914,4 м))
080504	Международные крейсерские полеты (> 3 000 футов (914,4 м))
080100	Военная авиация
МСОК:	
Версия Руководство 2019	

Основные авторы

Мортен Винтер, Кристин Рипдаль

Соавторы (включая лиц, внесших свой вклад в разработку предыдущих версий данной главы)

Лэнэ Соренсен, Манфред Каливода, Моника Буковник, Нильс Килде, Риккардо де Лауретис, Роберт Фальк, Даниэла Романо, Робин Деранси, Лорен Вох, Лаура Карбо, Нуриа Торрес Меана, Марк Учителей, Лаура Карбо, Нуриа Торрес Меана, Марк Учители

Оглавление

1	Общие сведения	3
1.1	Отчетность.....	3
2	Описание источников	4
2.1	Выбросы от авиационных двигателей.....	4
2.2	2.2 Методики	5
2.3	Деятельность, связанная с полетами	9
2.4	Категории полетов, включенные в деятельность по инвентаризации авиации	10
2.5	Вклад авиации в выбросы от сжигания от мобильных источников.....	11
2.6	Средства регулирования	12
2.7	Вклад воздушного движения в суммарные показатели выбросов.....	13
3	Методы	15
3.1	Выбор метода.....	15
3.2	Методология Уровня 1 на основе топлива	20
3.3	Метод уровня 2	23
3.4	Методология Уровня 3 по типу полета и типу ВС.....	28
3.5	Профиль химических соединений выбросов.....	35
4	Качество данных.....	37
4.1	Полнота	37
4.2	Двойной учет с другими секторами.....	38
4.3	Проверка достоверности.....	38
4.4	Оценка неопределенности	39
4.5	Обеспечение/контроль качества инвентаризации (ОК/КК)	39
4.6	Координатная привязка	39
4.7	Отчетность и документация	39
4.8	Области данной методологии, которые требуют проведения дополнительных изысканий.....	40
5	Глоссарий и акронимы.....	40
6	Список использованной литературы	41
7	Наведение справок	45
	Приложение 1 Прогнозы.....	46
	Приложение 2 Дополнительные комментарии по поводу коэффициентов выбросов	50
	Приложение 3 Фракции ЧУ от авиационных выбросов ТЧ.....	52
	Приложение 4 Система инвентаризации сжигаемого топлива и выбросов Евроконтроля.....	56
	Приложение 5 Сопроводительные файлы для калькулятора выбросов	59

1 Общие сведения

Выбросы, которые необходимо учитывать, включают вклад гражданской авиации в выбросы от сжигания от мобильных источников, которые связаны с перевозкой людей и/или грузов по воздуху. Виды осуществляемой деятельности:

- международное движение в зоне аэропорта (циклы ПВ¹ ≤ 3 000 футов (914,4 м) ());
- международные крейсерские полеты (> 3000 футов (914,4 м));
- внутреннее движение в зоне аэропорта (циклы ПВ ≤ 3 000 футов (914 м));
- внутренние крейсерские полеты (> 3 000 футов (914,4 м)).

Выбросы, которые необходимо учитывать, включают выбросы от гражданского коммерческого использования самолетов, включая запланированные и чартерные перевозки пассажиров и грузов, руление по воздуху и авиацию общего назначения. Разделение между международными и внутренними полетами необходимо производить на основе мест отправления и посадки для каждого этапа полета, а не по национальной принадлежности авиакомпании. Топливо, которое используется в аэропортах для наземного транспорта, не включается в данные коды НО (Номенклатура отчетности), т.к. отчетность о них предоставляется в рамках 1.A.5.b, Другие передвижные источники. Топливо для стационарных источников сжигания в аэропортах также не надо включать. О них сообщается в соответствующей категории стационарных источников сжигания.

Важность данного сектора варьируется от незначительной до очень значительной для вклада некоторых загрязняющих веществ в инвентаризации для многих стран. Важно, что многие выбросы от этого сектора увеличиваются с большей скоростью, чем от многих других источников. Основными загрязняющими веществами, которые образуются в результате данных видов деятельности, являются диоксид углерода (CO₂) и оксиды азота (NO_x), однако важный вклад также делают монооксид углерода (CO), углеводороды (HCs) и оксиды серы (SO_x).

1.1 Отчетность

Составители инвентаризации должны обратить внимание на то, что существуют отличия для внутренних циклов посадки/взлета (ПВ) и Подъема/крейсерского полета/снижения (ПКПС) (коды ИНЗВ 080501 и 080503, соответственно) и международных циклов ПВ и ПКПС (коды ИНЗВ 080502 и 080504, соответственно) между 1) Конвенцией о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (КТЗВБР) и Директивой ЕС о национальных потолочных значениях выбросов (Директива о НПЗВ), и 2) Механизмом ЕС по мониторингу выбросов парниковых газов и Рамочной Конвенцией ООН по изменению климата (UNFCCC). В особенности эти инструменты используют различные определения относительно того, надо ли включать элементы внутренних и международных циклов ПВ и ПКПС в отчетность по национальным суммарным показателям или о них следует сообщать как о дополнительных "памятных пунктах". Методические указания о представлении отчетности ЕЭК ООН (UNECE, 2009)² предлагают определения для представления отчетности по выбросам в рамках КТЗВБР. Любые вопросы, которые касаются представления отчетности по выбросам в рамках конвенции, следует направлять в Центр Программы сотрудничества по мониторингу и оценке переноса на большие расстояния загрязняющих веществ над европейской территорией (ЕМЕП) по кадастрам и прогнозам выбросов (CEIP).

¹ Цикл ПВ обозначает циклы посадки-взлета. Международная организация гражданской авиации (ICAO) определяет цикл ПВ как деятельность, осуществляемая на высоте до 3 000 футов (914,4 м)

² Доступны на <http://www.ceip.at>

2 Описание источников

2.1 Выбросы от авиационных двигателей

Загрязняющие вещества от авиации в основном получают в результате сжигания топлива для реактивных двигателей и авиационного бензина (последнее используется только в малых самолетах и вертолетах, оборудованных поршневыми двигателями), которые используются как топливо для самолетов. Основные составляющие производимых выбросов.

- CO₂
- NO_x
- H₂O пар
- CH₄
- CO
- Оксиды серы (SO_x)
- неметановые летучие органические соединения (НМЛОС)
- твердые частицы (ТЧ).

На рисунке 2.1 показан поток воздуха, проходящий сквозь авиационный двигатель, и вещества, получающиеся в результате процесса сжигания. Нижняя часть рисунка 2.1. дает представление о пропорциях каждого входного и выходного газа.

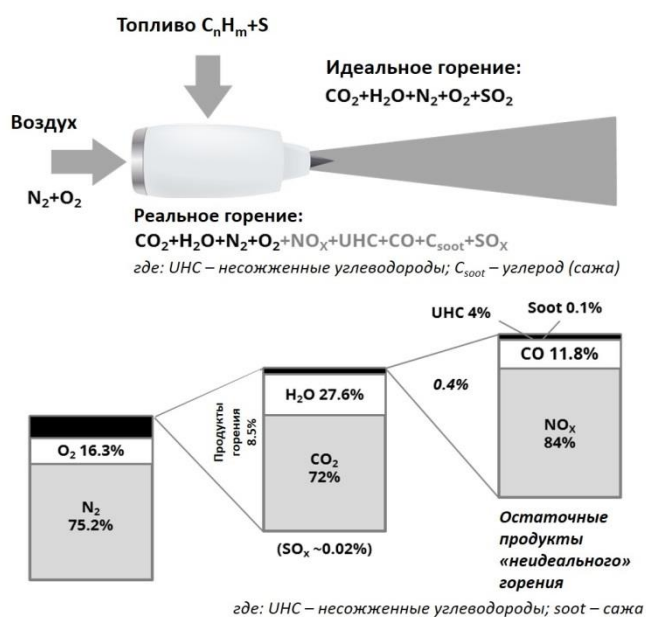


Рисунок 2.1. Сжигание авиационного топлива

Источник: Основано на Wuebbles и др., (2007).

2.2 2.2 Методики

2.2.1 2.2.1 Авиационные двигатели

Как показано на рисунка 2.2, основные типы двигателей – это

- поршневые двигатели;
- газотурбинные двигатели.

Поршневые двигатели используют поршневой и криво-шатунный механизмы для получения энергии от топлива, сжигаемого в камере сгорания. Это приводит в движение воздушные винты, которые дают импульс самолету. .

Газотурбинные двигатели сжимают воздух перед сжиганием топлива в камере сгорания, таким образом, нагревая его. Большая часть производимой энергии используется для приведения самолета в движение, в то время как небольшая часть используется для приведения в движения турбины, которая приводит в действие компрессор. Существует три основных типа газотурбинных двигателей: реактивные двигатели, в состав которых входят турбореактивные и турбовентиляторные двигатели; турбовинтовые двигатели; и турбовальные двигатели.

Турбореактивные двигатели используют энергию только от расширения потока выходящих газов для движения, в то время как турбовентиляторные и турбовинтовые двигатели используют энергию от турбины для приведения в движение соответственно вентилятора или винта для движения. Турбовальные двигатели – это вид газотурбинного двигателя, который оптимизирован для получения мощности вала, а не тяги. Турбовальные двигатели обычно используются в вертолетах и вспомогательных силовых агрегатах воздушных судов, которые требуют устойчивой и высокой выходной мощности, высокой степени надежности, небольшого размера и небольшого веса.

Следует отметить, что выбросы от вспомогательных авиационных силовых установок (ВСУ) не включены в методологии расчета, описанные в данной главе.

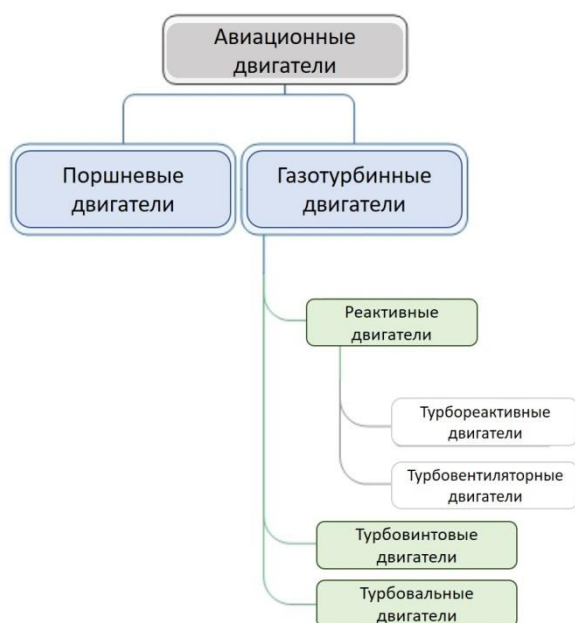


Рис. 2.2. Виды авиационных двигателей.

В Таблице 2.1 представлены наиболее распространенные виды двигателей для каждого из наиболее используемых типов воздушных судов, летающих в соответствии с Правилами полетов по приборам (ППП)³ в европейском воздушном пространстве в 2015 году. В ней показывается, что 80% полетов в рамках ППП выполняли всего 31 различных типов воздушных судов, что представляет лишь небольшой процент от 546 различных типов воздушных судов, обозначенных ЕВРОКОНТРОЛЬ-СТАТФОР (Статистика и прогнозы) (EUROCONTROL, 2016d). Каждое воздушное судно относится к типу, который обозначен кодом Международной организации гражданской авиации (ИКАО), как это определено в ИКАО «DOC 8643 – Обозначения типа Воздушных судов» (ICAO, 2016a). Например, В738 обозначает Boeing 737-800 (среди других моделей того же типа), который является самолетом с двумя реактивными двигателями. В Европе в 2015 году парк самолетов В738 был в основном оснащен следующими двигателями: CFM56-7B26, CFM56-7B24 и CFM56-7B22. Полеты В738 составляли 16,7% от 9 888 590 рейсов ППП в европейском воздушном пространстве в 2015 году.

Таблица 2-1 Авиа перемещения в Европе на тип ВС, 2015 г.

Код ИКАО	Название ВС	Количество двигателей	Тип двигателей	Полеты (%)	Совокупный % полетов	Наиболее распространенные типы двигателей для данного ВС
B738	Boeing 737-800	2	J	16.7	16.7	CFM56-7B26, CFM56-7B22, CFM56-7B27
A320	Airbus A-320	2	J	16.3	33.0	CFM56-5B4/P, V2527-A5
A319	Airbus A-319	2	J	9.6	42.7	CFM56-5B5/P, CFM56-5B6/P
A321	Airbus A-321	2	J	5.5	48.2	V2533-A5, CFM56-5B3/P
E190	Embraer ERJ-190	2	J	3.4	51.6	CF34-10E
DH8D	DHC-8-400 Dash 8	2	TP	3.2	54.8	PW150A
B737	Boeing 737-700	2	J	2.1	56.8	CFM56-7B24, CFM56-7B22, CFM56-7B20
A332	Airbus A-330-200	2	J	1.6	58.4	TRENT 772B-60, CF6-80E1A3, PW4168A
CRJ9	CRJ-900 Regional Jet	2	J	1.6	60.0	CF34-8C5
B77W	Boeing 777-300ER	2	J	1.5	61.5	GE90-115B, GE90-115BL2
E170	Embraer 170	2	J	1.4	62.9	CF34-8E5
AT75	ATR-72-500	2	TP	1.3	64.2	PW127F, PW127
A333	Airbus A-330-300	2	J	1.3	65.4	TRENT 772B-60, PW4168A, CF6-80E1A2
B763	Boeing 767-300	2	J	1.3	66.7	PW4060, CF6-80C2B7F, CF6-80C2B6
B733	Boeing 737-300	2	J	1.2	67.9	CFM56-3B1, CFM56-3C1, CFM56-3B2
B752	Boeing 757-200	2	J	1.2	69.1	RB211-535E4, RB211-535E4-B, RB211-535C
AT72	ATR-72-200	2	TP	1.0	70.1	PW124B
B772	Boeing 777-200	2	J	1.0	71.1	GE90-94B, GE90-85B, TRENT 892
B744	Boeing 747-400	4	J	1.0	72.1	CF6-80C2B1F, RB211-524H2, PW4056

³ Полеты по гражданским Правилам полетов по приборам (ППП).

DH8A	DHC-8-100 Dash 8	2	TP	0.9	73.0	PW120A
E145	Embraer EMB-145	2	J	0.8	73.8	AE3007A, AE3007A1
B734	Boeing 737-400	2	J	0.8	74.6	CFM56-3C1
B736	Boeing 737-600	2	J	0.7	75.3	CFM56-7B20
RJ1H	RJ-100 Avroliner	4	J	0.7	76.0	LF507-1F
AT76	ATR-72-600	2	TP	0.6	76.6	PW127M
B788	Boeing 787-8 Dreamliner	2	J	0.6	77.2	GENX-64B, TRENT 1000
B735	Boeing 737-500	2	J	0.6	77.8	CFM56-3B1, CFM56-3C1
BE20	Super King Air 200	2	TP	0.6	78.4	PT6A-42, PT6A-41
C56X	Citation XLS	2	J	0.6	78.9	PW545B
F100	Fokker 100	2	J	0.5	79.4	TAY 650-15
SB20	SAAB 2000	2	TP	0.5	80.0	GMA2100A
A388	Airbus A-380-800	4	J	0.5	80.5	TRENT 970-84, GP7270

J, турбовентиляторный или турбореактивный; TP, турбовинтовой

Источник: EUROCONTROL, 2016d.

2.2.2 Фазы полета

Как показано на рисунке 2.3, обычный полет ВС включает несколько стадий полета, такие как:

- рулежка (выруливание) (tax out)
- взлет (отрыв от земли) (take off)
- начальный набор высоты (Climb out)
- набор высоты (climb)
- крейсерский режим (cruise)
- снижение (descent)
- заход на взлетно-посадочную полосу (ВПП) (final approach)
- посадка (landing)
- рулежка (затуливание). (tax in)

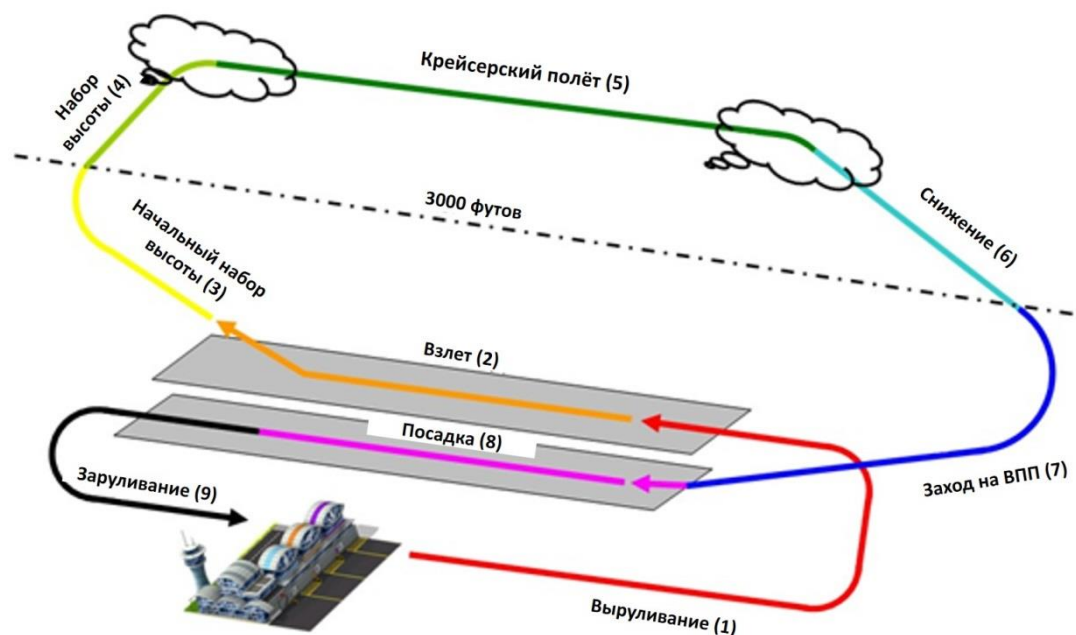


Рис. 2.1 Обычные фазы полета

Источник: EUROCONTROL

«Рулежка (выруливание)» - это контролируемое движение ВС на земле при использовании его собственной тяги между местом стоянки и местом на ВВП, с которого начнется процесс взлета.

«Взлет (отрыв от земли)» - это фаза полета, в которую ВС движется от ВВП до полета в воздухе.

«Набор высоты», разделенный на рис. 2.3 на «начальный набор высоты» и «набор высоты» — это этап полета, во время которого ВС поднимается на заданную крейсерскую высоту полета после взлета. Хотя, типичной является одна фаза набора высоты, могут встречаться и многоступенчатые фазы набора высоты.

«Крейсерский режим» происходит между набором высоты и снижением и обычно является самой длинной частью полета. Данная фаза заканчивается, когда ВС приближается к месту своего назначения и начинается фаза снижения для подготовки к посадке. Во время фазы «крейсерский режим» по причинам, связанных с эксплуатацией ВС или управлением воздушным движением/диспетчерской службой, самолет может подниматься или снижаться с одного эшелона (уровня полета) на более высокий или более низкий эшелон. В течение очень длинных перелетов, ВС может лететь выше по мере снижения веса топлива на борту. Обычно пилот запрашивает разрешение диспетчерской службы на полет на эшелоне, оптимальном для эксплуатируемого ВС. Этот оптимальный эшелон зависит, например, от типа ВС, его эксплуатационной массы и дальности полета. Диспетчерская служба обычно дает разрешение, если оно не ставит под угрозу безопасность. Для большинства коммерческих пассажирских ВС во время крейсерского режима расходуется большая часть топлива.

