



ИКАО

Doc 9889

Руководство по качеству воздуха в аэропортах

Издание второе, 2020



Утверждено и опубликовано с санкции Генерального секретаря

Международная организация гражданской авиации





| ИКАО

Doc 9889

Руководство по качеству воздуха в аэропортах

Издание второе, 2020

Утверждено и опубликовано с санкции Генерального секретаря

Международная организация гражданской авиации

Опубликовано отдельными изданиями на русском, английском, арабском, испанском, китайском и французском языках  
МЕЖДУНАРОДНОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ.  
999 Robert-Bourassa Boulevard, Montréal, Quebec, Canada H3C 5H7

Информация о порядке оформления заказов и полный список агентов по продаже и книготорговых фирм размещены на веб-сайте ИКАО [www.icao.int](http://www.icao.int).

*Издание первое, 2011*  
*Издание второе, 2020*

**Дос 9889. Руководство по качеству воздуха в аэропортах**  
Номер заказа: 9889  
ISBN 978-92-9265-300-2

© ИКАО, 2021

Все права защищены. Никакая часть данного издания не может воспроизводиться, храниться в системе поиска или передаваться ни в какой форме и никакими средствами без предварительного письменного разрешения Международной организации гражданской авиации.





# ОГЛАВЛЕНИЕ

	<i>Страница</i>
<b>Предисловие</b> .....	<b>(ix)</b>
<b>Глоссарий</b> .....	<b>(xi)</b>
<b>Акронимы и сокращения</b> .....	<b>(xiii)</b>
<b>Издания ИКАО</b> .....	<b>(xvii)</b>
<b>Глава 1. Введение</b> .....	<b>1-1</b>
1.1 Цель .....	1-1
1.2 Комитет по охране окружающей среды от воздействия авиации .....	1-1
1.3 Исходная информация .....	1-2
1.4 Оценка качества воздуха .....	1-3
<b>Глава 2. Нормативные рамки и стимулы</b> .....	<b>2-1</b>
2.1 Введение .....	2-1
2.2 Стимулы для принятия мер .....	2-2
2.3 Нормирование местного качества воздуха и регулирование выбросов загрязняющих веществ	2-3
2.4 Стандарты и правила, касающиеся эмиссии авиационных двигателей	2-7
и дорожных транспортных средств .....	2-9
2.5 Изменение правил и технологические цели .....	2-10
2.6 Реагирование нормативных органов .....	2-10
<b>Глава 3. Кадастры эмиссии</b> .....	<b>3-1</b>
3.1 Введение .....	3-1
3.2 Параметры кадастров эмиссии .....	3-2
3.3 Виды эмиссии .....	3-3
3.4 Аэропортовые источники эмиссии .....	3-4
3.5 Местная и региональная эмиссия .....	3-6
3.6 Гарантия качества .....	3-7
3.7 Прогнозирование .....	3-8
<b>Добавление 1. Методики оценки эмиссии авиационных двигателей</b> .....	<b>3-A1-1</b>
<b>Добавление 2. Эмиссия средств наземного обслуживания воздушных судов</b> .....	<b>3-A2-1</b>
<b>Добавление 3. Инфраструктурные и стационарные источники эмиссии</b> .....	<b>3-A3-1</b>
<b>Добавление 4. Эмиссия автотранспортных средств</b> .....	<b>3-A4-1</b>

	<i>Страница</i>
<b>Глава 4. Временное и пространственное распределение эмиссии .....</b>	<b>4-1</b>
4.1 Введение .....	4-1
4.2 Общие соображения, касающиеся распределения эмиссии .....	4-2
4.3 Пространственное распределение .....	4-6
4.4 Временное распределение .....	4-7
4.5 Использование компьютерных моделей .....	4-8
4.6 Форматирование и представление данных .....	4-9
<b>Глава 5. Моделирование дисперсии .....</b>	<b>5-1</b>
5.1 Введение .....	5-1
5.2 Внешние требования и стимулы .....	5-1
5.3 Общие концепции дисперсии .....	5-2
5.4 Входные данные, необходимые для моделирования .....	5-5
5.5 Расчет дисперсии .....	5-9
5.6 Результаты прогона моделей .....	5-13
5.7 Применение моделирования и интерпретация результатов .....	5-13
<b>Добавление 1. Общий обзор методик моделирования дисперсии .....</b>	<b>5-A1-1</b>
<b>Добавление 2. Модели дисперсии, широко используемые в окрестностях аэропортов .....</b>	<b>5-A2-1</b>
<b>Добавление 3. Источники климатологической информации .....</b>	<b>5-A3-1</b>
<b>Глава 6. Замеры параметров качества окружающего воздуха в аэропортах .....</b>	<b>6-1</b>
6.1 Введение .....	6-1
6.2 Требования и стимулы для измерения параметров качества воздуха .....	6-1
6.3 План проведения замеров .....	6-2
6.4 Анализ данных .....	6-7
6.5 Гарантия/контроль качества замеров .....	6-11
<b>Добавление 1. Описание некоторых методов выполнения замеров .....</b>	<b>6-A1-1</b>
<b>Добавление 2. Примеры методов измерения .....</b>	<b>6-A2-1</b>
<b>Добавление 3. Справочный материал (выборка) .....</b>	<b>6-A3-1</b>
<b>Глава 7. Варианты смягчения последствий .....</b>	<b>7-1</b>
7.1 Введение .....	7-1
7.2 Методика планирования мер по смягчению последствий .....	7-1
7.3 Варианты смягчения последствий .....	7-6
<b>Добавление к главе 7. Справочные материалы .....</b>	<b>7-A1-1</b>

---

	<i>Страница</i>
<b>Глава 8. Взаимосвязь мер по смягчению воздействия на окружающую среду .....</b>	<b>8-1</b>
8.1 Введение .....	8-1
8.2 Рекомендации относительно оценки взаимосвязей .....	8-2
8.3 Взаимосвязи при выполнении наземных операций .....	8-3
8.4 Взаимосвязи на этапе вылета .....	8-5
8.5 Взаимосвязи на этапе прибытия .....	8-7
8.6 Конкретные примеры. Циркуляр 317 ИКАО .....	8-9

Справочные материалы

---



## ПРЕДИСЛОВИЕ

1. Настоящее руководство охватывает развивающуюся область знаний и содержит имеющуюся на данный момент информацию, степень проработки которой позволяет представить ее в виде международного инструктивного материала. В этом руководстве рассматриваются вопросы оценки качества воздуха в аэропортах, входящие в непосредственную компетенцию Международной организации гражданской авиации (ИКАО) (такие, как эмиссия основных двигателей), или другие неавиационные источники (такие, как котлоагрегаты, наземное вспомогательное оборудование и дорожное движение), которые, по общему мнению, в большей или меньшей степени оказывают влияние на качество воздуха.
2. Некоторые вопросы, имеющие непосредственное отношение к потенциальным источникам эмиссии, в данном руководстве не рассматриваются (например, эффект скорости поступательного движения воздушного судна, влияние внешних условий на авиационную эмиссию, эмиссия при запуске двигателей воздушных судов, износ тормозов и покрышек колес воздушных судов), однако они известны и ИКАО, государства-члены, организации-наблюдатели или другие специализированные организации будут их дополнительно изучать с учетом практического опыта.
3. В этом втором издании руководства содержатся главы, посвященные таким вопросам, как нормативные рамки и стимулы для принятия мер в области местного качества воздуха, практика составления кадастров эмиссии и временное и пространственное распределение эмиссии, составление кадастров эмиссии (включая тщательно разработанную подробную методику расчета авиационной эмиссии), моделирование дисперсии, выполнение замеров в аэропортах, варианты смягчения последствий и взаимосвязи, обусловленные подходами к смягчению последствий воздействия на окружающую среду. Для тех, кто заинтересован в более подробном изучении этих проблем, в документе даются ссылки на другие справочные материалы.
4. Предполагается, что настоящее руководство будет "живым" документом, который, по мере накопления знаний, будет соответственно обновляться. Замечания в отношении настоящего руководства, в частности те, которые касаются его применения и полезности, будут с благодарностью приняты. Эти замечания будут учтены при подготовке последующих изданий. Замечания в отношении данного руководства следует направлять по адресу:

The Secretary General  
International Civil Aviation Organization  
999 Robert-Bourassa Boulevard  
Montréal, Quebec H3C 5H7  
Canada



## ГЛОССАРИЙ

**Агрегат аэродромного питания (ААП).** Обеспечивает подачу электроэнергии на борт воздушного судна, находящегося на земле.

**Взлетно-посадочный цикл (ВПЦ).** ВПЦ состоит из четырех этапов полета воздушного судна: заход на посадку, руление, взлет и набор высоты.

**Воздушный купол.** Масса воздуха, поведение которой по отношению к дисперсии и эмиссии носит когерентный характер. Поэтому для исследования дисперсии с помощью числовых моделей ее можно рассматривать в качестве аналитической или административной единицы.

**Вспомогательная силовая установка (ВСУ).** Автономная бортовая установка, обеспечивающая подачу электроэнергии и сжатого воздуха бортовым системам во время работы на земле.

**Двуокись углерода (CO<sub>2</sub>).** Газ природного происхождения, который также выделяется при сжигании ископаемых видов топлива и биомассы, изменении характера землепользования и в рамках других промышленных процессов. Двуокись углерода является эталонным газом, относительно которого определяется потенциал глобального потепления других парниковых газов. Последствия воздействия: влияет на изменение климата.

**Керосин.** Топливо для реактивных двигателей (например, Jet-A1).

**Над уровнем земли (AGL).** Высота над известным превышением ВПП или земной поверхности.

**Наземное вспомогательное оборудование (НВО).** Обширная категория транспортных средств и оборудования, предназначенных для обслуживания воздушных судов, включая средства, используемые для буксировки, технического обслуживания, посадки и высадки пассажиров, погрузки и выгрузки грузов, подачи электропитания, заправки топливом и других видов обслуживания воздушных судов.

**Оксиды азота (NO<sub>x</sub>/NO<sub>2</sub>).** "Оксиды азота" – общий термин, включающий двуокись азота (NO<sub>2</sub>) и окись азота (NO). Поскольку NO быстро окисляется, образуя NO<sub>2</sub>, эмиссия выражается в эквивалентах двуокиси азота (NO<sub>2</sub>). Оксиды азота образуются в результате сгорания горючего для отопительных целей и моторного топлива, особенно при высоких температурах. Характеристики: NO – это бесцветный газ, который в атмосфере превращается в NO<sub>2</sub>; при более высоких концентрациях NO<sub>2</sub> приобретает красно-бурый цвет. Последствия воздействия: расстройство деятельности органов дыхания, нанесение серьезного ущерба растительности и неустойчивым экосистемам в результате совокупного действия различных загрязняющих веществ (закисление среды) и сверхфертилизации экосистем.

**Окись углерода (CO).** Газ без цвета и запаха, образуемый в результате неполного сгорания горючего для отопительных целей и моторного топлива. Последствия воздействия: для людей и теплокровных животных CO является ядом, поступающим в организм через дыхательные пути. Он играет роль в образовании озона в свободной тропосфере.

**Система регулирования окружающих условий (СРОУ).** Воздух, отбираемый от ВСУ, поступает в агрегаты бортовой системы кондиционирования воздуха, которые обеспечивают подачу кондиционированного воздуха в кабину. Для эмиссионных испытаний режим нагрузки при отборе воздуха устанавливается на уровне, характерном для работы на перроне (в зависимости от типа и размера воздушного судна) и, как правило, предусматривает определенную нагрузку на валу (электрическую).

**Стационарная энергетическая система (СЭС).** Система на стоянках воздушных судов (расположенных на удалении или на перроне), обеспечивающая централизованную подачу энергии (электрической или, иногда, предварительно подготовленного воздуха (ППВ)) на борт воздушного судна, находящегося на земле.

**Твердые частицы (ТЧ).** "Твердые частицы" – термин, используемый для описания частиц, аэродинамический диаметр которых составляет 10 микрон (мкм) или менее. С физико-химической точки зрения пыль представляет собой сложную смесь, в состав которой входят непосредственно выбрасываемые или вторично образуемые компоненты естественного или антропогенного происхождения (например, сажа, геологический материал, абразивные частицы и биологический материал), и обладает очень разнообразной текстурой (тяжелые металлы, сульфаты, нитраты, аммоний, органические углеводы, полициклические ароматические углеводороды, диоксины/фураны). ТЧ<sub>2,5</sub> – это частицы, аэродинамический диаметр которых составляет 2,5 мкм или менее. Они оказывают крайне негативное воздействие на здоровье. ТЧ образуются в процессе промышленного производства, горения, механической обработки (абразивный износ поверхности материалов и образование сдуваемой пыли), а также в качестве вторичного вещества (из SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> и ЛОС). Характеристики: твердые и жидкие частицы различного размера и состава. Последствия воздействия: тонкодисперсные включения и сажа могут вызвать расстройство деятельности органов дыхания и сердечно-сосудистой системы, увеличить риск смертности и возникновения раковых заболеваний; отложения пыли могут привести к загрязнению почвы и растительности, а через пищевую цепь – к попаданию в организм человека тяжелых металлов и диоксинов/фуранов, содержащихся в пыли.

**Установка кондиционирования воздуха (УКВ).** Самодвижущийся или смонтированный на прицепе компрессорный агрегат, обеспечивающий подачу предварительно подготовленного воздуха на борт воздушного судна, находящегося на земле.

---

## АКРОНИМЫ И СОКРАЩЕНИЯ

ААП	Агрегат аэродромного питания (GPU)
АВТ	Ассоциация воздушного транспорта (АТА)
БДЭД	Банк данных по эмиссии двигателей (ИКАО) (EEDB)
БТС	Бюро транспортной статистики (Соединенные Штаты Америки) (BTS)
В	Вольт
ВОЗ	Всемирная организация здравоохранения
ВПЦ	Взлетно-посадочный цикл (LTO)
ВСУ	Вспомогательная силовая установка
г	Грамм
ГИП	Графический интерфейс пользователя (GUI)
ГИС	Географическая информационная система (GIS)
Гц	Герц
ДККС	Двойная кольцевая камера сгорания (DAC)
ДОАС	Дифференциальная оптическая абсорбционная спектрография (DOAS)
ЕС	Европейский союз
ИКАО	Международная организация гражданской авиации
ИККАИА	Международный координационный совет ассоциаций аэрокосмической промышленности (ICCAIA)
кВА	Киловольт-ампер
кВт	Киловатт
кг	Килограмм
км	Километр
кН	Килоньютон
КТА	Контрольная точка аэродрома (ARP)
л. с.	Лошадиная сила
ЛОС	Летучие органические соединения (VOC)
ЛТС	Личное транспортное средство (POV)
м	Метр
МГЭИК	Межправительственная группа экспертов по изменению климата (IPCC)
мин	Минута
мкг/м <sup>3</sup>	Микрограммов на кубический метр
МСА	Международная стандартная атмосфера (ISA)
НАСА	Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (Соединенные Штаты Америки) (NASA)
НВО	Наземное вспомогательное оборудование (GSE)
нЛТЧ	Нелетучие твердые частицы
нЛТЧмасса	Масса нелетучих твердых частиц
нЛТЧкол-во	Количество нелетучих твердых частиц
ОЗВ	Опасный загрязнитель воздуха (HAP)
ОИСТ	Общество инженеров самодвижущегося транспорта (SAE)
ООН	Организация Объединенных Наций
ПАНО	Поставщик аэронавигационного обслуживания (ANSP)
ПНКПГ	Программа по национальным кадастрам парниковых газов (NGGIP)
ППВ	Предварительно подготовленный воздух (для охлаждения/подогрева воздушного судна на стоянке) (PSA)
ППС	Планетарный пограничный слой (PBL)
РКИК ООН	Рамочная конвенция ООН по изменению климата

с	Секунда
СНГ	Сжиженный нефтяной газ (LPG)
СПГ	Сжатый природный газ (топливо) (CNG)
СРОУ	Система регулирования окружающих условий (ECS)
СЭС	Стационарная энергетическая система (FES)
ТЧ	Твердые частицы
ТЧ <sub>2,5</sub>	Твердые частицы, аэродинамический диаметр которых составляет 2,5 мкм или менее
ТЧ <sub>10</sub>	Твердые частицы, аэродинамический диаметр которых составляет 10 мкм или менее
УВЗ	Установка воздушного запуска (ASU)
УДЧ	Ультрадисперсные частицы (твердые частицы с аэродинамическим диаметром 0,1 мкм или менее)
уз	Узел
УКВ	Установка кондиционирования воздуха (ACU)
ФАУ	Федеральное авиационное управление (Соединенные Штаты Америки)
ФУГА	Федеральное управление гражданской авиации (Швейцария) (FOCA)
ч	Час

AAL	Над уровнем аэродрома
ACARE	Консультативный совет по авиационным исследованиям в Европе
ADAECAM	Усовершенствованный метод расчета эмиссии авиационных двигателей
ADMS	Система моделирования атмосферной дисперсии (Соединенное Королевство)
AEDT	Средства оценки экологического воздействия авиации (ФАУ Соединенных Штатов Америки)
AFR	Отношение воздуха к топливу
AGL	Над уровнем земли
ALAQs	Исследования качества местного воздуха в аэропортах (ЕВРОКОНТРОЛЬ)
AMSL	Над средним уровнем моря
APMA	Проект по борьбе с загрязнением воздуха в мегаполисах Азии
ARFF	Аварийно-спасательная и противопожарная служба аэропорта
ASQP	Показатель качества обслуживания авиакомпаний
ATOW	Фактический взлетный вес
avgas	Авиационный бензин
BADA	База данных о летно-технических характеристиках воздушных судов
BFFM2	Вторая (2) методика компании Боинг для определения массы эмиссии по расходу топлива
bhp	Эффективная мощность в лошадиных силах
BPR	Степень двухконтурности
CAEP	Комитет по охране окружающей среды от воздействия авиации
CDO	Производство полетов в режиме непрерывного снижения
CERC	Консультанты Кембриджа в области экологических исследований (Соединенное Королевство)
CH <sub>4</sub>	Метан
CI	Индекс углерода
CO	Оксид углерода
CO <sub>2</sub>	Двуокись углерода
DEFRA	Министерство охраны окружающей среды, продовольствия и сельского хозяйства (Соединенное Королевство)
DfT	Министерство транспорта (Соединенное Королевство)
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DOT	Министерство транспорта (Соединенные Штаты Америки)
EASA	Агентство Европейского союза по безопасности полетов
EDMS	Система моделирования эмиссии и дисперсии (ФАУ Соединенных Штатов Америки)
EEA	Европейское агентство по окружающей среде
EGT	Температура выхлопных газов
EI	Индекс эмиссии

---

EPA	Агентство по охране окружающей среды (Соединенные Штаты Америки)
ETFMS	Усовершенствованная тактическая система организации потоков воздушного движения (ЕВРОКОНТРОЛЬ)
ETMS	Усовершенствованная система организации воздушного движения (Соединенные Штаты Америки)
FAF	Контрольная точка конечного этапа захода на посадку
FBO	Эксплуатант с постоянным местом базирования
FDR	Регистратор (самописец) полетных данных
FESG	Вспомогательная группа САЕР ИКАО по прогнозированию и экономическому анализу
FIRE	Система извлечения информации о коэффициентах выбросов (Агентство по охране окружающей среды Соединенных Штатов Америки)
FOA	Аппроксимация первого порядка
FOD	Повреждение посторонними предметами
FOI	Шведское агентство оборонных исследований
FSC	Содержание серы в топливе
GE	Корпорация "Дженерал электрик"
HC	Углеводород
HDV	Транспортное средство большой грузоподъемности (например, грузовик, автобус)
IAE	Международный консорциум "Интернешнл аэро энджинз"
IOAG	Международный официальный справочник авиакомпаний
LASAT	Моделирование поведения аэрозолей по методу Лагранжа (перемещение в атмосфере)
LASPORT	LASAT применительно к аэропортам (Европа)
MCLT	Максимальная тяга, ограничиваемая градиентом набора высоты
MES	Запуск основного двигателя
MSDS	Таблица данных по безопасности материалов
NAAQS	Национальные стандарты качества окружающего воздуха (Соединенные Штаты Америки)
NMHC	Углеводороды неметанового ряда
NMVOC	Летучие органические соединения неметанового ряда
NO	Оксид азота
NO <sub>x</sub>	Оксиды азота
NO <sub>2</sub>	Двуокись азота
NPR	Предпочтительный по шуму маршрут
O <sub>3</sub>	Озон
OPR	Общая степень повышения давления
Pb	Свинец
PLTOW	Взлетный вес, ограничиваемый летно-техническими характеристиками
PPM	Частей на миллион
P&W	Компания "Пратт энд Уитни"
RR	Компания "Роллс Ройс"
SAEFL	Агентство окружающей среды, лесов и ландшафта Швейцарии
SHP	Мощность на валу в л. с.
SN	Число дымности
SO <sub>x</sub>	Оксиды серы
SO <sub>2</sub>	Двуокись серы
TAF	Прогноз по аэродрому (Соединенные Штаты Америки)
TEOM	Конический элемент осциллирующих микровесов
THC	Общее количество углеводородов
TIM	Длительность этапа
TOW	Взлетный вес
UID	Однозначный идентификатор
VMT	Пробег транспортного средства в милях

---



# ИЗДАНИЯ ИКАО

(упоминаемые в данном руководстве)

## Приложения к Конвенции о международной гражданской авиации

Приложение 16. *Охрана окружающей среды*  
Том I. *Авиационный шум*  
Том II. *Эмиссия авиационных двигателей*

## Правила аэронавигационного обслуживания

*OPS. Производство полетов воздушных судов* (Дос 8168)  
Том I. *Правила производства полетов*  
Том II. *Построение схем визуальных полетов и полетов по приборам*

## Руководства

*Руководство по проектированию аэропортов* (Дос 9184)  
Часть 1. *Генеральное планирование*  
Часть 2. *Землепользование и экологический менеджмент*  
Часть 3. *Инструктивный материал по консультативному и строительному обслуживанию*

*Инструктивный материал по сборам за авиационную эмиссию, связанным с местным качеством воздуха* (Дос 9884)

*Банк данных ИКАО по эмиссии выхлопных газов двигателей* (Дос 9646)<sup>1</sup>

*Рекомендуемый метод расчетов контуров шума вокруг аэропортов* (Дос 9911)

*Эксплуатационные возможности уменьшения расхода топлива и эмиссии* (Дос 10013)

## Циркуляры

*Воздействие приведенных в PANS-OPS приемов снижения шума при вылете на уровни шума и газообразной эмиссии* (Cir 317)

## Доклады совещаний

*Доклад 7-го совещания Комитета по охране окружающей среды от воздействия авиации* (CAEP/7)  
(Дос 9886)

---

<sup>1</sup> Данный документ больше не издается. ИКАО размещает данные о сертификации по эмиссии во Всемирной сети по адресу: <http://www.easa.europa.eu/document-library/icao-aircraft-engine-emissions-databank>.



# Глава 1

## ВВЕДЕНИЕ

### 1.1 ЦЕЛЬ

1.1.1 В настоящем документе содержатся рекомендации и практическая информация, призванные оказать помощь государствам – членам ИКАО в реализации передовой практики в части, касающейся обеспечения качества воздуха в аэропортах. В документе также имеется информация о требованиях государств, эмиссии аэропортовых источников, кадастрах эмиссии и ее распределении.

1.1.2 Кроме того, в документе изложены процедуры для определения государствами наилучших подходов, и аналитический инструментарий оценки качества воздуха в аэропортах, а также рекомендуется передовая практика, отражающая различные потребности и сценарии. Он не предназначен для использования в качестве основы для принятия каких-либо регулятивных решений; в нем отсутствует описание конкретных проектов или мер и не рассматриваются аспекты проведения научных исследований в области качества воздуха в аэропортах.

1.1.3 Поскольку данный инструктивный материал разрабатывался с целью оказания государствам – членам ИКАО потенциальной помощи в реализации передовой практики обеспечения качества воздуха в аэропортах, он, безусловно, является обширным и всеобъемлющим. Соответственно, в некоторых государствах уже могут применяться некоторые или многие процедуры и меры, рассматриваемые в настоящем инструктивном материале. В этом случае он может использоваться в комплексе с этими процедурами и мерами или в качестве дополнительного справочного пособия.

1.1.4 Поскольку данный инструктивный материал носит обширный и всеобъемлющий характер, не следует рассчитывать на то, что в нем содержится подробная информация, необходимая для оказания помощи государствам в рассмотрении каждого возникающего вопроса, поскольку при этом могут иметь место особые обстоятельства юридического, технического или политического характера, затрагивающие аэропорты и/или качество воздуха в конкретных районах. Аналогично любому другому инструктивному материалу широкого применения, государствам следует использовать его в качестве справочного руководства в контексте конкретных условий.

### 1.2 КОМИТЕТ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ АВИАЦИИ

1.2.1 ИКАО занимается вопросами эмиссии в аэропортах уже на протяжении многих лет. В частности, Комитет по охране окружающей среды от воздействия авиации (САЕР) ИКАО и его предшественник, Комитет по эмиссии авиационных двигателей, приступили к постоянному рассмотрению стандартов на эмиссию новых типов двигателей, их модификаций и производимых двигателей нового поколения в конце 1970-х годов. Одним из главных результатов их работы являются принятые ИКАО положения об эмиссии двигателей, содержащиеся в томе II Приложения 16 к Конвенции о международной гражданской авиации (Чикагской конвенции). В частности, эти положения касаются выброса реактивными двигателями жидкого топлива, дыма и некоторых видов газообразной эмиссии: углеводородов (HC), окислов азота (NO<sub>x</sub>) и окиси углерода (CO). Например, они определяют предельно допустимое содержание дыма и газообразной эмиссии этих трех видов загрязняющих веществ в выхлопных газах большинства типов гражданских двигателей. Помимо рассмотрения технологических

новшеств и разработки сертификационных требований, CAEP работает в двух других перспективных областях решения проблемы авиационной эмиссии:

- a) альтернативные эксплуатационные меры для применения на аэродромах;
- b) возможное использование рыночных мер для снижения эмиссии.

1.2.2 ИКАО также подготовила ряд документов по вопросу авиационной эмиссии, включая Doc 9184 и Doc 10013, который заменил циркуляр 303 (Cir 303).

1.2.3 В части 2 "*Землепользование и экологический менеджмент*" документа Doc 9184 содержится инструктивный материал по планированию землепользования в окрестностях аэропортов, а также информация об имеющихся возможностях уменьшения эмиссии в аэропортах и повышения топливной эффективности авиационных двигателей.