«Снижение» - это фаза полета, при которой ВС снижает высоту для подготовки к посадке, она является противоположной набору высоты. Как и набор высоты, снижение может быть непрерывным или ступенчатым по операционным причинам или причинам, связанных с управлением воздушным движением, непрерывный спуск является наиболее энергоэффективным вариантом.

«Заход на ВПП» - это последний этап подхода самолета к посадке, во время которого ВС находится на линии ВПП и снижается для посадки.

«Посадка» - часть полета, когда ВС возвращается на землю и до момента начала рулежки.

«Рулежка (заруливание)» - это движение ВС на собственной тяге с момента, когда ВС сворачивает с ВПП (после возвращения к нормальной скорости рулежки) и до момента остановки на земле и выключения двигателей.

2.3 Деятельность, связанная с полетами

Для целей настоящего документа, «полет» начинается, когда ВС начинает выруливание, и заканчивается, когда ВС останавливается после заруливания.

Выбросы выхлопных газов от авиации происходят при сгорании реактивного топлива и авиационного бензина. Они возникают во время всех видов деятельности, связанных с полетами, и могут быть сгруппированы по видам деятельности, как показано на рисунке 2.4 и перечислено ниже:

- Предвзлетная/предполетная деятельность
- Взлетная деятельность
- Деятельность во время ПКПС
- Деятельность в аварийных ситуациях
- Деятельность при прибытии
- Постполетная деятельность (после прибытия)
- Деятельность по техническому обслуживанию/ремонту.



Рис. 2.4 Деятельность, связанная с полетами

Источник: EUROCONTROL

Из всех перечисленных выше видов деятельности, связанных с полетами, три основных вида деятельности, для которых возможны кадастры мирового использования топлива и выбросов, - это:

- Взлетная деятельность
- Деятельность во время ПКПС
- Деятельность при прибытии

Как показано на Рисунке 2.5., различные виды деятельности, связанные с полетами, описаны ниже.

- Вылет включает действия вблизи аэропорта, которые происходят на высоте ниже 3 000 футов (914.4 м.). Сюда относится выруливание, взлет и набор высоты.
- ПКПС определяется как все виды деятельности, которые происходят на высоте выше 3 000 футов (914.4 м). Максимальная высота не дается. ПКПС включает подъем в конце стадии набора высоты до крейсерской высоты, крейсерский полет и снижение до начала стадии прибытия.
- Прибытие включает мероприятия вблизи аэропорта на высоте ниже 3 000 футов (914.4 м). Оно включает заход на ВПП, посадку и заруливание.

Примечание:

В домене инвентаризации по авиации, виды деятельности во время этапов вылеты и прилета добавляются и сообщаются вместе как действия «взлет – посадка» (ВП), в то время как виды деятельности во время этапа ПКПС добавляются и сообщаются вместе как действия «Крейсерский полет».

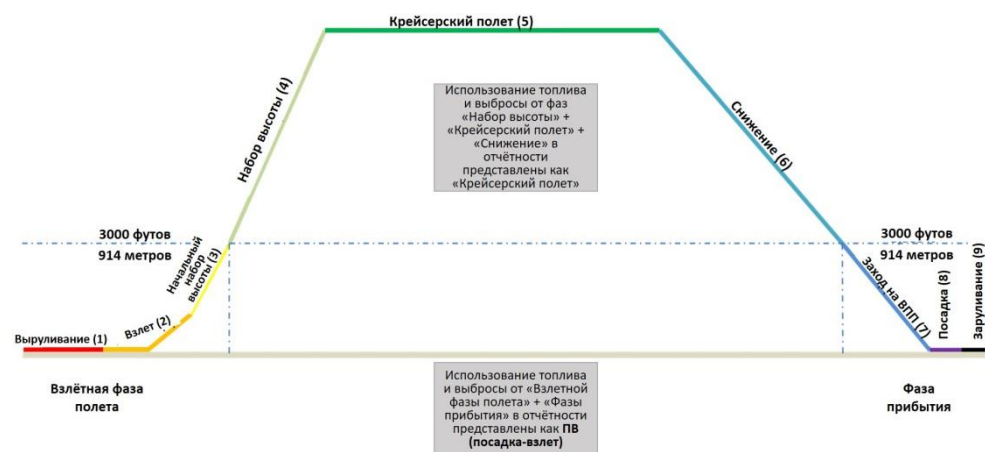


Рисунок 2.5 Виды деятельности по инвентаризации авиации в сравнении с обычными этапами полета

Источник: EUROCONTROL

2.4 Категории полетов, включенные в деятельность по инвентаризации авиации

В принципе, существует четыре категории полетов, которые должны быть включены в авиационную деятельность в стране. Этими категориями являются:

- категория 1 - полеты по ППП;
- категория 2 – гражданские полеты по правилам визуального полета (ПВП) также называемые авиацией общего пользования;
- категория 3 - гражданские вертолеты;
- категория 4 - оперативные военные полеты .

Однако для некоторых категорий данные по авиационной деятельности в стране могут быть скудными или конфиденциальными и поэтому не могут быть включены или учтены настолько тщательно, как для других категорий. Ниже описаны различные категории.

- Категория 1 — Гражданские полеты по ППП. Эта категория - наибольший источник выбросов. Данные о полете часто регистрируются для этой категории воздушных судов, а методы оценки количества сжигаемого топлива и выбросов, генерируемых этой категорией, довольно хорошо разработаны. Самолеты в категории 1 можно классифицировать в соответствии с типом двигателя, которым они оснащены: турбореактивный, турбовинтовой или поршневой.
- Категория 2 — Гражданские полеты по ПВП. Эта категория относится к малым самолетам, используемым для отдыха, сельского хозяйства, полетов в качестве воздушного такси и т. Д. Самолеты, используемые для гражданских полетов по ПВП, обычно оснащены турбовинтовыми или поршневыми двигателями.
- Категория 3 — Вертолеты. Эта категория относится ко всем видам летательных аппаратов с несущим винтом. Вертолеты часто эксплуатируются по ПВП и редко по ППП. Поэтому может быть сложно собрать точную информацию о перемещениях вертолетов в стране. В настоящее время большинство вертолетов используют турбовальные двигатели для питания своих роторов, но некоторые небольшие вертолеты по-прежнему используют поршневые двигатели. Следует отметить, что фазы полета, схематически представленные на рис. 2.3 и рис. 2.5, не относятся к способу маневра вертолетов.
- Категория 4 — Военные самолеты. В целом, данная категория включена в национальную инвентаризацию, но отчет о выбросах от военных самолетов включен в код NFR 1.А.5, а не 1.А.3.а. Однако их оценка может представлять определенные трудности из-за того, что информации мало и часто она является секретной. Некоторые передвижения военных ВС можно также включать в категорию 1, например, небоевые виды деятельности.

2.5 Вклад авиации в выбросы от сжигания от мобильных источников

На рис. 2.6 представлен вклад авиации в выбросы от сжигания из мобильных источников.



Рисунок 2.6 Вклад авиации в выбросы от сжигания от мобильных источников

Авиационные выбросы выхлопных газов классифицируются как "Международные" или "Внутренние" в зависимости от того, находится ли аэропорт прибытия или нет в том же государстве, что и аэропорт вылета (см. таблицу 3.2).

2.6 Средства регулирования

Текущая природоохранная деятельность ИКАО по большей части осуществляется с помощью Комитета по охране окружающей среды от воздействия авиации (CAEP). CAEP помогает Совету ИКАО разрабатывать новые принципы и правила и принимать новые Международные стандарты и Рекомендуемые практики (SARPS), связанные с шумом и выбросами от ВС, и, в более общем плане, воздействием авиации на окружающую среду. На данный момент, виды выбросов, для которых существуют стандарты ИКАО – это: Регулируемыми веществами являются:

- NO_x (последнее обновление в 2005 г.);
- CO (последнее обновление в 1997 г.);
- несгоревшие HCs (углеводороды) (последнее обновление в 1984 г.); и
- дым двигателей.

Стандарты, издаваемые ИКАО, в соответствии с которыми производится сертификация двигателей, выдаются в форме общего количества загрязняющих веществ (Dp), которые выбрасываются за цикл ПВ, деленного на максимальную тягу на уровне моря (Foo), и изображаются в зависимости от степени повышения давления в двигателе при максимальной тяге на уровне моря.

В таблице 2.2 приведены параметры мощности двигателя и время в режиме для цикла ПВ, указанные ИКАО (ИКАО, 2008а).

Таблица 2-2 Базовые настройки ИКАО для тяги двигателя в режиме ПВ и время в режиме

Рабочий режим	Установка тяги	Время в режиме (мин)
Взлет	100 %	0,7
Уход с набором высоты	85 %	2,2
Заход на посадку	30 %	4,0
Рулежка/земной малый газ	7 %	26,0

От имени ИКАО Европейское агентство по безопасности полетов ведет банк данных ИКАО о выбросах авиационных двигателей и содержит информацию о выбросах выхлопных газов (предоставленную производителями двигателей) для турбореактивных и турбовентиляторных двигателей, которые были запущены в производство (ICAO, 1995).

Для турбовинтовых двигателей, Шведское агентство оборонных исследований (FOI) ведет конфиденциальную базу данных об индексах выбросов NO_x, HCs и CO с соответствующими потоками топлива. Данные в этой базе данных были предоставлены производителями турбовинтовых двигателей, первоначально для целей расчета сборов за посадку, связанных с выбросами. Доступ к базе данных можно получить через специальную веб-страницу (FOI, 2016).

Единственным источником данных о выбросах для поршневых двигателей является Федеральное управление гражданской авиации (FOCA), которое отвечает за развитие авиации и наблюдение за гражданской авиацией в Швейцарии (FOCA, 2007).

Примечание: Стандарты, которые, как ожидается, будут приняты ИКАО в ближайшем будущем

Стандарт по CO₂

В феврале 2016 года в соответствии с рекомендациями CAEP был установлен новый стандарт выбросов CO₂, который был единогласно рекомендован 170 международными экспертами CAEP ИКАО, проложив путь для его окончательного принятия Советом управляющих Организации Объединенных Наций (ООН). Стандарт будет применяться не только к новым типам самолетов, начиная с 2020 года, а также к новым поставкам существующих серийных самолетов с 2023 года. Также была рекомендована предельная дата (2028 год) для производства воздушных судов, не соответствующих стандарту. В его нынешнем виде стандарт подтверждает сокращение выбросов CO₂ в результате ряда возможных технологических инноваций, будь то структурные, аэродинамические или двигательные. Предлагаемый стандарт охватывает весь диапазон размеров и типов воздушных судов, используемых в международной авиации, и охватывает технологическую осуществимость, потенциал сокращения выбросов и соображения стоимости (на основе ИКАО, 2016b).

Нелетучие ТЧ

В результате сгорания топлива в авиационных двигателях происходит выброс газообразных веществ и ТЧ в качестве побочных продуктов сгорания. В выхлопных газах двигателей выбросы твердых частиц в основном состоят из сверхтонкой сажи или черного углерода. Такие частицы называются "нелетучими" ТЧ. Они присутствуют при высоких температурах выхлопа двигателя. По сравнению с традиционными дизельными двигателями, нелетучие частицы газотурбинных двигателей, как правило, меньше по размеру. В феврале 2016 года, CAEP рекомендовал первый стандарт nVPM для авиационных двигателей с тягой более 26,7 кН.

Рекомендуется регулярно проверять веб-сайт ИКАО (<http://www.icao.int/env>) для получения самой последней информации о стандартах ИКАО.

2.7 Вклад воздушного движения в суммарные показатели выбросов

Оценивается, что суммарный вклад выбросов ВС в суммарные общие антропогенные выбросы CO₂ составляет около 2 % (IPCC, 1999). Этот относительно небольшой вклад в мировые выбросы необходимо рассматривать в связи с тем, что большинство выбросов от ВС происходит напрямую в верхние слои тропосферы и нижние слои стратосферы. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (IPCC) пришла к выводу, что вклад в радиационное воздействие составляет около 3,5 %. Важность данного источника увеличивается, т.к. объем воздушного движения стабильно растет.

Важность воздушного движения в Европе в связи с различными веществами, загрязняющих атмосферный воздух, показана в таблице 2-3.

Table 2.1 Процентные вклады авиационного сектора в национальные суммарные показатели выбросов, представленные группой стран ЕС-27 (Страны-члены ЕС вплоть до 30 июня 2013) для 1990 и 2013гг.

	Внутренние и международные циклы ПВ (% от мин. до макс.)		Международные крейсерские полеты (% от мин. до макс.)		Внутренние крейсерские полеты (% от мин. до макс.)	
	1990	2013	1990	2013	1990	2013
CO	0-0.9	0-5.6	0-1.1	0-1.2	0-0.2	0-1.4
НМЛОС	0-0.3	0-1.7	0-1.4	0-0.5	0-0.2	0-0.9
NO _x	0-2.2	0-4.3	0-3.6	0-17	0 - 1.0	0-2.3
ТЧ ₁₀	0-1.1	0-1.5	0-3.1	0-4.8	0-0.1	0-0.2
ТЧ _{2,5}	0-0.8	0-1.9	0-5.8	0-7.6	0-0.1	0-0.2
SO _x	0-0.1	0-2.7	0-1.1	0-5.4	0-0.2	0-0.5

Источник: ЕЕА 2015

3 Методы

3.1 Выбор метода

3.1.1 Краткое содержание

На Рисунке 3-1 представлена схема принятия решения для выбора метода соответствующего уровня для оценки общего расхода топлива и выбросов от авиации. Это дерево принятия решений применимо ко всем странам. При оценке авиационных выбросов необходимо учитывать следующее:

- используйте как можно более подробную информацию;
- если категория источников является ключевым источником, тогда для оценки выбросов следует использовать метод уровня 2 или уровня 3 для оценки выбросов.

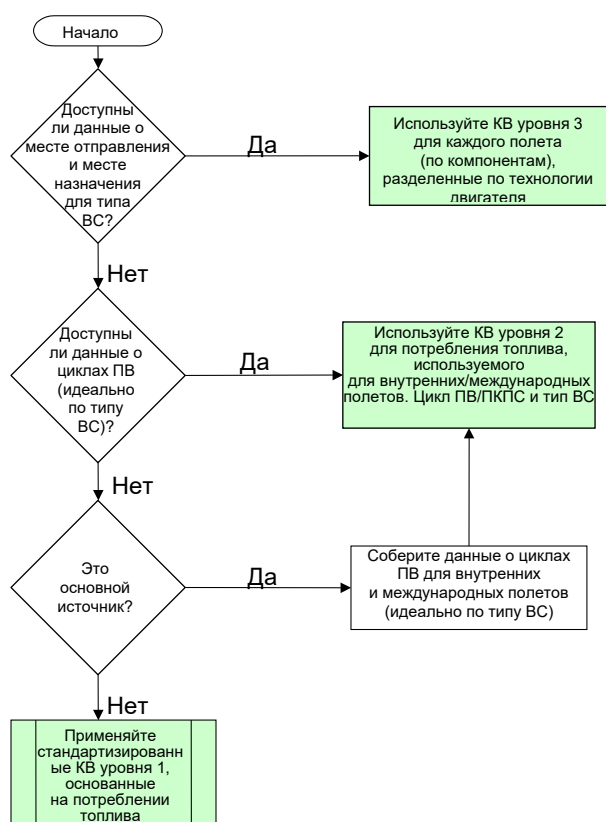


Рисунок 3-1 Дерево принятия решений для выбора метода соответствующего уровня

Примечание: КВ – коэффициенты выбросов

Три уровня упорядочены с уровнями, установленными в Методических указаниях МГЭИК 2006 (IPCC, 2006)..

В таблице 3-1 обобщены данные, необходимые для использования трех уровней с точки зрения измерения деятельности. Часто будет происходить так, что общие выбросы для полетов категории 2 и 3 будут относительно небольшими, а доступных статистических данных будет настолько мало, что для этих частей можно применять подход уровня 1.

Таблица 3-1 Обзор входных данных, необходимых для трех уровней методов инвентаризации

Уровень	Тип деятельности	Используемые данные и средства
Уровень 1	Данные о продаже топлива с разделением на внутреннее и международное применение. Общее кол-во внутренних и международных циклов ПВ.	Используйте данные о среднем смешанном парке (например, типовые КВ воздушных судов) и средние коэффициенты для циклов ПВ и ПКПС.
Уровень 2	Данные о продаже топлива с разделением на внутреннее и международное применение, как для уровня 1. Кол-во внутренних и международных циклов ПВ на тип ВС.	Использованием КВ для циклов ПВ для конкретных ВС и средние КВ для ПКПС.
Уровень 3	Данные для каждого полета с типом ВС и расстоянием полета с разделением на внутренние и международные полеты.	Уровень 3А: Используйте данные для конкретных ВС/ двигателей из сводных таблиц, к данной главе, которые доступны на сайте Руководства ЕМЕП/ЕАОС 2016г. по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (ЕАОС, 2016) Уровень 3В: Используйте Усовершенствованную модель выбросов Евроконтроля, Экологическое авиационное практическое руководство для проектирования (АЕДТ) Федерального авиационного Управления США (FAA) или аналогичные руководства с конкретным временем рулежки в аэропорту http://eea.europa.eu/emep-eea-guidebook

Методы уровня 1 и уровня 2 основаны на данных циклов ПВ и кол-ве проданного или используемого топлива, как показано на рисунке 3-2. Предполагается, что использованное топливо равно проданному топливу. С помощью данных об общем объеме проданного топлива распределение производится в соответствии с требованиями к представлению отчетности в IPCC и ЕЭК ООН. Оценку выбросов можно выполнить с помощью методологии уровня 1 или уровня 2, как изложено ниже.

Для оценки суммарных показателей выбросов CO₂, SO₂ и тяжелых металлов достаточно методологии уровня 1, т.к. выбросы данных загрязняющих веществ зависят только от топлива, а не от технологии. Выбросы ТЧ₁₀ или ТЧ_{2,5} зависят от ВС и полезной нагрузки. Поэтому при оценке суммарных показателей выбросов данных загрязняющих веществ может иметь смысл более подробный учет деятельности ВС, который используется в методологии уровня 2. Методологию уровня 3 можно использовать для получения независимой оценки выбросов топлива и CO₂ от внутреннего и международного воздушного движения.