1.2.4 В документе Doc 10013 определяются и рассматриваются различные эксплуатационные возможности и методы сведения к минимуму потребления топлива двигателями воздушных судов и, соответственно, эмиссии, связанной с эксплуатацией гражданских воздушных судов. Руководство основано на информации, ранее представленной в циркуляре 303.

1.2.5 В контексте, описание которого приводилось ранее, CAEP пришел к выводу о необходимости разработки дополнительного инструктивного материала, призванного оказать помощь государствам в реализации передовой практики оценки качества воздуха в аэропортах; именно это и является целью настоящего руководства.

### 1.3 ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

1.3.1 С момента значительного увеличения в 1970-х годах объема коммерческих воздушных перевозок, выполняемых турбореактивными воздушными судами, интерес к выбросам атмосферных загрязняющих веществ, обусловленным эксплуатацией воздушных судов и деятельностью аэропортов, значительно возрос. Например, в выбросах авиационных двигателей содержатся такие загрязнители воздуха, как NO<sub>x</sub>, HC и тонкодисперсные твердые частицы (ТЧ), воздействие которых, в свою очередь, может привести к возникновению более масштабных экологических проблем, связанных с образованием приземного озона (O<sub>3</sub>), кислотными дождями, изменением климата, а также может представлять потенциальный риск для здоровья населения и окружающей среды. В отличие от большинства других видов транспорта воздушные суда выполняют полеты на большие расстояния и на различных высотах, в результате чего образуется эмиссия, способная оказать влияние на качество воздуха местной, региональной и глобальной экосистемы.

1.3.2 ИКАО признает, что аэропортовые источники эмиссии способны выбрасывать загрязняющие вещества, воздействие которых может привести к ухудшению качества воздуха в близлежащих населенных пунктах. В этой связи национальные и международные программы и стандарты, касающиеся качества воздуха, предусматривают принятие полномочными органами аэропортов и государственными структурами на постоянной основе мер, направленных на решение проблем качества воздуха в окрестностях аэропортов. Аналогичным образом, необходимо также уделять внимание другим возможным экологическим последствиям деятельности аэропортов, связанным с шумом, качеством воды, ликвидацией отходов, потреблением энергии и состоянием местной экосистемы в окрестностях аэропортов, в целях обеспечения в краткосрочной и долгосрочной перспективе надлежащих условий работы и жизни сотрудников и пользователей аэропортов, а также жителей близлежащих населенных пунктов.

1.3.3 В частности, за последние два десятилетия достигнуты значительные успехи в области топливной эффективности воздушных судов и реализации других технических новшеств, направленных на снижение эмиссии. Однако в будущем эти достижения могут быть сведены на нет в связи с прогнозируемым увеличением объемов

движения в аэропортах и других видов авиационной деятельности. Поскольку воздушные суда являются лишь одним из нескольких аэропортовых источников эмиссии, также представляется важным эффективно контролировать выбросы, генерируемые другими объектами аэропорта: аэровокзалами, службами технического обслуживания и теплоснабжения, наземным вспомогательным оборудованием (НВО) и различными наземными транспортными средствами, курсирующими по территории аэропорта, въезжающими и выезжающими из него. Оптимизация проектирования, планировки и инфраструктуры аэропортов, совершенствование эксплуатационной практики, направленное на повышение эффективности, модернизация парка НВО, предусматривающая внедрение технологий, "исключающих" или "значительно уменьшающих" объем выбросов, и стимулирование использования других экологичных видов наземного транспорта – это лишь часть имеющихся у аэропортов и остальных субъектов авиационной отрасли возможностей для достижения этих целей и стимулирования устойчивого развития коммерческого воздушного транспорта.

## 1.4 ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОЗДУХА

1.4.1 В большинстве районов качество воздуха регулируется национальными, региональными и/или местными правилами<sup>1</sup>, которые определяют стандарты на источники эмиссии и/или уровни различных загрязняющих веществ во внешней среде (т. е. вне помещений) и порядок обеспечения соответствия этим стандартам. Например, рис. 1-1 иллюстрирует взаимосвязь основных требований к оценке качества воздуха в рамках этой правовой структуры.

1.4.2 Как показано на рисунке, имеются два основных средства оценки качества воздуха:

- a) кадастры эмиссии;
- b) моделирование дисперсии загрязняющих веществ.

В кадастрах эмиссии содержится информация об общей массе выбросов в окружающую среду; они служат основой для представления отчетности, обеспечения соответствия и планирования мероприятий по смягчению последствий, а также могут использоваться в качестве входных данных для моделирования концентрации загрязняющих веществ. В целях увязки эмиссии с концентрациями загрязняющих веществ необходимо также проводить оценку пространственного и временного распределения эмиссии. Такой комбинированный подход к использованию кадастров эмиссии и моделированию дисперсии позволяет провести ретроспективную, фактическую и/или перспективную оценку концентрации загрязняющих веществ в окрестностях аэропортов или отдельных источников эмиссии.

1.4.3 Фактическую концентрацию загрязняющих веществ можно также оценить посредством замера параметров внешней среды (например, отбор проб и мониторинг), хотя при таком методе оценки не исключено влияние других соседних или удаленных источников, включая источники, не имеющие отношения к деятельности аэропорта. В зависимости от конкретной задачи для оценки фактических или ретроспективных условий могут также использоваться результаты компьютерного моделирования и замеров параметров внешней среды. В отличие от этого, имитацию будущих условий можно выполнить лишь с помощью компьютерного моделирования.

---

<sup>1</sup> Широко используемый в настоящем инструктивном материале термин "правила (нормы)" относится к национальному законодательству и правилам в области качества воздуха (которые могут включать национальные правила, отражающие стандарты ИКАО на эмиссию авиационных двигателей), а термин "Стандарты" применяется в тех случаях, когда речь идет о Стандартах ИКАО на эмиссию двигателей. Однако некоторые национальные правила в области качества воздуха сами по себе называются "Стандартами" (например, национальные стандарты качества окружающего воздуха или NAAQS в Соединенных Штатах Америки). В тех случаях, когда в рамках национальных систем положения о качестве воздуха называются "Стандартами", в настоящем инструктивном материале при их рассмотрении будет использоваться аналогичная терминология. В целях избежания путаницы в терминологии в данном инструктивном материале стандарты ИКАО на эмиссию двигателей будут конкретно упоминаться как Стандарты "ИКАО".

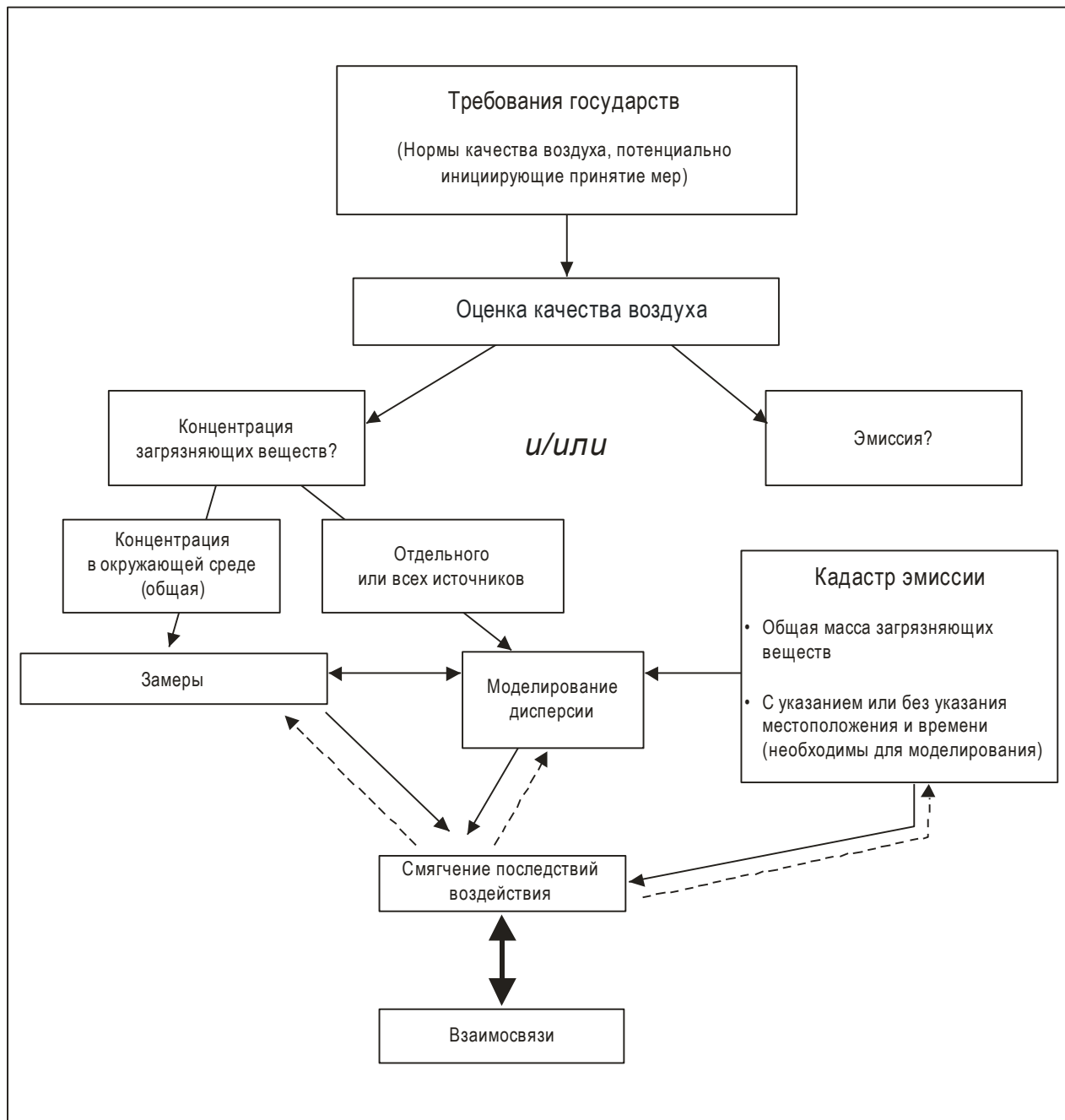


Рис. 1-1. Элементы системы контроля местного качества воздуха и их взаимосвязи

1.4.4 Кадастры эмиссии, моделирование концентраций и элементы замеров параметров внешней среды в рамках оценки качества воздуха могут использоваться индивидуально или в комплексе, что будет содействовать осознанию проблемы, представлению отчетности, обеспечению соответствия и/или планированию мероприятий по смягчению последствий путем предоставления информации, касающейся общих условий и вклада конкретных источников.

1.4.5 Последующая реализация мер по улучшению качества воздуха или других мер (при надлежащем учете взаимосвязи, в первую очередь, между шумом и другими факторами воздействия на окружающую среду, обусловленными деятельностью аэропорта) может оказать положительное влияние на общую массу эмиссии, результаты моделирования концентрации и замеренные уровни концентрации.

---



## Глава 2

# НОРМАТИВНЫЕ РАМКИ И СТИМУЛЫ

### 2.1 ВВЕДЕНИЕ

2.1.1 Традиционно государства (и их представители) принимают правила, регламентирующие местное качество воздуха, в целях охраны здоровья населения и окружающей среды. Местное качество воздуха в целом можно охарактеризовать как состояние окружающей атмосферы, воздействию которой подвергаются люди и природа. В большинстве случаев оценка качества воздуха основывается на концентрации загрязняющих веществ (из естественных и антропогенных источников, т. е. источников, созданных человеком). Замеренные показатели концентрации сравниваются с установленными нормами и стандартами, определяющими приемлемые уровни местного качества воздуха и необходимые меры по обеспечению их соблюдения. Многие аспекты, касающиеся местного качества воздуха в аэропортах и их окрестностях, подпадают под действие тех же правил. В этой связи у отдельных государств возникают многочисленные и разнообразные проблемы в области качества воздуха в окрестностях аэропортов, включая:

- a) ухудшение местного качества воздуха и связанное с этим уменьшение допусков по сравнению с существующими правилами;
- b) необходимость введения новых правил, включая расширение перечня загрязняющих веществ, обусловленная повышением степени осведомленности о воздействии на здоровье;
- c) ограничение дальнейшего развития инфраструктуры, обусловленное необходимостью соблюдения стандартов местного качества воздуха;
- d) более высокие ожидаемые общественностью результаты в части обеспечения уровней местного качества воздуха;
- e) усиление озабоченности общественности относительно воздействия воздушных судов.

2.1.2 Эти проблемы необходимо также рассматривать в более широком контексте других проблем, стоящих перед авиацией, в частности в контексте потенциального влияния авиационной эмиссии на климат, воздействия авиационного шума на население и экономического положения авиационной отрасли. Эти дополнительные проблемы обуславливают принятие соответствующих экономических и нормативных мер, которые, в большинстве случаев, требуют выработки компромиссных решений, учитывающих последствия реализации каждой из этих мер и их влияние на местное качество воздуха в окрестностях аэропортов.

2.1.3 Как правило, в аэропортах имеется множество разнообразных источников эмиссии, включая воздушные суда, НВО, здания аэровокзалов и наземный транспорт. Обычно в любом конкретном государстве действует сложный комплекс правил и стандартов, охватывающих многие аэропортовые источники эмиссии (например, авиационные двигатели, двигатели транспортных средств, энергетические/тепловые установки и средства технического обслуживания воздушных судов). В этой связи правила, регламентирующие эксплуатацию неавиационных источников, в целом определяются на национальном уровне. Для сравнения, согласование Стандартов на эмиссию авиационных двигателей осуществляется на международном уровне в рамках САЕР ИКАО, а затем они вводятся в действие национальным законодательством каждого государства – члена ИКАО.

2.1.4 В большинстве стран руководящие принципы и задачи, обеспечивающие достижение и поддержание приемлемых уровней качества воздуха, определяются национальными полномочными органами. Совместно с региональными и местными органами они также ставят важные задачи по замеру параметров качества воздуха, реализации корректирующих планов и программ и информированию широкой общественности о местном качестве воздуха.

## 2.2 СТИМУЛЫ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ МЕР

2.2.1 С самого начала нормы местного качества воздуха основывались на необходимости охраны здоровья населения и естественной среды. Одними из первых примеров таких норм являются принятые в 1881 году в Чикаго и Цинциннати правила по контролю местного качества воздуха. Эти исходные правила в основном касались наиболее видимых продуктов сжигания топлива и отходов, а именно: дыма и твердых частиц. К середине XX века в результате принятия национальных законов в области качества воздуха в Союзе Советских Социалистических Республик (1949), Соединенных Штатах Америки (1955) и Соединенном Королевстве (1956) процесс регулирования эмиссии с целью уменьшения объема выброса дыма вышел с местного на национальный уровень.

2.2.2 Стимулом для принятия в 1956 году законодательных мер в Соединенном Королевстве послужил Великий смог 1952 года и значительное повышение уровня смертности людей, страдающих от респираторных и сердечно-сосудистых заболеваний, связанных с этим событием. Основное внимание в законе о чистоте воздуха, принятом в 1956 году, уделяется уменьшению загрязнения воздуха дымом из промышленных источников.

2.2.3 В Соединенных Штатах Америки закон о контроле за загрязнением воздуха 1955 года стал лишь началом принятия ряда мер, направленных на улучшение местного качества воздуха, которые затронули широкий диапазон отраслей промышленности. В результате масштабного пересмотра законодательства в 1963 году был принят "Закон о чистоте воздуха", вводящий дополнительные правила в отношении транспортных средств для перевозок на большие расстояния, энергетических систем и различных видов промышленной деятельности. В то же время федеральное правительство учредило Агентство по охране окружающей среды Соединенных Штатов Америки (EPA), а в 1971 году были введены национальные стандарты качества окружающего воздуха (NAAQS). NAAQS установили нормы качества воздуха на национальном уровне, которые охватывают шесть видов загрязняющих веществ<sup>1</sup> и предписывают обязательное соблюдение этих стандартов к 1975 году. В 1990 году в закон о чистоте воздуха было внесено значительное количество поправок, которые существенно ужесточили эти требования.

2.2.4 Эти законодательные требования, призванные обеспечить охрану здоровья населения и окружающей среды, послужили стимулом для принятия мер многими отраслями (включая авиацию) и обусловили необходимость соблюдения этих правил. В ряде случаев обязательным элементом рассмотрения инициатив в области осуществления новых видов деятельности стала проверка соблюдения норм качества воздуха на основе заключений и оценок последствий такой деятельности на окружающую среду.

2.2.5 Наряду с нормами местного качества воздуха на авиационную отрасль в этом вопросе также оказывается давление со стороны общественности в связи с более глубоким осознанием проблемы и ожидаемым улучшением качества воздуха, что находит свое выражение в средствах массовой информации, в рамках правительственных учреждений и различных заинтересованных групп. Эти инициативы также побуждают авиационную отрасль информировать общественность и, в соответствующих случаях, пытаться достичь этих ожидаемых результатов.

---

<sup>1</sup> Окись углерода (CO), свинец (Pb), двуокись азота (NO<sub>2</sub>), твердые частицы, озон и двуокись серы (SO<sub>2</sub>). Твердые частицы подразделяются на частицы размером 10 микрон или менее (TЧ<sub>10</sub>) и TЧ размером 2,5 микрона или менее (TЧ<sub>2,5</sub>).

2.2.6 Одной из имеющихся у авиационной отрасли возможностей для реагирования на эти движущие стимулы является контроль за эмиссией авиационных двигателей. В 1971 году ИКАО опубликовала том I "Авиационный шум" Приложения 16 "Охрана окружающей среды", а в 1981 году – том II "Эмиссия авиационных двигателей". Эти Стандарты предусматривают запрещение намеренного выброса топлива и ограничение объема выбросов HC, CO, NO<sub>x</sub> и дыма, причем последний нормируется числом дымности (SN). Новые Стандарты будут охватывать двуокись углерода (CO<sub>2</sub>) и нелетучие твердые частицы (нЛТЧ) (масса и количество).

2.2.7 Стандарты ИКАО на эмиссию двигателей применяются в рамках национальных или многонациональных методик сертификации турбореактивных и турбовентиляторных двигателей тягой более 26,7 килоньютон (кН), однако к турбовинтовым, турбовальным и поршневым двигателям или бортовым вспомогательным силовым установкам (ВСУ) они не применяются. Стандарты ИКАО основаны на характеристиках не установленного на воздушном судне двигателя, определяемых в рамках теоретического взлетно-посадочного цикла (ВПЦ) до высоты 914 м (3000 фут) над уровнем земли (AGL). Сертификации подвергается один двигатель, установленный на испытательном стенде, а результаты испытаний приводятся к условиям статического уровня моря и международной стандартной атмосферы (МСА). Широко признан тот факт, что Стандарты ИКАО, используемые для сертификации, отличаются от фактической массы авиационной эмиссии, образуемой в конкретных районах и конкретных эксплуатационных условиях. Тем не менее в настоящее время для некоторых целей, связанных с оценкой местного качества воздуха, некоторые государства используют Стандарты ИКАО в качестве установочных значений. Поэтому одной из основных целей настоящего документа является предоставление информации о методике, которая, по сравнению с использованием установочных Стандартов ИКАО, позволяет провести более точную оценку фактической массы эмиссии авиационных двигателей.

2.2.8 Наконец, следует отметить, что технология изготовления авиационных двигателей достигла такого уровня, при котором имеются лишь незначительные возможности одновременного уменьшения уровня шума и массы эмиссии. В условиях постоянного стимулирования деятельности по уменьшению воздействия воздушных судов на окружающую среду при проектировании и эксплуатации новых воздушных судов все чаще возникает необходимость в оценке взаимозависимости мер по уменьшению шума и массы эмиссии и их влияния на эмиссию парниковых газов (в состав этой эмиссии входит CO<sub>2</sub>, образуемая в результате сжигания топлива).

### **2.3 НОРМИРОВАНИЕ МЕСТНОГО КАЧЕСТВА ВОЗДУХА И РЕГУЛИРОВАНИЕ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ**

2.3.1 Зачастую нормы местного качества воздуха регулируют конкретные виды эмиссии, а также вторичные загрязняющие вещества, которые могут образоваться из этих выбросов. В результате правила могут отличаться и разрабатываться с учетом местных условий и приоритетов стран, в которых они применяются. Примером тому может служить различный подход Европейского союза (ЕС) и Соединенных Штатов Америки к эмиссии NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> и O<sub>3</sub>, в рамках которого многие государства – члены ЕС больше обеспокоены концентрацией NO<sub>2</sub>, а Соединенные Штаты Америки и другие страны основной акцент делают на эмиссию NO<sub>x</sub>, являющуюся предшественником O<sub>3</sub>.

2.3.2 Кроме того, традиционно государства разрабатывают свои правила и/или рекомендации в отношении местного качества воздуха, поэтому во всем мире существует ряд национальных нормативных критериев. Таблица 2-1, несмотря на то, что с точки зрения охвата она не является всеобъемлющей, иллюстрирует разнообразие подходов государств к рассмотрению ряда атмосферных загрязняющих веществ. Помимо информации, представленной в таблице, это разнообразие также характеризует порядок применения стандартов с числовыми значениями. Например считается, что в одних правилах установлены максимально приемлемые уровни, а в других – ряд допустимых превышений. Кроме того, для сравнения в таблицу включены положения Рамочной директивы по качеству воздуха ЕС и рекомендации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ). Следует отметить, что, как правило, нормы местного качества воздуха устанавливаются по видам загрязняющих веществ в микрограммах на кубический метр (мкг/м<sup>3</sup>) с указанием конкретного периода времени (обычно час, сутки или год).

2.3.3 Важно иметь в виду, что таблица 2-1 иллюстрирует нормы качества воздуха государств по состоянию на 2005 год, и в этой связи следует отметить, что данные нормы могут периодически изменяться. Краткий анализ таблицы свидетельствует о том, что нормы различных стран отличаются и что по сравнению с рекомендациями ВОЗ они могут быть более или менее жесткими. Например, в случае  $\text{NO}_2$  значение, рекомендуемое ВОЗ применительно к часовому периоду, составляет  $200 \text{ мкг/м}^3$ , однако нормы на выбросы этого загрязняющего вещества изменяются в диапазоне от 75 до  $400 \text{ мкг/м}^3$ . В отношении твердых частиц размером 10 микрон или менее ( $\text{TЧ}_{10}$ ) рекомендации ВОЗ отсутствуют, однако нормы на 24-часовой период варьируются в диапазоне от 50 до  $150 \text{ мкг/м}^3$ . В отличие от этого для  $\text{O}_3$  рекомендация ВОЗ в отношении часового или 24-часового периода отсутствует, однако имеется рекомендуемая норма на 8-часовой период, составляющая  $120 \text{ мкг/м}^3$ , в то время как национальные нормы различаются в диапазоне от 120 до  $160 \text{ мкг/м}^3$ .

2.3.4 Возможность выполнять эти национальные рекомендации и правила в значительной степени зависит от местных переменных факторов, включая метеорологические условия, уровень фоновое загрязнения, плотность населения, типы и масштабы производственной деятельности и виды имеющихся в данном районе технических средств борьбы с загрязнением атмосферы газообразными отходами, использование которых может ограничиваться их стоимостной доступностью. Согласно рекомендациям ВОЗ нормы должны предусматривать определенные периоды времени, в частности 1 час, 8 часов, 24 часа или 1 год.

2.3.5 Кроме того, имеются регионы мира, где нормы качества воздуха отсутствуют. В некоторых развивающихся странах лишь недавно начался активный процесс урбанизации и индустриализации, в результате чего загрязнение атмосферы и ухудшение местного качества воздуха достигли масштабов, требующих пристального внимания или принятия корректирующих мер.

2.3.6 Во исполнение рекомендаций Повестки дня на XXI век<sup>2</sup> и плана Организации Объединенных Наций (ООН) по выполнению решений Всемирной встречи на высшем уровне по устойчивому развитию 2002 года были разработаны стратегические рамки. Стратегические рамки применительно к управлению качеством воздуха в Азии ставят своей целью выработать региональный подход к повышению местного качества воздуха в городах путем оказания содействия установлению приоритетов в этой области, определению направлений дальнейшего совершенствования организационной структуры и наращиванию возможностей. Эти стратегические рамки определяются проектом по борьбе с загрязнением воздуха в мегаполисах Азии (АРМА) и инициативой "Чистый воздух для азиатских городов". АРМА является совместным проектом Программы ООН по окружающей среде, ВОЗ, Стокгольмского института окружающей среды и Корейского института окружающей среды. АРМА охватывает мегаполисы Азии, к числу которых относятся города с населением более 10 млн человек<sup>3</sup>. Для определения стандартов и периодов усреднения стратегические рамки рекомендуют использовать рекомендации ВОЗ по качеству воздуха.

2.3.7 Во многих странах региональные и местные полномочные органы осуществляют мониторинг местного качества воздуха, однако на них также возложена важная задача по принятию корректирующих мер, реализации организационных планов и других программ, направленных на выполнение требований, предусмотренных нормами местного качества воздуха.

2.3.8 Активизация процессов урбанизации вызывает обеспокоенность во многих государствах, и прослеживается тенденция к расширению аэропортов за счет освоения новых территорий. Для управления этим процессом в целях предотвращения несовместимого строительства в окружающей сельской местности и вторжения в пределы аэропорта некоторые государства используют имеющиеся меры планирования землепользования. Кроме того, широко практикуется создание защитных зон для смягчения воздействия шума и эмиссии, связанных с деятельностью аэропорта. Выдача разрешений на проектирование строительства или

<sup>2</sup> "Повестка дня на XXI век"; встреча на высшем уровне "Глобальная повестка". Программа действий Организации Объединенных Наций по выполнению Рио-де-Жанейрской декларации, апрель 1993 года, ISBN: 9211005094.

<sup>3</sup> Бангкок, Гонконг, Гуанчжоу, Калькутта, Катманду, Манила, Мумбай, Нью-Дели, Осака, Пекин, Сеул, Сингапур, Тайпей, Токио, Чонгкинг и Шанхай.

расширения аэропортов требует проведения консультаций с основными заинтересованными сторонами и органами, принимающими стратегические решения на национальном, региональном и местном уровнях. Зачастую это предусматривает участие полномочных органов в области железнодорожного, автодорожного транспорта и планирования.

**Таблица 2-1. Нормы местного качества воздуха в различных государствах**

Государство/ организация	Нормы (правила)	Загрязняющее вещество (усредненный период)												
		Двуокись серы			Двуокись азота			Окись углерода		Озон			ТЧ <sub>10</sub>	
		1 час*	24 часа	Годовой	1 час	24 часа	Годовой	1 час	8 часов	1 час	8 часов	24 часа	24 часа	Годовой
мкг/м <sup>3</sup>	мкг/м <sup>3</sup>	мкг/м <sup>3</sup>	мкг/м <sup>3</sup>	мкг/м <sup>3</sup>	мкг/м <sup>3</sup>	мкг/м <sup>3</sup>	мкг/м <sup>3</sup>	мкг/м <sup>3</sup>	мкг/м <sup>3</sup>	мкг/м <sup>3</sup>	мкг/м <sup>3</sup>	мкг/м <sup>3</sup>	мкг/м <sup>3</sup>	
ВОЗ	Рекомендации ВОЗ (обновлены в 2005 году)	–	20	–	200	–	40	30	10	–	100	–	50	20
ЕС	Рамочная директива по качеству воздуха	350	125	20	200	–	40	–	10	–	120	–	50	40
Австралия	Национальные меры по охране окружающей среды в части, касающейся качества окружающей атмосферы	520	200	50	220	–	50	–	10	200	–	–	50	–
Бразилия	Резолюция 03 CONAMA (Национальный совет по охране окружающей среде), июнь 1990 года. Национальные стандарты качества воздуха	–	365	80	320	–	100	40	10	160	–	–	150	50
Индия	Национальные стандарты качества окружающей атмосферы, заявлены 18 ноября 2009 года	–	80	50	–	80	40	4	2	–	100	–	100	60
Канада	Национальные цели в области качества окружающей атмосферы, закон Канады об охране окружающей среды, июнь 2000 года	900	300	60	400	200	100	35	15	160	–	50		
Китай	Стандарты качества окружающей атмосферы GB3095 – 2012	150	50	20	200	80	40	10	–	160	100	–	50	40
Соединенные Штаты Америки	NAAQS (2008–2011)	210	–	–	200	–	100	43	10	–	160	–	150	50
Швейцария	LRV Швейцарии	–	100	30	–	80	30	–	–	120	–	–	50	20
Южно- Африканская Республика	Закон о качестве воздуха (№ 39 от 2004 года) (SANS 1929:2011)	350	125	50	200	–	40	30	10	–	120	–	75	40
Япония	Министерство окружающей среды Экологические стандарты качества	260	100	–	75–110	–	–	12	23	120	–	–	–	–

мкг/м<sup>3</sup> = микрограммы на кубический метр.

\* Указанные периоды времени соответствуют периодам, в течение которых производились замеры средней концентрации загрязняющих веществ.

2.3.9 Например в Соединенном Королевстве, несмотря на то, что правительство следует обязательным правилам ЕС в области местного качества воздуха, оно также определило национальные цели в рамках своей стратегии качества воздуха. По сравнению с предельными значениями ЕС эти цели имеют иной юридический статус, однако они являются составной частью совместной договоренности, достигнутой Министерством транспорта/Министерством охраны окружающей среды, продовольствия и сельского хозяйства (DfT/DEFRA), и способствуют принятию решений относительно будущего развития авиации в Соединенном Королевстве.

2.3.10 С декабря 1997 года каждая местная администрация в Соединенном Королевстве реализует программу, предусматривающую проведение обзора и оценки местного качества воздуха в своем районе. В рамках этой программы осуществляются замеры параметров загрязнения воздуха и составляются прогнозы возможных изменений в течение последующих нескольких лет. Цель этой деятельности заключается в том, чтобы повсюду в Соединенном Королевстве были достигнуты национальные показатели качества воздуха. Эти показатели установлены с целью охраны здоровья населения и естественной среды. Если местная администрация выявляет какие-либо районы, где, по всей вероятности, эти показатели не будут достигнуты, она должна объявить их зоной управления качеством воздуха. Эта зона может охватывать лишь одну или две улицы или ее площадь может быть намного большей. Затем местная администрация может разработать план действий по улучшению местного качества воздуха.

2.3.11 В рамках ЕС местное качество воздуха также регулируется Директивой 2008/50/ЕС, которая объединила большую часть существующего законодательства (за исключением законодательства, касающегося тяжелых металлов и полициклических ароматических углеводородов (ПАУ)) в единую директиву, охватывающую SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub> и NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, TЧ<sub>10</sub>, новые стандарты в отношении TЧ<sub>2,5</sub>, бензола и Pb. Данная директива соответствует рекомендациям ВОЗ для Европы<sup>4</sup>.

2.3.12 Как правило, многие существующие крупные узловые аэропорты образовались в результате расширения небольших аэропортов, и с точки зрения их местоположения и близости к городским/жилым районам регулировать их функционирование весьма сложно. Например, в Гонконге вместо старого аэропорта Кай Так с очень сложной схемой захода на посадку над густонаселенными районами построен совершенно новый аэропорт. Новый международный аэропорт Гонконга специально построен вдали от крупных населенных пунктов, поэтому сейчас воздушным судам не приходится взлетать и совершать посадку над густонаселенными городскими районами, а новые схемы заходов на посадку в ночное время проходят над водным пространством, а не над населенными пунктами. С точки зрения шума и местной эмиссии это имеет преимущество, хотя применительно к Гонконгу Консультативный совет по окружающей среде не нашел какой-либо связи между передислокацией аэропорта и местным качеством воздуха<sup>5</sup>. Несомненно, что регионы, располагающие площадями или соответствующим рельефом для осуществления планирования, позволяющего в перспективе исключить возможность вторжения несовместимого строительства, находятся в более выгодном положении. Дополнительное уменьшение массы местной эмиссии достигается за счет создания обширной сети общественного транспорта, поэтому автомобильный транспорт не является основным средством доставки пассажиров в аэропорт.

2.3.13 Как отмечалось ранее, Агентство по охране окружающей среды (EPA) Соединенных Штатов Америки регулирует местное качество воздуха на основе Закона о чистом воздухе и NAAQS. Районам, в которых концентрация загрязняющих веществ превышает требования NAAQS или которые способствуют нарушению стандартов в соседних районах, присваивается категория районов несоблюдения требований. Для определения соответствия требованиям NAAQS и установления географических границ этих районов несоблюдения используется мониторинг качества воздуха.

<sup>4</sup> *Рекомендации по качеству воздуха для Европы*, 2-е издание, региональные публикации ВОЗ, европейская серия, № 91.

<sup>5</sup> Документ АСЕ 25/2004 "Воздействие эмиссии воздушных судов на качество воздуха".

2.3.14 В результате присвоения категории несоблюдения требований штаты должны представлять свои планы по реализации мероприятий (SIP) с указанием конкретных мер по улучшению местного качества воздуха и обеспечению соблюдения требований NAAQS. В связи с этим регулируемые зарегистрированные организации, находящиеся в зоне несоблюдения требований, а также полномочные органы по планированию землепользования и перевозок, должны соблюдать требования этих SIP. Как правило, в случае несоблюдения EPA Соединенных Штатов Америки налагает санкции в виде гражданско-правового взыскания и/или введения запрета на дальнейшее строительство и создание конкретного нового источника эмиссии.

2.3.15 Помимо ТЧ<sub>10</sub>, в рамках NAAQS EPA Соединенных Штатов Америки также регулирует твердые частицы размером 2,5 микрона (ТЧ<sub>2,5</sub>) или менее. Нормы в отношении ТЧ<sub>2,5</sub> устанавливаются на 24-часовой и среднегодовые периоды времени. Согласно правилам, в одном календарном году допускается лишь одно превышение 24-часового стандарта в среднем на протяжении трех лет. В частности, на момент введения норм на ТЧ<sub>2,5</sub> в районах несоблюдения требований по ТЧ<sub>2,5</sub> находилось больше коммерческих аэропортов (53, без учета аэропортов авиации общего назначения или военных аэропортов), чем в районах несоблюдения требований по ТЧ<sub>10</sub> (38).

## 2.4 СТАНДАРТЫ И ПРАВИЛА, КАСАЮЩИЕСЯ ЭМИССИИ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И ДОРОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

2.4.1 В настоящее время правила и стандарты, затрагивающие воздушные суда и другие аэропортовые источники эмиссии, как правило, подразделяются на две различные категории:

- a) **Нормы, определяющие предельные параметры эмиссии конкретных источников.** К ним относятся Стандарты ИКАО на эмиссию авиационных двигателей (принятые в рамках национального и многонационального законодательства) и национальные нормы, определяющие предельные параметры для неавиационных источников, таких как стационарные объекты (например, котлоагрегаты, генераторы, установки для сжигания отходов) и дорожные транспортные средства.
- b) **Национальные правила** (в некоторых государствах – "стандарты"), устанавливающие концентрации загрязняющих веществ во внешней среде для определения местного качества воздуха (например, предельные значения параметров местного качества воздуха).

2.4.2 Необходимость такого разграничения обусловлена тем, что, хотя все отдельные источники эмиссии, работающие на территории или в окрестностях конкретного аэропорта, могут отвечать требованиям, установленным для таких типов источников (включая Стандарты ИКАО на эмиссию авиационных двигателей), местные пороговые значения концентрации загрязняющих веществ могут не выдерживаться. Это объясняется разнообразием характерных для каждого района факторов, включая объемы дорожного и воздушного движения, топографию, кратковременное изменение метеорологических условий и близость других источников эмиссии и/или высокие уровни фонового загрязнения.

2.4.3 Результаты аэропортовых исследований свидетельствуют о том, что воздушные суда по-прежнему являются относительно незначительным источником регионального загрязнения, хотя по мере увеличения объемов воздушного движения и постепенного повышения степени экологичности неавиационных источников масса авиационных выбросов NO<sub>x</sub> может увеличиться. Поэтому, несмотря на то, что уменьшение массы авиационной эмиссии (за счет реализации эксплуатационных мер и мер, связанных с организацией воздушного движения, и/или введения более жестких Стандартов ИКАО на эмиссию двигателей) может способствовать улучшению местного качества воздуха в окрестностях аэропортов, важно также учитывать эмиссию региональных и локальных дорожных транспортных средств. В этом контексте следует отметить, что в ближайшие годы предполагается существенно повысить эмиссионные характеристики новых дорожных транспортных средств.

Поэтому в зависимости от условий в конкретных районах относительная доля авиационной эмиссии в общем объеме эмиссии, связанной с деятельностью аэропортов, может возрасти.

2.4.4 Международный характер коммерческой авиации обусловил разработку единообразных международных Стандартов сертификации, которые были подготовлены САЕР и приняты Советом ИКАО. Новые авиационные двигатели, сертифицируемые после даты вступления в силу Стандарта ИКАО, должны отвечать требованиям этого Стандарта. Стандарты на эмиссию двигателей ИКАО изложены в томе II Приложения 16, и первоначально разрабатывались в связи с обеспокоенностью относительно воздействия этой эмиссии на качество воздуха в окрестностях аэропортов. Эти Стандарты на двигатели определяют предельные значения выбросов  $\text{NO}_x$ , CO, HC, нПТЧ и дыма в рамках стандартного ВПЦ до высоты 914 м (3000 фут) над уровнем ВПП.

2.4.5 С момента введения Стандарты ИКАО на эмиссию  $\text{NO}_x$  авиационных двигателей постепенно ужесточались. В 1993 году ИКАО ужесточила правила принятого в 1981 году Стандарта на  $\text{NO}_x$  (правила вступили в силу 1 января 1996 года), понизив допустимые уровни на 20 % для вновь сертифицируемых двигателей, производство которых прекращалось 1 января 2000 года. В 1999 году<sup>6</sup> ИКАО в среднем почти на 16 % ужесточила Стандарт на  $\text{NO}_x$  для двигателей, вновь сертифицируемых с 1 января 2004 года. В 2005 году Совет ИКАО принял решение САЕР о дальнейшем ужесточении Стандарта на  $\text{NO}_x$ , поэтому Стандарт, вступивший в силу 1 января 2008 года, на 12 % понизил допустимые уровни, согласованные в 1999 году. В 2011 году ИКАО вновь ужесточила Стандарт на  $\text{NO}_x$ , который вступил в силу 1 января 2014 года, обеспечив снижение на 15 % (при общей степени повышения давления (OPR) 30). Для двигателей, в отношении которых они применяются, совокупный эффект этих изменений выражается в среднем в 50 %-ном ужесточении требований относительно первоначальных Стандартов ИКАО на эмиссию  $\text{NO}_x$ .

2.4.6 В результате, требования к сертификации по эмиссии постепенно становятся более строгими, а изготовители двигателей в значительной степени улучшили средние допуски характеристик по отношению к Стандартам ИКАО. Однако тенденция к повышению эффективности двигателей с более высокими значениями OPR означает, что в процентном отношении уменьшение абсолютной массы эмиссии  $\text{NO}_x$  модернизируемого парка не будет аналогичным изменению Стандарта ИКАО на  $\text{NO}_x$ .

2.4.7 В рамках национального применения стандартов ИКАО в процессе сертификации авиационных двигателей используется подход, предусматривающий проведение "испытаний типа". В соответствии с этим подходом изготовитель двигателей демонстрирует сертифицирующему полномочному органу, используя для этого ограниченное количество двигателей, что тип сертифицируемого двигателя соответствует стандарту ИКАО. Затем всем двигателям этого типа выдается соответствующий сертификат по эмиссии. Этот сертификат действует в течение всего ресурса двигателя конкретного типа (т. е. проводить проверку на предмет эмиссии после технического обслуживания/ремонта двигателя не требуется). Тем не менее на протяжении срока службы двигателя, как правило, происходит лишь незначительное изменение его эмиссионных параметров, о чем говорится в других разделах настоящего инструктивного материала.

2.4.8 Кроме того, имеются Стандарты ИКАО, предусматривающие уменьшение объема выбросов дыма до очень незначительных уровней, соответствие которым изготовители должны продемонстрировать путем проведения испытаний типа, описание которых приводилось ранее. Стандартами ИКАО также предусматривается запрещение выброса топлива из основных двигательных установок в процессе штатного останова двигателя. На данный момент отсутствуют какие-либо Стандарты ИКАО в отношении бортовых ВСУ.

2.4.9 Для неавиационных источников эмиссии в аэропортах и их окрестностях предельные значения эмиссии устанавливаются национальными, а не международными органами, такими как ИКАО. Идентификация и количественное определение параметров этих основных неавиационных источников эмиссии являются важными элементами оценки местного качества воздуха в окрестностях аэропортов. К числу источников, связанных с

<sup>6</sup> Процентное уменьшение эмиссии относится к двигателям с OPR=30. Уменьшение эмиссии двигателей с другими значениями OPR могут отличаться от этих показателей.

другими видами деятельности в аэропортах, относятся: дорожные транспортные средства, прибывающие в аэропорт по подъездным дорогам и осуществляющие движение в его окрестностях; транспортные средства, используемые в контролируемой зоне, такие как тягачи; иные типы НВО, пожарные машины, а также другие источники в географическом районе, которые уместно рассматривать в контексте проведения оценки, предусмотренной национальным режимом регулирования.

2.4.10 Как отмечалось ранее, оснащенные двигателями дорожные транспортные средства обычно в определенной степени регулируются национальными правилами, однако порядок их регулирования различен. Например, транспортные средства большой грузоподъемности обычно регулируются лишь на основе характеристик работы двигателя (например, нормы устанавливаются в граммах на киловатт/час). Это обусловлено широким разнообразием транспортных средств (от небольших грузовиков до 38-тонных шарнирно-сочлененных грузовых автомобилей и автобусов), на которых могут использоваться такие двигатели. В этом смысле нормы, регламентирующие эмиссию таких источников, сопоставимы со Стандартами ИКАО на авиационные двигатели, которые также основаны лишь на типе двигателя. В отношении "дорожных транспортных средств малой грузоподъемности" (автомобили, фургоны и т. д.) нормы устанавливаются для каждого сочетания "транспортное средство/двигатель". Таким образом, имеется множество правил, определяющих различные требования к каждому типу транспортного средства, типу топлива, типу двигателя, номинальной мощности и противоэмиссионным устройствам. В рамках ЕС регулирование пассажирских дорожных транспортных средств основано на массе выбросов на километр, определяемой в рамках ездовых испытательных циклов<sup>7</sup>, обеспечивающих репрезентативность дорожных условий и нагрузки. Испытательные циклы позволяют эффективно отслеживать изменение скорости транспортного средства во времени, а также моделировать заранее определенный комплекс условий движения по городским и сельским дорогам и автомагистралям.

2.4.11 На НВО и транспортные средства, используемые в контролируемой зоне, также распространяется комплекс норм на эмиссию, основанных на характеристиках их использования в качестве транспортных средств большой/малой грузоподъемности (или внедорожных/дорожных транспортных средств). Например, значительная часть НВО подпадает под стандарты на "недорожное движимое машинное оборудование", если такие транспортные средства никогда не предполагается использовать на дорогах. Нормирование эмиссии этих транспортных средств осуществляется лишь на основе характеристик двигателей, как правило с использованием испытательного цикла, репрезентативного для внедорожных условий нагрузки. Как отмечалось ранее, используемые в аэропортах транспортные средства, которые также осуществляют движение по обычным дорогам, такие как пожарные машины или автомобили для перевозки партий грузов, регулируются государственными нормами на эмиссию дорожных транспортных средств.

2.4.12 Таким образом, хотя эмиссия воздушных судов, дорожных транспортных средств и транспортных средств контролируемой зоны регулируется на основе специальных процедур (например, отражающих стационарное состояние или теоретически репрезентативные условия работы двигателя или транспортного средства в целом), эмиссия, фактически образуемая в конкретном районе, будет, по всей вероятности, отличаться от эмиссии, определенной для этих условий. Например, диапазон дорожных транспортных средств, прошедших испытания, является относительно небольшим для каждой выпускаемой комбинации "транспортное средство/двигатель"; имеется широкий диапазон разнообразных условий движения, методов вождения и погодных условий, каждое из которых оказывает влияние на фактические уровни эмиссии.

## 2.5 ИЗМЕНЕНИЕ ПРАВИЛ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЦЕЛИ

2.5.1 Правила, регламентирующие местное качество воздуха, постоянно совершенствуются и постепенно, по мере расширения объемов промышленной деятельности и транспортных систем и более полного осознания влияния местного качества воздуха на здоровье населения, становятся более строгими. Примером является

---

<sup>7</sup> "Новый европейский ездовой испытательный цикл".

уменьшение принятых в ЕС предельных значений  $\text{NO}_2$  с  $200 \text{ мкг/м}^3$  в 1985 году<sup>8</sup> до  $40 \text{ мкг/м}^3$  в 1999 году<sup>9</sup>, а также дальнейшее последующее уменьшение, предусмотренное дочерней директивой ЕС 99/30/ЕС. В дочерней директиве 99/30/ЕС для ежегодного усредненного предельного значения  $\text{NO}_2$  в  $40 \text{ мкг/м}^3$ , введенного в 2001 году, был предусмотрен 50 %-ный допуск и его ежегодное уменьшение на равную процентную долю до нулевого значения допуска к 2010 году, что означает постепенное ужесточение требований в течение десятилетнего периода. В условиях постоянного расширения объемов деятельности большинства отраслей промышленности для соблюдения этих ужесточенных требований необходимо вносить технические усовершенствования в источники эмиссии, связанные с деятельностью аэропорта.

2.5.2 Признавая усиление давления, обусловленное возможным ухудшением местного качества воздуха и климатическими изменениями, а также прогнозируемым постоянным ростом объема воздушных перевозок, партнеры по авиационной отрасли устанавливают свои цели и определяют среднесрочные и долгосрочные перспективы в области авиационной эмиссии. Двумя примерами являются цели, поставленные Консультативным советом по авиационным исследованиям в Европе (ACARE) и Национальным управлением по авионавтике и исследованию космического пространства (НАСА) в Соединенных Штатах Америки.

## 2.6 РЕАГИРОВАНИЕ НОРМАТИВНЫХ ОРГАНОВ

2.6.1 Создание и расширение масштабов деятельности всех отраслей промышленности привело к принятию правил, регламентирующих местное качество воздуха, призванных обеспечить охрану здоровья населения и окружающей среды. В условиях дальнейшего роста и увеличения объемов производства все актуальнее стоит вопрос об улучшении показателей деятельности всех отраслей и уменьшения их чистых объемов или интенсивности эмиссии, являющейся функцией производительности. Об этом может свидетельствовать еще большее ужесточение стандартов на  $\text{NO}_x$  в автомобильной и авиационной промышленности. Кроме того, постоянное расширение знаний о воздействии различных видов загрязняющих веществ на здоровье населения означает, что акцент может быть смещен с одного вида эмиссии или загрязняющего вещества на другой. На данный момент это привело к ужесточению правил в области местного качества воздуха.

2.6.2 Введение и ужесточение предусмотренных NAAQS Соединенных Штатов Америки и Рамочной директивой в области качества воздуха ЕС требований к  $\text{TCH}_{10}$  и  $\text{TCH}_{2,5}$  и возрастающее количество доказательств того, что необходимо контролировать эмиссию ультрадисперсных частиц (УДЧ), также привели к значительному усилению активности деятельности и принятию мер предосторожности САЕР ИКАО. Предварительным условием для разработки Стандартов ИКАО является наличие средств измерения, обеспечивающих получение повторяющихся и надежных результатов, которые к настоящему времени созданы для оценки нелетучих частиц небольших размеров, выбрасываемых авиационными двигателями. Первый Стандарт на нлТЧ, принятый ИКАО, вступил в силу 1 января 2020 года и применяется ко всем серийным турбовентиляторным двигателям, номинальная тяга которых составляет более  $26,7 \text{ кН}$ . Этот первый Стандарт на ТЧ вводит ограничения на максимальную массовую концентрацию нлТЧ (в основном углерода в чистом виде) и предусматривает представление отчетов об индексах эмиссии нлТЧмасса ( $\text{г/кг}$  топлива) и нлТЧкол-во (кол-во/ $\text{кг}$  топлива) для четырех этапов ВПЦ, включая максимальные значения индекса эмиссии (EI), измеренные между режимом малого газа и полной тягой. Это является отправной точкой применения относящихся к охране здоровья Стандартов на эмиссию ТЧ, основанных на показателях ВПЦ. Ожидается, что текущие показатели SN для турбовентиляторных двигателей с номинальной тягой более  $26,7 \text{ кН}$  в будущем больше не потребуются. Дополнительную обеспокоенность вызывает эмиссия летучих частиц-прекурсоров, образуемых из серы. Поскольку этот процесс

<sup>8</sup> *Стандарты качества воздуха применительно к двуокиси азота, Директива 85/203/ЕЕС, 7 марта 1985 года.*

<sup>9</sup> *Предельные значения содержания двуокиси серы, двуокиси азота и окислов азота, твердых частиц и свинца в окружающем воздухе, Директива 99/30/ЕС, в настоящее время – Директива 2008/50/ЕС.*

можно регулировать путем контроля за содержанием серы в топливе, разработка непосредственных стандартов ИКАО на эмиссию не планируется.

2.6.3 В перспективе САЕР планирует еще больше ужесточить Стандарты ИКАО на эмиссию авиационных двигателей, определяемую в рамках цикла ВПЦ. В частности, будет изучаться вопрос об эмиссии NO<sub>x</sub>, хотя потенциальное уменьшение будет оцениваться в рамках принятия компромиссных решений, учитывающих принятие мер в области шума и потребления топлива, а также и затраты. Технология изготовления двигателей достигла такого уровня, при котором имеются незначительные возможности улучшения положения дел и получения полномасштабных преимуществ. Поэтому для внесения каких-либо изменений в Стандарты ИКАО на двигатели в будущем потребуется провести оценку увязки любых нормативных изменений с технологическими последствиями. Для оказания содействия этой деятельности САЕР принял подход к определению среднесрочных (например, на 10 лет) и долгосрочных (например, на 20 лет) технологических целей в области NO<sub>x</sub>. На основании этого подхода САЕР будет определять степень приемлемости основанного на использовании технологий снижения эмиссии NO<sub>x</sub> для удовлетворения потребностей в обеспечении местного качества воздуха с учетом других экологических и экономических требований и их взаимозависимостей. Такие цели будут способствовать реализации согласованных на государственном и отраслевом уровнях мер в этой области, а также позволят составить хорошо обоснованные прогнозы и сценарии влияния авиации на качество воздуха на предстоящий 20-летний период.

---



## Глава 3

# КАДАСТРЫ ЭМИССИИ

### 3.1 ВВЕДЕНИЕ

3.1.1 Аэропорты и их соответствующие службы являются источниками разнообразных видов газообразной эмиссии и эмиссии твердых частиц. В контексте качества воздуха в аэропортах общее количество (или масса) аэропортовой эмиссии с определенными параметрами является важным показателем, характеризующим ее относительное воздействие и аспекты соблюдения правил. Этот показатель определяется с помощью кадастра эмиссии. Цели составления кадастра эмиссии могут предусматривать следующее, но не обязательно ограничиваться этим:

- a) сбор информации о массе эмиссии с одновременным отслеживанием тенденций и оценкой будущих сценариев;
- b) проведение сравнительного анализа массы эмиссии относительно юридических требований (например, определение пороговых значений);
- c) подготовка исходных данных для моделей дисперсии в целях определения концентрации загрязняющих веществ;
- d) создание основы для составления программ по смягчению последствий воздействия.

3.1.2 Как правило, для составления кадастров эмиссии используется восходящий процесс, поскольку такой подход позволяет обеспечить высокий уровень точности. На первом этапе необходимо рассчитать массу эмиссии каждого источника, определить время его действия и вид загрязняющего вещества. Эти переменные рассчитываются на основе информации, касающейся отдельных источников эмиссии, соответствующих коэффициентов эмиссии (выражаемых в граммах на килограмм топлива, граммах на час работы или граммах на киловатт мощности) и эксплуатационных параметров за установленный период времени. Затем эти два параметра используются для расчета общей массы эмиссии источников в аэропорту. Общий источник эмиссии можно рассматривать с различных точек зрения, например в качестве отдельного источника или группы источников с разбивкой по видам загрязняющих веществ или времени их действия (например, час, сутки, неделя, месяц или год).

3.1.3 Процесс разработки кадастра эмиссии предусматривает следующие этапы:

- a) определение общих параметров кадастра, таких как цель, пространственный и функциональный периметр и частота обновления данных;
- b) определение подлежащих рассмотрению видов эмиссии;
- c) определение существующих источников эмиссии;
- d) количественное определение массы эмиссии из этих источников;

- e) рассмотрение, в уместных пределах, крупномасштабных вопросов (региональные кадастры эмиссии);
- f) реализация мер по обеспечению гарантии и контроля качества (для классификации неопределенностей и ограничений, присущих данным).