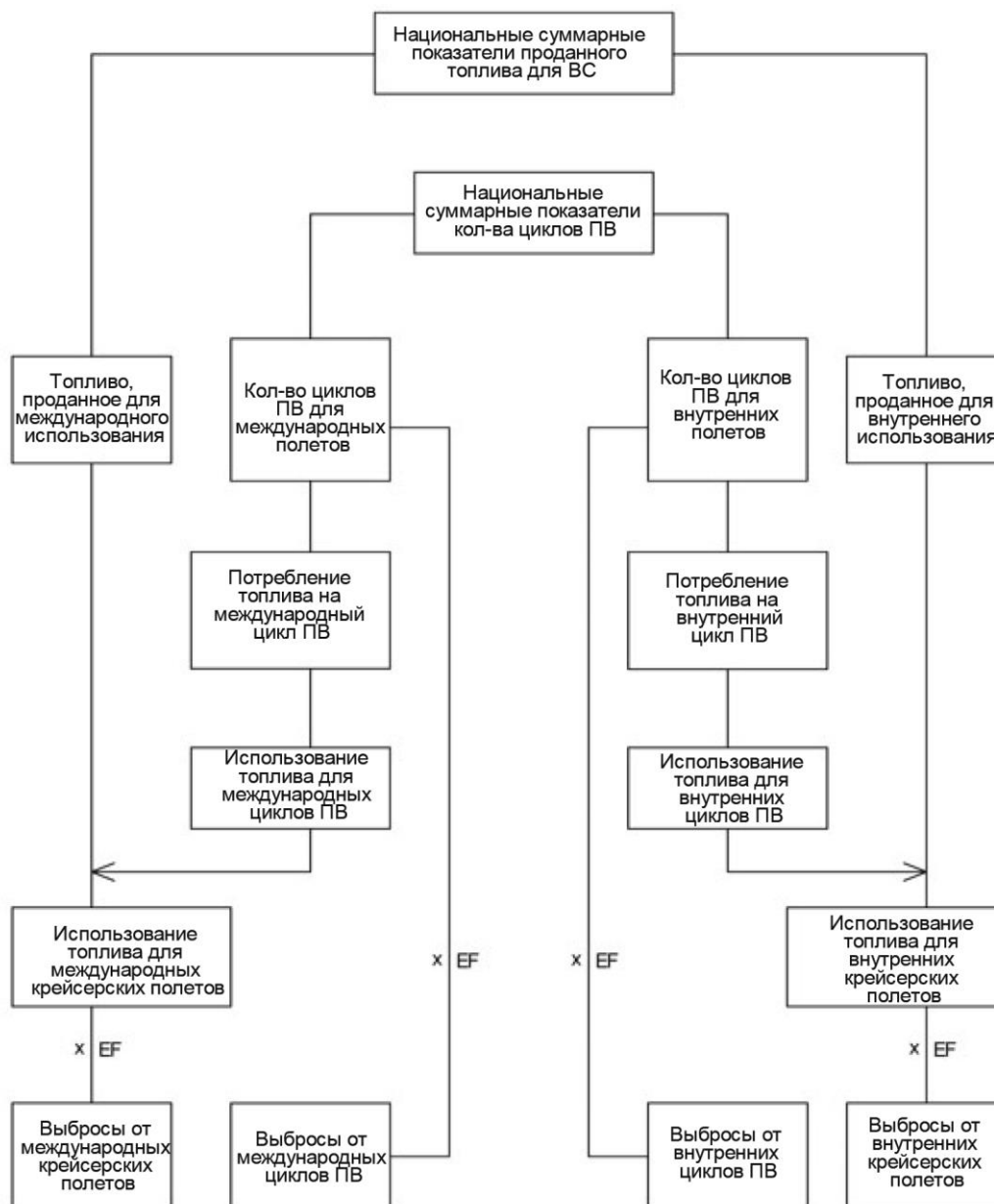


Рисунок 3.2 Оценка выбросов ВС с помощью методологий уровня 1 и уровня 2

3.1.2 Выбор данных по осуществляемой деятельности

Метод получения статистических данных по осуществляемой деятельности является очень важным для выбора между уровнем 1 и уровнем 2. Т.к. отчетность по выбросам от внутренней авиации предоставляется отдельно от отчетности по международной авиации, а также для циклов ПВ и ПКПС, необходимо произвести разукрупнение данных по осуществляемой деятельности между этими компонентами. В данном разделе представлены варианты того, как это следует делать – которые также согласованы с подходом по оценке парниковых газов. Главными отправными точками являются национальная статистика по показателям потребления топлива, а для уровня 2 – данные о взлетах и посадках с более подробной информацией о типе ВС/ двигателе..

3.1.3 Разделение на внутренние и международные данные

Для разукрупнения данных по осуществляемой деятельности на внутренние и международные, определения, приведенные в таблице 3.2, необходимо применять независимо от государственной принадлежности перевозчика. Для согласованности в соответствии с требованиями добросовестной практики используйте одинаковые определения для внутренних и международных типов авиационной деятельности. В некоторых случаях национальная энергетическая статистика не может предоставить данные, согласованные с данным определением. В соответствии с требованиями добросовестной практики рекомендуется, чтобы страны отделяли данные по осуществляемой деятельности, согласованные с данным определением. В любом случае страна должна ясно определять используемые методологии и допущения.

Таблица 3-2 Критерии определения международной или внутренней авиации (применяются для отдельных участков полета с более чем одним взлетом и посадкой).

Полет между двумя аэропортами	Внутренний	Международный
Отправление и прибытие в одной стране	Да	Нет
Отправление из одной страны, а прибытие в другую страну	Нет	Да

Примечание

Согласно прошлому опыту составления инвентаризаций авиационных выбросов были выявлены трудности относительно разделения на международные и внутренние данные, особенно в отношении получения данных о пассажирах и грузах, высаживаемых/выгружаемых и погружаемых на остановках в одной и той же стране, которые необходимы в соответствии с Руководящими принципами МГЭИК ПГ (IPCC 1997, 2006). Большинство данных о полетах собирается на основе отдельных участков полета (от взлета до следующего приземления) и не делается различия между различными типами промежуточных посадок (как требуется в GPG 2000). Поэтому проще основываться на данных об участках полета (пункт отправления и назначения), что снижает количество неопределенностей. Маловероятно, что это изменение приведет к значительному изменению количественных оценок выбросов (4). Это не приводит к изменению способа, с помощью которого представляется отчетность по выбросам от международных полетов в качестве памятного пункта, которые не включаются в национальные суммарные показатели.

Улучшение технологии и оптимизация методов работы авиакомпаний значительно сократили необходимость промежуточных технических посадок. Промежуточная техническая посадка также не приводит к изменению определения полета как внутреннего или международного. Например, если доступны конкретные данные, страны могут определять участки полета как международный, если отправление происходит из одной страны, а прибытие совершается в другую страну с промежуточной технической остановкой. Техническая остановка совершается исключительно для дозаправки или решения технических проблем, а не для смены пассажиров или груза.

(1) в соответствии с требованиями добросовестной практики рекомендуется ясно указывать причины и обоснования, по которым в какой-либо стране используются определения РДП2000.

Если национальная энергетическая статистика уже не предоставляет данные, согласованные с этим определением, тогда страны должны оценивать внутреннее и международное потребление топлива в соответствии с определением, используя указанные ниже подходы.

Нисходящие данные можно получить от налогового управления в случаях, когда топливо, проданное для внутреннего использования, облагается налогом, а топливо для международного использования налогом не облагается. Аэропорты или поставщики топлива могут располагать данными о поставках авиакеросина и авиационного бензина для внутренних и международных рейсов. В большинстве стран подлежащие выплате налоги и таможенные пошлины вводятся на топливо для внутреннего потребления, а топливо для международного потребления (бункеры) такими пошлинами и налогами не облагается. Если непосредственные источники данных отсутствуют, для различия внутреннего потребления топлива от международного можно использовать данные о внутренних налогах.

Восходящие данные можно получить из обзоров авиакомпаний об использовании топлива для внутренних и международных полетов или оценок информации о движении ВС и стандартных таблиц потребления топлива, или из обоих источников. Коэффициенты потребления топлива для ВС (топливо, используемое за цикл ПВ и на морскую милю крейсерского полета), которые можно получить от авиакомпаний, можно использовать для оценок.

Примеры источников восходящих данных, включая информацию о движении ВС:

- статистические органы или министерства по транспорту как часть национальной статистики,
- данные аэропортов,
- данные Управления воздушным движением (УВД), например, статистика Евроконтроля,
- расписания воздушных перевозчиков, которые ежемесячно публикуются независимыми поставщиками транспортных услуг;
- информация, которая содержит мировой график движения пассажирских и грузовых ВС, а также регулярные запланированные вылеты чартерных операторов.

В некоторых из этих источников описываются не все полеты (например, чартерные полеты могут не включаться). С другой стороны, данные графика авиакомпаний могут включать дублированные полеты из-за код-шеринга между авиакомпаниями или дублированные номера рейсов. Для определения и устранения дублированных данных были разработаны специальные методы (Vaughcum et al., 1998; Sutkus et al., 2001).

3.1.4 3.1.4 Военные ВС

Хотя отчетность по военной авиации здесь не приводится, целесообразно привести краткое описание методологии в данной главе с перекрестными ссылками из главы по коду НО 1.A.5. Военная деятельность здесь определяется как деятельность, для которой используется топливо, которое покупается или поставляется военным руководством страны. Выбросы от использования авиационного топлива можно оценить с помощью алгоритма уровня 1 и такого же подхода к вычислениям, который рекомендуется для гражданской авиации. Некоторые типы военно-транспортных ВС и вертолетов обладают такими же топливными характеристиками и характеристиками выбросов, как и гражданские ВС. Поэтому стандартизированные коэффициенты выбросов для гражданских ВС следует использовать для военной авиации, если данные лучшего качества недоступны. Или же использование топлива можно оценивать по часам наработки. Коэффициенты потребления топлива по умолчанию для военной авиации представлены в таблице 3.9 и 3.10.

Военные ВС (транспортные самолеты, вертолеты и истребители) могут не иметь гражданских эквивалентов, поэтому рекомендуется использовать более подробный метод анализа данных, если данные доступны. Составители инвентаризации должны консультироваться с военными экспертами для определения наиболее подходящих коэффициентов выбросов для военной авиации страны.

Из-за соображений конфиденциальности многие составители инвентаризации могут испытывать трудности при получении данных о количестве топлива, используемого для военной авиации. Военная деятельность здесь определяется как деятельность, для которой используется топливо, покупаемое или поставляемое военному руководству страны. Страны могут применять правила, используемые для определения гражданских, национальных и международных авиационных операций к военным операциям, если данные, необходимые для применения этих правил, сопоставимы и доступны. В этом случае о международных военных выбросах можно сообщать в разделе Международной авиации (Международные бункеры), но затем их необходимо демонстрировать отдельно. Данные о военном использовании топлива следует получать от государственных военных учреждений или поставщиков топлива. Если данные о разделении на международное/ внутреннее потребление топлива недоступны, все топливо, проданное для военной деятельности, следует рассматривать как топливо для внутренних полетов.

Выбросы от разнообразных операций в соответствии с Уставом Организации объединенных наций не следует включать в национальные суммарные показатели; другие выбросы, которые относятся к операциям, необходимо включать в национальные суммарные показатели выбросов одной или более сторон, участвующих в операциях. В национальных расчетах необходимо учитывать топливо, поставляемое военным страны, а также топливо, поставляемое внутри страны, но используемое военными других стран. Другие выбросы, которые относятся к операциям (например, внедорожные средства наземного обслуживания), необходимо включать в национальные суммарные показатели выбросов в соответствующую категорию источников.

Национальные условия могут различаться, и в частности на пройденные расстояния и расход топлива могут влиять национальные структуры маршрутов, большая загруженность аэропортов и практика управления воздушным движением.

3.2 Методология Уровня 1 на основе топлива

3.2.1 Алгоритм

Подход уровня 1 для авиации основан на данных о потреблении топлива для авиации, разделенные по циклам ПВ и отдельно для внутренних и международных полетов. В методе используется простой подход для оценки разделения использования топлива для ПКПС и цикла ПВ, как условно показано на рисунке 3.2.

В подходе уровня 1 для авиационных выбросов используется следующее общее уравнение:

$$E_{pollutant} = AR_{fuel\ consumption} \times EF_{pollutant} \quad (1)$$

где:

$E_{pollutant}$ = годовые показатели выбросов загрязняющих веществ для каждой фазы цикла ПВ и ПКПС для внутренних и международных полетов;

$AR_{fuel\ consumption}$ = показатели интенсивности осуществляемой деятельности по потреблению топлива для каждой фазы полета и типа маршрута полета;

$EF_{pollutant}$ = коэффициент выбросов загрязняющих веществ для соответствующей фазы полета и типа маршрута полета.

Данное уравнение применяется на национальном уровне с использованием годовых суммарных показателей использования топлива, разделенных на внутренние

и международные полеты. Информация о потреблении топлива для внутренних и международных полетов можно получить из национальной статистики, как описано выше, или же из статистических ежегодников ООН или у национальных статистических служб. Количественные оценки выбросов ВС в соответствии с уровнем 1 можно получить, следуя этапам, подробно описанным в подразделе 3.2.3.

3.2.2 Коэффициенты выбросов Уровня 1 по умолчанию

Коэффициенты выбросов уровня 1 (EFPollutant, Тип топлива) предполагают использование усредненной технологии для парка, а также знание количества внутренних и международных циклов ПВ для страны. Стандартизированные значения по топливу и выбросам представлены в прилагаемых таблицах Приложения 5 («1.А.3.а Авиация – Приложение 5 – Калькулятор основных выбросов 2016» и «1.А.3.а Авиация – Приложение 5 – Калькулятор выбросов цикла ПВ 2016») типичный тип ВС может быть выбран, если не доступны подробные данные о полете. Если имеются статистические данные о потреблении топлива и количестве циклов ПВ для внутренних и международных полетов, предположения о потреблении топлива во время цикла ПВ могут быть использованы для разделения этих данных на данные циклов ПВ и ПКПС с использованием уравнения 1.

$$\text{Общий объем топлива} = \text{топливо циклов ПВ} + \text{топливо цикла ПКПС} \\ (\text{уравнение 1})$$

Где:

$$\text{Топливо цикла ПВ} = \text{кол-во циклов ПВ} \times \text{потребление топлива на цикл ПВ}$$

$$\text{Топливо цикла ПКПС} = \text{общее потребление топлива} - \text{потребление топлива} \\ \text{циклов ПВ}$$

Авиакеросин

Используя соотношения выше и данные в прилагаемых таблицах (Приложение 5), можно рассчитать выбросы для четырех различных кодов НО.

Авиационный бензин

Предполагается, что авиационный бензин используется только внутренней авиацией. В таблице 3.3 представлены коэффициенты выбросов уровня 1 для НО 1.А.3.а.ii.(i): Гражданская авиация (внутренняя, ПВ) для ВС на бензине. Доверительные пределы 95 %, на которые приводится ссылка, составляют 50 % и 200 % от средних значений.

Таблица 3.3 Коэффициенты выбросов уровня 1 для НО 1.А.3.а.ii.(i): Гражданская авиация (внутренняя, ПВ)

Коэффициенты выбросов уровня 1				
Категория источника НО	Код	Имя		
Топливо	1.А.3.а.ii.(i)	Гражданская авиация (внутренняя, цикл ПВ)		
Не применимо	Бензин для реактивных двигателей и авиационный бензин			
Не оцениваются	ГХЦГ, ПХБ, ГХБ			
Загрязняющее вещество	Значение	Единица	Доверительный интервал 95%	
			нижний	Верхний
			Ссылка	

NO _x	4	кг/тонну топлива	2	8	Расчет, используя метод Уровня 2
CO	1200	кг/тонну топлива	600	2400	Расчет, используя метод Уровня 2
НМЛОС	19	кг/тонну топлива	9.5	38	Расчет, используя метод Уровня 2
SO _x	1	кг/тонну топлива	0.5	2	Предполагается 0,05 % S по массе

Примечания: Если доступны национальные коэффициенты выбросов ТЧ, предполагается, что фракция ЧУ ТЧ (f-ЧУ) = 0,15 (для более подробной информации см. Приложение 3).

3.2.3 Этапы расчета для подхода уровня 1

Подход уровня 1 основан на допущении, что доступны данные об объеме проданного топлива для использования в авиации, вероятнее всего из данных, собранных для страны. Также предполагается, что ежегодный объем используемого топлива равняется объему проданного топлива.

Информация об общем количестве циклов ПВ для страны должна быть доступна, предпочтительно также с местом назначения (большое и малое расстояние) для международных циклов ПВ, а также общая информация о типах ВС, выполняющих грузопассажирские перевозки.

Количественные оценки выбросов ВС в соответствии с уровнем 1 можно получить, следуя этапам, представленным ниже.

1. Получите **общий** объем проданного **топлива** для всей авиации (в килотоннах).
2. Получите общий объем **топлива**, которое используется только для **внутренних** полетов (в килотоннах).
3. Рассчитайте общий объем **топлива**, использованного для **международных** полетов, вычитая объем для внутренних полетов (этап 2) из общего объема проданного топлива (этап 1).
4. Получите **общее кол-во циклов ПВ** для внутренних полетов.
5. Рассчитайте **общий объем использованного топлива для циклов ПВ** для внутренних полетов, умножив кол-во внутренних циклов ПВ на коэффициенты внутреннего потребления топлива для одного типичного ВС (см. Приложение 5: «1.А.3.а Авиация – Приложение 5 – Калькулятор выбросов цикла ПВ 2016») (количество, полученное в этапе 4, умноженное на объем использования топлива типичного ВС).
6. Рассчитайте **объем топлива для цикла ПКПС**, использованного для внутренних полетов, вычитая объем для внутренних циклов ПВ (этап 5) из общего объема топлива, используемого для внутренних полетов (этап 2).
7. Оцените **выбросы, которые относятся к циклам ПВ внутренних полетов**, умножив коэффициенты выбросов (на цикл ПВ) для внутренних полетов на кол-во циклов ПВ для внутренних полетов. Коэффициенты выбросов предлагаются для старого и средне-возрастного парка по типичным ВС (см. Приложение 5: «1.А.3.а Авиация – Приложение 5 – Калькулятор выбросов цикла ПВ 2016»).
8. Оцените **выбросы, которые относятся к циклам ПКПС внутренних полетов**, умножив соответствующие коэффициенты выбросов (выброс/использованное топливо) в 1.А.3.а Авиация – Приложение 5 – Калькулятор выбросов цикла ПВ 2016 на объем использованного топлива для цикла ПКПС для внутренних полетов. Коэффициенты выбросов предлагаются для старого и средне-возрастного парка по типичным ВС.
9. Повторите этапы 4-8, заменив внутренние полеты на **международные**. Для международных полетов предпочтительно отличать полеты на малое расстояние

(< 1 000 морских миль⁽⁵⁾) и на большое расстояние (> 1000 морских миль). Последние обычно выполняются тяжелыми ВС, потребляющими большое кол-во топлива, по сравнению с полетами на меньшее расстояние (например, по Европе). Если различие провести невозможно, предполагается, что выбросы циклов ПВ будут сильно завышены в большинстве стран.

3.3 Метод уровня 2

3.3.1 Алгоритмы

Подход уровня 2 возможно применять, если можно получить информацию о циклах ПВ на тип ВС, однако нет доступной информации о расстояниях цикла ПКПС. Информация о типах ВС, которые используются для внутренних и международных полетов, а также кол-во циклов ПВ, выполняемых для различных типов ВС, необходима для этого метода.