### 3.2 ПАРАМЕТРЫ КАДАСТРОВ ЭМИССИИ

3.2.1 При разработке кадастра эмиссии следует учитывать следующие факторы:

- a) **Цель кадастра.** В значительной степени структура кадастра определяется целью и необходимостью его использования. Если необходимость заключается исключительно в расчете общей массы эмиссии, то в этом случае используемые методики будут простыми и ясными. Если кадастр предполагается использовать в рамках модели дисперсии, то методики могут отличаться и носить более подробный характер, поскольку для моделирования дисперсии необходима информация пространственного и временного характера. Структура кадастра эмиссии должна учитывать эти аспекты с тем, чтобы в будущем не возникало ограничений на его использование.
- b) **Периметр системы.** Периметр системы определяет пространственный и функциональный район, в пределах которого будет рассчитываться масса эмиссии. Пространственный район может ограничиваться периметром ограждения аэропорта, заданной высотой (например, высотой перемешивания) и/или подъездными дорогами к аэропорту. Как правило, функциональный район определяется источниками эмиссии, которые функционально увязаны с операциями, выполняемыми в аэропортах, но могут быть расположены за пределами периметра аэропорта (например, топливозаправочная станция).
- c) **Обновление данных.** Частота обновления кадастров влияет на структуру кадастра и любые применяемые базы или таблицы данных (например, одно годовое значение или несколько значений в течение года определяют необходимую временную разрешающую способность). Важно также проводить оценку необходимых и имеющихся средств для составления кадастра с определенной периодичностью.
- d) **Уровень точности/сложности.** Необходимый уровень точности входных данных определяется требуемой достоверностью результатов анализа и уровнем знаний аналитика. Настоящий инструктивный материал имеет целью определить рамки проведения анализа на различных уровнях сложности. В тех случаях, когда представляется возможным, даются рекомендации относительно трех методов различного уровня сложности:
  - 1) простой метод;
  - 2) усовершенствованный метод;
  - 3) детальный метод.

3.2.2 Как показано в таблице 3-1 кадастр эмиссии может составляться с учетом различных уровней сложности, определяемых необходимым качеством результатов и наличием дополнительной информации, данных и других ресурсов. Настоящий инструктивный материал призван определить рамки проведения исследований различных уровней сложности. В тех случаях, когда представляется возможным, рекомендации даются в отношении методов трех различных уровней сложности (например, простой метод, усовершенствованный метод и детальный метод). При проведении анализа следует делать ссылку на использовавшийся метод.

**Таблица 3-1. Составление кадастров эмиссии с использованием трех методов различного уровня сложности**

Характеристики	Простой метод	Усовершенствованный метод	Детальный метод
Сложность	Требуются базовые знания; необходимые данные являются простыми, стандартизированными и доступными; простая методика	Требуются продвинутое знания, конкретные данные по аэропорту и/или доступ к источникам доп. данных	Могут потребоваться глубокие знания, сотрудничество различных органов и/или доступ к собственным данным
Точность	Как правило, консервативная	Хорошая	Очень высокая
Надежность	Низкая	Средняя	Высокая

3.2.3 Если не требуется иное по конкретным причинам юридического характера или в целях подтверждения соблюдения нормативных положений, то для составления кадастров эмиссии рекомендуется использовать наилучшие имеющиеся данные с учетом необходимого уровня их точности и надежности. Для этого может потребоваться усовершенствованный и/или детальный метод, а простой метод в данном случае не подходит. При составлении кадастра эти методы можно комбинировать, т.е. один источник эмиссии рассматривается на основе одного метода, а другой источник – на основе другого метода. Кроме того, в тех случаях, когда для расчета массы эмиссии необходимы различные параметры, к одному и тому же источнику эмиссии может также применяться сочетание этих методов.

### 3.3 ВИДЫ ЭМИССИИ

3.3.1 Имеются разнообразные виды атмосферных загрязняющих веществ в виде газообразной эмиссии и эмиссии твердых частиц, образуемой в результате деятельности, связанной с авиацией, которые потенциально могут воздействовать на здоровье населения и окружающую среду. Однако не все они уместны или необходимы для составления кадастров эмиссии. При определении фактически необходимых для составления кадастра видов эмиссии следует принимать во внимание требования государств. Как правило, перечисленные ниже широко распространенные виды эмиссии можно рассматривать в качестве основных видов, учитываемых в кадастрах эмиссии:

- a) окислы азота (NO<sub>x</sub>), включая двуокись азота (NO<sub>2</sub>) и окись азота (NO);
- b) летучие органические соединения (ЛОС), включая углеводороды неметанового ряда (NMHC);
- c) окись углерода (CO);
- d) масса нелетучих твердых частиц (нлТЧмасса), в основном соответствующая массе углерода в чистом виде;
- e) масса ТЧ<sub>2,5</sub> и ТЧ<sub>10</sub>, где суммарная масса летучих и нелетучих твердых частиц используется в качестве заменителя для ТЧ<sub>2,5</sub> и ТЧ<sub>10</sub><sup>1</sup>;

<sup>1</sup> Геометрический диаметр частиц, выбрасываемых авиационными двигателями, гораздо меньше 2,5 микрон. Вследствие этого, выхлоп ТЧ<sub>2,5</sub> равен выхлопу ТЧ<sub>10</sub>.

- f) количество нелетучих твердых частиц (нЛТЧкол-во), в основном соответствующее количеству углерода в чистом виде;
- g) окислы серы (SO<sub>x</sub>).

3.3.2 Иногда в кадастры включается двуокись углерода (CO<sub>2</sub>) (рассчитываемая на основе общего объема израсходованного топлива). Необходимо признать, что эмиссия CO<sub>2</sub> является глобальной, а не региональной проблемой, однако, при необходимости, для составления глобальных кадастров можно использовать местные кадастры CO<sub>2</sub>.

3.3.3 По всей вероятности, в кадастрах эмиссии также необходимо учитывать другие виды эмиссии, представляющие потенциальную опасность для здоровья и окружающей среды, включая так называемые опасные загрязнители воздуха (ОЗВ). Незначительные уровни ОЗВ также присутствуют в выхлопных газах двигателей воздушных судов и НВО в газообразном виде и в виде твердых частиц. Исследования в области ОЗВ находятся на раннем этапе, поэтому следует отметить, что информация о коэффициентах эмиссии многих из этих видов носит очень ограниченный характер. В этой связи создание кадастра ОЗВ представляется маловероятным, а уровень надежности такого кадастра не может соответствовать уровню надежности кадастров других, более распространенных видов. В этих случаях надлежащие полномочные органы должны дать дополнительные рекомендации. Примерами репрезентативных для аэропортовых источников эмиссии ОЗВ являются (но не обязательно ограничиваются ими) следующие вещества:

- a) 1,3-бутадиен;
- b) ацетальдегид;
- c) акролеин;
- d) бензол;
- e) твердые частицы дизельного топлива;
- f) формальдегид;
- g) свинец (это относится к этилированному топливу, например avgas, которое используется лишь незначительным количеством небольших воздушных судов);
- h) нафталин;
- i) пропиональдегид;
- j) толуол;
- k) диметилбензол.

### 3.4 АЭРОПОРТОВЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭМИССИИ

3.4.1 В аэропортах имеется большое количество разнообразных источников эмиссии. Однако в реальных условиях, в зависимости от конкретных видов деятельности в отдельных аэропортах, могут функционировать не все известные виды источников эмиссии (например, некоторые из них расположены за пределами аэропорта). Для более полного учета разнообразия источников эмиссии они разбиты на четыре категории:

- a) двигатели воздушных судов;

- b) средства обслуживания воздушных судов;
- c) инфраструктурные или стационарные источники;
- d) движение наземных транспортных средств.

3.4.2 Как правило, в категорию источников эмиссии "авиационные двигатели" входят следующие<sup>2</sup>:

- a) **Основные двигатели воздушных судов.** Основные двигатели воздушных судов, используемые в рамках установленного эксплуатационного периметра (с момента запуска до останова двигателя).
- b) **Вспомогательные силовые установки (ВСУ).** Автономные бортовые установки, обеспечивающие подачу электроэнергии и сжатого воздуха бортовым системам во время работы на земле.

3.4.3 Как правило, в категорию источников эмиссии "средства обслуживания воздушных судов" входят следующие:

- a) **Наземное вспомогательное оборудование (НВО).** НВО, необходимое для обслуживания воздушного судна на промежуточной стоянке: агрегаты аэродромного питания, установки кондиционирования воздуха, буксировщики воздушных судов, ленточные конвейеры, пассажирские трапы, вилочные подъемники, трактора, автопогрузчики и т. д.
- b) **Движение транспорта в контролируемой зоне.** Движение спецтранспорта и механизмов (уборочные машины, грузовики (бортпитание, заправка топливом, ассенизация), легковые машины, фургоны, автобусы и т. д.) в пределах периметрового ограждения аэропорта (обычно зона ограниченного доступа), которое осуществляется по служебным дорогам.
- c) **Заправка воздушных судов.** Испарения из топливных баков воздушных судов (дренаж) и из топливозаправщиков или систем трубопроводов при выполнении заправки.
- d) **Устранение обледенения воздушных судов.** Применение специальных веществ для устранения обледенения и противообледенительной обработки воздушных судов в зимних условиях.

3.4.4 В категорию стационарных или инфраструктурных источников эмиссии входят следующие:

- a) **Силовые/отопительные установки.** Средства, обеспечивающие подачу энергии для аэропортовой инфраструктуры: котлоагрегаты, тепловые/охлаждающие установки, одноблочные теплоэлектроцентрали.
- b) **Аварийные источники электроэнергии.** Дизель-генераторы для работы в аварийном режиме (например, для электроснабжения зданий или огней ВПП).
- c) **Техническое обслуживание воздушных судов.** Все виды деятельности и средства для технического обслуживания воздушных судов, т. е. мойка, уборка, цеха покраски, стенды для испытания двигателей.

---

<sup>2</sup> Имеется ряд других потенциальных источников эмиссии, которые настоящим инструктивным материалом не охватываются; они определены, и этот вопрос подлежит дополнительному изучению.

- d) **Техническое обслуживание аэропорта.** Все виды деятельности для технического обслуживания аэропорта (уборка, техническое обслуживание зданий, ремонт, ландшафтные работы) и средств механизации (техническое обслуживание транспортных средств, цеха покраски).
- e) **Топливо.** Хранение, распределение и обработка топлива в топливозаправщиках и топливозаправщиках.
- f) **Строительные работы.** Все виды строительных работ, связанных с эксплуатацией и развитием аэропорта.
- g) **Пожарные учения.** Мероприятия по отработке действий на случай пожара с использованием различных видов топлива (керосин, бутан, пропан, лесоматериалы).
- h) **Устранение обледенения поверхности.** Эмиссия веществ, используемых для устранения и предотвращения обледенения в зонах движения воздушных судов и на служебных и подъездных дорогах.

3.4.5 К числу источников эмиссии зон общего доступа относятся следующие<sup>3</sup>:

- a) **Движение транспортных средств.** Мотоциклы, автомобили, фургоны, грузовики, городские и междугородные автобусы, прибывающие в аэропорт по подъездным дорогам, стоящие на обочинах с работающими двигателями, въезжающие на его территорию и находящиеся на местах стоянки, расположенных на территории или за пределами территории аэропорта (включая эмиссию, образуемую при остановке и запуске двигателей, и эмиссию в виде паров топлива из топливных баков).

3.4.6 Для составления кадастра эмиссии аэропорта в целом рассматривается масса эмиссии источников каждой категории (в масштабах, уместных для проведения исследования), а затем общие показатели суммируются.

### 3.5 МЕСТНАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭМИССИЯ

При составлении аэропортовых кадастров эмиссии важно иметь в виду, что аэропорт всегда является составной частью более обширного района, выходящего за пределы периметрового ограждения и границы летного поля. Для некоторых целей, таких как моделирование формирования О<sub>3</sub>, могут разрабатываться кадастры эмиссии, охватывающие более протяженный региональный периметр (например, воздушный купол). Заниматься составлением таких более масштабных кадастров будут соответствующие государственные органы (например, местные, региональные и/или национальные полномочные органы), как правило, в сотрудничестве с аэропортами. В частности, во избежание двойного подсчета эмиссии необходимо определить границы системы. В зависимости от принятых допущений (например, рассматриваемые источники, их пространственная протяженность или границы района) аэропортовый кадастр может охватывать лишь относительно небольшую долю эмиссии, учитываемую кадастром района в целом. Однако сам кадастр не обязательно дает полное представление об общем воздействии источника эмиссии. В ряде случаев для более полного определения воздействия на качество воздуха проводится моделирование дисперсии.

<sup>3</sup> В число источников зоны общего доступа могут также входить поезда, которые в настоящее время в рамках этого инструктивного материала не рассматриваются.

### 3.6 ГАРАНТИЯ КАЧЕСТВА

3.6.1 В зависимости от положения дел на местах составление кадастра эмиссии может представлять собой сложную задачу, для решения которой, возможно, потребуется принять определенные упрощения или ограничения. В целом, для получения надежных результатов в ходе разработки и после ее окончания кадастры эмиссии должны подвергаться контролю качества. Ниже отмечается, что такой контроль качества предусматривает, в частности, проведение проверки на предмет определения недостающей информации, использование допущений, оценку ошибок, обеспечение транспарентности/прослеживаемости источников данных и методик, и валидацию результатов.

3.6.2 **Недостающая информация.** Отсутствие некоторых данных (т. е. эксплуатационные данные и/или точные коэффициенты эмиссии) может привести к тому, что информация или данные будут неполными. В этих случаях оценки или допущения следует делать с учетом этих данных, поскольку после получения данных или информации кадастры или методики можно будет доработать. В целом весьма трудно обосновать включение в кадастр дополнительных источников, которые ранее не учитывались.

3.6.3 **Оценка ошибок.** По соображениям надежности при составлении кадастра важно проводить оценку точности кадастра и ошибок. Как правило, имеющиеся данные и информация характеризуются одним из трех уровней качества, как указано ниже:

- a) **Замеренные.** Фактически данные измеряются с использованием или без использования калиброванных и проверенных средств и методов, учитываются или проходят другую оценку с помощью иных средств, непосредственно связанных с источником данных. Это может также предусматривать выполнение расчетов с использованием замеренного значения и коэффициента корреляции (т. е. использование фактически замеренного расхода топлива и коэффициента корреляции CO<sub>2</sub>, например 3150 г/кг топлива, для определения массы эмиссии CO<sub>2</sub> двигателей, работающих на керосине).
- b) **Вычисленные.** Данные рассчитываются на основе имеющихся алгоритмов и информации, непосредственно не связанной с источником данных.
- c) **Оцененные.** Данные оцениваются на основе исходной информации, опыта прошлого или соответствующих допущений.

3.6.4 Для каждого уровня качества данных можно заранее определить величину ошибки (значение  $\pm$  абсолютное отклонение) или процентную долю (значение  $\pm$  процент) и рассчитать общую ошибку. В случае применения ко всем источникам можно без труда определить, когда необходимо повысить качество данных или когда можно согласиться с более высокими уровнями неопределенности без нанесения существенного ущерба общему результату.

3.6.5 **Транспарентность и прослеживаемость.** В целях осуществления эффективного контроля качества и исключения потенциального дублирования расчетов в рамках кадастров эмиссии с использованием более точных данных применяемую методику расчета необходимо четко определить и надлежащим образом задокументировать. Следует идентифицировать и указать используемые в кадастрах источники информации и коэффициенты эмиссии. Если отсутствует возможность применения установленного источника оптимальных данных, необходимо указать другие источники данных (например, следующий наилучший).

3.6.6 **Валидация.** Следует проводить валидацию и перекрестную проверку окончательных результатов с использованием надлежащей системы контроля качества. Это может включать сравнение с исходными данными аналогичных систем или выполнение повторных расчетов конкретных элементов кадастра эмиссии с использованием иных средств.

### 3.7 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ

При проведении ретроспективного и текущего анализа качества воздуха аналитики могут также рассмотреть вопрос о влиянии будущих аэропортовых источников эмиссии. При подготовке аэропортовых кадастров эмиссии, отражающих будущие сценарии (например, на 5, 10 или 25-летние периоды), следует использовать методику, учитывающую все аспекты деятельности аэропорта, включая операции воздушных судов и их движение, обслуживание пассажиров и обработку грузов, потребности аэропортовой инфраструктуры и объемы движения наземных транспортных средств. Разработка методик прогнозирования может быть очень сложной задачей, зачастую требующей принятия многих допущений и/или досконального ознакомления с аэропортом и его окрестностями, знания состояния рынка, масштабов использования оборудования авиакомпаниями и действующих нормативных положений. В целом, описание подробных методик прогнозирования выходит за рамки настоящего инструктивного материала, посвященного кадастрам эмиссии.

---

## Добавление 1 к главе 3

# МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЭМИССИИ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

### 1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 Органы, занимающиеся авиационной эмиссией, периодически уделяют повышенное внимание основным двигателям воздушных судов, поскольку они могут быть преобладающим источником аэропортовой эмиссии. В настоящем добавлении рекомендуются методики оценки эмиссии авиационных двигателей. Основными двигателями являются двигатели, обеспечивающие поступательное движение воздушного судна. К числу других двигателей, установленных на борту воздушного судна, относятся ВСУ, обеспечивающие подачу электроэнергии и сжатого воздуха при рулении воздушного судна или во время его стоянки на перроне при отсутствии альтернативных источников. Выброс топлива из топливных баков воздушных судов не допускается и поэтому в качестве источника эмиссии не рассматривается.

1.2 Как правило, к числу основных двигателей относятся газотурбинные турбовентиляторные двигатели (иногда называемые турбореактивными) и турбовинтовые двигатели, работающие на авиационном керосине (который также называется реактивным топливом), или поршневые двигатели внутреннего сгорания, работающие на авиационном бензине.

#### Эмиссия основных двигателей в окрестностях аэропортов

1.3 Масса эмиссии отдельной основной двигательной установки воздушного судна в основном зависит от трех параметров: длительности этапа (ТМ), индексов эмиссии (EI) и расхода топлива основных двигателей. В рамках валовой эмиссии парка воздушных судов, использующих аэропорт, также учитываются два дополнительных параметра: численный состав парка воздушных судов/тип и количество операций. При расчете массы авиационной эмиссии в конкретном аэропорту для определения каждого из этих параметров необходимо учитывать желаемую точность кадастра эмиссии, которая будет обуславливать используемые значения и методику (например, простой, усовершенствованный и детальный методы). Несмотря на то, что в настоящем документе делается попытка упростить проведение анализа кадастра с использованием трех методов, в целом имеется согласованное мнение относительно того, что иногда пользователь может применять комбинированный подход, объединяющий элементы простого, усовершенствованного и детального методов. Однако комбинированный метод не следует использовать в тех случаях, когда он приводит к завышению всех параметров, что невольно повлечет за собой увеличение доли эмиссии воздушных судов при проведении оценки аэропортовых кадастров. Соответственно, аналитику рекомендуется в полной мере документально оформить методику анализа, включая порядок использования настоящего инструктивного материала. Более подробно этот вопрос рассматривается в разделе 4. Приводимая ниже информация дает общее представление о каждом из упомянутых параметров:

- а) **Длительность этапа (ТМ)** представляет собой период времени, обычно измеряемый в минутах, в течение которого авиационные двигатели фактически работают на заданном режиме мощности, характерном для одного из эксплуатационных этапов взлетно-посадочного цикла (ВПЦ) полета.

- б) **Индекс эмиссии (EI) и расход топлива.** EI определяется в виде массы выброшенного загрязняющего вещества на единицу массы топлива, израсходованного конкретным двигателем. В банке данных по эмиссии двигателей (БДЭД) ИКАО содержится информация об EI сертифицированных двигателей, которые выражаются в граммах загрязняющего вещества на килограмм топлива (г/кг) для NO<sub>x</sub>, CO и HC, а также о характерном для каждого этапа расходе топлива, выраженном в килограммах в секунду (кг/с) для четырех режимов мощности, предусмотренных методикой сертификации двигателей по эмиссии. Умножение EI, характерного для этапа, на соответствующий этапу расход топлива позволяет получить коэффициент эмиссии, выражаемый в граммах на секунду. Умножение этого коэффициента эмиссии на TИМ (в секундах) позволяет получить характерную для каждого этапа эмиссию, выражаемую в граммах. При составлении более точных кадастров эти значения необходимо корректировать с целью учета различных режимов мощности, влияния установки и т. д. Доступна дополнительная информация по нЛТЧ, которые измеряются по массе – в граммах на килограмм топлива (г/кг) и по количеству – в количестве на килограмм топлива (кол-во/кг).

## 2. СЕРТИФИКАЦИЯ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПО ЭМИССИИ

2.1 Для целей сертификации по эмиссии ИКАО определила специальный стандартный взлетно-посадочный цикл (ВПЦ) до высоты 914 м (3000 фут) AGL<sup>1</sup>, который используется в сочетании с согласованной на международном уровне методикой проведения сертификационных испытаний и замеров и предельными значениями (дополнительная информация содержится в томе II Приложения 16).

2.2 Этот цикл охватывает четыре этапа, характеризующих заход на посадку, руление/режим земного малого газа, взлет и набор высоты, и представляет собой более упрощенный вариант эксплуатационного полетного цикла (см. таблицу 3-A1-1). Одним из примеров такого упрощения является то, что оно предусматривает резкое изменение режима взлетной мощности на режим набора высоты в конце разбега при взлете, который поддерживается на том же уровне до высоты 3000 фут. Не учитывая конкретные элементы и отклонения, происходящие при выполнении фактических операций, ВПЦ, разработанный для сертификации по эмиссии, является стандартным циклом, используемым для сравнения технологий, который неоднократно подтверждал свою адекватность и приемлемость для этой цели.

**Таблица 3-A1-1. Стандартный ВПЦ для определения эмиссии**

Эксплуатационный этап	Длительность этапа (минуты)	Режим тяги (процент от номинальной тяги)
Заход на посадку	4,0	30
Руление и режим земного малого газа	26 7,0 (прилет) 19,0 (вылет)	7
Взлет	0,7	100
Набор высоты	2,2	85

<sup>1</sup> В рамках исследования, посвященного составлению кадастров эмиссии, под высотой 3000 фут над уровнем земли понимается превышение контрольной точки аэродрома, выбранного для проведения исследования.

2.3 Этот стандартный эмиссионный ВПЦ охватывает операции воздушных судов, выполняемые ниже слоя перемешивания атмосферы или инверсионного слоя. Фактическая высота слоя перемешивания может изменяться от места к месту, однако в среднем он простирается до высоты, примерно составляющей 914 м (3000 футов), т. е. до высоты, используемой для определения длительности этапа (ТІМ) при нахождении воздушного судна в воздухе. Загрязняющие вещества, выбрасываемые ниже высоты перемешивания, потенциально могут оказывать влияние на концентрацию, определяющую местное качество воздуха, причем загрязняющие вещества, выбрасываемые ближе к поверхности земли, по всей вероятности, оказывают большее влияние на уровни приземной концентрации<sup>2</sup>.

2.4 Выбранные характеристики сертификационного ВПЦ получены в результате обследований, выполненных в 1970-х годах. Они отражают пиковый объем воздушного движения (т. е. характерные неблагоприятные условия), а не среднее количество выполненных ВПЦ. Использование этих параметров для Стандартов на авиационную эмиссию в основном обусловлено необходимостью поддержания качества воздуха в районах и окрестностях крупных аэропортов в условиях интенсивного движения или при неблагоприятных метеорологических условиях.

2.5 Известно, что фактическое время работы и режимы мощности двигателей воздушных судов одного и того же типа в различных международных аэропортах существенно отличаются; даже в одном аэропорту могут иметь место значительные отклонения, происходящие ежедневно или в течение одного дня. Однако использование фиксированного ВПЦ обеспечивает постоянные исходные условия, при которых можно сравнивать изменение эмиссионных характеристик двигателей.

2.6 Таким образом, стандартный эмиссионный ВПЦ является необходимым условием использования искусственной модели, для которой характерно наличие отклонений по сравнению с реальными условиями в различных аэропортах. Он разрабатывался в качестве стандартного цикла для целей сертификации и демонстрации соответствия действующим стандартам на эмиссию.

2.7 Этот ВПЦ, разработанный для целей сертификации, можно также применять для составления кадастров эмиссии с использованием простого метода. Однако, учитывая общие допущения, принятые для этого цикла, результаты его использования, как правило, не будут отражать фактическую массу эмиссии. Вместо этого для составления более точного кадастра следует использовать более надежные эксплуатационные данные, если они имеются.

2.8 В настоящем инструктивном материале отмечается, что Стандарты ИКАО на эмиссию авиационных двигателей охватывают эмиссию СО, НС, NO<sub>x</sub>, нЛТЧ и дыма. Они применяются лишь в отношении турбореактивных и турбовентиляторных двигателей дозвуковых и сверхзвуковых воздушных судов, номинальная тяга которых составляет 26,7 кН или более (Приложение 16, том II). Стандарты ИКАО не распространяются на небольшие турбовентиляторные и турбореактивные двигатели (номинальной тягой менее 26,7 кН), турбовинтовые, поршневые и турбовальные двигатели, ВСУ и двигатели воздушных судов авиации общего назначения, что обусловлено очень большим количеством моделей, нерентабельностью обеспечения соответствия и незначительным объемом используемого ими топлива по сравнению с коммерческими реактивными воздушными судами.

---

<sup>2</sup> ИКАО признает, что для определения локального воздействия выбрасываемого загрязняющего вещества различные государства могут использовать различные стандарты или пороговые значения. Во многих случаях это определяется максимальной высотой, до которой происходит выброс конкретного загрязняющего вещества. Для этих целей одни государства могут определять конкретную высоту, а другие – выполнять моделирование для определения высоты, на которой загрязняющие вещества могут оказывать локальный эффект в конкретном районе. Зачастую под этим понимается высота перемешивания в пределах атмосферного пограничного слоя. Согласно основным терминам, под высотой перемешивания понимается высота вертикального перемешивания нижнего слоя тропосферы. Кроме того, согласно этим терминам, на пограничный слой, являющийся частью тропосферы, непосредственное влияние оказывает близость земной поверхности. Как правило, государства, в которых для целей оценки местного качества воздуха устанавливается высота перемешивания, разрабатывают модели для проведения таких анализов и/или в качестве высоты перемешивания принимают значение по умолчанию, составляющее 3000 футов.

### Сертификационные данные по эмиссии

2.9 Для проведения сертификационных испытаний по эмиссии двигателя устанавливаются на оснащенном измерительной аппаратурой и откалиброванном стационарном испытательном стенде. Замеры массы эмиссии двигателя и параметров выполняются на различных режимах мощности (как правило, более 10), которые охватывают весь эксплуатационный диапазон от режима малого газа до полной мощности, а не только режимы, предписанные ИКАО для четырех этапов ВПЦ. Замеренные данные приводятся к стандартным условиям определения характеристик двигателей и стандартным атмосферным условиям МСА на уровне моря при влажности 0,00634 кг воды/кг воздуха с использованием хорошо зарекомендовавших себя процедур (дополнительная информация содержится в томе II Приложения 16).

2.10 Сертификационные данные ИКАО по эмиссии CO, HC и NO<sub>x</sub> двигателей, а также соответствующая информация о расходе топлива представляются в отношении четырех исходных режимов мощности, определяемых, соответственно, для таких этапов, как "взлет", "набор высоты", "заход на посадку" и "руление/режим земного малого газа" при работе двигателя на каждом из этих режимов мощности в течение установленного периода времени (т. е. "длительность этапа"). Однако информацию об эмиссии дыма необходимо представлять лишь в виде максимального значения плотности дыма, выражаемой числом дымности (SN) для каждого двигателя независимо от режима мощности (хотя для большинства сертифицированных двигателей информация об SN в увязке с конкретными этапами уже представлена).

2.11 Упомянутые ранее сертификационные показатели по эмиссии содержатся в БДЭД ИКАО в виде таблиц данных по отдельным двигателям, а также в виде сводных таблиц, содержащих представленную изготовителями информацию обо всех сертифицированных двигателях. Этот периодически обновляемый банк данных является общедоступным и размещен во Всемирной сети по адресу: <http://easa.europa.eu/document-library/icao-aircraft-engine-emissions-databank>. Пример таблицы эмиссионных данных двигателей приводится в дополнении А к настоящему добавлению.

## 3. ОПИСАНИЕ РАБОЧЕГО ПОЛЕТНОГО ЦИКЛА

3.1 Этапы вылета и прибытия фактического рабочего полетного цикла коммерческого воздушного судна являются более сложными, чем четыре этапа (заход на посадку, руление/режим земного малого газа, взлет и набор высоты), используемые для сертификационных целей ИКАО. В рамках фактических циклов устанавливаются различные режимы тяги авиационных двигателей, а время работы на этих режимах зависит от таких факторов, как тип воздушного судна, особенности схем аэропорта и ВПП и местные метеорологические условия. Однако практически все рабочие полетные циклы включают в себя ряд характерных этапов. Они показаны на рис. 3-A1-1, а описание приводится в последующих разделах.

3.2 Работа ВСУ на воздушных судах, оснащенных такими двигателями, обычно ограничивается периодами, в течение которых воздушное судно выполняет руление или находится на стоянке у здания аэровокзала. Как правило, ВСУ выключается сразу же после запуска основных двигателей, а после посадки ВСУ, как правило, запускается при приближении воздушного судна к месту стоянки в районе аэровокзала. Если во время руления выключается один или несколько основных двигателей, то при заруливании может также потребоваться запуск ВСУ. В ряде аэропортов максимальное время работы ВСУ регламентируется, что в основном обусловлено необходимостью ограничения уровня шума в районе аэродрома.

3.3 Согласно информации, содержащейся в последующих разделах, интенсивность использования воздушных судов в аэропорту выражается в виде количества взлетно-посадочных циклов или операций. Под операцией понимается посадка или взлет, а две операции могут соответствовать одному взлетно-посадочному циклу (например, вырливание, взлет, посадка и заруливание).

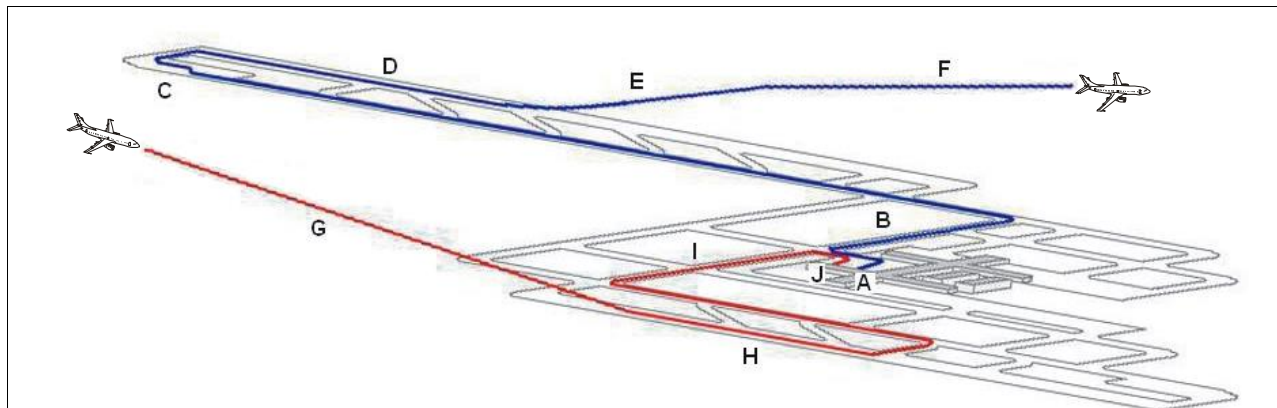


Рис. 3-A1-1. Рабочий полетный цикл

### ВЫЛЕТ

- A. **Запуск двигателей.** Обычно основные двигатели запускаются до или во время буксировки воздушного судна хвостом вперед от посадочной галереи/места стоянки. Там, где буксировка воздушного судна хвостом вперед не требуется, основные двигатели запускаются непосредственно перед началом руления.
- B. **Руление к ВПП.** Как правило, до выхода на ВПП воздушные суда вырливают к ВПП или зоне ожидания на всех двигателях, хотя при определенных обстоятельствах воздушное судно может рулить не на всех двигателях. Обычно руление выполняется на режиме мощности, соответствующем малому газу/режиму руления, за исключением кратковременного увеличения мощности для преодоления первоначальной инерции в начале руления или, при необходимости, для выполнения крутых разворотов.
- C. **Ожидание на земле.** При необходимости воздушному судно может быть дано указание ожидать в очереди до получения диспетчерского разрешения на выход на ВПП и руление к месту старта. Как правило, основные двигатели работают на режиме малого газа с кратковременным увеличением мощности для движения на исходную позицию.
- D. **Разбег при взлете до отрыва.** При движении по ВПП воздушное судно, основные двигатели которого работают на режиме взлетной мощности, разгоняется до предписанной скорости отрыва носового колеса в конце разбега при взлете. Для взлета эксплуатанты редко используют полную мощность; вместо этого в начале разбега при взлете устанавливается предписанный режим тяги. Эксплуатанты используют пониженные режимы взлетной тяги или, чаще, уменьшение (например, гибкое) режимов тяги, которое определяется фактическим взлетным весом воздушного судна, длиной ВПП и преобладающими метеорологическими факторами. Иногда на начальном этапе осуществляется поэтапное манипулирование дроссельным рычагом во время разбега при взлете, при котором первоначально дроссельные рычаги устанавливаются в промежуточное положение, а затем через несколько секунд двигатели выводятся на заранее определенный режим взлетной мощности.
- E. **Начальный участок набора высоты до дросселирования.** После отрыва от земли шасси (т. е. колеса) воздушного судна убираются и воздушное судно набирает высоту с постоянной скоростью на начальном режиме взлетной мощности до тех пор, пока оно не достигнет высоты дросселирования (т. е. в диапазоне от 800 до 1500 фут AGL), на которой газ убирается.
- F. **Разгон, уборка шасси и закрылков и набор высоты в маршрутной конфигурации.** После уборки рычагов управления двигателями воздушное судно продолжает набор высоты на режиме тяги меньшем, чем режим, использовавшийся для взлета, с последующей уборкой закрылков/предкрылков, по мере разгона воздушного судна и набора крейсерской высоты.

### ПРИБЫТИЕ

- G. **Конечный участок захода на посадку и выпуск закрылков.** Стабилизированный конечный участок захода на посадку от контрольной точки конечного участка захода на посадку (FAF) переходит в относительно устойчивый полет по глиссаде на пониженной тяге двигателей. Режим тяги увеличивается для компенсации дополнительного лобового сопротивления при выпуске закрылков и шасси, при этом скорость уменьшается до скорости выравнивания.
- H. **Выравнивание, касание и послепосадочный пробег.** Как правило, по время выравнивания и послепосадочного пробега рычаги управления двигателями устанавливаются в положение, соответствующее малому газу. Затем для замедления движения воздушного судна по ВПП обжимаются тормоза колес и, в соответствующих случаях, включается реверс тяги.
- I. **Руление с ВПП на место стоянки/к посадочной галерее.** Сруливание с ВПП аналогично процессу вырливания на ВПП, описание которого приводилось выше; однако в соответствующих случаях, если появляется возможность, эксплуатанты могут выключать один или несколько двигателей.
- J. **Останов двигателей.** После прекращения руления и подключения электропитания для работы бортового оборудования оставшиеся двигатели выключаются.

#### 4. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЭМИССИИ

4.1 Имеются различные подходы и методики количественного определения эмиссии авиационных двигателей, для каждого из которых характерна определенная степень точности и обратная степень неопределенности.

4.2 В настоящем разделе рассматриваются три общих метода количественного определения массы эмиссии авиационных двигателей, для каждого из которых характерен соответствующий уровень сложности. В рамках каждого метода могут использоваться различные комбинации некоторых параметров и сопутствующих факторов, что зависит от наличия данных и информации:

- a) Простой метод является наименее сложным подходом, требующим минимального объема данных и характеризующимся самым высоким уровнем неопределенности, в результате чего зачастую масса авиационной эмиссии завышается. В рамках этого метода используется общедоступная информация и таблицы данных, получить которые очень просто, а для его реализации необходим минимальный объем информации, касающейся конкретного аэропорта. Этот подход является наиболее простым методом оценки эмиссии авиационных двигателей, рассматриваемым в настоящем инструктивном материале. Единственными необходимыми данными, касающимися аэропорта, являются количество операций воздушных судов (в течение определенного периода, например одного года) и количество типов воздушных судов, выполняющих каждую операцию (вариант А), или дополнительная исходная информация относительно двигателей, используемых на каждом типе воздушного судна (вариант В).

Простой метод следует использовать лишь в качестве средства проведения первоначальной оценки эмиссии авиационных двигателей в аэропорту. Для большинства видов загрязняющих веществ этот метод в целом является консервативным, поскольку зачастую результаты будут завышать общий уровень эмиссии авиационных двигателей. Однако для некоторых видов эмиссии и менее распространенных типов воздушных судов итоговая эмиссия может быть занижена. В этой связи не ясно, насколько точно простой метод отражает фактическую эмиссию авиационных двигателей в конкретном аэропорту.

- b) Усовершенствованный метод характеризуется повышенным уровнем качества информации о типах воздушных судов, типах двигателей, расчета EI и TIM. Этот метод требует использования информации, касающейся конкретного аэропорта, или квалифицированных допущений, которые по-прежнему являются общедоступными, но получить их труднее. При расчете каких-либо характеристик воздушного судна он учитывает местные условия. Результатом этих усовершенствований является более точное по сравнению с простым методом определение массы эмиссии основных двигателей, однако оценка общей массы эмиссии по-прежнему рассматривается в качестве консервативной.
- c) Детальный метод наилучшим образом отражает фактическую массу эмиссии авиационных двигателей. Он является наиболее всеобъемлющим методом, требующим использования максимального объема данных и обеспечивающим получение наивысшего уровня определенности. Детальный метод выходит за рамки сертификационных данных ВПЦ и TIM и использует рабочие характеристики двигателя/воздушного судна. Применение этого метода требует более глубоких знаний в области эксплуатации воздушных судов и двигателей и, в некоторых случаях, потребует использования собственных данных или данных либо моделей, которые, как правило, не публикуются в открытых источниках. В большинстве случаев пользователям необходимо выполнять анализ на более высоких уровнях.

4.3 Альтернативные методы обеспечивают постепенное повышение точности и обратной степени неопределенности. Цель и необходимость количественного определения массы эмиссии авиационных двигателей обуславливают уровень заданной точности данных в кадастре, что, в свою очередь, определяет

соответствующий метод. Вторичным фактором является наличие данных. Несмотря на то, что для анализа может потребоваться высокий уровень точности, в отношении некоторых элементов анализа обеспечить его не представляется возможным из-за отсутствия доступных данных. Согласно рекомендациям ИКАО в том случае, если при составлении кадастров эмиссии затрагиваются аспекты политики, которые будут оказывать влияние на производство полетов воздушных судов в конкретном аэропорту, расчеты должны основываться на наилучших имеющихся данных, и в этом случае простой метод, как правило, использовать не следует. При получении дополнительной информации относительно производства полетов воздушных судов в каком-либо аэропорту более целесообразно использовать усовершенствованный метод.

4.4 Важно также иметь в виду, что, хотя на самом простом уровне отдельные специалисты могут составить кадастр эмиссии, использование усовершенствованного и детального методов, по всей вероятности, обусловит необходимость сотрудничества с другими авиационными ресурсами. Например, зачастую довольно трудно получить необходимые для проведения анализа данные, касающиеся идентичности фактических типов воздушных судов и двигателей, реалистичной и точной ТИМ и фактических режимов мощности двигателей. В целом, использование более сложного метода потребует более высокого уровня сотрудничества.

4.5 ИКАО придает большое значение использованию аэропортами и государствами самых полных имеющихся данных при составлении кадастров эмиссии авиационных двигателей. Методики составления кадастров эмиссии ИКАО обеспечивают повышение точности за счет перехода от использования простого метода к усовершенствованному и, в конечном итоге, к детальному методу. ИКАО рекомендует выбирать такой метод или его отдельные элементы, который обеспечивает желаемую или необходимую достоверность результатов. Специалисты в области качества воздуха могут называть эти методы простым, усовершенствованным или детальным методом ИКАО. Следует также отметить, что эти методы могут комбинироваться и что использование простого метода для составления одной части кадастра не препятствует применению более точных методов для составления остальных частей кадастра эмиссии.

4.6 Таблица 3-A1-2 дает общее представление о подходах к выполнению расчетов. В ней рассматривается каждый из четырех основных параметров (состав парка, операции, ТИМ и EI), а также другие сопутствующие факторы. В таблице также поясняется порядок определения каждого из этих параметров с использованием трех методов (простой, усовершенствованный и детальный).

4.7 При выборе метода составления кадастра эмиссии авиационных двигателей можно совместно использовать различные подходы и варианты. Этот выбор основывается на наличии данных и информации, а также необходимой точности кадастра. Перечисленные и охарактеризованные в таблице 3-A1-2 различные элементы в некоторой степени являются независимыми друг от друга, например не все элементы варианта В обязательно должны рассматриваться совместно.

4.8 По причинам логического характера и обеспечения соответствия элементы "Парк воздушных судов" и "Операции" в рамках каждого метода рассматриваются совместно. Вариант А простого метода также нельзя комбинировать с другими вариантами или методами; это справедливо и для детального метода. Другие элементы (вариант В простого метода и варианты А и В) можно использовать совместно.

4.9 По мнению ИКАО, до начала детального рассмотрения каждого метода в рамках каждого из них необходимо определить общую концепцию. В целом, составление кадастра начинается с рассмотрения отдельной комбинации "воздушное судно/двигатель" и, как правило, предполагает использование эксплуатационных и эмиссионных параметров в ходе реализации следующего двухэтапного процесса:

- а) **Первый этап.** Рассчитать массу эмиссии для отдельной комбинации "воздушное судно/двигатель" путем суммирования эмиссии на всех рабочих этапах ВПЦ, в рамках которого массу эмиссии на одном этапе можно выразить следующим образом:

- 1) Масса эмиссии на одном этапе для комбинации "воздушное судно/двигатель" = ТИМ x количество израсходованного топлива (на соответствующем режиме мощности) x EI (на соответствующем режиме мощности) x количество двигателей.
  - 2) Масса эмиссии в рамках одного рабочего полетного цикла ВПЦ определяется путем суммирования отдельных частей этого цикла. При использовании более детальных методов значения EI и данные о расходе топлива применительно к ТИМ могут быть непостоянными.
- b) **Второй этап.** Рассчитать валовую эмиссию путем суммирования показателей по всему диапазону комбинаций "воздушное судно/двигатель" и количеству ВПЦ за необходимый период.

Таблица 3-A1-2. Общий обзор методов расчета

Основные параметры	Простой метод		Усовершенствованный метод		Детальный метод
Парк воздушных судов (комбинации "воздушное судно/двигатель")	Идентификация групп воздушных судов по типам (например, все B-737 или все A-319/320/321)		Идентификация воздушных судов и репрезентативных типов двигателей (например, все A-320 с 50 % V52527 и 50 % CFM56-5B4/3)		Фактические комбинации типа/подтипа воздушного судна и двигателей (с указанием бортового номера и UID двигателя или аналогичного обозначения)
Операции	Количество операций воздушных судов по типам воздушных судов (согласно справочной таблице), как определено в разделе "Парк воздушных судов"		Количество операций воздушных судов по комбинациям "воздушное судно/двигатель", как определено в разделе "Парк воздушных судов"		Количество операций воздушных судов с разбивкой по бортовым номерам воздушных судов
Расчет эмиссии	Вариант А. Справочная таблица РКИК ООН (расчет не выполняется)	Вариант В. Табличные вычисления	Расчет, основанный на характеристиках, потенциально отражающих дополнительные параметры, такие как поступательная скорость, высота, внешние условия (в зависимости от модели)		Основан на характеристиках с использованием фактических данных о двигателе (P3/T3) и включает учет внешних условий
Режимы тяги	Вариант А. Неприменимо (N/A)	Вариант В. Расчетная тяга	Вариант А. Средний для аэропорта и/или характерный для группы воздушных судов пониженный режим тяги	Вариант В. Пониженная расчетная тяга, вычисленная в рамках параметрической модели	Фактическая тяга, информация о которой представлена авиаперевозчиком
ТИМ		Вариант В. Сертификационный ВПЦ ИКАО	Вариант А. Скорректированная длительность этапа (усредненное или фактическое значение для конкретного аэропорта применительно к одному или нескольким этапам)	Вариант В. Значение ТИМ, рассчитанное в рамках параметрической модели	Фактические значения для всех этапов, основанные на характере операций
Расход топлива		Вариант В. Значения банка сертификационных данных ИКАО	Вариант А. Данные получены из БДЭД ИКАО с использованием модели	Вариант В. Данные получены из БДЭД ИКАО с использованием	Уточненные значения получены в результате использования фактических данных о характеристиках

Основные параметры	Простой метод		Усовершенствованный метод		Детальный метод
			преобразования "тяга/расход топлива"	параметрической модели	
					и эксплуатационных данных, представленных авиаперевозчиком
EI	Вариант А. Масса эмиссии в рамках ВПЦ РКИК ООН по типам воздушных судов	Вариант В. Значения банка сертификационных данных ИКАО	Вариант А. Данные получены из БДЭД ИКАО, а режим мощности определен по методу подбора аппроксимирующей кривой в рамках BFFM2	Вариант В. Данные получены из БДЭД ИКАО с использованием метода подбора аппроксимирующей кривой в рамках BFFM2	Уточненные значения получены в результате использования фактических данных о характеристиках и эксплуатационных данных, представленных авиаперевозчиком
Эмиссия при запуске двигателей	Не рассматривается		Рассмотрение предусматривается (см. пп. 6.53–6.59)		Рассмотрение предусматривается (см. пп. 6.53–6.59)
Ухудшение параметров работы двигателя	Не рассматривается (см. пп. 6.44–6.52)		Не рассматривается (см. пп. 6.44–6.52)		Не рассматривается (см. пп. 6.44–6.52)

## 5. ПАРК ВОЗДУШНЫХ СУДОВ И ОПЕРАЦИИ

5.1 "Парк воздушных судов" является общим термином, характеризующим различные комбинации воздушных судов и двигателей, используемых в аэропорту. В самом простом виде парк воздушных судов можно в целом охарактеризовать посредством таких дескрипторов, как, например, тяжелые, крупные, небольшие, турбовинтовые и поршневые воздушные суда. Однако, как правило, для целей составления кадастров эмиссии авиационных двигателей парк воздушных судов необходимо идентифицировать более точно (например, по типам воздушных судов).

5.2 В целом воздушные суда можно классифицировать по изготовителю и модели. Например, "А-320" является моделью 320 воздушного судна, изготовленного концерном "Эрбас", а "В-737" представляет собой "Боинг-737", хотя следует отметить, что в рамках обобщенного типа воздушных судов может иметь место значительное разнообразие используемых двигателей, а эмиссионные характеристики различных типов воздушных судов и установленных на них двигателей могут существенно отличаться.

5.3 Более наглядное обозначение типа воздушного судна будет также включать серийный номер каждой модели, например, В-747-400 означает 400 серию воздушных судов "Боинг-747". Это помогает определить габариты авиационного двигателя и используемую при его изготовлении технологию, что является необходимыми элементами для составления более точных кадастров эмиссии. Однако даже в рамках одного класса, такого как В-744, разные авиакомпании могут использовать разные типы двигателей по собственным соображениям.

5.4 Наконец, наиболее точное обозначение воздушного судна предусматривает указание модели воздушного судна и его серии, а также представление информации о фактически установленных на воздушном судне двигателях и выполненных модификациях, оказывающих влияние на его эмиссионные характеристики (например, В-777-200IGW с двигателями GE90-85B, на которых установлены двойные кольцевые камеры сгорания (ДККС)). Поскольку сами по себе воздушные суда не создают эмиссию, наличие подробной информации об установленных на парке воздушных судов двигателях является важным элементом составления точного кадастра эмиссии.

### Рассмотрение парка воздушных судов в рамках простого метода

5.5 Для использования простого метода в перечне типов воздушных судов, по которым предоставляются заранее вычисленные данные по эмиссии, два основных элемента, характеризующие парк воздушных судов (например, типы воздушных судов и двигателей), упрощены. В отношении каждого воздушного судна принято допущение о том, что на нем установлены двигатели наиболее распространенного типа, которые эксплуатируются в международном масштабе на таких воздушных судах<sup>3</sup>, а эмиссия двигателей этого типа характеризуется соответствующими коэффициентами эмиссии. В дополнении В к настоящему добавлению приводится таблица В-1, в которой перечислены 63 воздушных судна и содержатся данные об эмиссии каждого из установленных на них типа двигателя<sup>4</sup>.

5.6 Если в состав парка, использующего аэропорт, входят воздушные суда, не включенные в таблицу В-1, для определения соответствующего обобщенного типа воздушного судна следует руководствоваться таблицей В-3. Для поиска типа воздушного судна, указанного в колонке "Обобщенный тип воздушного судна", используйте колонку "Код ИАТА для воздушных судов в группе".

5.7 В том случае, если воздушное судно не включено в таблицу В-1 или В-3, для определения приемлемого эквивалента воздушного судна, информация о котором имеется в таблице В-1 или В-3, рекомендуется использовать дополнительную информацию, такую как вес, количество двигателей, класс и дальность полета, однако это приведет к принятию дополнительных допущений, которые могут оказать влияние на точность любого результата. Маловероятно, что в аэропортах, в основном обслуживающих региональные реактивные воздушные суда, воздушные суда деловой авиации и/или турбовинтовые воздушные суда, диапазон воздушных судов позволит получить надежный результат. В этих случаях рекомендуется использовать более усовершенствованный метод.

### Рассмотрение операций воздушных судов в рамках простого метода

5.8 Для использования простого метода необходимо иметь точную (или оценочную) информацию о количестве операций или полетов, выполняемых воздушными судами (например, ВПЦ), и типах воздушных судов, использующих аэропорт в течение определенного периода времени (например, час, сутки, месяц или год).

5.9 Большинство аэропортов вводят сборы с пользователей за предоставление средств и обслуживания, которые, как правило, взимаются в виде сбора за посадку. В этих случаях у эксплуатантов аэропортов имеется точная информация о посадочных операциях, включая количество посадок и типы воздушных судов. Некоторые аэропорты также регистрируют количество взлетов, хотя учет посадок, как правило, позволяет получить более надежные данные. По этой причине в более крупных аэропортах зачастую имеются опубликованные данные о ежегодном количестве операций, выполняемых воздушными судами.

<sup>3</sup> По состоянию на 30 июля 2004 года эмиссионные данные для В-747-300 основывались на эмиссии, распределенной между двумя наиболее распространенными типами двигателей.

<sup>4</sup> Изначально САЕР подготовил эти данные по просьбе РКИК ООН в связи с разработкой РКИК ООН инструктивных указаний в отношении национальных кадастров парниковых газов, которые используются для рассмотрения проблем глобальной эмиссии, а не местного качества воздуха. Поэтому в них содержатся данные об эмиссии парниковых газов, которые не имеют отношения к местному качеству воздуха. При составлении кадастров, используемых для проведения оценок местного качества воздуха, их можно не учитывать (хотя некоторые районы могут проявить заинтересованность в составлении кадастра эмиссии CO<sub>2</sub> для других целей). Поскольку РКИК ООН основное внимание уделяет эмиссии парниковых газов в течение всего полета, данные по эмиссии в рамках ВПЦ основаны на Стандартах сертификации ИКАО, в связи с чем они не будут точно отражать фактическую массу эмиссии при работе на эксплуатационных режимах. В большинстве случаев уточнение данных, вопрос о котором рассматривается в рамках усовершенствованного и детального методов, будет способствовать составлению более точного кадастра для соответствующих типов загрязняющих веществ.

5.10 В рамках ВПЦ выполняется одна посадка и один взлет, поэтому количество посадок и взлетов в аэропорту должно быть одинаковым. Общее количество посадок или взлетов может рассматриваться как количество ВПЦ. Любое расхождение в количестве посадок и количестве взлетов обычно будет свидетельствовать о наличии ошибки в регистрационных записях; если объяснение такого расхождения не дается, следует использовать большее значение.

5.11 При отсутствии данных необходимо провести обследование на предмет определения количества операций и типов воздушных судов, охватывающее краткосрочный или среднесрочный период (например, 1–6 мес), учитывая при этом, что в большинстве аэропортов обычно имеют место сезонные различия в количестве операций.