За исключением этого уровня детализации по типу ВС, алгоритмы такие же, как и для подхода уровня 1:

$$E_{pollutant} = \sum_{Aircraft\ types} AR_{fuel\ consumption, aircraft\ type} \times EF_{pollutant, aircraft\ type} \quad (2)$$

где, как и раньше,:

$E_{pollutant}$ = годовые показатели выбросов загрязняющих веществ для каждой фазы цикла ПВ и ПКПС для внутренних и международных полетов;

$AR_{fuel\ consumption, aircraft\ type}$ = показатели интенсивности осуществляемой деятельности по потреблению топлива для каждой фазы полета и типа маршрута полета, для каждого типа ВС;

$EF_{pollutant, aircraft\ type}$ = коэффициент выбросов загрязняющих веществ для соответствующей фазы полета и типа маршрута полета, для каждого типа ВС.

3.3.2 Коэффициенты выбросов и использованного топлива на основе типа ВС

Таблица 3.4 представляет собой часть Приложения 5 главы об авиации «1.А.3.а Приложение 5 – Калькулятор основных выбросов 2016», в которой приведены потребление топлива циклов ПВ и коэффициенты выбросов для определенных типов ВС и их наиболее часто используемых двигателей. Обратите внимание, что значения, приведенные в таблице 3.4 для цикла ПВ, основаны на стандартном времени ИКАО для рулежки, и они могут значительно отличаться от среднего времени рулежки в европейских аэропортах. Кроме того, в Приложении 5 к главе об авиации «1.А.3.а Авиация - Приложение 5 - Калькулятор выбросов от цикла ПВ 2016» предлагается средство, позволяющее легко оценить количество используемого топлива и выбросы в течение циклов ПВ для большого диапазона воздушных судов в конкретном европейском аэропорту за конкретный год между 2005 и 2015 годами в зависимости от среднего времени рулежки. Среднее время рулежки было предоставлено Центральным бюро анализа задержек (CODA) Евроконтроля. Данные о сжигании топлива и выбросах в обеих этих таблицах были предоставлены Евроконтролем с целью поддержки Европейского Союза и государств-членов ЕС в поддержании и предоставлении европейских и национальных кадастров выбросов. Эти данные о сжигании топлива и выбросах являются смоделированными оценками, а не "абсолютными" значениями и не должны использоваться для сопоставления данных о топливной экономичности и выбросах между моделями самолетов и производителями. Двигатель,

⁽⁵⁾ Где морская миля = 1 852 км.

связанный с каждым типом воздушного судна, является наиболее распространенным типом двигателя, используемого для каждого типа воздушного судна в 2015 году.

Таблица 5.4 Примеры типов ВС и коэффициенты выбросов для циклов ПВ, а также потребление топлива на тип ВС, кг/цикл ПВ (Продолжительность цикла ПВ по умолчанию, установленная ИКАО: 32 минуты и 54 секунды)

Тип ВС	Производитель	Тип двигателя	Код двигателя	Кол-во двигателей	Топлива сожжено (кг)	CO ₂ (кг)	NO _x (кг)	SO _x (кг)	H ₂ O (кг)	CO (кг)	Углеводороды (кг)	Всего ТЧ
Aircraft type	Manufacturer	Engine type	Engine ID	Nb of engines	Fuel burn (kg)	CO ₂ (kg)	NO _x (kg)	SO _x (kg)	H ₂ O (kg)	CO (kg)	HC (kg)	PM TOTAL (kg)
A306	AIRBUS	Jet	1PW048	2	1723.14	5427.89	25.86	1.45	2119.46	14.8	1.25	0.14
A310	AIRBUS	Jet	2GE037	2	1530.55	4821.24	18.68	1.29	1882.58	13.92	1.2	0.1
A319	AIRBUS	Jet	3CM027	2	688.81	2169.76	7.46	0.58	847.24	9.49	1.96	0.06
A320	AIRBUS	Jet	3CM026	2	816.17	2570.93	11.28	0.69	1003.89	8.25	1.64	0.07
A332	AIRBUS	Jet	14RR071	2	2168.08	6829.44	35.32	1.82	2666.73	21.19	2.1	0.16
A333	AIRBUS	Jet	14RR071	2	2168.08	6829.44	35.32	1.82	2666.73	21.19	2.1	0.16
A343	AIRBUS	Jet	2CM015	4	2019.89	6362.65	34.81	1.7	2484.46	25.23	3.9	0.5
A345	AIRBUS	Jet	8RR044	4	3279.12	10329.23	57.78	2.75	4033.31	15.92	0.24	0.2
A346	AIRBUS	Jet	8RR045	4	3372.96	10624.82	64.67	2.83	4148.74	15.05	0.23	0.2
A380	AIRBUS	Jet	8RR046	4	4142.4	13048.56	67.26	3.48	5095.15	29.62	0.38	0.25
B737	BOEING	Jet	3CM032	2	824.65	2597.65	10.3	0.69	1014.32	8	0.86	0.07
B738	BOEING	Jet	8CM051	2	881.1	2775.47	12.3	0.74	1083.75	7.07	0.72	0.07
B742	BOEING	Jet	3GE077	4	3074.57	9684.89	47.54	2.58	3781.71	27.46	3.15	0.29
B743	BOEING	Jet	3GE077	4	3074.57	9684.89	47.54	2.58	3781.71	27.46	3.15	0.29
B744	BOEING	Jet	2GE045	4	3319.68	10456.98	44.45	2.79	4083.21	25.27	2.05	0.21
B752	BOEING	Jet	5RR038	2	1362.6	4292.19	14.98	1.14	1676	12.25	0.17	0.16
B753	BOEING	Jet	5RR039	2	1463.64	4610.47	17.85	1.23	1800.28	11.63	0.11	0.17
B762	BOEING	Jet	1GE012	2	1462.66	4607.37	23.76	1.23	1799.07	14.8	3.32	0.16
B763	BOEING	Jet	12PW101	2	1729.93	5449.29	26.67	1.45	2127.82	29.65	7.56	0.16
B772	BOEING	Jet	8GE100	2	2406.41	7580.19	61.24	2.02	2959.88	12.31	0.44	0.16
B773	BOEING	Jet	2RR027	2	2562.84	8072.95	52.8	2.15	3152.29	12.76	0.66	0.16
B77W	BOEING	Jet	7GE099	2	3090.84	9736.15	69.79	2.6	3801.73	47.54	5.1	0.21
B788	BOEING	Jet	11GE136	2	3474.43	10944.46	49.8	2.92	4273.55	7.97	0.3	0.25
DC8	MCDONNELL DOUGLAS	Jet	1CM003	4	1695.19	5339.85	15.62	1.42	2085.08	26.32	1.51	0.12
DC10	MCDONNELL DOUGLAS	Jet	3GE074	3	2305.93	7263.67	35.65	1.94	2836.29	20.59	2.37	0.22
E175	EMBRAER	Jet	8GE108	2	481.56	1516.91	4.44	0.4	592.32	4.11	0.04	0.03
F27	FOKKER	Turboprop	Turboprop	2	217.15	684.03	0.3	0.18	267.1	18.65	13.48	0
MD11	MCDONNELL DOUGLAS	Jet	2GE049	3	2627.91	8277.92	38.17	2.21	3232.33	18.28	1.43	0.17
T39	SABRELINER	Jet	1AS002	2	183.68	578.6	1.69	0.15	225.93	4.51	0.79	0.13

Jet – реактивный; Turboprop – турбовинтовой

Примечание: * Обозначает типы двигателей, которые были обновлены или изменены по сравнению с предыдущей версией таблицы UID – Уникальный идентификатор

3.3.3 Этапы расчета для уровня 2

Методология уровня 2 является преимущественно нисходящей методологией (по проданному топливу), в которой используется статистика о потреблении авиационного топлива (разделенная на внутреннее и международное потребление). Для разделения использования топлива на циклы ПВ и ПКПС необходимо располагать подробными данными о циклах ПВ и составе парка ВС, чтобы сделать более точную инвентаризацию, в отличие от использования только средних коэффициентов выбросов на массу использованного топлива (подход уровня 1). Методология уровня 2 должна включать все типы ВС, которые часто используются для внутренних и международных полетов. Две сопроводительные таблицы (Приложение 5), доступные на сайте *Руководства ЕМЕП/ЕАОС по инвентаризации выбросов, загрязняющих атмосферу веществ* (ЕЕА, 2016) ('1.А.3.а Авиация – Приложение 5 – Калькулятор основных выбросов 2016' и '1.А.3.а Авиация - Приложение 5 -

Калькулятор выбросов цикла ПВ 2016) представляют способ картирования текущих ВС на типичные модели ВС в базе данных.

Подход включает этапы, описанные ниже .

1. Получите **общий объем проданного топлива** для всей авиации (в килотоннах).
2. Получите общий объем **топлива**, использованного для **внутренних полетов** (в килотоннах);
3. Рассчитайте **объем топлива, использованного для международных полетов**, вычитая объем для внутренних полетов (этап 2) из общего объема проданного топлива (этап 1) (в килотоннах);
4. Получите общее кол-во циклов ПВ на тип ВС для внутренних полетов. Как упомянуто выше в данной главе, таблица «1.А.3.а Авиация Приложение 2 2016» содержит данные о большинстве типов ВС
5. Рассчитайте **использование топлива для циклов ПВ** на тип ВС для внутренних полетов. Для каждого типа ВС умножьте коэффициент использования топлива в таблице для данной главы (Приложение 5 «1.А.3.а Авиация - Приложение 5 - Калькулятор выбросов цикла ПВ 2016»), Расчеты выполняются для всех моделей типовых ВС. Рассчитайте общее использование топлива для циклов ПВ, сложив все значения вкладов, выявленные на этапе 5 для внутренних полетов. Если некоторых используемых в стране типов ВС нет в таблице, используйте данные для такого же типа, учитывая размер и срок службы. Для циклов ПВ для ВС меньшего размера и турбовинтовых ВС смотрите также раздел 3.4.1 по полетам не по ППП.
6. Рассчитайте **общее использование топлива для внутренних циклов ПКПС**, вычтя общий объем топлива для циклов ПВ, рассчитанный на этапе 6 из общего объема на этапе 2 (оценивается как в методологии уровня 1).
7. Оцените **выбросы от внутренних циклов ПВ** на тип ВС. Количество циклов ПВ для каждого типа умножается на коэффициент выбросов, который применяется для конкретного типа ВС и загрязняющего вещества. Это выполняется для всех типовых моделей ВС. Соответствующие значения использования топлива и коэффициентов выбросов можно найти в таблице для данной главы (Приложение 5 «1.А.3.а Авиация - Приложение 5 - Калькулятор выбросов цикла ПВ 2016»). Если некоторых используемых в стране типов ВС нет в этой базе данных, используйте данные для такого же типа, учитывая размер и срок службы. Для циклов ПВ для ВС меньшего размера смотрите также раздел по полетам не по приборам. Их выбросы необходимо будет оценивать по отдельности с помощью более простого метода.
8. Оцените выбросы от внутренних **циклов ПКПС**. Используйте топливо, использованное для внутренних циклов ПКПС, и соответствующие коэффициенты выбросов для наиболее общих типов ВС, которые используются для внутренних циклов ПКПС (используйте методологию уровня 1 или методологию уровня 3). Соответствующие данные по использованию топлива и коэффициентам выбросов можно найти в соответствующей таблице для методологии уровня 3 (Приложение 5 «1.А.3.а Авиация - Приложение 5 - Калькулятор выбросов цикла ПВ 2016»).
9. Рассчитайте **суммарные показатели выбросов для циклов ПВ** для внутренних полетов. Добавьте все значения вкладов от различных типов ВС, рассчитанные на этапе 7. Суммировать необходимо для каждого загрязняющего вещества, выбросы которого оцениваются (для CO₂, NO_x, SO₂ и т.д.).
10. Рассчитайте **суммарные показатели выбросов для внутренних циклов ПКПС**. Добавьте все значения вкладов от различных типов ВС, рассчитанные на этапе 8. Суммировать необходимо для каждого загрязняющего вещества, выбросы которого оцениваются (для CO₂, NO_x, SO₂ и т.д.).

11. Повторите расчет (этапы 4-10) для **международных полетов**.

3.3.4 Снижение выбросов

Подход, предполагающий учет технологии по снижению выбросов, не актуален для данной методологии.

3.3.5 Военные ВС

Методология уровня 2, т.е. методология по типам ВС, также применяется для расчета выбросов от военных ВС. Однако следует отметить, что отчетность о выбросах от военных ВС представляется в рамках кода НО 1.А.5, а не 1.А.3.а.

Существует два потенциальных показателя осуществляемой деятельности:

- общий объем топлива, используемый военными ВС, или
- количество летных часов на тип ВС, помножено на среднее потребление топлива в кг/ч.

В сопроводительных таблицах Приложения 5 «1.А.3.а Приложение 5 – Калькулятор основных выбросов 2016» и «1.А.3.а Приложение 5 – Калькулятор выбросов цикла ПВ 2016» приводятся типовые данные о потреблении топлива и данные для корректного типа военного ВС. Коэффициенты выбросов, представленные в вышеназванных таблицах (на единицу использованного топлива) можно затем использовать с данными об использованном топливе для расчета выбросов.

Таблица 3.5 Коэффициенты потребления топлива для типового военного ВС

Группа	Подгруппа	Пример ВС	Расход топлива кг/час
1. Боевая	Высокоскоростная большая тяга	струя – F16	3283
	Высокоскоростная тяга	струя – малая Tiger F-5E	2100
2. Тренировочный	Учебно-тренировочный реактивный самолет	Hawk	720
	Турбовинтовой самолет	тренировочный PC-7	120
3. Топливозаправщик/транспортное ВС	Большой топливозаправщик/транспортное ВС	C-130	2225
	Небольшое транспортное ВС	АТР	499

4. Другое	Патрульные самолеты береговой авиации	C-130	2225
-----------	---------------------------------------	-------	------

Источник: ANCAT, British Aerospace/Airbus.

Таблица 3.6 Потребление топлива на летный час для конкретного военного ВС

Тип ВС	Описание ВС	Использование топлива (литров в час)
A-10A	Двухмоторный легкий бомбардировщик.	2 331
B-1B	Четырехдвигательный стратегический бомбардировщик дальнего действия, используется только США.	13 959
B-52H	Восьмидвигательный стратегический бомбардировщик дальнего действия, используется только США.	12 833
C-12J	Двухмоторный турбовинтовой легкий транспортный самолет. Вариант Beech King Air.	398
C-130E	Четырехдвигательный турбовинтовой транспортный самолет, используется во многих странах.	2 956
C-141B	Четырехдвигательный транспортный самолет дальнего действия, используется только США.	7 849
C-5B	Четырехдвигательный большегрузный транспортный самолет дальнего действия, используется только США.	13 473
C-9C	Двухдвигательный транспортный самолет, военный вариант DC-9.	3 745
E-4B	Четырехдвигательный транспортный самолет, военный вариант Boeing 747.	17 339
F-15D	Двухдвигательный истребитель.	5 825
F-15E	Двухдвигательный истребитель-бомбардировщик.	6 951
F-16C	Одновдигательный истребитель, используется во многих странах.	3 252
KC-10A	Трехдвигательный топливозаправщик, военный вариант DC-10.	10 002
KC-135E	Четырехдвигательный топливозаправщик, военный вариант Boeing 707.	7 134
KC-135R	Четырехдвигательный топливозаправщик с более новыми двигателями, вариант Boeing 707.	6 064
T-37B	Двухдвигательный учебно-тренировочный реактивный самолет.	694
T-38A	Двухдвигательный учебно-тренировочный реактивный самолет. Идентичен F-5.	262

3.4 Методология Уровня 3 по типу полета и типу ВС

Методологии уровня 3 основаны на фактических данных о полетах для пункта отправления и назначения (ПОН) уровня 3 А или для информации о полной траектории полета уровня 3В. Эти методологии являются восходящими, основанными на полете, а не нисходящими, основанными на расчете потребления топлива. Пример системы, использующей методологию уровня 3, приведен в Приложении 4.

В уровне 3 А учитываются выбросы от цикла ПКПС для различных расстояний полета. Соответственно для данного подхода необходимо располагать данными о пункте отправления (вылета) и назначения (прибытия) и типе ВС для внутренних и международных полетов. В уровне 3 А инвентаризации моделируются с помощью данных о среднем потреблении топлива и данных о выбросах для цикла ПВ и различных расстояний цикла ПКПС, для множества категорий типичных ВС.

В данных методологии уровня 3 А учитывается объем выбросов на различных фазах полета. Также учитывается, что расход топлива связан с расстоянием полета, признавая, что расход топлива может быть сравнительно выше на относительно коротких расстояниях, чем на более длинных маршрутах.. Причина в том, что ВС использует больший объем топлива на расстояние для цикла ПВ по сравнению с фазой крейсерского полета.

Методология уровня 3В отличается от уровня 3А расчетом сжигаемого топлива и выбросами на полной траектории каждого сегмента полета с использованием информации о аэродинамических характеристиках по типам ВС и двигателей. Для использования уровня 3В требуются сложные компьютерные модели для учета всех переменных оборудования, производительности и траектории и расчетов для всех полетов за данный год.

С помощью моделей, используемых для расчета уровня 3В, можно обычно получить выходные данные по видам ВС, двигателя, аэропорта, региона и мировые показатели, а также для широты, долготы, высоты и данные по времени, для сжигаемого топлива и выбросам CO, углеводородов (HCs), CO₂, H₂O, NO_x, и SO_x. Для использования в подготовке ежегодных инвентаризаций, модель уровня 3В должна быть способна рассчитывать выбросы ВС с помощью входных данных, которые учитывают изменения воздушного движения, изменения оборудования ВС или сценарий любых входных переменных.

В идеале, компоненты моделей уровня 3В должны быть спроектированы таким образом, чтобы их можно было легко обновлять, чтобы модели были динамичными и могли оставаться актуальными с изменяющимися данными и методологиями. Список моделей уровня 3В можно найти на веб-странице группы ИКАО CAEP по моделированию и базам данных⁶

Методология уровня 3, описанная в данной главе, относится только к уровню 3А.

3.4.1 Использование топлива и коэффициенты выбросов для Уровня 3А

Как и для уровня 2 значения для CO₂, SO₂, тяжелых металлов основаны на используемом топливе, а значения ТЧ рассчитываются из выбросов ТЧ_{2,5}. Выбросы NO_x, HC, CO и дыма, а также используемое топливо рассчитываются на основе полетов с помощью коэффициентов выбросов, доступных в сопроводительной таблице Приложения 5 данной главы, которую можно найти на сайте Руководства ЕМЕП/ЕАОС по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ 2016 (ЕЕА, 2016) (www.eea.europa.eu/emep-eea-guidebook)

Полеты по правилам полета по приборам (ППП)

Использование топлива и коэффициенты выбросов для методологии уровня 3 для более чем 250 реактивных и турбовинтовых моторов и для разной дальности полета приведены в сопроводительной таблице, данная таблица доступна на сайте Руководства ЕМЕП/ЕАОС по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ 2016 (ЕЕА, 2016)

	<p>Примечание: Данные по сжигаемому топливу и выбросам, представленные в сопроводительной таблице Приложения 5, приведены с целью поддержки Европейского Союза и государств-членов ЕС в поддержании и предоставлении европейских и национальных однородных кадастров выбросов. Эти данные не должны использоваться для сопоставления данных о топливной экономичности и выбросах между моделями самолетов и производителями.</p>							
--	---	--	--	--	--	--	--	--

⁶ <http://www.icao.int/environmental-protection/Pages/modelling-and-databases.aspx>

Примечание: Обновленные значения сжигания топлива и выбросов, приведенные в сопроводительной таблице к данной главе, были рассчитаны путем использования модели Евроконтроля шумового воздействия и выбросов для получения/создания более «топливосберегающей» траектории для каждой пары (конструкция ВС/двигатель), выбранных по различной длительности этапов в рамках максимальной наблюдаемой длительности этапа для конкретной конструкции ВС, потом путем обработки траекторий, полученных Усовершенствованной моделью выбросов (АЕМ) Евроконтроля (версия 2.5.3) в автономном режиме для расчета значений сжигаемого топлива и выбросов. Эти значения значительно отличаются от значений, полученных старой моделью "PIANO". Подробное описание того, как были рассчитаны эти данные, представлены в самой таблице, а также подробный список всех охватываемых пар конструкции самолета и двигателя.