#### **Рассмотрение парка воздушных судов в рамках усовершенствованного метода**

5.12 Аналогично простому методу, первым этапом усовершенствованного метода является количественное определение операций воздушных судов или ВПЦ по типам воздушных судов в конкретном аэропорту. Как правило, эту информацию можно получить непосредственно из регистрационных записей аэропорта, которые представляют собой наиболее точный вид такой информации. Однако, поскольку ни одна база данных не является абсолютно точной и в них вносятся изменения, обусловленные оснащением воздушных судов двигателями, временной установкой на одном воздушном судне двигателей и устройств различных модификаций и другими соображениями, с течением времени могут возникнуть неточности, поэтому важно собирать как можно больше информации в непосредственной близости от функционирующего источника. При отсутствии доступа к такой информации можно провести оценку национальных статистических данных о воздушном движении, если они имеются. К числу дополнительных источников данных относятся поставщики аэронавигационного обслуживания, такие как ЕВРОКОНТРОЛЬ и ФАУ Соединенных Штатов Америки, Интернет и другие источники, рассматриваемые ниже.

5.13 Затем в рамках усовершенствованного метода проводится сверка принадлежности двигателей различным типам воздушных судов, эксплуатируемых в рассматриваемом аэропорту. Как правило, в аэропортах имеются списки комбинаций "тип воздушного судна/двигатель", полученные от перевозчиков, использующих конкретный аэропорт. Однако, если такая информация отсутствует, государства могут воспользоваться рядом общедоступных баз данных, позволяющих сличить типы воздушных судов с конкретными двигателями. В дополнении С к настоящему добавлению приводится описание этих важных баз данных, которые могут оказать помощь специалистам-практикам в определении комбинаций "воздушное судно/двигатель", характеризующих состав парка воздушных судов в конкретном аэропорту.

5.14 К числу других источников информации относится база данных Международного официального справочника авиакомпаний (IOAG), в которой содержатся данные, идентифицирующие типы воздушных судов, перевозчиков и частоту регулярных рейсов. Кроме того, в IOAG содержится перечень регулярных пассажирских рейсов, выполняемых соответствующими авиакомпаниями, который обновляется на ежемесячной основе. В IOAG содержатся основные элементы для определения состава парка в конкретном аэропорту, такие как аэропорт, тип воздушного судна, перевозчик и частота прибытий и вылетов воздушных судов. Однако в IOAG отсутствует информация о нерегулярных и чартерных рейсах или рейсах, выполняемых воздушными судами авиации общего назначения, включая реактивные воздушные суда деловой авиации. IOAG охватывает рейсы всех авиакомпаний Соединенных Штатов Америки и большинства авиакомпаний мира, выполняющих регулярные полеты. В частности, в дополнении С приводится описание полезных полей, содержащихся в базе данных IOAG. Наиболее важными параметрами IOAG, касающимися конкретного аэропорта, являются номер рейса, тип воздушного судна, перевозчик и расписание, которые используются для определения количества операций в конкретном аэропорту.

5.15 В базе данных о регистрации мирового парка воздушных судов корпорации BASK Aviation Solution содержится дополнительная информация о парке воздушных судов авиакомпаний, такая как все эксплуатируемые в настоящее время в мире коммерческие воздушные суда и другие различные параметры воздушных судов (перечень полезных полей содержится в дополнении С). Для целей составления кадастров эмиссии наиболее

важными параметрами, содержащимися в базе данных корпорации BACK (или в других аналогичных базах данных), являются идентификаторы воздушных судов, бортовой номер, модель двигателя, количество двигателей и тип воздушного судна.

5.16 Еще одной общедоступной базой данных, в которой содержится информация о комбинациях "тип воздушного судна/двигатель" основных коммерческих авиакомпаний мира (перечень полезных полей данных содержится в дополнении С), является международная база данных о парках воздушных судов авиакомпаний фирмы Bucher & Company's JP (JPFleets).

5.17 База данных о показателях качества обслуживания авиакомпаний (ASQP) предоставляется Бюро транспортной статистики (БТС) Министерства транспорта Соединенных Штатов Америки (DOT Соединенных Штатов Америки). В этой базе данных содержится информация о показателях работы и рейсах, выполняемых примерно 20 самыми крупными перевозчиками Соединенных Штатов Америки. В дополнении С содержится перечень полезных полей в базе данных ASQP. Специалисту-практику следует иметь в виду, что база данных ASQP довольно полно охватывает парк воздушных судов, выполняющих полеты в Соединенных Штатах Америки, и их соответствующие рынки за границей.

5.18 В зависимости от причин, в силу которых составляются кадастры эмиссии, может использоваться иной метод установления принадлежности двигателей воздушным судам. Один из подходов заключается в определении конкретных двигателей, используемых на воздушных судах для производства полетов. Это обеспечивается за счет сбора информации о типах воздушных судов, номерах регулярных рейсов и данных о прибытии/вылете воздушных судов применительно к конкретному аэропорту (например, с использованием IOAG) с последующим определением двигателей конкретных типов, установленных на конкретных воздушных судах, на основе имеющихся баз данных, описание которых приводилось выше. Если необходимость в такой степени точности отсутствует, то для оценки конкретного двигателя может использоваться альтернативный подход.

5.19 Такой альтернативный подход основан на степени распространенности двигателей в рамках мирового парка. Если имеющиеся данные не позволяют идентифицировать конкретные комбинации "воздушное судно/двигатель" в конкретном аэропорту, то их можно приблизительно рассчитать. Один из методов заключается в экстраполяции информации о комбинациях "воздушное судно/двигатель", содержащейся в более крупной базе данных о парке воздушных судов, такой как база данных о мировом парке воздушных судов. Например, если в исходной базе данных содержится информация о том, что на X процентов самолетов B-777 во всем мире установлено Y двигателей, то для целей составления аэропортового кадастра можно сделать допущение о том, что на X процентов самолетов B-777, использующих этот аэропорт, установлено Y двигателей. Государствам следует иметь в виду, что воздушные суда одного типа могут быть оснащены двигателями нескольких типов или подтипов, которые, в свою очередь, могут иметь различные эмиссионные характеристики в рамках мирового кадастра авиакомпаний. В этих случаях для выяснения распределения двигателей на основе информации, представленной авиакомпаниями, и категорий воздушных судов можно использовать такие базы данных, как BACK, JPFleets и другие.

5.20 Следует помнить о том, что ни одна база данных не является абсолютно точной и что с течением времени изменения, обусловленные оснащением воздушных судов двигателями, временной установкой на одном воздушном судне двигателей и устройств различных модификаций, перекрестные ссылки на базы данных и другие соображения могут привести к еще более высоким уровням неточности. Поэтому для уменьшения степени неопределенности важно собирать как можно больше информации в непосредственной близости от функционирующего источника.

### **Рассмотрение операций воздушных судов в рамках усовершенствованного метода**

5.21 Требования к информации о количестве операций воздушных судов, необходимой для усовершенствованного метода, почти идентичны требованиям простого метода. Для использования усовершенствованного метода необходимо знать количество операций воздушных судов или объем движения по

типам воздушных судов и двигателей. В тех случаях, когда эмиссия рассчитывается в рамках одного ВПЦ для каждой комбинации "воздушное судно/двигатель" с использованием указанных выше входных данных и уравнений, валовая эмиссия рассчитывается путем умножения показателей эмиссии в рамках одного ВПЦ для каждой комбинации "воздушное судно/двигатель" на соответствующее количество операций с последующим суммированием показателей по всему диапазону комбинаций "воздушное судно/двигатель" и операций за необходимый период.

#### **Рассмотрение парка воздушных судов и операций в рамках детального метода**

5.22 При использовании детального метода предполагается, что у специалиста по моделированию имеется фактическая и точная информация о типах и подтипах воздушных судов, количестве и правильном названии и обозначении двигателей применительно к каждой отдельной операции. Принадлежность двигателей воздушным судам определяется по регистрационному номеру воздушного судна с учетом данных ИКАО или аналогичных однозначных идентификаторов (UID) двигателей.

5.23 Общее количество операций определяется на основе фактической информации об операциях каждого отдельного воздушного судна, использующего конкретный аэропорт. Каждая операция (посадка или взлет) фиксируется регистрационным номером воздушного судна, что позволяет получить подробную информацию о двигателях. Таким образом, количество операций воздушных судов конкретного типа может охватывать различное количество воздушных судов этого типа с разными регистрационными номерами.

## **6. РАСЧЕТ ЭМИССИИ ОСНОВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ**

### **Расход топлива и индексы эмиссии**

6.1 Согласно требованиям ИКАО авиационные двигатели с расчетной мощностью более 26,7 кН сертифицируются по эмиссии  $\text{NO}_x$ , CO и HC и максимальному SN на основе стандартизированного ВПЦ, описание которого приводится в томе II Приложения 16; первоначально информация об эмиссии двигателей была опубликована в Doc 9646 (1995), а впоследствии она была размещена на веб-сайте, в который вносятся поправки. ИКАО размещает сертификационные данные по эмиссии во Всемирной сети по адресу: <http://www.easa.europa.eu/document-library/icao-aircraft-engine-emissions-databank>. Банк данных по эмиссии авиационных двигателей (БДЭД) обновляется по мере сертификации новых двигателей. Пример информации, содержащейся в БДЭД ИКАО, приводится в дополнении А. Более подробная информация содержится в дополнении D, которое посвящено эмиссии твердых частиц авиационных двигателей.

6.2 В тех случаях, когда данные ИКАО в отношении двигателей используются для расчета авиационной эмиссии, важно выбирать среднее замеренное значение загрязняющего вещества, а не характеристический уровень загрязняющего вещества, информация о котором также содержится в банке данных ИКАО. Характеристический уровень газообразного загрязняющего вещества или дыма определяется для целей сертификации с использованием статистических коэффициентов, соответствующих количеству двигателей, прошедших испытания.

6.3 Для большинства двигателей коммерческих воздушных судов, выполняющих полеты в крупных аэропортах, значения расхода топлива и EI, определенные на четырех сертификационных режимах тяги, заносятся в БДЭД ИКАО. Значения EI авиационных двигателей выражаются в граммах загрязняющего вещества на килограмм израсходованного топлива (г/кг), а расход топлива на каждом режиме выражается в килограммах в секунду (кг/с). Для расчета эмиссии основных авиационных двигателей ИКАО рекомендует использовать зарегистрированные значения EI и расхода топлива.

6.4 Имеются другие базы данных, содержащие информацию в отношении EI и расхода топлива авиационных двигателей, которые не сертифицируются или не регулируются ИКАО. Ниже приводится информация о двух основных базах данных, не являющихся базами данных ИКАО.

6.5 Шведское агентство оборонных исследований (FOI) ведет базу данных в отношении EI турбовинтовых двигателей, информацию о которых предоставляют изготовители в целях составления кадастров эмиссии. Несмотря на то, что публичный доступ к этой базе данных обеспечивается только через FOI, Международный координационный совет ассоциаций аэрокосмической промышленности (ИККАИА) внимательно следит за тем, кто запрашивает эту базу данных, с тем чтобы исключить возможность ее использования не по назначению. Использование базы данных FOI не санкционировано ИКАО, поскольку эти данные не являются сертифицированными и могут содержать неточности, в основном обусловленные применением нерегламентированных методик. Кроме того, довольно остро стоит вопрос определения соответствующего режима малого газа для турбовинтовых двигателей. Таким образом, несмотря на то что эти данные не являются сертифицированными данными ИКАО об эмиссии авиационных двигателей, включение этой информации в настоящий инструктивный материал свидетельствует о том, что база данных FOI в отношении турбовинтовых двигателей может оказать помощь аэропортам в составлении кадастров эмиссии. На данный момент получить документацию о порядке определения EI и типах турбовинтовых двигателей не представляется возможным. Информацию о турбовинтовых двигателях, рекомендуемой TIM и порядке получения данных из FOI, можно запросить на веб-сайте по адресу: <https://www.foi.se/en/foi/research/aeronautics-and-space-issues/environmental-impact-of-aircraft.html>.

6.6 Федеральное управление гражданской авиации (ФУГА) Швейцарии разработало методику и систему измерений для получения эмиссионных данных по поршневым воздушным судам и вертолетам. В отношении двигателей этих типов отсутствует требование о сертификации по эмиссии; таким образом, данные ФУГА являются одним из немногих доступных источников данных для составления кадастров эмиссии воздушных судов с двигателями такого типа. Однако данные ФУГА не подтверждены и не санкционированы ИКАО. Несмотря на то, что они не являются сертифицированными данными ИКАО об эмиссии авиационных двигателей, включение этой информации в настоящий инструктивный материал свидетельствует о том, что данные ФУГА могут оказать помощь аэропортам в составлении кадастров эмиссии для некоторых типов воздушных судов, в отношении которых у них, возможно, отсутствуют какие-либо иные источники данных. Для получения документации относительно системы замера эмиссии, соответствующих методик выполнения замеров и рекомендаций относительно использования данных для составления простых кадастров эмиссии с использованием рекомендуемой TIM читателю следует обращаться к веб-сайту ФУГА. Все материалы общедоступны и их можно загрузить с веб-сайта: [www.bazl.admin.ch](http://www.bazl.admin.ch) → Portal for Specialists (портал для специалистов) → Regulations and Guidelines (правила и инструктивный материал) → Environment (окружающая среда) → Pollutant Emissions (эмиссия загрязняющих веществ) → Aircraft Engine Emissions (эмиссия авиационных двигателей).

### Расчет эмиссии – простой метод (вариант А)

#### **Индексы эмиссии**

6.7 При использовании простого метода (вариант А) EI заменяется коэффициентом эмиссии (EF)<sup>5</sup>; в таблице В-1 дополнения В приводится информация о коэффициентах эмиссии пяти видов загрязняющих веществ для каждого из перечисленных типов воздушных судов.

6.8 Коэффициент эмиссии выражается в килограммах эмиссии каждого вида на ВПЦ одного воздушного судна (и количество частиц). Они рассчитываются на основе репрезентативного типа двигателя для каждого

<sup>5</sup> EI = индекс эмиссии, выражаемый в граммах загрязняющего вещества на килограмм топлива; EF = коэффициент эмиссии, выражаемый в виде массы загрязняющего вещества на установленную единицу (например, воздушное судно).

обобщенного типа воздушного судна с использованием ТИМ, режимов тяги и других базовых допущений ИКАО. Информация о других допущениях приводится в примечаниях к таблице В-1 дополнения В.

### Расчет эмиссии

6.9 Расчет эмиссии NO<sub>x</sub>, HC, CO, нЛТЧмасса, нЛТЧкол-во, SO<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub> авиационных двигателей проводится по стандартной методике с использованием простого метода (вариант А). Для каждого типа воздушного судна количество ВПЦ, выполненных этим воздушным судном (в течение периода оценки), умножается на коэффициенты эмиссии, информация о которых содержится в таблице В-1 для каждого вида загрязняющих веществ, с последующим суммированием показателей по всем воздушным судам для получения величины валовой эмиссии (в кг) каждого загрязняющего вещества. См. приводимое ниже общее уравнение:

$$\text{эмиссия видов } X \text{ (в кг)} = \sum_{\text{все воздушные суда}} (\text{количество ВПЦ воздушных судов } Y) \times (\text{коэффициент эмиссии для видов } X) \quad \text{уравнение (Ур.) 3-A1-1}$$

6.10 Следует отметить, что в данном уравнении не учитываются конкретные типы двигателей, режимы работы или ТИМ, поскольку при этом предполагается, что рассматриваемые условия аналогичны или подобны данным, используемым по умолчанию.

6.11 Если необходимо для кадастра, то аналогичный процесс применяется для расчета потребления топлива в течение рассматриваемого периода с использованием данных о расходе топлива, содержащихся в таблице В-1:

$$\text{потребление топлива (в кг)} = \sum_{\text{все воздушные суда}} (\text{количество ВПЦ воздушных судов } Y) \times (\text{расход топлива}) \quad \text{Ур. 3-A1-2}$$

### Расчет эмиссии – простой метод (вариант В)

#### Длительность этапа (ТИМ) для воздушных судов

6.12 Как отмечалось ранее, стандартная ТИМ, используемая в процессе сертификации двигателей по эмиссии ИКАО (и которая указана в БДЭД ИКАО), приемлема лишь для процесса сертификации двигателей и она не является репрезентативной для фактической ТИМ полета воздушных судов в реальных условиях (см. пп. 2.1–2.8). Тем не менее принятое в ИКАО значение ТИМ по умолчанию позволяет провести консервативную оценку авиационной эмиссии в аэропорту в тех случаях, когда отсутствуют данные о длительности этапа руления/работы на режиме земного малого газа в конкретном аэропорту или уточненные методы оценки длительности этапов взлета, набора высоты и захода на посадку. В результате проведенных CAEP анализов чувствительности установлено, что составление кадастров авиационной эмиссии с использованием принятых в ИКАО сертификационных значений ТИМ (а также расхода топлива и EI), как правило, приводит к завышению общей массы авиационной эмиссии в течение всего ВПЦ.

6.13 Принятая в ИКАО по умолчанию ТИМ в основном применяется к нормируемым двигателям, однако для других типов двигателей могут использоваться другие имеющиеся ТИМ по умолчанию (например, ненормируемые турбовентильторные двигатели, турбовинтовые двигатели, поршневые двигатели или вертолеты). Источниками такой информации являются национальные авиационные или экологические полномочные органы (так, ФУГА предложило ТИМ для турбовинтовых двигателей).

**Методика расчета эмиссии NO<sub>x</sub>, CO, HC, нлТЧмасса и нлТЧкол-во**

6.14 Идентификация типа воздушного судна позволит определить количество двигателей и соответствующие модели двигателей. В свою очередь, по модели двигателя будет определяться надлежащий EI для расчета авиационной эмиссии.

6.15 Для определения эмиссии NO<sub>x</sub>, CO, HC, нлТЧмасса или нлТЧкол-во конкретной комбинации "воздушное судно/двигатель" может использоваться следующая формула. Этот метод повторяется для каждого типа воздушного судна/двигателя применительно к каждой TIM для составления полного кадастра авиационной эмиссии.

$$E_{ij} = \sum (TIM_{jk} * 60) * (FF_{jk}) * (E_{ijk}) * (Ne_j), \quad \text{Ур. 3-A1-3}$$

где:

- $E_{ij}$  – валовая эмиссия i-го загрязняющего вещества, например NO<sub>x</sub>, CO, HC, нлТЧмасса (в граммах) или нлТЧкол-во (количество частиц), образуемая воздушным судном j-го типа в течение одного ВПЦ;
- $E_{ijk}$  – индекс эмиссии i-го загрязняющего вещества, например NO<sub>x</sub>, CO, HC, нлТЧмасса (в граммах загрязняющего вещества на килограмм топлива (г/кг топлива)) или нлТЧкол-во (количество частиц на килограмм топлива (кол-во/кг топлива)) на k-ом этапе (например, взлет, набор высоты, работа на режиме малого газа и заход на посадку) для каждого двигателя, установленного на j-ом типе воздушного судна;
- $FF_{jk}$  – расход топлива на k-ом этапе (например, взлет, набор высоты, работа на режиме малого газа и заход на посадку) в килограммах в секунду (кг/с) для каждого двигателя, установленного на j-ом типе воздушного судна;
- $TIM_{jk}$  – длительность k-го этапа (например, работа на режиме малого газа, заход на посадку, набор высоты и взлет) в минутах для j-го типа воздушного судна;
- $Ne_j$  – количество двигателей, установленных на j-ом типе воздушного судна.

6.16 Если имеются и используются данные о фактически замеренной TIM для одного или нескольких эксплуатационных этапов, то для определения валовой эмиссии для каждого типа воздушного судна/двигателя различные этапы полета должны рассчитываться отдельно, а валовые эмиссии каждого вида загрязняющих веществ должны суммироваться.

6.17 В ИКАО отсутствуют стандарты на сертификацию по эмиссии SO<sub>x</sub>. Однако эмиссия SO<sub>x</sub> зависит от количества серы, содержащейся в топливе. EPA Соединенных Штатов Америки провело обследование на предмет определения содержания серы в реактивном топливе для коммерческой авиации, результаты которого свидетельствуют о том, что в Соединенных Штатах Америки средний показатель составляет 1 г на 1000 г израсходованного топлива ( $EI_{SO_x} = 1$  г/кг топлива). В тех случаях, когда необходимы проверенные данные, этот показатель использовать не следует, однако его можно применять при составлении кадастра эмиссии SO<sub>x</sub> с использованием следующего уравнения:

$$E_j = \sum (TIM_k * 60) * (E_{jk}) * (Ne_j), \quad \text{Ур. 3-A1-4}$$

где:

- $E_j$  – валовая эмиссия SO<sub>x</sub> в граммах j-ым типом воздушного судна в течение одного ВПЦ;

$N_{ej}$  – количество двигателей, установленных на  $j$ -ом типе воздушного судна;

$E_{Гjk}$  –  $1 * (FF_{jk})$ ,

где:

$E_{Гjk}$  – интенсивность эмиссии  $SO_x$ , выражаемая в граммах  $SO_x$ , выбрасываемых в секунду, в течение  $k$ -го эксплуатационного этапа для  $j$ -го типа воздушного судна;

$FF_{jk}$  – зарегистрированный расход топлива по этапам в килограммах в секунду (кг/с) в течение  $k$ -го эксплуатационного этапа для каждого двигателя, установленного на  $j$ -ом типе воздушного судна.

6.18 Ожидается, что общедоступность стандартизированных измеренных EI для нЛТЧмасса и нЛТЧкол-во улучшится благодаря принятию первого Стандарта ИКАО по эмиссии твердых частиц авиационных двигателей, применимого с 1 января 2020 года ко всем серийным турбовентиляторным двигателям с номинальной тягой более 26,7 кН. До тех пор, пока сертифицированные EI нЛТЧ по массе и количеству не станут общедоступными, необходимо будет проводить оценки EI нЛТЧ для составления кадастров аэропортовой эмиссии. Как только сертифицированные значения нЛТЧ станут общедоступными, их надо будет использовать вместо расчетных значений. Летучие ТЧ косвенно регулируются ограничениями по HC и  $NO_x$  и характеристиками топлива. Сертифицированные данные замеров летучих ТЧ получить невозможно, и в долгосрочной перспективе все равно потребуются оценки. Оценка эмиссии  $ТЧ_{2,5}$  и  $ТЧ_{10}$  будет улучшена после того, как начнут поступать сертифицированные данные по нЛТЧмасса, однако летучий компонент ТЧ по-прежнему необходимо будет полностью оценивать.

6.19 В ходе разработки новых правил по нЛТЧ была обновлена временная методика аппроксимации первого порядка, версия 3 (FOA3.0), которая была изложена в предыдущей версии настоящего документа. Обновление включает в себя более тесную увязку SN и концентрации нЛТЧмасса, улучшение некоторых констант и, впервые, приблизительную оценку показателя нЛТЧкол-во. Метод оценки содержания летучих ТЧ в органических соединениях топлива и содержания серы, предложенный в FOA3.0, не изменился. Полная обновленная методика представлена в приложении D и переименована в FOA4.0. Как и предыдущие версии FOA, FOA4.0 предназначена для использования только для целей составления кадастров эмиссии в окрестностях аэропортов, и ее не следует использовать в тех случаях, когда необходимы точные и проверенные данные. CAEP будет постоянно обновлять FOA4.0 по мере информационного и научно-технического прогресса.

#### **Расчет эмиссии – усовершенствованный метод (варианты А и В)**

6.20 В рамках усовершенствованного метода расчета эмиссии используются параметрические модели, которые учитывают или моделируют внешние условия и информацию эксплуатационного характера, касающуюся конкретных воздушных судов. Имеется необходимость в дополнительной информации, которую специалист по моделированию может без труда получить из открытых источников. Такая информация может включать с себя следующее: данные о воздушных судах (взлетная масса, фактически установленные двигатели); сведения, касающиеся аэропорта (превышение летного поля, длина используемой ВПП); информация о внешних условиях (скорость и направление ветра, турбулентность, давление, температура, влажность); и эксплуатационная информация (пункт назначения, стоянки, ВПП, маршрут вылета, маршрут прибытия и глиссада, использование ВСУ). Фактически необходимая информация зависит от применяемой модели, и она может отличаться. Дополнительные рекомендации относительно подлежащих использованию параметров содержатся в таблице 3-A1-2.

### **Режимы тяги**

6.21 Сертификационным ВПЦ для каждого этапа предусматриваются конкретные режимы тяги, однако в рамках любого эксплуатационного ВПЦ могут использоваться иные этапы с более индивидуальными режимами мощности (см. раздел 3). По соображениям летно-технических характеристик и рентабельности зачастую взлетная тяга может быть меньше 100 %, используемых при сертификации. Все большее и большее количество воздушных судов использует гибкие режимы изменения тяги, что иногда осуществляется в сочетании с вариантами применения пониженной тяги. Это может относиться к этапу взлета, а также к другим этапам полета в рамках взлетно-посадочного цикла.

6.22 В рамках варианта А в основном на этапе взлета может использоваться средний по аэропорту и/или характерный для группы воздушных судов пониженный режим тяги, однако он может также использоваться на других этапах. Такую информацию можно получить из эмпирических данных, например от одного эксплуатанта воздушных судов с последующей их экстраполяцией на весь объем операций.

6.23 В рамках варианта В следует использовать специализированную параметрическую модель воздушного судна, позволяющую определить уровень эксплуатационной тяги на основе дополнительных общедоступных параметров, характерных для данной модели. Уровень тяги можно смоделировать лишь для взлета или для всех этапов ВПЦ.

### **Длительность этапа**

6.24 В рамках варианта А аэропортам рекомендуется выполнять замеры характерного для структуры РД аэропорта времени руления от ВПП до здания аэровокзала и наоборот от здания аэровокзала до ВПП при вырубивании, включая возможное время ожидания на ВПП для взлета. Использование замеренных значений времени руления в обследуемом аэропорту позволяет более точно оценить эмиссию на этапе руления/работы на режиме малого газа в рамках ВПЦ. Например, эти данные можно получить на основе информации о времени касания, постановки колодок, уборки колодок и взлета либо для всех возможных комбинаций "место стоянки/ВПП" или в качестве данных по аэропорту, принятых по умолчанию.

6.25 В рамках варианта В, помимо этапа руления, ТИМ можно также смоделировать для других этапов. По всей вероятности, этот вариант будет предусматривать моделирование летно-технических характеристик воздушных судов, а также определение конкретных значений ТИМ для отдельной группы воздушных судов или даже воздушных судов одного типа применительно к этапам, рассматриваемым в рамках этого подхода (например, более чем четыре сертификационных этапа ИКАО).

### **Расход топлива**

6.26 Для варианта А установлена зависимость, в рамках которой расход топлива на любом заданном режиме тяги в диапазоне от 60 до 100 % определяется на основе сертификационных данных о расходе топлива и данных о тяге из БДЭД ИКАО.

*Примечание. Режимы тяги выражаются в процентах от расчетной развиваемой тяги и представляют собой тягу, выбранную пилотом. Они не представляют собой фактическую тягу, развиваемую двигателем (приведенная располагаемая тяга).*

6.27 Эта методика позволяет точно рассчитать расход топлива на пониженных режимах взлетной тяги, которая, в ряде случаев, может составлять всего лишь 60 % расчетной тяги. Имея данные о расходе топлива, можно рассчитать соответствующие EI, используя для этого предусмотренную методику аппроксимации кривых второй методики компании "Боинг" для определения массы эмиссии по расходу топлива (BFFM2). Разработана методика построения двух квадратичных кривых, описание которой приводится ниже.

6.28 Метод построения двух квадратичных кривых предусматривает расчет расхода топлива в зависимости от тяги для режимов тяги, превышающих 60 % максимальной расчетной тяги. Данные о расходе топлива и тяге, необходимые для построения этих двух кривых, имеются в БДЭД ИКАО для сертифицированных двигателей. Методика заключается в следующем:

- a) тяга в диапазоне от 60 до 85 %: кривая определяется квадратным уравнением с использованием значений тяги в 7, 30 и 85 % и соответствующих точек, характеризующих расход топлива;
- b) тяга в диапазоне от 85 до 100 %: кривая определяется квадратным уравнением с использованием значений тяги в 30, 85 и 100 % и соответствующих точек, характеризующих расход топлива.

Эти два квадратных уравнения однозначно определяются тремя точками, а кривые пересекаются в точке, соответствующей 85 % тяги. Наклоны этих двух кривых в точке, соответствующей 85 % тяги, могут отличаться (схематически "излом" показан на рис. 3-A1-2).

6.29 Квадратное уравнение, согласующееся с тремя опорными точками на обезразмеренной кривой зависимости расхода топлива от тяги, имеет следующие параметры:

$X = (\text{тяга}) / (\text{максимальная расчетная тяга})$ , квадратичность определяется значениями  $X_1, X_2, X_3$ ,

$Y = (\text{расход топлива}) / (\text{расход топлива @ максимальная расчетная тяга})$ , значения  $Y_1, Y_2, Y_3$ ,

если:

$$Y = AX^2 + BX + C,$$

то, имея три известные опорные точки:

$$Y_1 = AX_1^2 + BX_1 + C$$

$$Y_2 = AX_2^2 + BX_2 + C$$

$$Y_3 = AX_3^2 + BX_3 + C,$$

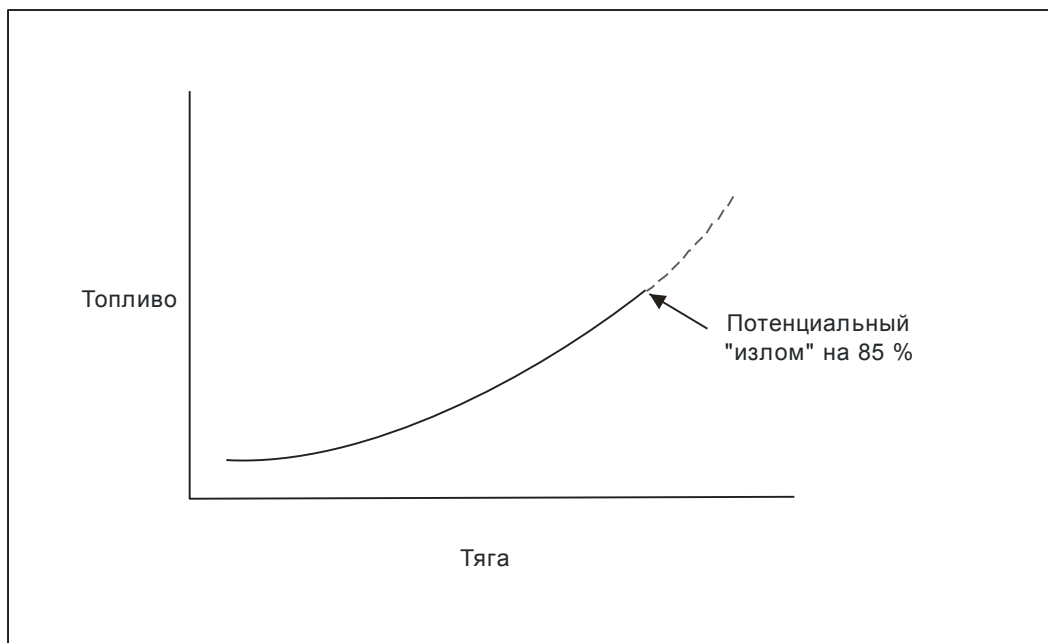
можно получить следующее решение для  $A, B$  и  $C$ :

$$A = (Y_3 - Y_1) / ((X_3 - X_1) * (X_1 - X_2)) - (Y_3 - Y_2) / ((X_3 - X_2) * (X_1 - X_2)),$$

$$B = (Y_3 - Y_1) / (X_3 - X_1) - A * (X_3 + X_1),$$

$$C = Y_3 - A * X_3^2 - B * X_3.$$

$A, B$  и  $C$  двигателей с различными UID отличаются.



**Рис. 3-A1-2.** Схематическая иллюстрация аппроксимации двух квадратичных кривых

**Для выбранных режимов тяги в диапазоне от 85 до 100 % расчетной тяги**

6.30 Для получения указанных выше значений А, В и С используются известные точки БДЭД ИКАО для UID двигателя на режимах 30, 85 и 100 %. Затем эти значения подставляются в общее квадратное уравнение:

$$Y = AX^2 + VX + C,$$

где X является (выбранной тягой)/(максимальной расчетной тягой), а

Y (= (искомым расходом топлива)/(расходом топлива на максимально расчетной тяге)) на выбранном режиме тяги.

6.31 Расход топлива на выбранном режиме тяги определяется путем умножения Y на указанный в БДЭД ИКАО расход топлива на максимальной расчетной тяге. Верхняя квадратичная кривая применяется только в диапазоне от 85 до 100 % расчетной тяги.

**Для выбранных режимов тяги в диапазоне от 60 до 85 % расчетной тяги**

6.32 Для получения указанных выше значений А, В и С используются известные точки БДЭД ИКАО для UID двигателя на режимах 7, 30 и 85 %. Затем эти значения подставляются в общее квадратное уравнение:

$$Y = AX^2 + VX + C,$$

где X является (выбранной тягой)/(максимальной расчетной тягой), а

Y (= (искомым расходом топлива)/(расходом топлива на максимально расчетной тяге)) на выбранном режиме тяги.

6.33 Расход топлива на выбранном режиме тяги определяется путем умножения  $Y$  на указанный в БДЭД ИКАО расход топлива на максимальной расчетной тяге. Нижняя квадратичная кривая применяется только в диапазоне от 60 до 85 % расчетной тяги.

**Пример расчета для UID двигателя 8RR044, Rolls-Royce Trent 553-61**

- 1) Определение квадратичной кривой в диапазоне от 85 до 100 % расчетной тяги

$$\begin{aligned} X_1 &= 0,30 \\ X_2 &= 0,85 \\ X_3 &= 1,00 \end{aligned}$$

при использовании данных о расходе топлива БДЭД ИКАО:

$$\begin{aligned} Y_1 &= 0,2844 \\ Y_2 &= 0,8199 \\ Y_3 &= 1,0000, \end{aligned}$$

получаем:

$$\begin{aligned} \rightarrow A &= 0,3242 \\ \rightarrow B &= 0,6009 \\ \rightarrow C &= 0,07491 \\ \rightarrow Y &= 0,3242 X^2 + 0,6009 X + 0,0749. \end{aligned} \quad (1)$$

- 2) Определение квадратичной кривой в диапазоне от 60 до 85 % тяги

$$\begin{aligned} X_1 &= 0,07 \\ X_2 &= 0,30 \\ X_3 &= 0,85 \end{aligned}$$

при использовании данных о расходе топлива БДЭД ИКАО:

$$\begin{aligned} Y_1 &= 0,1090 \\ Y_2 &= 0,2844 \\ Y_3 &= 0,8199, \end{aligned}$$

получаем:

$$\begin{aligned} \rightarrow A &= 0,2709 \\ \rightarrow B &= 0,6622 \\ \rightarrow C &= 0,0613 \\ \rightarrow Y &= 0,2709 X^2 + 0,6622 X + 0,0613 \end{aligned} \quad (2)$$

- 3) Результаты для выбранных режимов тяги (примеры)

70 % тяги ( $X = 0,7$ ): уравнение (2);  $Y = 0,6576$  → умножить на указанный в БДЭД ИКАО расход топлива на максимальной расчетной тяге → расход топлива = 1,388 кг/с

90 % тяги ( $X = 0,9$ ): уравнение (1);  $Y = 0,8783$  → умножить на указанный в БДЭД ИКАО расход топлива на максимальной расчетной тяге → расход топлива = 1,853 кг/с.

6.34 В рамках варианта В для получения/расчета эксплуатационных данных о расходе топлива с использованием различных дополнительных данных (например, АТOW, длина участка или информация, имеющая отношение к расчету расхода топлива) и данных БДЭД ИКАО будет применяться параметрическая модель. Например, можно использовать такие модели, как BADA, PIANO или ADAECAM.

### **Индексы эмиссии**

6.35 **Вариант А.** В рамках варианта А индексы эмиссии будут рассчитываться на основе данных БДЭД ИКАО с использованием метода "линейной интерполяции в двойном логарифмическом масштабе", предусмотренного BFFM2, в которой применяются данные о расходе топлива, рассчитанные по методике, указанной в п. 6.29.

6.36 **Вариант В.** "Эксплуатационные" индексы эмиссии определяются на основе данных БДЭД ИКАО с использованием метода "линейной интерполяции в двойном логарифмическом масштабе", предусмотренного BFFM2, в которой применяются эксплуатационные данные о расходе топлива, полученные по методике, описанной в п. 6.34.

### **Использование, при необходимости, дополнительных параметров, которые могут оказать влияние на эмиссию**

### **Важные оговорки для специалистов по моделированию, использующих усовершенствованные методы**

6.37 В отличие от простого подхода различные методы, относящиеся к категории усовершенствованных, могут предусматривать рассмотрение некоторых аспектов коррекции дополнительных параметров, таких как внешние условия. В этих случаях важно избежать двойного подсчета. Поэтому порядок применения поправок при использовании различных методов может отличаться. Важно также понимать, что внешние условия, значительно отличающиеся от стандартных, могут привести к выходу самолета или двигателя на предельные эксплуатационные режимы. Например, многие двигатели не будут обеспечивать полномасштабную расчетную тягу при температурах, превышающих некоторые пределы (как правило, MCA + 15 °C, однако эти предельные значения изменяются). Специалист по моделированию должен избегать распространения методики на условия, для которых она не предусмотрена.

### **Применение усовершенствованного метода (вариант В)**

6.38 Если для определения условий эксплуатации самолета и двигателя используется параметрическая модель (усовершенствованный вариант В), следует предусмотреть учет влияния поступательной скорости на расход топлива. В зависимости от модели может также потребоваться учет внешних условий. Специалисту по моделированию необходимо знать, каким образом функционирует модель. Если для более точного учета этого влияния потребуется скорректировать параметрическую модель самолета и/или данные о расходе топлива, то специалисту по моделированию следует выполнить это на данном этапе.

6.39 После правильного определения в рамках усовершенствованного варианта В летно-технических характеристик самолета и расхода топлива следует рассчитать EI на основе метода, учитывающего расход топлива. Одним из документально оформленных методов определения расхода топлива<sup>6</sup> является BFFM2. В

<sup>6</sup> SAE AIR5715.

зависимости от потребностей специалиста по моделированию и наличия данных могут использоваться другие методы, хотя метод BFFM2 рекомендуется в качестве варианта по умолчанию.

6.40 В документе SAE AIR5715 отмечается, что методика BFFM2 учитывает влияние внешних условий и поступательной скорости. Важно иметь в виду, что в случае рассмотрения влияния внешних условий и поступательной скорости недостаточно использовать лишь первоначальный расчет EI по методу аппроксимации кривой, определенному для методики BFFM2. Однако полномасштабный метод BFFM2 предусматривает внесение поправок, учитывающих эти виды влияния, поэтому, в случае его использования, какие-либо дополнительные поправки к EI не потребуются.

#### **Применение усовершенствованного метода (вариант А)**

6.41 Методы, охватываемые усовершенствованным вариантом А, являются менее детальными и точными, однако с точки зрения внесения поправок на внешние условия они могут оказаться более сложными. Во-первых, для учета внешних условий, возможно, потребуется скорректировать летно-технические характеристики самолета (тяга, ТИМ и т. д.). Затем, поскольку расход топлива будет рассчитываться для соответствующего режима тяги в статических условиях МСА (т. к. в рамках этого варианта расход топлива не зависит от параметрической модели воздушного судна), необходимо внести поправки на внешние условия и поступательную скорость. В результате будет получен скорректированный с учетом этих условий расход топлива, однако точность при этом (или временная и пространственная разрешающая способность) не будет соответствовать модели, предусмотренной вариантом В.

6.42 Затем для расчета EI и их корректировки, учитывающей влияние внешних условий и поступательной скорости, можно использовать подход, аналогичный предусмотренному усовершенствованным вариантом В. Однако, поскольку расход топлива и условия полета с разрешением, аналогичным варианту В, неизвестны, результаты, полученные при использовании такого метода, как BFFM2, могут быть неточными или даже ненадежными. Метод BFFM2 сформулирован лишь для точно определенных<sup>7</sup> условий полета, и его нельзя непосредственно применить к "этапу" в целом, такому как взлет или набор высоты. Для определения EI можно принять допущение о наличии точно определенных условий полета или, в противном случае, потребуется использовать иной метод. Этот иной метод может представлять собой усовершенствованный вариант BFFM2 или не иметь к нему отношения. Таким образом, внесение поправок на поступательную скорость и внешние условия при выполнении расчетов в рамках усовершенствованного варианта А будет зависеть от особенностей модели и требований специалиста по моделированию.

#### **Влияние высоты**

6.43 Влияние высоты на работу авиационного двигателя обусловлено местным давлением, температурой и влажностью. Поэтому в случае реализации описанных выше подходов и использования внешних условий, характерных для самолета, находящегося в полете, влияние высоты на эмиссию двигателей будет учтено надлежащим образом.

#### **Ухудшение характеристик работы двигателей**

6.44 Несмотря на то, что изготовители воздушных судов/двигателей всегда проектируют свою продукцию таким образом, чтобы на момент поставки обеспечивалась максимальная эффективность, с течением времени после начала коммерческого использования некоторые характеристики воздушных судов могут ухудшиться, что обусловлено суровыми условиями эксплуатации воздушных судов и двигателей. Эрозия, износ уплотнений и

<sup>7</sup> Полностью определенные условия: вектор состояния (пространственное местоположение, скорость, высота), параметры двигателя и конфигурация планера известны.

аккумуляция грязи на точно пригнанных вращающихся деталях и планере воздушного судна в течение длительного времени могут привести к ухудшению характеристик. Без соответствующей проверки ухудшение параметров работы может привести к заметному увеличению расхода топлива. Увеличение расхода топлива приводит к необоснованному повышению затрат перевозчиков, поэтому, как правило, их изделия будут проходить техническое обслуживание, с тем чтобы ухудшение характеристик сохранялось на приемлемых уровнях. В рамках проведенного Рабочей группой 3 (РГЗ) CAEP анализа выполнена оценка влияния ухудшения параметров работы воздушного судна/двигателя и подготовлены приводимые ниже рекомендации относительно того, каким образом и когда учитывать ухудшение параметров при составлении аэропортовых кадастров.

6.45 При составлении аэропортовых кадастров (т. е. ВПЦ на высотах менее 3000 фут) следует учитывать, что ухудшение характеристик планеров и двигателей воздушных судов оказывает незначительное, но реальное влияние на расход топлива и эмиссию  $\text{NO}_x$ . Отсутствуют какие-либо фактические данные, свидетельствующие о влиянии ухудшения параметров на эмиссию CO или HC. Что касается дыма и нЛТЧ, то имеются свидетельства ухудшения характеристик некоторых из протестированных двигателей. Данный вопрос требует дальнейшего изучения. На настоящий момент никакие корректировки в отношении парка воздушных судов не предлагаются.

6.46 В качестве меры снижения издержек авиакомпании проводят профилактические мероприятия в рамках реализации программ периодического технического обслуживания, призванные свести до минимума влияние ухудшения характеристик. Результаты анализа теоретических и фактических данных авиакомпаний свидетельствуют о том, что ухудшение характеристик парка воздушных судов оказывает следующее влияние:

Расход топлива	+ 3 %
Эмиссия $\text{NO}_x$	+ 3 %
Эмиссия CO	без изменений
Эмиссия HC	без изменений
Число дымности	без изменений
нЛТЧмасса и нЛТЧкол-во	без изменений.

6.47 В рамках моделирования, включая кадастры эмиссии, соответствующее использование такой информации об ухудшении характеристик зависит от модели/допущений и входных данных. В частности, модели и допущения могут предусматривать допуск на ухудшение характеристик в явной форме (т. е. фактические эксплуатационные данные по двигателям или уточненные/проверенные фактические данные, полученные в условиях эксплуатации) или косвенной форме (т. е. консервативные поправочные коэффициенты на расход топлива, применяемые к сертификационным параметрам двигателя) или сами по себе быть консервативными, что в значительной степени перевешивает влияние ухудшения параметров на потребление топлива и эмиссию  $\text{NO}_x$ . Для избежания двойного подсчета необходимо проявлять осторожность.

6.48 В рамках простого метода параметры авиационной эмиссии и потребления топлива значительно завышаются. При использовании простого метода разница консервативной оценки является достаточно большой, чтобы исключить учет влияния ухудшения параметров.

6.49 При использовании методик расчета расхода топлива усовершенствованный метод позволяет задавать различные режимы тяги, а также выполнять определенные расчеты летно-технических характеристик воздушного судна. Несмотря на то, что по сравнению с простым методом результаты являются более точными, сравнение с данными регистратора (самописца) полетных данных (FDR) свидетельствует о том, что в масштабах парка воздушных судов расчет расхода топлива на основе широко распространенных методик по-прежнему характеризуется определенным уровнем консерватизма, что обусловлено использованием результатов проведенной на основе летно-технических характеристик оценки TIM, взлетного веса (TOW) и величины тяги в рамках ВПЦ. По сравнению с присущим этому методу консерватизмом факторы ухудшения параметров оказывают меньшее влияние, поэтому коэффициенты ухудшения характеристик применять не рекомендуется.

6.50 Для детального метода, в рамках которого используются фактические данные о рабочих характеристиках двигателя/воздушного судна (включая расход топлива), характерен учет фактического влияния

ухудшения характеристик. В этом случае использовать коэффициенты ухудшения характеристик также не рекомендуется.

6.51 Исключение из этой рекомендации можно сделать при совместном использовании усовершенствованного и детального методов, учитывающих фактические комбинации "двигатель/воздушное судно", среднюю или замеренную TIM, TOW и режимы тяги, а также значения расхода топлива, рассчитанные на основе сертификационных данных ИКАО. В этом случае применять коэффициенты ухудшения характеристик рекомендуется.

6.52 Ухудшение параметров расхода топлива следует учитывать лишь при моделировании в окрестностях аэропортов (т. е. ВПЦ), а при глобальном моделировании эту информацию использовать не следует, поскольку коэффициент ухудшения будет отличаться от значений, указанных в настоящем документе.

### **Расчет эмиссии при запуске двигателей**

6.53 По сравнению с ВПЦ в процессе запуска масса выбросов NO<sub>x</sub> очень незначительна, что обусловлено очень низкими температурами и давлением в двигателе, поэтому единственным видом эмиссии, который необходимо учитывать при запуске, является эмиссия HC. В целом процесс запуска основных двигателей воздушного судна можно разбить на два этапа: до воспламенения и после воспламенения.

#### ***Этап "до воспламенения смеси в двигателе"***

6.54 Этап "до воспламенения смеси" представляет собой период времени, в течение которого двигатель раскручивается стартером, а топливо подается в камеру сгорания для последующего воспламенения. С момента начала работы стартера до поджига топлива в камере сгорания может пройти несколько секунд, т. к. топливо в двигатель пока не поступает, поскольку топливная система заполняется, а топливные клапаны закрыты. Одним из важных требований является обеспечение быстрого запуска, поэтому система камеры сгорания спроектирована таким образом, чтобы воспламенение происходило после первого или второго разряда свечи воспламенителя, как правило, в течение одной секунды после открытия топливных клапанов, но не позднее двух секунд. Это также подтверждается результатами проведенных изготовителями стендовых испытаний с использованием оптических средств для наблюдения за поступлением топлива и фиксации момента воспламенения.

6.55 Эмиссия на этапе "до воспламенения смеси" будет состоять исключительно из топливных HC, поскольку процесс горения еще не начался и камера сгорания топлива не потребляет. Это позволяет рассчитать эмиссию HC непосредственно на основе данных о расходе топлива. На этапе "до воспламенения смеси" происходит следующее:

- a) топливный клапан открывается;
- b) система впрыска топлива заполняется и топливо начинает поступать;
- c) свеча воспламенителя начинает давать разряды и поджигает топливо в камере сгорания.

#### ***Этап "после воспламенения смеси в двигателе"***

6.56 На этом этапе процесс запуска проходит в условиях незначительной нагрузки на двигатель, а эмиссия двигателей будет в основном состоять из эмиссии HC и CO. Факторы, влияющие на эмиссию нЛТЧ, в настоящее время неизвестны: непосредственный замер параметров эмиссии при запуске осуществлять трудно, поскольку не сгоревшее или частично сгоревшее топливо загрязняет оборудование для отбора проб газа. После

воспламенения в условиях малой нагрузки на двигатель, как это имеет место в процессе запуска двигателя, преобладающее значение будет иметь эмиссия HC. По этой причине эмиссию при запуске целесообразно рассматривать лишь в качестве эмиссии HC, что позволяет получить ее консервативную оценку. Для некоторых двигателей на режиме малого газа, составляющем 7 % и ниже, эмиссия CO может быть выше эмиссии HC, поэтому эмиссия HC на этапе "после воспламенения смеси" может быть значительно меньше, чем расчетное значение, основанное на эффективности камеры сгорания. Для проведения более точной оценки эмиссии HC необходимо провести детальные замеры параметров эмиссии.

6.57 Эмиссия на этапе "после воспламенения смеси" определяется с момента воспламенения до раскрутки двигателя до режима малого газа. Теперь камера сгорания сжигает топливо, поэтому для точного определения эмиссии необходимо учитывать его расход. Осуществлять отбор проб газа и частиц на двигателях до выхода на режим малого газа очень трудно, что обусловлено значительным количеством несгоревшего и частично сгоревшего топлива, загрязняющего оборудование для отбора проб. Для рассмотрения этого вопроса был выполнен анализ с использованием корреляции параметров эффективности сгорания, определенных в ходе стендовых испытаний камер сгорания в условиях до выхода двигателя на режим малого газа. Корреляция основывалась на использовании таких параметров, как температура на входе в камеру сгорания, давление на входе в камеру сгорания, массовый расход воздуха через камеру сгорания, расход топлива и отношение "топливо-воздух". Такой подход к определению эффективности сгорания и выделению теплоты характерен для всех изготовителей двигателей. Поскольку измерение эмиссии нЛТЧ начало проводиться совсем недавно, оценка нЛТЧ в условиях до выхода двигателя на режим малого газа требует более тщательного изучения.

6.58 Рассчитывается коэффициент полезного действия камеры сгорания, а итоговая неэффективность определяется в виде процентной доли несгоревшего топлива, что, в конечном итоге, представляет собой эмиссию HC. При использовании такого подхода в процессе разгона двигателя до режима малого газа для выполнения консервативной оценки валовой эмиссии HC двигателя на этапе после воспламенения можно брать сумму мгновенных значений эмиссии HC.

6.59 ИККАИА выполнил детальный анализ данных о запуске двигателей, изготовленных корпорацией "Дженерал электрик" (GE), компанией "Роллс Ройс" (RR), международным консорциумом "Интернешнл аэро энджинз" (IAE) и компанией "Пратт энд Уитни" (P&W), и разработал метод оценки валовой эмиссии при запуске, основанной на расчетной тяге рассматриваемого двигателя на уровне моря. Результаты этого исследования были представлены РГЗ CAEP в рабочем документе CAEP8-WG3-CETG-WP06. В этом документе ИККАИА рекомендует использовать простую линейную зависимость первого порядка между HC и режимом взлетной тяги двигателя. Рекомендуемое уравнение имеет следующий вид:

$$\text{эмиссия HC при запуске (граммы)} = \text{расчетная взлетная тяга (кН)} / 2 + 80.$$

Ур. 3-A1-5

*Примечание. Этот анализ основан на результатах фактически выполненных испытаний двигателей в условиях умеренных температур на входе. Методика оценки эмиссии HC при запуске является консервативной, поскольку она не учитывает эмиссию CO при запуске. Кроме того, применение этой методики ко всем двигателям может дать оптимистичные результаты для двигателей более ранних выпусков, у которых системы регулирования подачи топлива не являются настолько сложными. Методика также учитывает характерное время, необходимое для воспламенения и запуска, которое, на практике, может существенно отличаться и в очень холодных условиях оно будет более длительным. В этой связи целесообразно отметить, что неопределенность в рамках этой методики составляет примерно  $\pm 50\%$ .*

### Усовершенствованная методика расчета NO<sub>x</sub>, CO и THC

6.60 Расчет массы эмиссии в рамках усовершенствованного метода предусматривает использование дополнительных данных, информации и существующих моделей. В этой связи эмиссия воздушного судна является функцией (*f*) основных параметров и выбранных вариантов. В результате выполняется основанный на

характеристиках расчет с использованием различных дополнительных данных и информации, который позволяет составить более точный кадастр эмиссии, отражающий особенности конкретного аэропорта и результаты выполненных в течение рассматриваемого года исследований.