Таблица 3.7 Иллюстративный вывод таблицы для Boeing 737-400, оборудованного двумя двигателями 8СМ051

Aircraft code	Manufacturer	BOEING	Engine type Most common engine id used for modelling this aircraft type, year Number of engines	Jet	Defaults LTO (1) cycle in hh:mm:ss
	One of the models associated with this aircraft type	737-400		8CM051	
B734	Category	Landplane			Phases
					ICAO
					Abay europe-an airport, year 2014
					Taxi
					00:26:00
					00:20:02
					Take off
					00:00:42
					00:00:42
					Climb out
					00:02:12
					00:02:12
					Approach
					00:04:00
					00:04:00
					TOTAL
					00:32:54
					00:26:56

Aircraft type	B734	Most frequently observed cruise flight level	ESTIMATIONS										
			Duration in hh:mm:ss	Fuel burn in kg	CO ₂ in kg	NO _x in kg	SO _x in kg	H ₂ O in kg	CO in kg	HC in kg	PM non volatile in kg	PM volatile (organic-s) in kg	PM TOTAL in kg (3)
Default LTO (1) cycle (see	BOEING		00:26:56	800.25	2 520.79	11.92	0.67	984.31	5.55	0.57	0.0228	0.0465	0.0632
	ICAO		00:32:54	881.10	2 775.47	12.30	0.74	1083.75	7.07	0.72	0.0228	0.0514	0.0741
Enter here an CCD stage length in nm.	275	280	00:43:19	1851.29	5 831.57	30.95	1.56	2 277.08	5.03	0.64	0.0387	0.1500	0.1887
	275		01:16:13	2 732.39	8 607.03	43.25	2.30	3 360.84	12.09	1.37	0.0615	0.2014	0.2629

(1) LTO	Landing and Take-Off flight phases	(2) CCD	Climb/Cruise/Descent flight phases
(3) PM TOTAL	Total particulate matter emitted. As practically all PM emitted by modern transport aircraft has an aerodynamic diameter of less than 0.1 microns, this method considers that the masses of PM _{0.1} , PM _{2.5} , PM ₁₀ and total PM are identical.		

Aircraft type	B734	Most frequently observed cruise flight level	ESTIMATIONS										
			Duration in hh:mm:ss	Fuel burn in kg	CO ₂ in kg	NO _x in kg	SO _x in kg	H ₂ O in kg	CO in kg	HC in kg	PM non volatile in kg	PM volatile (organic-s) in kg	PM TOTAL in kg (1)
Default LTO (1) cycle (see	BOEING		00:26:56	800.25	2 520.79	11.92	0.67	984.31	5.55	0.57	0.0228	0.0465	0.0632
	ICAO		00:32:54	881.10	2 775.47	12.30	0.74	1083.75	7.07	0.72	0.0228	0.0514	0.0741
CCD stage length	125	180	00:23:00	964.26	3 037.42	16.73	0.81	1186.04	3.42	0.39	0.0355	0.0677	0.1032
	200	270	00:33:00	1406.30	4 429.85	24.70	1.18	1723.75	4.56	0.56	0.0387	0.1090	0.1477
	250	280	00:39:53	1708.02	5 380.28	29.01	1.43	2 100.87	4.88	0.62	0.0387	0.1361	0.1748
	500	320	01:14:14	3 140.69	9 893.16	48.41	2.64	3 863.04	6.31	0.89	0.0387	0.2752	0.3139
	750	360	01:50:26	4 584.45	14 441.01	67.50	3.85	5 638.88	7.79	1.20	0.0413	0.4339	0.4752
	1000	380	02:25:48	6 015.68	18 949.40	86.90	5.05	7 399.29	8.99	1.54	0.0413	0.6216	0.6629
	1500	380	03:36:27	8 987.17	28 309.60	126.75	7.55	11 054.24	11.32	2.11	0.0443	0.9431	0.9874
	2000	380	04:47:02	12 024.99	37 878.72	168.00	10.10	14 790.81	13.72	2.66	0.0497	1.2486	1.2983

Примечание: Значения, приведенные в таблице 3.10 для цикла ПВ, основаны на стандартном времени ИКАО для рулежки. Они могут значительно отличаться от среднего времени рулежки в европейских аэропортах. В таблице Приложения 5 «1.A.3.a Авиация - Приложение 5 - Калькулятор выбросов от цикла ПВ 2016», доступный на сайте Руководства ЕМЕП/ЕАОС по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ, 2016 (ЕЕА,2016) предлагается средство, позволяющее рассчитать количество используемого топлива и выбросы в течение циклов ПВ для всех европейских аэропортов с 2005 по 2015 гг.

Полеты не по ППП

Доступно мало информации о коэффициентах выбросов для полетов не по ППП и в настоящее время невозможно дать рекомендации по стандартизованным коэффициентам выбросов. В целом коэффициенты выбросов NO_x будут ниже, чем для полетов по ППП, а коэффициенты СО и ЛОС значительно выше.

Коэффициенты потребления топлива приводятся для двух категорий ВС (Cessna и другие), и они должны использоваться, если нет другой информации об использованном топливе (таблицы 3.8 и 3.9). Обратите внимание на то, что данные в таблицах относятся только к

однодвигательным самолетам. Если самолет оборудован двумя двигателями (например, Cessna 500), увеличьте значение потребления топлива вдвое. Диапазон коэффициентов выбросов приведен в МЕЕТ (1997). Сводка дана в таблице 3.10.

Некоторые коэффициенты выбросов и коэффициенты использования топлива для вертолетов и военных полетов приведены в таблицах 3.11, 3.12 и 3.13. Также обратите внимание на то, что многие типы военных ВС могут иметь гражданские эквиваленты.

Таблица 3-13 Потребление топлива для поршневых ВС

Cessna C 152, C 172, C 182 (однодвигательный)	Высота		
	0 футов	2 000 футов	4 000 футов
мощность 75 % (=135 л.с.)	41 литр/час	42 литра/час	нет данных
мощность 70 % (=126 л.с.)	37 литров/час	38 литров/час	39 литров/час
мощность 65 % (=117 л.с.)	33.5 литра/час	34 литра/час	34.5 литра/час

Примечание:

В качестве среднего значения используйте 36 литров/час.

Таблица .3.9 Потребления топлива для ВС, отличных от Cessna

Robin (французское различные типы (однодвигательные) ВС), Piper	Высота	
	0 футов	4 000 футов
мощность 70 %	36.5 литров/час	нет данных
мощность 64 %	34 литра/час	33.5 литра/час
мощность 58 %	31 литр/час	31 литр/час

Примечание:

В качестве среднего значения используйте 33 литра/час.

Таблица 3.10 Примеры коэффициентов выбросов для поршневых ВС, г/кг топлива

Тип поршневого ВС	NO _x	HC	CO	SO ₂
Нидерланды FL 0-30	2,70	20,09	1,054	0,21
FL 30-180	4,00	12,50	1,080	0,17
Германия	3,14	18,867	798	0,42

Примечание:

Умножьте FL (уровень полета) на 100, чтобы получить высоту в футах.

Источник: МЕЕТ (1997).

Таблица 3.11 Примеры коэффициентов выбросов для вертолетов и военных ВС в избранных странах [г/кг топлива]

Страна	Характер полета	NO _x	HC	CO	SO ₂
Германия	Цикл ПВ	8,3	10,9	39,3	1,1
	цикл ПКПС	2,6	8,0	38,8	1,0
	вертолета				
	боевой реактивный	10,9	1,2	10,0	0,9
	крейсерский 0,46-3 км	10,7	1,6	12,4	0,9
	крейсерский >3 км	8,5	1,1	8,2	0,9
Нидерланды	Среднее	15,8	4,0	126	0,2
	F-16	15,3	3,36	102	0,2
Швейцария	Цикл ПВ	4,631	2,59	33,9	1,025
	цикл ПКПС	5,034	0,67	14,95	0,999

Примечание: Если доступны национальные коэффициенты выбросов ТЧ, предполагается, что фракция ЧУ в ТЧ (f-ЧУ) = 0,48

Источник: МЕЕТ (1997).

Таблица 3.12 Коэффициенты выбросов для вертолетов в избранных странах в г/кг топлива

Страна	NO _x	HC	CO	SO ₂
Германия: ПКПС	2,6	8,0	38,8	0,99
Нидерланды: ПКПС	3,1	3,6	11,1	0,20
Швейцария	13,3	0,3	1,1	0,97

Источник: МЕЕТ (1997)

Таблица 3.13 Коэффициенты потребления топлива для военных ВС

Группа	Подгруппа	Типичное ВС	Расход топлива кг/час
1. Боевая	Высокоскоростная струя – большая тяга	F16	3283
			2100
2. Тренировочный	Высокоскоростная струя – малая тяга	Tiger F-5E	
3.	Учебно-тренировочный реактивный самолет Турбовинтовой тренировочный самолет	Hawk	720
		PC-7	120
Топливозаправщик/транспортное ВС	Большой топливозаправщик/транспортное ВС	C-130	2225
			499
4. Другое	Небольшое транспортное ВС	ATP	
		Патрульные самолеты береговой авиации	C-130

Источник: ANCAT, British Aerospace/Airbus

3.4.2 Алгоритм уровня 3А

Методология уровня 3А основана на фактических данных о движении ВС.

Количество использованного топлива и виды выбросов рассчитываются с помощью коэффициентов выбросов, описанных в подразделе 3.4.2, и данных о движении ВС, взятых из национальной статистики или у организаций, собирающих подобную информацию.

Полеты по правилам полета по приборам (ППП)

Суммарные показатели выбросов от ВС приводятся по сумме выбросов от различного оборудования ВС в непрерывном множестве режимов полета. В данной методологии расчеты будут упрощаться за счет классификации ВС по стандартным группам типовых видов ВС и по двум классам режимов полета: цикл ПВ и цикл ПКПС. Однако, методология позволяет производить настройки для фактического времени в режиме цикла ПВ для отдельных аэропортов. Этот метод также позволяет использовать индивидуальные сочетания ВС и двигателя, если доступны соответствующие данные.

В методологии применяются этапы, описанные ниже:

1. Соберите данные о полете из национальных данных, например, из отчетов гражданской авиации, отчетов аэропортов, агентства Евроконтроль в Европе, или расписания полетов. Таким образом, определите ВС, которые использовались в период инвентаризации, количество циклов ПВ для каждого ВС и пройденное расстояние полета.
2. Для фактически используемого ВС выберите ВС, который используется в качестве стандартной модели из таблицы эквивалентных ВС («1.А.3.а Авиация. Приложение 1 2016» и «1.А.3.а Авиация Приложение 2 2016»). Этот ВС называется "стандартным ВС". Также см. подраздел 0 по полетам не по ППП. Их выбросы необходимо будет оценивать отдельно с помощью более простого метода.
3. Смотрите подраздел **Error! Reference source not found.** 'Выбор данных по осуществляемой деятельности' для описания того, как данные по осуществляемой деятельности могут быть определены.
4. В приложенных таблицах (доступных на сайте Руководства ЕМЕП/ЕАОС по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ, 2016 (ЕЕА, 2016)) выберите тип ВС. Таблица автоматически предоставит данные по использованному топливу и по выбросам, соответствующие циклу ПВ для стандартного ВС, а также данные по использованному топливу и количеству выбросов для цикла ПКПС полета для ряда заранее определенных длительностей этапов.
5. Для определённой дистанции, отсутствующей в ряде заранее определенных длительностей этапов, просто введите дистанцию в ячейку «длина этапа ПКПС» и таблица автоматически проведет линейную интерполяцию, чтобы рассчитать соответствующее количество использованного топлива и выбросы.
6. Общее количество топлива, использованное для полета, – это сумма топлива, использованного для цикла ПВ плюс топливо, использованное для цикла ПКПС полета.
7. Суммарные показатели выбрасываемых загрязняющих веществ во время полета – это сумма выбрасываемых загрязняющих веществ во время цикла ПВ плюс количество, выбрасываемое за время цикла ПКПС.

Использование энергии, и, таким образом, выбросы, зависит от операций ВС и времени, проведенного на каждой стадии. В таблице 2-2 приведены режимы работы двигателя и время режимов цикла ПВ, установленные ИКАО (2008,а). Фактическое эксплуатационное время режима может отличаться для разных аэропортов в зависимости от воздушного движения, экологических соображений, и топографических условий. Доля топлива, использованного за полет, которая приписывается циклу ПВ, уменьшается с увеличением расстояния полета. Таким образом, значительная часть потребления топлива происходит вне цикла ПВ. Согласно исследованиям, основная часть NO_x (60–80 %), SO₂ и CO₂ (80–90 %) выбрасывается на высотах выше 1 000 м. Для СО это приблизительно 50 %, а для ЛОС это приблизительно 20–40 % (Olivier, 1991).

Если **время режима** отличается от предположений, который используются в данном отчете, можно применить поправки из основных данных в прилагаемых таблицах.

Следует отметить, что общую оценку использования топлива для внутренних полетов необходимо сравнить со статистикой о продажах или непосредственными отчетами из авиакомпаний. Если оценка использования топлива отклоняется от непосредственных наблюдений, основные параметры, используемые для оценки потребления топлива, необходимо пропорционально откорректировать, чтобы масса оцененного топлива была такой же, как и масса проданного топлива.

Полеты не по правилам полета по приборам (не-ППП)

Для некоторых типов военных ВС или самолетов для прогулочных полетов количество летных часов является лучшим показателем вида деятельности для оценки использованного топлива и выбросов, чем количество циклов ПВ. В некоторых случаях может быть напрямую доступно количество использованного топлива.

Информация об использованном топливе должна быть собрана по категории ВС. О типах топлива, керосине и авиационном бензине необходимо сообщать по отдельности. Если информация напрямую не доступна, оценивайте количество использованного топлива по часам наработки и коэффициентам потребления топлива.

Соответствующие коэффициенты выбросов и коэффициенты использования топлива следует выбрать из таблиц 3.9 и 3.13.

Чтобы получить оценку выбросов за год, значение потребления топлива в тоннах следует умножить на коэффициенты выбросов, основанные на топливе.

3.5 Профиль химических соединений выбросов

Ввиду того, что известно об очень небольшом количестве экспериментов, в которых проводился подробный анализ выхлопных газов от турбин ВС, поэтому представить конкретный профиль химических соединений выбросов не представляется возможным. В отношении NO_x и ЛОС профили могут отличаться в зависимости от установки тяги ВС и, следовательно, в зависимости от деятельности. В отношении цикла ПКПС ВС невозможно получить точные оценки коэффициентов выбросов.

В отношении циклов ПВ ситуация аналогичная. Делались попытки оценить состав профиля ЛОС. Управление по охране окружающей среды США (USEPA 2009) сообщает профиль ЛОС для ВС, оборудованных турбовентиляторным, турбореактивным и турбовинтовым двигателями, основываясь на Knighton и др. (2009). Данный состав представлен в таблице 3.14.

Следует отметить, что установки тяги во время посадки и взлета ВС отличаются (см. таблицу 2.2). Поэтому вероятно, что профили химических соединений будут отличаться для этих двух ситуаций.

Таблица 3.14 Профиль газовой фазы для ВС, оборудованного турбовентиляторным, турбореактивным и турбовинтовым двигателями

Вещество	CAS	Массовая доля	Вещество	CAS	Массовая доля
	Registry No.a			Registry No.a	
1,2,3-триметилбензол	526-73-8	0,00106	глиоксаль	107-22-2	0,01816
1,2,4-триметилбензол	95-63-6	0,0035	изобутен/1-бутен	106-98-9	0,01754
1,3,5-триметилбензол	108-67-8	0,00054	изопропилбензол d	98-82-8	0,00003
1,3-бутадиен	106-99-0	0,01687	изовалериановый альдегид	590-86-3	0,00032
1-децен	872-05-9	0,00185	кретонный альдегид	78-85-3	0,00429
1-гептен	25339-56-4	0,00438	метанол d	67-56-1	0,01805
1-гексен	592-41-6	0,00736	метилглиоксаль	78-98-8	0,01503
1-метилнафталин	90-12-0	0,00247	m-этилтолуол	620-14-4	0,00154
1-нонен	124-11-8	0,00246	m-толуиловый альдегид	620-23-5	0,00278
1-октен	25377-83-7	0,00276	m-ксилен and p-ксилен d	108-38-3 / 106-42-3	0,00282
1-пентен	109-67-1	0,00776	нафтален d	91-20-3	0,00541
2-метил-1-бутен	563-46-2	0,0014	n-декан	124-18-5	0,0032
2-метил-1-пентен	763-29-1	0,00034	n-додекан	112-40-3	0,00462
2-метил-2-бутен	513-35-9	0,00185	n-гептадекан	629-78-7	0,00009
2-метилнафталин e	91-57-6	0,00206	n-гептан	142-82-5	0,00064
2-метилпентан	107-83-5	0,00408	n-гексадекан	544-76-3	0,00049
3-метил-1-бутен	563-45-1	0,00112	n-нонан	111-84-2	0,00062
4-метил-1-пентен	691-37-2	0,00069	n-октан	111-65-9	0,00062
ацетальдегид d	75-07-0	0,04272	n-пентадекан	629-62-9	0,00173
ацетон	67-64-1	0,00369	n-пентан	109-66-0	0,00198
ацетелен	74-86-2	0,03939	n-пропилбензол	103-65-1	0,00053
акролеин d	107-02-8	0,02449	n-тетрадекан	629-59-4	0,00416
бензальдегид e	100-52-7	0,0047	n-тридекан	629-50-5	0,00535
бензол d	71-43-2	0,01681	n-ундекан	1120-21-4	0,00444
бутиральдегид	123-72-8	0,00119	o-этилтолуол	611-14-3	0,00065
c14-алкан	No CAS	0,00186	o-толуиловый альдегид	529-20-4	0,0023
c15-алкан	No CAS	0,00177	o-ксилол d	95-47-6	0,00166
c16-алкан	No CAS	0,00146	p-этилтолуол	622-96-8	0,00064
c18-алкан	No CAS	0,00002	p-толуиловый альдегид	104-87-0	0,00048
c4-бензол + c3-aroald	No CAS	0,00656	фенол d	108-95-2	0,00726
c5-бензол + c4-aroald	No CAS	0,00324	пропан	74-98-6	0,00078
цис-2-бутен	590-18-1	0,0021	пропиональдегид d	123-38-6	0,00727
цис-2-пентен	627-20-3	0,00276	пропилен	115-07-1	0,04534
кретонный альдегид	4170-30-3	0,01033	стирол d	100-42-5	0,00309
диметилафталин	28804-88-8	0,0009	толуол d	108-88-3	0,00642
этан	74-84-0	0,00521	транс-2-гексен	4050-45-7	0,0003
этилбензол d	100-41-4	0,00174	транс-2-пентен	646-04-8	0,00359
ethylenef	74-85-1	0,15461	валеральдегид	110-62-3	0,00245
формальдегид d,f	50-00-0	0,1231	неопределен b	NA	0,29213
Сумма всех веществ					1

Примечание: Значения в данной таблице могут быть обновлены в будущем, когда появятся дополнительные данные по двигателям.

- (a) CAS Registry number - уникальный численный идентификатор химических соединений, полимеров, биологических последовательностей нуклеотидов или аминокислот, смесей и сплавов, внесенных в реестр Chemical Abstracts Service
 - (b) См. обсуждение неопознанных веществ в разделе 2.1 данного отчета.
 - (c) Для коммерческой, военной и общей авиации и самолетов воздушного такси, оборудованных турбовентиляторными, турбореактивными и турбовинтовыми двигателями.
 - (d) Определен как опасный загрязнитель воздуха в Разделе 112 Закона США о чистом воздухе (затемнено выше).
 - (e) Определен как имеющий токсичные свойства в Единой системе информации о рисках US EPA (IRIS) (затемнено выше).
 - (f) Значения были скорректированы по сравнению со значениями в Knoghton и др.. (2009) для учета округления и облегчения включения данных в базу данных Speciate US EPA (где требуемая сумма значений равна 1,00000).
- Источник: USEPA (2009).

4 Качество данных

4.1 Полнота

Независимо от метода важно учитывать все топливо, используемое для авиации в стране. Методы основаны на суммарном использовании топлива, и должны полностью охватывать выбросы CO₂. Однако разделение между циклами ПВ и ПКПС не будет полным для метода уровня 2, если статистика о циклах ПВ не полная. Также в методе уровня 2 используются данные о грузопассажирских регулярных и чартерных рейсах, и таким образом охватываются не все полеты. Кроме того, метод уровня 2 не включает автоматически нерегулярные полеты и авиацию общего назначения, например сельскохозяйственные самолеты, частные реактивные самолеты или вертолеты, которые необходимо добавить, если количество топлива значительное. Полнота также может представлять проблему, когда военные данные являются секретными; в этой ситуации рекомендуется совместить военное использование топлива с другой категорией источника.

Другие виды деятельности, связанные с авиацией, при которых образуются выбросы, включают заправку и транспортировку топлива в целом, техническое обслуживание двигателей ВС и аварийный слив топлива во избежание несчастных случаев. более того, в зимнее время защита крыльев и ВС от обледенения и устранение обледенения являются источниками выбросов в аэрокомплексах. Многие материалы, используемые для данных видов деятельности, стекают с крыльев во время стоянки, рулежки и взлета и затем испаряются. Однако это очень небольшие выбросы, и специальные методы для их оценки не включаются.

Существуют дополнительные проблемы, связанные с разделением на внутренние и международные выбросы. Т.к. источники данных каждой страны являются уникальными для данной категории, не представляется возможным сформулировать общее правило относительно того, как производить распределение, если нет четких данных. Рекомендуется ясно формулировать сделанные допущения, чтобы можно было оценить полноту.

Более того, в следующих подразделах содержится дополнительная информация о том, что не включают методы.

4.1.1 Выбросы при запуске двигателя

В настоящее время имеется мало информации для оценки выбросов при запуске двигателей, и эти данные не включены в цикл ПВ. Это не имеет большого значения для общего объема

национальных выбросов, но они могут оказывать влияние на качество воздуха вблизи аэропортов.

4.1.2 Вспомогательные силовые операции

Вспомогательные силовые установки (ВСУ) используются, когда нет другого источника питания для ВС, и могут варьироваться от аэропорта к аэропорту. Это имеет место, например, если ВС не припарковано в непосредственной близости от здания терминала. Использование топлива ВСУ и соответствующие выбросы должны распределяться на основе эксплуатации воздушных судов (количество посадок и взлетов). Однако никакой методологии для этого пока не разработано. Использование ВСУ в некоторых аэропортах строго ограничено для поддержания высокого уровня качества воздуха, и поэтому этот источник потребления топлива и выбросов может сокращаться. В целом, потребление топлива и выбросы от этого источника считаются очень малыми (Winther et al. 2006,).

4.1.3 Сброс топлива в чрезвычайных ситуациях

Время от времени самолетам приходится сбрасывать топливо перед посадкой, чтобы они не превышали определенный максимальный посадочный вес. Это делается в местах и на высоте, на которой возможно избежать воздействия на местность на уровне земли. Только большие дальнемагистральные самолеты сбрасывают топливо. Выбросы НМЛОС могут стать значительными в очень крупных аэропортах с частыми рейсами на большие расстояния. Однако, поскольку наиболее вероятная высота этих выбросов будет выше 1 000 м, в настоящее время они не релевантны для отчетности ЕЭК ООН. Власти аэропортов и авиакомпании могут предоставлять информацию о масштабах (частоте и количестве) сброса и высоте в конкретных аэропортах.

4.2 Двойной учет с другими секторами

Выбросы и топливо от полетов над чужой территорией исключаются из этих расчетов, чтобы избежать двойного учета выбросов.

4.3 Проверка достоверности

Представленная здесь методология может использоваться со статистикой по международным полетам (например, от УВД) для перекрестной проверки оценок, выполненных отдельными национальными экспертами на основе национального использования топлива и статистики полетов.

Национальные оценки можно проверять по научным или центральным инвентаризациям

Для обеспечения достоверности собранных данных можно также сопоставить данные о предполагаемых выбросах и потреблении топлива на одно имеющееся место на километр полета между странами и типами воздушных судов.

4.4 Оценка неопределенности

Погрешности, связанные с расчетными выбросами от ВС, тесно связаны с коэффициентами выбросов, которые используются для расчетов.

Выбросы CO₂ (и использование топлива) обычно определяются с большей точностью, чем выбросы других загрязняющих веществ.

4.4.1 Подход уровня 1

Точность распределения топлива между внутренними и международными полетами будет зависеть от национальных условий.

Использование "стандартных" коэффициентов выбросов может значительно снизить погрешность. В отношении коэффициентов для циклов ПВ точность является более высокой, чем для циклов ПКПС (из-за источника коэффициентов, из которых берутся средние значения). Рассчитать количественную оценку погрешности будет тяжело. Однако погрешность может быть в диапазоне 20-30 % для коэффициентов для циклов ПВ и 20-45 % для коэффициентов для цикла ПКПС.

4.4.2 Подход уровня 2

Точность распределения топлива между внутренними и международными полетами будет зависеть от национальных условий. Погрешность происходит в основном из-за источника коэффициентов выбросов. Неопределенность, связанная с коэффициентами выбросов для циклов ПКПС, очень высока.

4.4.3 Подход уровня 3

Погрешности связаны с коэффициентами выбросов для двигателей. По оценкам ИКАО (1995) погрешности различных коэффициентов для циклов ПВ составляют приблизительно 5–10 %. Предполагаются, что погрешности для циклов ПКПС составляют 15–40 %.

4.5 Обеспечение/контроль качества инвентаризации (ОК/КК)

Нет конкретных проблем, связанных с обеспечением / контролем качества инвентаризации.

4.6 Координатная привязка

Аэропорты и выбросы необходимо ассоциировать с соответствующей территориальной единицей (например, страной). Аэропорты можно разделить по территориальным единицам следующим образом:

- можно определить использование топлива и объем выбросов для конкретных аэропортов, а затем суммировать, чтобы показать выбросы от региона, которые в свою очередь можно суммировать для всей страны в целом. Необходимо определить аэропорты, расположенные в различных территориальных областях;
- из национальных количественных оценок выбросов можно сделать распределение выбросов для территориальных областей и аэропортов с помощью кода, чтобы отразить авиационную деятельность (например, количество циклов ПВ) для территориальных областей и аэропортов.

4.7 Отчетность и документация

Нет конкретных проблем, связанных с отчетностью и документацией.

4.8 Области данной методологии, которые требуют проведения дополнительных изысканий

В нижеприведенных подразделах дан обзор вопросов и областей, которые требуют дополнительных изысканий.

4.8.1 Посадка и взлет (цикл ПВ)

Приоритетным является обновление коэффициентов потребления топлива и выбросов в соответствии с данными Банка данных ИКАО по выбросам авиационных двигателей, поддерживаемых EASA, с целью лучшего отражения показателей выбросов ВС, используемых в настоящее время.

Оценки использования топлива и выбросов, основанные на циклах ИКАО (ICAO, 2008) могут не точно отражать ситуацию с ВС и операциями в аэропортах в Европе.

Может потребоваться проведение более подробного исследования соотношения между незначительными загрязняющими веществами и контролируемыми загрязняющими веществами (НС, СО и NO_x).

4.8.2 Выбросы выше 3 000 футов (914,4 м)

Приоритетным является обновление коэффициентов потребления топлива и выбросов в соответствии с данными Евроконтроля, чтобы лучше отражать характеристики выбросов ВС, используемых в настоящее время. Предлагаемый инструмент расчета расхода топлива и выбросов Евроконтроль (АЕМ) использует базу данных о воздушных судах (BADA) для расчета сжигаемого топлива и выбросов свыше 3 000 футов (EUROCONTROL, 2016a и 2016b). Эта база данных содержит характеристики деятельности, зависящие от высоты и ориентации, и данные о сжигании топлива для более чем 200 типов самолетов.

Следует отметить, коэффициенты выбросов и использование топлива на коротких расстояниях (125 и 250 морских миль) трудно смоделировать и предлагаемые значения обладают высокой степенью неопределенности.

4.8.3 Выбросы ТЧ, включая ТЧ_{2,5}

Существует несоответствие между выбросами ТЧ (ОКВЧ, ТЧ₁₀ и ТЧ_{2,5}), отчетность о которых предоставляется сторонами КТЗВБР в Центр ЕМЕП по кадастрам и прогнозам выбросов (ЦКПВ), о чем свидетельствуют различные соотношения ТЧ_{2,5}/ОКВЧ и ТЧ_{2,5}/ТЧ₁₀. Чаще всего в отчетах присутствует значение 1,00, т.е. предполагается, что все выбросы ТЧ от ВС можно рассматривать как ТЧ₁₀. Это отношение также используется в данном Руководстве.

5 Глоссарий и акронимы

AEDT	Экологическое авиационное практическое руководство для проектирования
AEED	База данных ИКАО выбросов авиационных двигателей
АЕМ	Усовершенствованная модель выбросов
ANCAT	Снижение негативного влияния от воздушного транспорта, технический комитет Европейской конференции по вопросам гражданской авиации (ЕСАС)
BCU	Вспомогательная силовая установка
BC	Воздушное судно
УВД	Управление воздушным движением
ОВД	Организация воздушного движения
BADA	База данных воздушных судов Евроконтроля

BFFM2	Метод потока топлива Боинга 2
САЕР	Комитет ИКАО по охране окружающей среды от воздействия авиации
ПКПС	Подъем\ крейсерский полет/ снижение также обозначаемое «крейсерский полет» или «в полёте»
EASA	Европейское агентство по безопасности полетов (European Aviation Safety Agency)
ВЕКЦА	Восточная Европа, Кавказ и Центральная Азия
FAA	Федеральное авиационное Управление США
FEIS	Система инвентаризации сжигаемого топлива и выбросов Евроконтроля
FOA3	Аппроксимация\приближение первого порядка версия 3
FOCA	Федеральное управление гражданской авиации Швейцарии
FOI	Шведское агентство оборонных исследований
ИКАО	Международная организация гражданской авиации
ППП	Правила полета по приборам
ПВ	Посадка /взлет
MDG	Группа ИКАО САЕР по моделированию и базам данных
ПОН	Пункт отправления и назначения
SARP	Стандарты и Рекомендуемые практики
СТАТФОР	Статистика и прогнозы Евроконтроля
ПВП	Правила визуального полета
UID	Уникальный идентификатор двигателя

6 Список использованной литературы

Agrawal, H., Sawant, A. A, Jansen, K., Miller, J. W. and Cocker III, D. R., 2008, 'Characterization of chemical and particulate emissions from aircraft engines', Atmospheric Environment, (42) 4380–4392 (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231008000319>) accessed 18 September 2016.

ANCAT, 1998, ANCAT/EC2 global aircraft emission inventories for 1991/1992 and 2015, Report by the ECAC/ANCAT and EC working group, Gardner, R. (ed.).

Baughcum, S., Tritz, T.G., Henderson, S.C. and Pickett, D.C. 1996, Scheduled aircraft emission inventories for 1992: Database development and analysis, NASA contract report No 4700, NASA Langley Research Centre, Hampton, VA, (<http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19960038445.pdf>) accessed 18 September 2016.

Baughcum, S. L., Sutkus Jr., D. J. and Hendersonm, S. C., 1998, Year 2015 aircraft emission scenario for scheduled air traffic, NASA-CR-1998-207638.

- (<http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19980055200.pdf>) accessed 18 September 2016.
- Döpelheuer, A., og M. Lecht (1998): Influence of engine performance on emission characteristics. RTO AVT Symposium on 'Gas Turbine Engine Combustion, Emissions and Alternative Fuels'. NATO Research and Technology Organization. RTO meeting proceedings.
- EASA, EEA and EUROCONTROL, 2016, European aviation environmental report 2016 (<http://ec.europa.eu/transport/modes/air/aviation-strategy/documents/european-aviation-environmental-report-2016-72dpi.pdf> <https://www.eurocontrol.int/environment>) accessed 18 September 2016.
- EEA, 2016, EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook, European Environment Agency (<http://www.eea.europa.eu/themes/air/emep-eea-air-pollutant-emission-inventory-guidebook>).
- EEA, 2016, European Union emission inventory report 1990–2013 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP), European Environment Agency, (<http://www.eea.europa.eu/publications/lrtap-emission-inventory-report>) accessed 15 September 2016.
- EUROCONTROL, 2016a, 'Advanced Emission Model (AEM)' (<http://www.eurocontrol.int/services/advanced-emission-model-aem>), accessed 3 August 2016.
- EUROCONTROL, 2016b, 'Base of Aircraft Data (BADA)' (<http://www.eurocontrol.int/services/bada>) accessed 3 August 2016.
- EUROCONTROL, 2016c, 'Central Office for Delay Analysis (CODA)' (<http://www.eurocontrol.int/coda>) accessed 3 August 2016.
- EUROCONTROL, 2016d, 'Statistics and forecasts (STATFOR)' (<http://www.eurocontrol.int/statfor>), accessed 3 August 2016.
- FOCA, 2007, Aircraft piston engine emissions — Appendix 4: Nanoparticle measurements and research for cleaner AVGAS, Swiss Federal Office of Civil Aviation (https://www.bazl.admin.ch/dam/bazl/de/dokumente/Fachleute/Regulationen_und_Grundlagen/appendix_4_nanoparticlemeasurementsandresearchforcleaneravgas.pdf.download.pdf/appendix_4_nanoparticlemeasurementsandresearchforcleaneravgas.pdf), accessed June 2016.
- FOI, 2016, 'FOI:s Confidential database for turboprop engine emissions' (<http://www.foi.se/en/Our-Knowledge/Aeronautics/FOIs-Confidential-database-for-Turboprop-Engine-Emissions/>), accessed April 2016.
- ICAO, 1995, ICAO Engine Exhaust Emissions Databank, first edition, Doc 9646-AN/943, currently hosted and maintained as a website version (<https://www.easa.europa.eu/node/15672>), International Civil Aviation Organization.
- ICAO, 2008a, 'Annex 16, Volume II: Environmental protection — Aircraft engine emissions', in: International standards and recommended practices, third edition.
- ICAO, 2008b, FOA3.0 Guidance manual for use by MODTF, CAEP8-WG3-WP08 (FOA3.0 guidance manual), Working paper of the ICAO Committee on Aviation Environmental Protection Working Group 3 — Emissions Technical, 4th Meeting, 20–24 May 2008, Montreal, Canada..
- ICAO, 2010, ICAO environmental report: Chapter 1: Aviation's contribution to climate change (http://www.icao.int/environmental-protection/Documents/EnvironmentReport-2010/ICAO_EnvReport10-Ch1_en.pdf) accessed 18 September 2016

ICAO, 2011, 'Airport Air Quality Manual', Doc 9889, International Civil Aviation Organization (<http://www.icao.int/environmental-protection/Documents/Publications/FINAL.Doc%209889.1st%20Edition.alltext.en.pdf>),

ICAO, 2016a, 'DOC 8643 — Aircraft type designators' (<http://www.icao.int/publications/DOC8643/Pages/default.aspx>), last updated March 2016, International Civil Aviation Organization.

ICAO, 2016b, 'New ICAO aircraft CO2 standard one step closer to final adoption' (<http://www.icao.int/Newsroom/Pages/New-ICAO-Aircraft-CO2-Standard-One-Step-Closer-To-Final-Adoption.aspx>), International Civil Aviation Organization.

IPCC, 1997, Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories (<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>).

IPCC, 1999, IPCC special report: Aviation and the global atmosphere. Summary for policymakers, IPCC-XV/Doc. 9a (<https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/av-en.pdf>), accessed 18 September 2016.

IPCC, 2000, IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories (<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/>) accessed 23 September 2016

IPCC, 2006, IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Intergovernmental Panel on Climate Change (<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>) accessed 18 September 2016.

Kinsey, J. S., Dong, Y., Williams, D. C. and Logan, R., 2010, 'Physical characterization of the fine particle emissions from commercial aircraft engines during the Aircraft Particle Emissions eXperiment (APEX) 1–3', *Atmospheric Environment*, (44) 2147–2156.

Knighton, W. B., Herndon, S.C., and Miake-Lye, R.C. (2009). Aircraft Engine Speciated Organic Gases: Speciation of Unburned Organic Gases in Aircraft Exhaust, US Environmental Protection Agency, (<https://www3.epa.gov/otaq/regs/nonroad/aviation/420r09902.pdf>), accessed 18 September 2016.

Kupiainen, K. and Klimont, Z., 2004, Primary emissions of submicron and carbonaceous particles in Europe and the potential for their control, Interim Report IR-04-079, IIASA, Austria, 115 pp.

MEET, 1997, Kalivoda, M. T. and Kudrna, M., Methodologies for estimating emissions from air traffic, MEET Deliverable No 18, the European Commission.

Petzold, A., Ström, J., Schröder, F.P. and Kärcher, B., 1999, Carbonaceous aerosol in jet engine exhaust: emission characteristics and implications for heterogeneous chemical reactions, *Atmospheric Environment* (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231098003148>) accessed 18 September 2016.

Petzold, A., Stein, C., Nyeki, S., Gysel, M., Weingartner, E., Baltensperger, U., Giebl, H., Hittenberger, R., Döppelheuer, A., Vrchoťický, S., Puxbaum, H., Johnson, M., Hurley, C. D., Marsh, R. and Wilson, C. W., 2003, 'Properties of jet engine combustion particles during the PartEmis experiment: Microphysics and Chemistry', *Geophysical Research Letters*, (30) 1719.

Petzold, A., Marsh, R., Johnson, M., Miller, M., Sevcenco, Y., Delhaye, D., Vancassel, X., Ibrahim, A., Veira, A., Williams, P., Bauer, H., Crayford, A., Morris, S., Kay, P., Bowen, P., Bachalo, W. D. and Raper, D., 2009, Study on sampling and measurement of aircraft particulate emissions SAMPLE — Final Report, Research project EASA.2008/OP13, EASA, Cologne, Germany, 46 pp.

Olivier, J. G. J., 1991, Inventory of aircraft emissions: A review of recent literature, Report No 736 301 008, National Institute of Public Health and Environmental Protection, Bilthoven, the Netherlands.

Rogers, F., Arnott, P., Zielinska, B., Sagebiel, J., Kelly, K. E., Wagner, D. Lighty, J. S. and Sarofim, A. F., 2005, 'Real-time measurements of jet aircraft engine exhaust', Journal of Air and Waste Management Association, (55) 583–593.

Shah, S.D., Cocker, D.R. Miller, J.W. and Norbeck, J.M., 2004a, Emission rates of particulate matter and elemental and organic carbon from in-use diesel engines, Environmental Science and Technology, 38 (9) (2004), pp. 2544–2550.

Shah, S.D., Temitope, A., Ogunyoku, J., Miller, W. and Cocker D.R, 2004b, On-road emission rates of PAH and n-Alkane compounds from heavy-duty diesel vehicles, Environmental Science and Technology, 39 (14) (2004), pp. 5276–5284.

Sutkus Jr., D. J., Baughcum, S. L., and DuBois, D. P., 2001, Scheduled civil aircraft emission inventories for 1999: database development and analysis, NASA-CR-2001-211216 (<https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20020012699.pdf>), accessed 18 September 2016.

USEPA, 2009, Recommended best practice for quantifying speciated organic gas emissions from aircraft equipped with turbofan, turbojet, and turboprop engines, Version 1.0, Assessment and Standards Division, Office of Transportation and Air Quality, US Environmental Protection Agency, and AEE-300 — Emissions Division Office of Environment and Energy, Federal Aviation Administration (<http://www.epa.gov/otaq/regs/nonroad/aviation/420r09901.pdf>).

Winther, M., Kousgaard, U. and Oxbøl, A., 2006, 'Calculation of odour emissions from aircraft engines at Copenhagen Airport', Science of the Total Environment, (366) 218–232.

Winther, M. and Nielsen, O.,-K., 2011, 'Technology dependent BC and OC emissions for Denmark, Greenland and the Faroe Islands calculated for the time period 1990–2030', Atmospheric Environment, (45) 5880–5895.

Winther, M., Kousgaard, U., Ellermann, T., Ketzel, M., Løfstrøm, P., Massling, A. and Nøjgaard, J. K., 2012, Emissions from aircraft and handling equipment in Copenhagen Airport, Paper presented at 19th International Transport and Air Pollution Conference 2012, Thessaloniki, Greece.

Wuebbles, D., Gupta, M. and Ko, M., 2007, 'Evaluating the impacts of aviation on climate change', EOS Transactions of the American Geophysical Union, (88) 157–168.

7 Наведение справок

Все вопросы по данной главе следует направлять соответствующему руководителю (руководителям) экспертной группы по транспорту, работающей в рамках Целевой группы по инвентаризации и прогнозу выбросов. Пожалуйста, обратитесь к официальному сайту ЦГИПВ в Интернете (<http://tfeip-secretariat.org/expert-panels-transport/>) для контактной информации действующих руководителей экспертной группы.

Приложение 1 Прогнозы

Будущие выбросы от ВС будут определяться объемом воздушного движения, улучшением организации воздушного движения (ОВД), новым технологиям ВС и скорости, с которой обновляется парк ВС.

После публикации Европейского доклада об экологической безопасности в 2016 году, опубликованного EASA, Европейским агентством по окружающей среде (ЕАОС) и ЕВРОКОНТРОЛЕМ, в настоящее приложение включена серия прогнозов. В этих прогнозах основное внимание уделяется росту авиаперевозок, увеличению шума и выбросов, а также общему изменению экологических аспектов авиации в связи с будущими технологическими разработками, социальными изменениями и изменением климата. Это приложение в основном основано на Европейском отчете об экологической безопасности в 2016 году (EASA и др., 2016).

В результате роста объема воздушных перевозок возросло воздействие европейской авиации на окружающую среду. В период с 1990 по 2005 гг. объем воздушных перевозок и выбросы CO₂ возросли примерно на 80 %. Однако из-за технологических усовершенствований, обновления парка, повышения эффективности ОВД и экономического спада 2008 года выбросы и воздействие шума в 2014 году находились примерно на уровне 2005 года. Ожидается, что будущих улучшений будет недостаточно для предотвращения общего роста выбросов в течение следующих 20 лет, однако воздействие шума может стабилизироваться к 2035 году. На Рисунке А1.1 показан прогнозируемый объем Европейских воздушных перевозок в период с 2005 по 2035 год с различными сценариями на период после 2014 года в зависимости от роста объема перевозок выше или ниже ожидаемого. Согласно базовому прогнозу, после сохранения стабильности в период с 2005 по 2014 год, ожидается, что в период с 2014 по 2035 год объем воздушных перевозок увеличится еще на 45%.

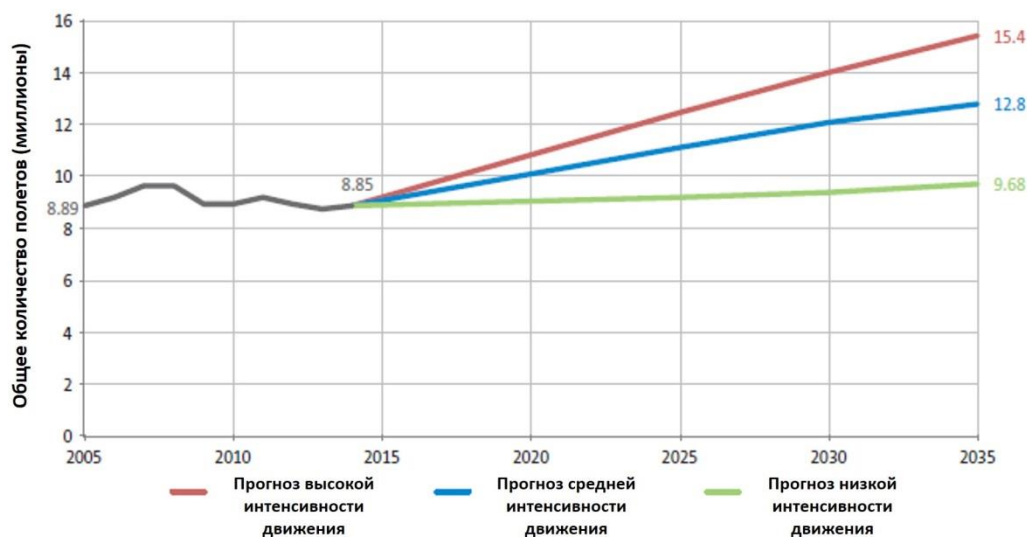


Рисунок А1.1 Прогноз объема Европейского воздушных перевозок

Источник: EASA et al., 2016

Как видно на рисунке А 1.2, выбросы CO₂ следуют той же тенденции, что и воздушные перевозки: с 1990 по 2014 год выбросы CO₂ увеличились на 80%, оставаясь стабильными в период с 2005 по 2014 год; однако ожидается, что они также увеличатся еще на 45% в период между 2014 и 2035 годами. Выбросы NO_x удвоились в период 1990-2014 годов, но ожидается, что темпы роста технологических достижений будут ниже, чем в предыдущие годы, и в

период с 2014 по 2035 год ожидается дальнейшее увеличение выбросов на 43% с учетом прогноза роста объема воздушных перевозок.

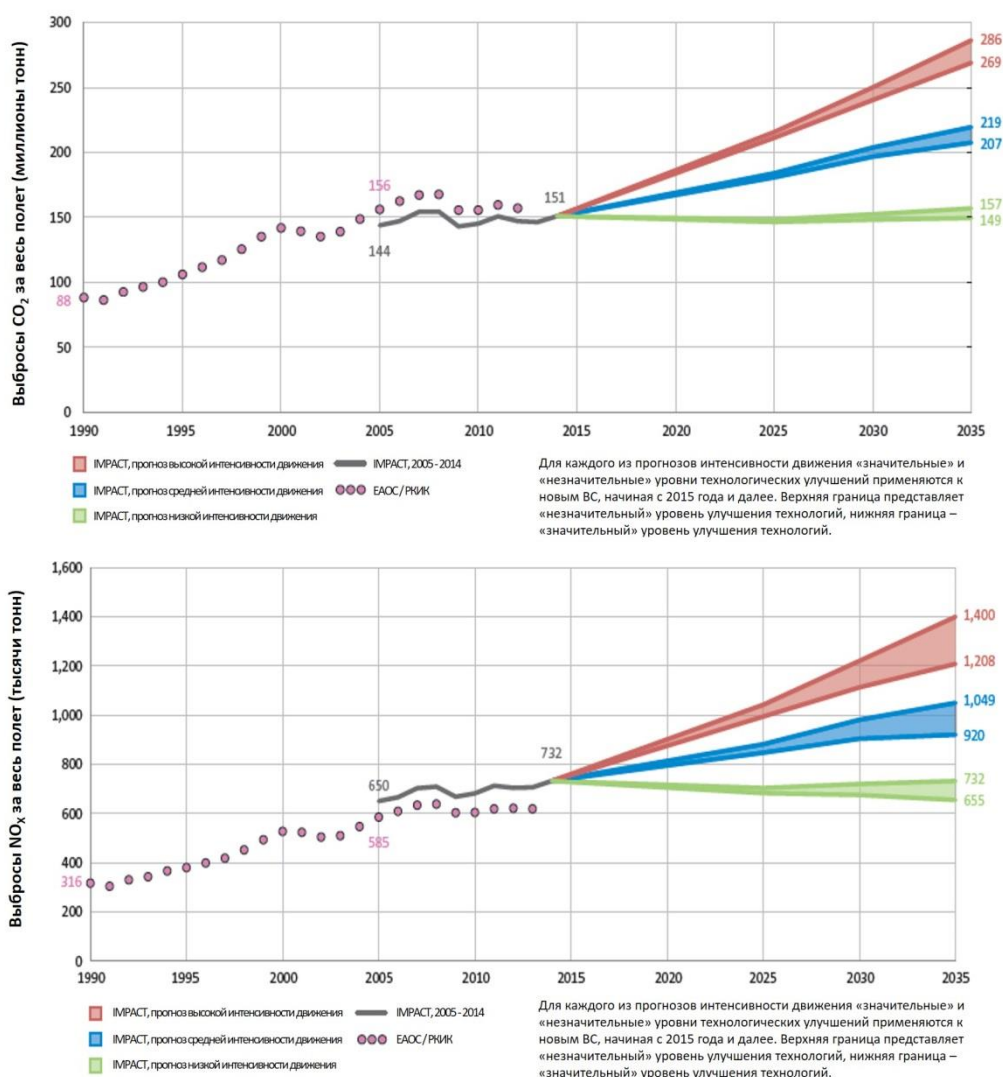


Рисунок А1.2 Прогноз роста воздушных перевозок и роста выбросов CO₂ и NO_x в зависимости от роста перевозок

Источник: EASA et al., 2016

В 2015 году 92 европейских аэропорта участвовало в Программе по углеродной аккредитации, 20 из которых были углеродно-нейтральными. Около 80 % пассажиров в Европе обслуживались через аэропорты с сертифицированной системой по защите окружающей среды или по системе управления качеством. Вместе с тем ожидается, что к 2035 году в отсутствие постоянных усилий около 20 крупных европейских аэропортов столкнутся со значительными перегрузками и связанными с ними экологическими воздействиями на окружающую среду в результате роста объема воздушных перевозок.

Выбросы загрязняющих веществ от двигателей значительно сократились благодаря технологическим разработкам. Этому способствовали более жесткие ограничения по NO_x, которые были введены во избежание потенциальных компромиссов из-за спроса на более топливосберегающие двигатели. Средний запас по NO_x к предельному значению CAEP/6 ИКАО для серийных типов двигателей за последние пять лет увеличился примерно на 15%. В настоящее время разрабатываются дополнительные стандарты на CO₂ и ТЧ, которые, как ожидается, вступят в силу в ближайшем будущем.

Таблица А1.1 резюмирует различные виды веществ в выбросах от авиации и их изменение в период с 2005 по 2014 год. Она также включает изменения, прогнозируемые до 2035 года.

Таблица А1.1 Сводная таблица показателей выбросов, основанная на данных IMPACT

Параметр	Основной прогноз на 2035, диапазон для усовершенствованных и устаревших технологий (изменения с 2005)		
	2005	2014 (изменения с 2005)	с 2005
Средний объем сжигаемого топлива на пассажиро-километр	0.0388	0.0314 (-19 %)	0.0209–0.0222 (-46 % до -43 %)
CO ₂ (мегатонна)	144	151 (+5 %)	207–219 (+44 % до +53 %)
NO _x (1 000 т)	650	732 (+13 %)	920–1049 (+42 % до +61 %)
NO _x ниже 3 000 футов (1 000 т)	53.3	58.8 (+10 %)	73.3–83.1 (+37 % до +56 %)
НС (1 000 т)	20.8	17.0 (-18 %)	22.9 (+10 %)
НС ниже 3 000 футов (1 000 т)	7.8	6.4 (-18 %)	11.0 (+40 %)
СО (1 000 т)	143	133 (-7 %)	206 (+44 %)
СО ниже 3 000 футов (1 000 т)	52.4	48.2 (-8 %)	85.5 (+63 %)
Летучие ТЧ (1 000 т)	4.18	4.47 (+7 %)	6.93 (+66 %)
Летучие ТЧ ниже 3 000 футов (1 000 т)	0.27	0.27 (-1 %)	0.41 (+50 %)
Нелетучие ТЧ (1 000 т)	2.67	2.38 (-11 %)	3.16 (+18 %)
Нелетучие ТЧ ниже 3 000 футов (1 000 т)	0.15	0.13 (-14 %)	0.17 (+11 %)

Источник: EASA et al., 2016.

Более медленный рост приводит к более медленному старению флота. Новые самолеты и двигатели более экологичны, поэтому возраст европейского авиационного парка является важным показателем. Средний возраст самолетов (с учетом количества полетов, совершаемых каждым ВС) увеличился с 9,6 до 10,3 лет, причем только в 2009 и 2010 годы наблюдались сокращения (рисунок А1.2).. Эти сокращения были обусловлены быстрым расширением парка воздушных судов лоукостеров, который моложе среднего, и выходом на пенсию менее топливозакономичных старых воздушных судов, имевшихся у традиционных регулярных операторов, в связи с более высокими ценами на топливо и падением спроса (выход на пенсию в 2008 и 2009 годах превышал 6% парка воздушных судов в год). В последние годы флот вновь начал стареть в результате более медленного роста бюджетных перевозчиков и очень ограниченного обновления флота традиционными регулярными перевозчиками. В 2014 году около половины всех рейсов выполнялись на самолетах, построенных в 2005 году или позже. Эта цифра увеличивается до трех четвертей, если учитывать только лоукостеров. Средний возраст нерегулярного чартерного флота

увеличивается наиболее стремительно, отражая спад в этом сегменте и переход на регулярные полеты. Быстрое расширение деловой авиации до 2008 года сопровождалось введением новых самолетов, но бизнес-авиация резко сократилась с экономическим спадом, с последующим смещением акцента на увеличение использования, а не на покупку новых самолетов. Средний возраст воздушных судов, используемых для всех грузовых операций (т. е. не включая пассажирские рейсы, которые также часто перевозят грузы) составляет около 19 лет в течение всего этого периода из-за обычно более низкого ежедневного использования воздушных судов.

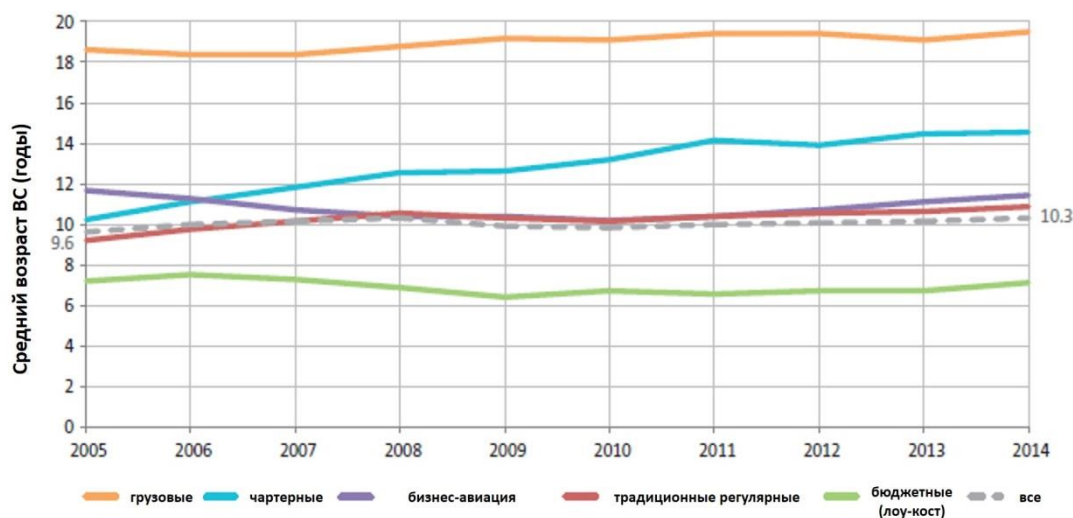


Рисунок А1.3 Средний возраст ВС медленно вырос до старше 10 лет (Источник EASA et al., 2016)

В Таблице А1.2 ниже приводится прогноз распределения возрастных групп флота на 2010 и 2020 годы.

Table A1.2 Возрастной состав мирового флота в 2010 и 2020 гг. (%)

Age (years)	% in 2010	% in 2020
0–5	27.6	32.5
6–10	20.5	22.9
11–15	19.7	17.8
16–20	23.5	16.2
21–25	8.6	10.6

Примечание: Ожидается, что увеличение парка с 2010 по 2020 составит 26 %

Коммерческое освоение экологически безопасных альтернативных видов топлива в авиационном секторе происходит очень медленно, однако предполагается, что оно сыграет важную роль в сокращении авиационной эмиссии парниковых газов в предстоящие десятилетия. В рамках инициативы «European Advanced Biofuels Flightpath» предлагается план достижения к 2020 году годовой производительности экологически безопасного биотоплива для гражданской авиации объемом 2 миллиона тонн. Экологически безопасное альтернативное топливо было опробовано на европейских коммерческих рейсах. Однако, по прогнозам, в ближайшие несколько лет экологически безопасное авиационное альтернативное топливо будет производиться на регулярной основе в очень ограниченных количествах, поэтому цель инициативы вряд ли будет достигнута к 2020 году.

Рекомендуется обратиться к EASA et al., (2016) и связанному веб-сайту, с которого можно загрузить окончательный отчет. Базовые данные в цифрах также можно загрузить в виде таблиц Excel.

Приложение 2 Дополнительные комментарии по поводу коэффициентов выбросов

ИКАО (1995) (банк данных выбросов выхлопных газов) предлагает данные по выбросам от основных авиационных двигателей для сертифицированных турбореактивных и турбовентиляторных двигателей, включая скорость использования топлива, а также коэффициенты выбросов для HC , CO и NO_x для различных установок тяги. Другие подходящие данные о выбросах берутся из других источников. Теперь банк данных выбросов выхлопных газов можно найти в Интернете (ИКАО, 1995). Кроме HC , CO и NO_x в этой версии также содержатся коэффициенты выбросов для дыма при различных установках тяги (столбцы от VL до VO банка данных). Коэффициенты выбросов ТЧ можно взять из данных для дыма, методология, используемая для данного преобразования (т.н. аппроксимация первого порядка версия 3 (FOA3)), опубликована в ИКАО, 2007.

Выбросы тяжелых металлов в принципе определяются по содержанию металлов в керосине или бензине. Таким образом, можно применять общие коэффициенты выбросов для стационарных источников сжигания керосина и сжигания бензина в легковых автомобилях. Единственным исключением является свинец. Свинец добавляется в авиационный бензин для увеличения октанового числа. Содержание свинца выше, чем в этилированном бензине для легковых автомобилей, и максимально допустимые уровни в Великобритании приведены ниже. Значение в 0,6 г свинца на литр бензина следует использовать как значение по умолчанию, если отсутствует более точная информация. Фактические данные можно получить у нефтяных компаний.

Содержание свинца в авиационном бензине, Великобритания

Обозначение авиационного бензина	Максимальное содержание свинца (как Тетраэтилсвинец)
AVGAS 80	0,14 г/л
AVGAS низкое содержание свинца 100	0,56 г/л
AVGAS 100	0,85 г/л

Доступно мало информации о ТЧ от ВС. В Petzol et al. (1999) и Döpelheuer et al. (1998) опубликованы данные для различных типов ВС. В Petzol (1999) также описывается размер частиц. Для более новых ВС в распределении частиц по размеру преобладают частицы диаметром от 0,025 до 0,15 мкм. Для более новых ВС (сертифицированных после 1976 г.), например, А300, В737 и DC10, коэффициент выбросов составляет приблизительно 0,01 г/кг топлива. В Döpelheuer (1998) также приводятся данные для различных фаз полета для А300. Коэффициент выше при взлете (0,05 г/кг) и ниже при крейсерском полете (0,0067 г/кг), в то время как коэффициент для подъема и снижения составляет 0,01 г/кг. В соответствии с научными принципами сгорания предполагается, что соотношение $\text{TCH}_{2,5}/\text{TCH}_{10}$ для авиационных двигателей будет таким же, или больше, чем для двигателей внутреннего сгорания. При условии, что соотношение для двигателей внутреннего сгорания составляет 94 %, будет целесообразно предположить, что для ВС их выбросы ТЧ можно рассматривать как $\text{TCH}_{2,5}$. Соотношение $\text{TCH}_{2,5}/\text{TCH}_{10}$ наиболее часто используется, когда значения в отчете для ЕМЕП составляют 1,0. Это отношение также используется в данном Руководстве.

В настоящий момент доступно мало информации о возможных выбросах выхлопных газов в виде стойких органических загрязнителей (СОЗ) от авиационных двигателей. Выбросы воды

(H₂O) можно взять из потребления топлива со скоростью 1 237 кг воды/кг топлива. Используя коэффициенты выбросов, особое внимание следует уделять предположениям о весовых процентах серы (предполагается значение в 0,05 %). Если процент серы в используемом топливе отличается, это необходимо учитывать. Если используемый процент серы составляет, например, 0,01 % вместо 0,05 %, коэффициент выбросов необходимо делить на 5, чтобы получить истинный коэффициент.

Приложение 3 Фракции ЧУ от авиационных выбросов ТЧ

Для соблюдения согласованности в данном руководстве необходимо отметить, что используемые значения коэффициентов выбросов, взятые из цитируемых источников, непосредственно представляют элементарный углерод (ЭУ). Данные значения принимаются равными для ЧУ.

В таблице В1 представлен краткий обзор пяти исследований, подходящих в качестве источников для данных о фракциях ЧУ от авиационных выбросов ТЧ (f-ЧУ). Помимо фракций f-ЧУ для каждого исследования перечислены типы двигателей и режимы испытания выбросов, а также условия выборки выбросов ТЧ в соответствии с доступной информацией. Некоторые из следующих источников также приводят цифры для органического углерода (ОУ), которые могут являться вводными данными для дальнейшей оценки фракций ОУ ТЧ (f-ОУ).

В **Petzold et al. (2009)** проведены испытания выбросов в четырех рабочих условиях двигателя на контрольно-испытательной установке в рамках проекта SAMPLE (Исследование по отбору проб и измерению авиационных выбросов частиц). Измерения ТЧ были скорректированы с целью включения выбросов твердых частиц в виде связанного с водой сульфата. Также измерены значения ЧУ и элементарного углерода (ЭУ). В Petzold et al. (2009) обнаружено, что ЧУ равняется ЭУ. Никаких тенденций в выбросах не наблюдалось при изменении режимов испытания двигателя.

Petzold et al. (2003) смоделировано на контрольно-испытательной установке с крейсерским режимом работы двигателя влияние выбросов от топлива с низким, средним и высоким содержанием серы на двигателях старой и новой технологий. Измерены выбросы ЧУ и ОСУ (общее содержание углерода). Затем выбросы ОСУ корректируются с направлением на 30 % вверх (ср. Petzold et al. (2009)) для расчета общей массы ТЧ и определения фракции f-ЧУ. Никаких тенденций в выбросах не наблюдалось при изменении режимов испытания двигателя.

В **Rogers et al. (2005)** проводится наземное измерение характеристик излучения факела двигателя МБР на выбросы военного истребителя с реактивным двигателем и турбовального двигателя, который используется на военных вертолетах. В Rogers et al. (2005) приводятся данные измерений выбросов ЭУ, ОУ и общей массы ТЧ, а коэффициент измеренного ЭУ упоминается как "черный коэффициент" ("black factor"). На основе одного тестового прогона они получают коэффициенты ЧУ, которые можно отнести к коэффициентам выбросов ТЧ по массе.

В **Kinsey et al (2010)** приводится отчет о наземном измерении характеристик излучения факела двигателя МБР для девяти коммерческих авиационных двигателей в трех полевых кампаниях Эксперимента с авиационными выбросами частиц (APEX), исследования 1-3. В дополнительном материале для Kinsey et al. (2010) выбросы ЭУ интерпретируются как ЧУ, и далее отмечается, что выбросы летучих ТЧ состоят из серы и органических ТЧ. В Kinsey et al. (2010) для пяти авиационных двигателей выбросы общей массы ТЧ разделяются на летучие (PMvol) и нелетучие (PMnon vol) фракции. Для данной заметки доля нелетучих частиц от общей массы ТЧ берется равной фракции f-ЧУ.

В **Agrawal et al. (2008)** приводятся данные об измерении ТЧ, ЭУ и ОУ для четырех коммерческих летательных аппаратов. Никаких тенденций в выбросах не наблюдалось при изменении режимов испытания двигателя. Для данной заметки значения ЭУ

используются для ЧУ в соответствии с предположениями, сделанными, например, Rogers et al. (2005) и Kinsey et al. (2010).

В **Winther et al. (2012)** приводятся данные расчетов выбросов ТЧ для авиационных двигателей в аэропорту Копенгагена на основе фактических летных рабочих данных и комбинаций ВС/двигателей. Метод FOA3 (ICAO, 2008) использовался для оценки выбросов ТЧ, разбитых на летучие ТЧ из серы в топливе и выхлопные ЛОС, и нелетучие ТЧ из сажи. Затем получалась весовая фракция f-ЧУ топлива (доля нелетучих частиц от общей массы ТЧ), учитывающая режимы мощности двигателя при посадке, взлете и рулежке. Фракция f-ЧУ для аэропорта Копенгагена была равна фракции f-ЧУ, рассчитанной для ПВ для аэропорта Схипхол в Амстердаме также с использованием метода FOA3 (Andreas Petzold, DLR, 2012, личные беседы).

Фракции f-ЧУ и f-ОУ (при наличии), взятые из вышеупомянутых исследований, перечислены в следующей таблице А 3.1

Таблица А 3.1 Фракции ЧУ и ОУ (в %) от выбросов ТЧ из соответствующих исследований

Исследование	Типы ВС/двигателя	Условия испытаний	f-ЧУ	f-ОУ (а)
Petzold et al. (2003)	Старый двигатель	Крейсерская, малосернистое	61	
		Крейсерская, среднесернистое	44	
		Крейсерская, высокосернистое	50	
	Новый двигатель	Крейсерская, малосернистое	75	
		Крейсерская, среднесернистое	31	
		Крейсерская, высокосернистое	40	
Agrawal et al. (2008)	CFM56-7B22	Режим 1 (4 и 7 %)	31	91.2
		Режим 2 (30 и 40 %)	8	14
		Режим 3 (65 %)	59	16
		Режим 4 (85 %)	59	24
	CFM56-3B1	Режим 1 (4 и 7 %)	48	67
		Режим 2 (30 и 40 %)	60	60
		Режим 3 (65 %)	26	44
		Режим 4 (85 %)	85	12
	CFM56-3B2	Режим 1 (4 и 7 %)	55	79
		Режим 2 (30 и 40 %)	69	33
		Режим 3 (65 %)	74	19
		Режим 4 (85 %)	79	19
	CFM56-7B22	Режим 1 (4 и 7 %)	47	189
		Режим 2 (30 и 40 %)	72	127
		Режим 3 (65 %)	86	15
		Режим 4 (85 %)	68	35
Rogers et al. (2005)	Военный T700-GE-401	F404-GE-400, 65 %-80 %, 67 %-98 %	56	19
Kinsey et al. (2010)	CFM56-2C1	Различные режимы мощности	38	62
	CFM56-3B1	Различные режимы	21	79

		мощности	режимы		
	AE3007A1E	Различные мощности		38	62
	P&W4158	Различные мощности		46	54
	RB211-535E4B	Различные мощности		59	41
Petzold et al. (2009)	Контрольно-испытательная установка	Условие 1		66	
		Условие 2		33	
		Условие 3		54	
		Условие 4		36	
Winther et al. (2012)	Авиапарк аэропорта Копенгагена / двигатель	Посадка		33	
		Взлет		54	
		Рулежка		30	
Petzold et al. (2003)		Среднее		50	
Agrawal et al. (2008)		Среднее		58	
Rogers et al. (2005)		Среднее		56	
Kinsey et al. (2010)		Среднее		40	
Petzold et al. (2009)		Среднее		47	
Winther et al. (2012)		Среднее		39	
Среднее (все)		Среднее		48	

(^е) Если значения $f\text{-OУ} > 100$, литература указывает, что это может быть результатом того, что методы отбора производят положительные погрешности. В данном случае, считается, что положительная погрешность ОУ компенсирует содержание водорода и кислорода в органической массе, основываясь на предыдущих исследованиях (Shah et al., 2004a and 2004b; Agrawal et al., 2008).

Заключение

Количество доступных данных рассматривается как недостаточное для предложения различных фракций $f\text{-ЧУ}$ для различных уровней и однозначно для циклов ПВ и ПКПС в главе руководства по авиации. Отсюда то же самое среднее значение фракции $f\text{-ЧУ}$ ($f\text{-ЧУ} = 0,48$) будет предложено для простых методов ПВ и ПКПС на уровне 1, методов уровня 2 для конкретного типа ВС, методов уровня 3 для пунктов вылета и прилета различных типов ВС, а также для военных ВС. Для поршневых ВС будут использоваться данные Winther и Nielsen (2011) ($f\text{-ЧУ} = 0,15$) на основе информации Kuriainen and Klimont (2004).

В таблице А 3.2 перечислены таблицы в главе руководства по авиации, в которых содержится информация о фракции $f\text{-ЧУ}$. Эти фракции необходимо потом совмещать с существующими коэффициентами ТЧ в Руководстве для определения итогового коэффициента выбросов ЧУ в каждом случае.

Table A3.2 lists the tables in the guidebook chapter on aviation which contain $f\text{-BC}$ fraction information. These fractions must then be combined with the existing PM factors in GB in order to establish the final BC emission factor in each case.

Таблица В2 Таблицы руководства, в котором содержатся данные о фракциях $f\text{-ЧУ}$

Таблица №	Уровень	Подробности	Источник $f\text{-ЧУ}$
3.3	1	Старый/средний флот; КВ ПВ и ПКПС	Настоящая заметка; $f\text{-ЧУ} = 0,48$

3.5	2	КВ ПВ на тип ВС	Настоящая заметка; f-ЧУ = 0,48
3.4	1	Поршневой ВС	Winther et al. (2011); f-ЧУ = 0,48
3.15	2	Военные	Настоящая заметка; f-ЧУ = 0,48

Список благодарностей от авторов

Выражаем благодарность Андреас Петзольд, DLR, за технические обсуждения.

Приложение 4 Система инвентаризации сжигаемого топлива и выбросов Евроконтроля

Евроконтроль разработал систему инвентаризации сжигаемого топлива и выбросов (FEIS), которая производит оценки общей массы реактивного топлива (для самолетов, работающих на турбореактивных, турбовентиляторных или турбовинтовых двигателях) и авиационного бензина (для самолетов, работающих на поршневых двигателях), сжигаемых всеми ВС, которые в течение года до этого совершили соответствующие полеты, с вылетом, или прилетом, или и то и другое в аэропорт (аэродром), который находился в соответствующей части территории одного из 28 государств-членов ЕС. Оценены также общие массы некоторых газообразных видов и типов ТЧ, которые выбрасываются из-за сжигания этого реактивного топлива и авиационного бензина. Эта работа проводится в поддержку стран-членов ЕАОС, включая страны-члены ЕС.

Целью данного приложения является описание на высоком уровне и процедуры, по которой делаются эти оценки, и средств, которые используются для расчетов.

Система, разработанная Евроконтролем, касается только информации о движении ВС, доступной в зоне покрытия EUROCONTROL; это также касается только полетов по ППП (полеты по ПВП не включены), и военные полеты и полеты специальных операций не включены. Для движения ВС, траектория которых находится частично или полностью вне зоны покрытия Евроконтроля, траектории дополняются или составляются для полетов согласно базе данных расписания коммерческих ВС.

В настоящее время, FEIS основывается в основном на способности Усовершенствованной модели выбросов (АЕМ) Евроконтроля обрабатывать большой объем данных в разумные сроки.

В случае FEIS, АЕМ используется, как описано ниже.

- АЕМ обрабатывает движение в полете, чтобы рассчитать количество сжигаемого топлива, а затем оценивает количество выбросов от сжигания данного топлива в двигателях. Движение в полете - передвижения самолета на земле и в воздухе (корпус самолета и его двигатель (двигатели)) по 4D- траектории (или профилю).
- Выше 3000 футов этот профиль описывается в виде последовательности прямолинейных сегментов, которые извлекаются из обновленных данных плана полета, управляемых Операционным центром операторов сети Евроконтроля (Eurocontrol Network Manager Operations Centre), или частично или полностью генерируются для полетов за пределами зоны покрытия Евроконтроля. Расход топлива рассчитывается для каждого сегмента профиля полета благодаря информации о производительности самолета, предоставленной Базой данных воздушных судов Евроконтроля (BADA) (EUROCONTROL, 2016b). Эта база данных предоставляет данные летно-технических характеристиках и расходе топлива в зависимости от высоты и пространственного положения для более чем 200 типов самолетов. После того, как количество сожженного топлива рассчитывается для

каждого сегмента, метод потока топлива Boeing 2 (BFFM2) используется для корректировки количества топлива, которое сжигается перед умножением на KB.

- Ниже 3000 футов, поскольку информация о профилях полетов не является достаточно точной, АЭМ рассчитывает количество сожженного топлива в соответствии с методологией ИКАО для цикла ПВ, которая определяется техническими условиями сертификации двигателей ИКАО и моделирует полетные движения (ниже 3000 футов) в виде серии определенных уровней тяги для определенных отрезков времени, связанных с каждой фазой полета цикла ПВ. Расход топлива рассчитывается благодаря банку данных ИКАО о выбросах авиационных двигателей (AEED), в котором имеются индексы выбросов и расход топлива для очень большого количества авиационных двигателей. Поскольку ЕВРОКОНТРОЛЬ разработал таблицу, в которой перечислен широкий диапазон моделей воздушных судов и двигателей, которыми они обычно оснащены, АЭМ может увязывать каждое полетное движение, обрабатываемое АЭМ, с конкретным двигателем, идентифицируемым по его уникальному Идентификационному номеру (UID), указанному в банке данных ИКАО о выбросах выхлопных газов двигателей. "Стандартный" цикл ПВ длится в общей сложности 32 минуты и 54 секунды, из которых двигатели находятся в режиме ожидания в течение 26 минут при рулежке перед взлетом и рулежке после посадки (19 минут и 7 минут, соответственно). Но для многих аэропортов Европы время, когда тяга двигателя установлена на холостой ход, отличается от 26 минут цикла ПВ ИКАО. Таким образом, для повышения точности системы, Евроконтроль заменяет стандартные значения ИКАО для выруливания и заруливания фактическим среднегодовым временем рулежки в аэропорту, как рассчитывается Центральным бюро анализа задержек (CODA) Евроконтроля (EUROCONTROL, 2016с). Когда известно количество топлива, сжигаемого во время цикла ПВ, можно рассчитать соответствующие выбросы.

Таблица A4.1 метод расчета АЭМ сжигаемого топлива и соответствующих выбросов

Высота (футы)	Сжигаемое топливо	NO _x , Несгоревшие углеводороды и CO	CO ₂ , H ₂ O и SO _x	VOCs
> 3 000 ПКПС	BADA	BFFM2	Пропорционально массе сожженного топлива	Пропорционально массе выработанных несгоревших углеводородов
≤ 3 000	AEED и другие базы данных			

Таким образом, FEIS, разработанный Евроконтролем, применяет метод, находящийся где-то между методологией уровней 3А и 3В.

На основе данных о сжигании топлива и выбросах, рассчитанных по каждому полетному движению в системе, Евроконтроль генерирует отчеты для оказания помощи сторонам двух следующих конвенций:

- [РКИКООН](#);
- Конвенция о ТЗВБР Европейской Экономической комиссии ООН.

FEIS обновляется ежегодно с данными о полетах за предыдущий год и оценками топлива и выбросов; данные за предыдущий год, начиная с 2005 года, сохраняются и, в случае

значительных изменений методологии, которые привели бы к изменению более чем на 5% по сравнению с оценочными выбросами за предыдущий год, пересчитываются.

Более подробное описание FEIS Евроконтроля предоставляется по запросу от ЕАОС.

Приложение 5

Сопроводительные файлы для калькулятора выбросов

Сопроводительные файлы для калькулятора выбросов доступны в виде электронного приложения к основным файлам Руководства на at <http://www.eea.europa.eu/emep-eea-guidebook>.

Пользователям доступны два файла:

- Калькулятор основных выбросов (Master emission calculator);
- Калькулятор выбросов цикла ПВ (LTO emission calculator).