6.61 Для определения эмиссии  $\text{NO}_x$ , CO, HC, нлТЧмасса или нлТЧкол-во применительно к конкретной комбинации "воздушное судно/двигатель" можно использовать приводимую ниже формулу. Этот метод последовательно применяется к каждой комбинации "воздушное судно/двигатель" и к каждой операции.

$$E_{ij} = \sum (\text{TIM}_{jk} * 60) * f(\text{FF}_{jk}, E_{ijk} \text{ или } \text{Thrust}_{jk}, \text{Cond}_j, \text{Ne}_j), \quad \text{Ур. 3-A1-6}$$

где:

- $E_{ij}$  – валовая эмиссия  $i$ -го загрязняющего вещества, например  $\text{NO}_x$ , CO, HC, нлТЧмасса (в граммах) или нлТЧкол-во (количество частиц), образуемая конкретным  $j$ -ым воздушным судном в течение одного ВПЦ;
- $E_{ijk}$  – индекс эмиссии  $i$ -го загрязняющего вещества, например  $\text{NO}_x$ , CO, HC, нлТЧмасса (в граммах загрязняющего вещества на килограмм топлива (г/кг топлива)) или нлТЧкол-во (количество частиц на килограмм топлива (кол-во/кг топлива)) на  $k$ -ом этапе (например, взлет, набор высоты, режим малого газа и заход на посадку) для каждого двигателя, установленного на  $j$ -ом типе воздушного судна;
- $\text{FF}_{jk}$  – расход топлива на  $k$ -ом этапе в килограммах в секунду (кг/с) для каждого двигателя, установленного на  $j$ -ом типе воздушного судна;
- $\text{Thrust}_{jk}$  – режим тяги на  $k$ -ом этапе для  $j$ -го типа воздушного судна;
- $\text{TIM}_{jk}$  – длительность этапа на  $k$ -ом этапе в минутах для  $j$ -го воздушного судна;
- $\text{Ne}_j$  – количество двигателей, установленных на  $j$ -ом воздушном судне с учетом потенциального использования не всех двигателей в процессе руления;
- $\text{Cond}_j$  – внешние условия (поступательная скорость, высота, давление, температура и влажность) для операции  $j$ -го типа воздушного судна.

### Расчет эмиссии – детальный метод

#### Параметры

6.62 В рамках детального метода источником фактических и уточненных данных, необходимых для проведения анализа, являются: результаты измерений, выполненных в реальном масштабе времени, представленная информация о характеристиках и/или результаты сложного компьютерного моделирования. На высоком уровне эти данные и информация характеризуют фактический состав парка воздушных судов с точки зрения типов воздушных судов и комбинаций двигателей, ТИМ, режимов тяги, расхода топлива и, возможно, условий работы камеры сгорания на всех этапах наземных операций и при взлете. В некоторых случаях также потребуется<sup>8</sup> привести условия работы двигателя к стандартным условиям с использованием приемлемых методов. Кроме того, на основе рекомендаций, приведенных в таблице 3-A1-2, можно рассмотреть вопрос о применении параметров, определенных в пп. 6.35–6.52.

<sup>8</sup> Источниками для корректировки и получения этих данных будут авиакомпании; изготовители двигателей; том II Приложения 16; SAE AIR1845; BADA; ETMS, ETFMS и данные FDR.

6.63 Ниже приводится перечень данных и информации, обычно необходимых для расчета эмиссии авиационных двигателей с использованием детального метода:

- a) результаты замеров TIM для различных типов воздушных судов/двигателей в различных условиях нагрузки, маршрутных и метеорологических условиях;
- b) замеры при включении реверса тяги для различных типов воздушных судов/двигателей в различных метеорологических условиях;
- c) метеорологические условия аэропорта в тех случаях, когда моделирование характеристик воздушного судна/двигателя учитывает различные метеорологические условия;
- d) частота и тип тестовых опробований двигателей;
- e) частота буксировок воздушных судов в условиях эксплуатации;
- f) инфраструктура аэропорта и ограничения (например, длина ВПП).

6.64 Аналогичным образом могут быть также предоставлены данные, замеренные эксплуатантами:

- a) характерные или фактические режимы тяги, используемые при включении реверса тяги;
- b) фактические данные о конфигурации "воздушное судно/двигатель";
- c) фактические данные о расходе топлива;
- d) фактическое число оборотов на режиме малого газа по типам двигателей;
- e) характерные или фактические режимы тяги на этапах захода на посадку, взлета и набора высоты (например, процедуры взлета на пониженной тяге);
- f) профили захода на посадку и набора высоты;
- g) частота операций по рулению с использованием не всех двигателей.

Эти замеренные или фактические данные эксплуатантов могут дополнять или заменять элементы смоделированных данных.

6.65 На основе фактических характеристик и эксплуатационных данных можно рассчитать коэффициенты эмиссии двигателей с использованием таких программ, как методика BFFM2 или метод DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt).

#### **Детальная методика расчета эмиссии NO<sub>x</sub>, CO, HC, нлТЧмасса и нлТЧкол-во**

6.66 Имея коэффициенты эмиссии двигателей фактического парка, значения TIM и расхода топлива, можно рассчитать эмиссию в рамках ВПЦ на основе уравнения, использовавшегося в усовершенствованном методе, однако при этом необходимо уточнить входные значения.

$$E_{ij} = \sum (TIM_{ijk} * 60) * f(FF_{jk}, E_{ijk} \text{ или } Thrust_{jk}, Cond_j, Ne_j),$$

Ур. 3-A1-7

где:

- $E_{ij}$  – валовая эмиссия  $i$ -го загрязняющего вещества (например,  $NO_x$ , CO, HC, нлТЧмасса (в граммах) или нлТЧкол-во (количество частиц)) в граммах, образуемая конкретным  $j$ -ым воздушным судном в течение одного ВПЦ;
- $E_{ijk}$  – индекс эмиссии для  $i$ -го загрязняющего вещества (например,  $NO_x$ , CO, HC, нлТЧмасса (в граммах загрязняющего вещества на килограмм топлива (г/кг топлива)) или нлТЧкол-во (количество частиц на килограмм топлива (кол-во/кг топлива)) на  $k$ -ом этапе для каждого двигателя, установленного на  $j$ -ом воздушном судне;
- $FF_{jk}$  – расход топлива на  $k$ -ом этапе в килограммах в секунду (кг/с) для каждого двигателя, установленного на  $j$ -ом типе воздушного судна;
- $Thrust_{jk}$  – режим тяги на  $k$ -ом этапе для  $j$ -го типа воздушного судна;
- $TM_{jk}$  – длительность этапа на  $k$ -ом этапе в минутах для  $j$ -го воздушного судна;
- $N_{ej}$  – количество двигателей, установленных на  $j$ -ом воздушном судне;
- $Cond_j$  – внешние условия (поступательная скорость, высота, давление, температура, влажность) для операции  $j$ -го типа воздушного судна.

## 7. ЭМИССИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК

7.1 Вспомогательная силовая установка (ВСУ) представляет собой сопряженный с электрогенератором небольшой газотурбинный двигатель, используемый для подачи, при необходимости, электроэнергии и сжатого воздуха к бортовым системам. Как правило, он устанавливается в хвостовом обтекателе воздушного судна за задним гермопангоутом и работает на керосине, подаваемом из основных топливных баков. Не все воздушные суда оснащены ВСУ, и несмотря на то, что на реактивных воздушных судах транспортной категории сейчас они используются почти повсеместно, на некоторых турбовинтовых воздушных судах и реактивных воздушных судах деловой авиации ВСУ не устанавливаются.

### Методика расчета эмиссии

7.2 В отличие от основных двигателей воздушных судов ВСУ по эмиссии не сертифицируются, а изготовители, как правило, рассматривают информацию об эмиссии ВСУ в качестве собственной. В результате имеется лишь незначительный объем общедоступных данных, которые можно использовать в качестве основы для расчета эмиссии ВСУ.

7.3 С точки зрения разработки усовершенствованных и детальных методик, позволяющих составить более точный прогноз в отношении эмиссии твердых частиц ВСУ, выполненные на данный момент анализы в отношении ВСУ положительных результатов не дали. Пользователям, в случае поступления к ним дополнительной информации, рекомендуется ее использовать, если она будет полезной для проведения исследования. В этой связи на данный момент для расчета эмиссии твердых частиц рекомендуется использовать простой метод.

### Простой метод

7.4 Если имеется лишь очень незначительный объем информации относительно типов воздушных судов, выполняющих полеты в рассматриваемом аэропорту, то для расчета эмиссии ВСУ можно использовать простой

метод. Однако, по всей вероятности, для результатов будет характерна бóльшая степень неопределенности, связанной с использованием ВСУ и их эмиссией. Обобщенные данные в отношении ВСУ являются общедоступными. Этой информацией рекомендуется пользоваться, поскольку в рамках простого метода реализуются усредненные собственные показатели, характерные для двигателя, которые получены у изготовителей ВСУ.

7.5 В тех случаях, когда уровень детализации данных о парке воздушных судов не позволяет использовать этот процесс, значения, указанные в таблице 3-A1-3, рассматриваются в качестве репрезентативных для эмиссии ВСУ при выполнении каждой операции воздушного судна в рассматриваемом аэропорту (если представляется более целесообразным, можно использовать другие значения).

**Таблица 3-A1-3. Репрезентативные значения эмиссии ВСУ для каждой операции воздушного судна**

Группа воздушных судов	Воздушные суда местных авиалиний <sup>9</sup>	Магистральные воздушные суда
Продолжительность работы ВСУ	45 мин	75 мин
Расход топлива	80 кг	300 кг
Эмиссия NO <sub>x</sub>	700 г	2400 г
Эмиссия HC	30 г	160 г
Эмиссия CO	310 г	210 г
Общая масса эмиссии ТЧ (общТЧмасса)	40 г	50 г
Эмиссия нлТЧкол-во	5,75E+17 #	3,75E+17 #

7.6 Значения расхода топлива и эмиссии, указанные в таблице 3-A1-3, основаны на усредненных данных изготовителей ВСУ, однако какой-либо конкретный тип ВСУ они не характеризуют. Указанные периоды времени работы основаны на усредненных показателях, полученных в результате рассмотрения ряда операций, и они не обязательно отражают какой-либо конкретный вид операций в аэропорту. Следует отметить, что время работы ВСУ в различных аэропортах существенно отличается, что обусловлено рядом факторов, и оно может значительно отличаться от указанных в таблице 3-A1-3 значений, принятых по умолчанию. Если информация о фактическом времени работы ВСУ имеется и получена в результате проведения наблюдений или на основе данных о максимальной продолжительности работы, обусловленной местными ограничениями в аэропортах, то данные о расходе топлива и эмиссии ВСУ можно скорректировать путем факторизации значений, указанных в таблице, в виде произведения времени наблюдения на частное от деления значений, принятых по умолчанию.

7.7 Например, эмиссию NO<sub>x</sub> ВСУ воздушного судна местных авиалиний, работающей в течение 60 мин, можно рассчитать следующим образом:

$$\text{NO}_x \text{ (г/ВПЦ)} = (60 \text{ мин на ВПЦ}) \times (700 \text{ г/45 мин}) = 933 \text{ г/ВПЦ.}$$

<sup>9</sup> Несмотря на отсутствие общепринятого определения терминов "воздушные суда местных авиалиний" и "магистральные воздушные суда", в контексте настоящего документа, основываясь на практическом опыте, их предлагается увязать с типом воздушного судна. В группу магистральных воздушных судов входят воздушные суда, максимальная дальность полета которых составляет более 8000 км (например, А-330, А-340, А-380, В-747, В-767-200ER, В-763, В-764, В-777, В-787, Ил-96). К группе воздушных судов местных авиалиний относятся все другие воздушные суда.

7.8 Кроме того, имеется распространяемая изготовителями общедоступная информация о комбинациях "воздушное судно/ВСУ", включая усредненные значения EI и расхода топлива ВСУ в течение рабочего цикла<sup>10</sup>. Также имеются выполненные Ассоциацией воздушного транспорта (АВТ) оценки времени работы ВСУ, основанные на результатах проведенных ограниченных, неофициальных наблюдений, касающихся использования ВСУ. Использование данных изготовителей об эмиссии ВСУ, а также оценки АВТ в отношении времени работы ВСУ позволяет выполнить более точные оценки эмиссии ВСУ. АВТ провела оценки работы ВСУ, установленных на узко- и широкофюзеляжных<sup>11</sup> воздушных судах, при наличии и в отсутствии наземного электропитания. В качестве примера эти оценки приводятся в таблице 3-A1-4 (при необходимости можно использовать другие значения).

**Таблица 3-A1-4. Оценки АВТ в отношении времени работы ВСУ узко- и широкофюзеляжных воздушных судов**

Тип воздушного судна	Время работы ВСУ (часы/циклы) по информации АВТ	
	С наземным электропитанием	Без наземного электропитания
Узкофюзеляжное	0,23–0,26	0,87
Широкофюзеляжное	0,23–0,26	1,0–1,5

7.9 Информация о комбинациях "ВСУ/воздушное судно" содержится в техническом докладе ФАУ 1995 года, озаглавленном "Технические данные, дополняющие консультативный циркуляр ФАУ по уменьшению эмиссии воздушных судов коммерческой авиации" (ФАУ, 1995). В этом документе содержится точная сводная информация об основных семействах ВСУ, используемых на различных воздушных судах. В документе также приводятся значения EI и расхода топлива на различных этапах для конкретных ВСУ, которые служат дополнительным источником информации для расчета эмиссии ВСУ.

7.10 Например, эмиссия NO<sub>x</sub> ВСУ широкофюзеляжного воздушного судна с двигателями 331-200ER без наземного электропитания, работающей под нагрузкой в течение 1,5 ч, EI NO<sub>x</sub> которой составляет 9,51 фунта на 1000 фунтов топлива, а расход топлива – 267,92 фунта/час, будет рассчитываться следующим образом:

$$\text{NO}_x \text{ (фунт/ВПЦ)} = (1,5 \text{ ч на ВПЦ}) \times (9,51 \text{ фунт/1000 фунтов топлива}) * (267,92 \text{ фунта топлива/ч}) = 3,82 \text{ фунта/ВПЦ} \\ = 3466 \text{ г/ВПЦ.}$$

#### Усовершенствованный метод

7.11 Оценку эмиссии ВСУ можно провести на основе информации о фактической комбинации "воздушное судно/ВСУ" и времени работы ВСУ с учетом EI конкретных типов ВСУ. Эмиссию можно рассчитать для трех рекомендуемых режимов эксплуатационной нагрузки ВСУ:

- а) запуск (без нагрузки);

<sup>10</sup> Correspondence from Honeywell Engines & Systems to United States EPA Assessment and Standards Division, APU Emissions, 29 September 2000.

<sup>11</sup> Узкофюзеляжное: воздушное судно с одним проходом. Широкофюзеляжное: воздушное судно с двумя проходами (например, А-300, А-330, А-340, А-380, В-747, В-767, В-777, В-787).

- b) обычная работа (максимальный режим работы системы регулирования окружающих условий (СРОУ));
- c) большая нагрузка (запуск основного двигателя),

которые характеризуют рабочий цикл этих двигателей.

7.12 Для каждого из этих видов нагрузок эмиссию можно рассчитать по следующим формулам:

- NO<sub>x</sub> – скорость эмиссии NO<sub>x</sub> x время работы под нагрузкой;
- HC – скорость эмиссии HC x время работы под нагрузкой;
- CO – скорость эмиссии CO x время работы под нагрузкой;
- общТЧмасса – скорость эмиссии общТЧмасса x время работы под нагрузкой; и
- нлТЧкол-во – скорость эмиссии нлТЧкол-во x время работы под нагрузкой.

7.13 В тех случаях, когда точные данные о фактическом времени работы под нагрузкой получить нельзя, в качестве примеров можно использовать значения, указанные в таблице 3-A1-5 (при необходимости можно использовать другие значения).

7.14 Для расчета эмиссии ВСУ эксплуатируемые в настоящее время типы воздушных судов отнесены к одной из шести групп, характеризующих их эмиссию (см. Таблицы 3-A1-6–3-A1-11). Затем расход топлива/эмиссию CO<sub>2</sub>, эмиссию NO<sub>x</sub>, HC и CO ВСУ можно рассчитать путем умножения времени работы под нагрузкой на соответствующий коэффициент эмиссии, указанный в этих таблицах (при необходимости можно использовать другие значения).

7.15 Валовую эмиссию NO<sub>x</sub>, HC и CO ВСУ для каждого цикла полного оборота воздушного судна можно рассчитать путем суммирования эмиссии на каждом этапе в течение всего цикла.

**Таблица 3-A1-5. Примеры фактического времени работы под нагрузкой**

Вид операции	Режим	Двухдвигательное воздушное судно	Четырехдвигательное воздушное судно
Запуск ВСУ и стабилизация оборотов	Запуск	3 мин	3 мин
Подготовка воздушного судна, прибытие экипажа и посадка пассажиров	Обычный режим работы	Полный период времени работы до вылета – 3,6 мин	Полный период времени работы до вылета – 5,3 мин
Запуск основного двигателя	Высокая нагрузка	35 с	140 с
Высадка пассажиров и останов двигателей воздушного судна	Обычный режим работы	15 мин (по умолчанию) или в соответствии с замерами	15 мин (по умолчанию) или в соответствии с замерами

**Таблица 3-A1-6. Классификация групп ВСУ по расходу топлива**

Группы ВСУ, классифицированные по расходу топлива	Запуск без нагрузки (кг/ч)	Обычный режим работы Максимальный режим СРОУ (кг/ч)	Высокая нагрузка Запуск основного двигателя (кг/ч)
Реактивные воздушные суда деловой авиации/региональные реактивные воздушные суда (кол-во кресел < 100)	68	101	110
Небольшие (100 ≤ кол-во кресел < 200), новые типы	77	110	130
Небольшие (100 ≤ кол-во кресел < 200), старые типы	69	122	130
Средней дальности (200 ≤ кол-во кресел < 300), все типы	108	164	191
Крупные (300 ≤ кол-во кресел), старые типы	106	202	214
Крупные (300 ≤ кол-во кресел), новые типы	146	238	262

**Таблица 3-A1-7. Классификация групп ВСУ по эмиссии NO<sub>x</sub>**

Группы ВСУ, классифицированные по эмиссии NO <sub>x</sub>	Запуск без нагрузки (кг/ч)	Обычный режим работы Максимальный режим СРОУ (кг/ч)	Высокая нагрузка Запуск основного двигателя (кг/ч)
Реактивные воздушные суда деловой авиации/региональные реактивные воздушные суда (кол-во кресел < 100)	0,274	0,700	0,714
Небольшие (100 ≤ кол-во кресел < 200), новые типы	0,384	0,702	1,128
Небольшие (100 ≤ кол-во кресел < 200), старые типы	0,329	0,733	0,826
Средней дальности (200 ≤ кол-во кресел < 300), все типы	0,876	1,556	1,889
Крупные (300 ≤ кол-во кресел), старые типы	0,757	1,847	2,103
Крупные (300 ≤ кол-во кресел), новые типы	1,062	2,955	3,347

Таблица 3-А1-8. Классификация групп ВСУ по эмиссии HC

Группа ВСУ, классифицированные по эмиссии HC	Запуск без нагрузки (кг/ч)	Обычный режим работы Максимальный режим CPOY (кг/ч)	Высокая нагрузка Запуск основного двигателя (кг/ч)
Реактивные воздушные суда деловой авиации/региональные реактивные воздушные суда (кол-во кресел < 100)	1,026	0,027	0,049
Небольшие (100 ≤ кол-во кресел < 200), новые типы	0,763	0,043	0,035
Небольшие (100 ≤ кол-во кресел < 200), старые типы	0,125	0,040	0,035
Средней дальности (200 ≤ кол-во кресел < 300), все типы	0,108	0,018	0,020
Крупные (300 ≤ кол-во кресел), старые типы	0,113	0,048	0,042
Крупные (300 ≤ кол-во кресел), новые типы	0,093	0,031	0,030

Таблица 3-А1-9. Классификация групп ВСУ по эмиссии CO

Группа ВСУ, классифицированные по эмиссии CO	Запуск без нагрузки (кг/ч)	Обычный режим работы Максимальный режим CPOY (кг/ч)	Высокая нагрузка Запуск основного двигателя (кг/ч)
Реактивные воздушные суда деловой авиации/региональные реактивные воздушные суда (кол-во кресел < 100)	3,345	0,615	0,655
Небольшие (100 ≤ кол-во кресел < 200), новые типы	2,948	0,386	0,543
Небольшие (100 ≤ кол-во кресел < 200), старые типы	1,477	0,927	0,736
Средней дальности (200 ≤ кол-во кресел < 300), все типы	1,446	0,230	0,170
Крупные (300 ≤ кол-во кресел), старые типы	1,476	0,331	0,257
Крупные (300 ≤ кол-во кресел), новые типы	1,349	0,152	0,173

**Таблица 3-A1-10. Классификация групп ВСУ по эмиссии общТЧмасса**

Группа ВСУ, классифицированные по эмиссии общТЧмасса	Запуск без нагрузки (кг/ч)	Обычный режим работы Максимальный режим СРОУ (кг/ч)	Высокая нагрузка Запуск основного двигателя (кг/ч)
Реактивные воздушные суда деловой авиации/региональные реактивные воздушные суда (кол-во кресел < 100)	0,063	0,035	0,036
Небольшие (100 ≤ кол-во кресел < 200), новые типы	0,057	0,022	0,021
Небольшие (100 ≤ кол-во кресел < 200), старые типы	0,048	0,056	0,047
Средней дальности (200 ≤ кол-во кресел < 300), все типы	0,031	0,038	0,041
Крупные (300 ≤ кол-во кресел), старые типы	0,070	0,117	0,127
Крупные (300 ≤ кол-во кресел), новые типы	0,022	0,025	0,023

**Таблица 3-A1-11. Классификация групп ВСУ по эмиссии нлТЧкол-во**

Группа ВСУ, классифицированные по эмиссии нлТЧкол-во	Запуск без нагрузки (кол-во/ч)	Обычный режим работы Максимальный режим СРОУ (кол-во/ч)	Высокая нагрузка Запуск основного двигателя (кол-во/ч)
Реактивные воздушные суда деловой авиации/региональные реактивные воздушные суда (кол-во кресел < 100)	8,45E+15	2,00E+17	2,66E+17
Небольшие (100 ≤ кол-во кресел < 200), новые типы	3,65E+16	9,48E+16	1,14E+17
Небольшие (100 ≤ кол-во кресел < 200), старые типы	1,20E+18	1,06E+18	9,53E+17
Средней дальности (200 ≤ кол-во кресел < 300), все типы	2,86E+17	3,49E+17	3,35E+17
Крупные (300 ≤ кол-во кресел), старые типы	2,11E+17	7,34E+17	1,18E+18
Крупные (300 ≤ кол-во кресел), новые типы	5,80E+16	2,04E+17	8,22E+16

**Детальный метод**

7.16 При использовании детального метода необходима подробная информация о типе ВСУ, рабочих режимах и их продолжительности, операциях воздушных судов и расходе топлива и соответствующих коэффициентах эмиссии. Как отмечалось ранее, широкого доступа к этим данным может не быть, поэтому необходимо обращаться к изготовителям ВСУ. Данные о ТИМ являются еще одним фактором, требующим тщательного изучения и сбора информации. По конкретным эксплуатантам/типам воздушных судов в наличии

могут быть только среднестатистические значения, и в этом случае для получения более надежных результатов может потребоваться использование значений по умолчанию усовершенствованного метода совместно с более точными EI, предоставленными изготовителями.

7.17 Эмиссию ВСУ на каждом режиме работы бортовой ВСУ можно рассчитать по следующей формуле:

масса эмиссии = ТИМ x расход топлива x EI для каждого этапа и каждого вида эмиссии.

Ур. 3-A1-8

7.18 Затем можно рассчитать массу каждого вида эмиссии для каждой операции путем суммирования масс эмиссии при различных нагрузках. Наконец, путем суммирования эмиссии, рассчитанной для каждого режима работы бортовой ВСУ, можно рассчитать валовую массу каждого вида эмиссии для составления кадастра.

7.19 Изготовители предоставляют информацию об индексах эмиссии ВСУ некоторым аэропортам и эксплуатантам воздушных судов; однако, учитывая коммерческий характер этих данных, использовать их в широком масштабе не разрешается. В результате детальный метод могут применять лишь очень незначительное количество составителей специализированных кадастров.

---



## Дополнение В к добавлению 1

### УПРОЩЕННЫЕ ИНДЕКСЫ ЭМИССИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

**Таблица В-1. Коэффициенты эмиссии в рамках ВПЦ по типам воздушных судов**

Воздушное судно <sup>1</sup>		Коэффициенты эмиссии в рамках ВПЦ (кг/ВПЦ/воздушное судно и кол-во/ВПЦ/воздушное судно) <sup>2</sup>						Расход топлива (кг/ВПЦ/воздушное судно)	
		CO <sub>2</sub> <sup>3</sup>	HC	NO <sub>x</sub>	CO	SO <sub>2</sub> <sup>4</sup>	общТЧмасса		нлТЧкол-во
Крупные коммерческие воздушные суда <sup>5</sup>	A300	5 445	1,25	25,86	14,80	0,86	0,16	1,58E+18	1 723
	A310	4 761	6,30	19,46	28,30	0,75	0,17	9,99E+17	1 507
	A318	2 274	0,91	6,76	12,14	0,36	0,07	5,48E+17	719
	A319	2 390	1,20	8,70	7,86	0,38	0,14	2,54E+18	756
	A320	2 665	0,34	9,90	8,14	0,42	0,17	3,28E+18	843
	A320neo	1 981	0,10	5,95	6,95	0,31	0,04	2,35E+17	627
	A321	3 195	0,17	16,23	5,81	0,51	0,23	4,62E+18	1 011
	A321neo	2 373	0,09	10,76	6,94	0,38	0,06	2,86E+17	751
	A330-200/300	7 052	1,28	35,57	16,20	1,12	0,21	2,42E+18	2 232
	A340-200	6 111	4,05	31,08	25,75	0,97	0,18	8,18E+17	1 934
	A340-300	6 383	3,90	34,81	25,23	1,01	0,19	8,77E+17	2 020
	A340-500/600	10 659	0,14	64,45	15,31	1,69	0,19	7,95E+17	3 373
	A350-900	6 756	0,94	39,81	20,27	1,07	0,20	2,63E+18	2 138
	A350-1000	7 851	0,90	56,91	20,23	1,24	0,24	2,77E+18	2 484
	A380	11 952	3,70	69,42	39,06	1,89	0,34	3,37E + 18	3 782
	707	5 890	97,45	10,96	92,37	0,93	2,15	1,88E+19	1 864
	717	2 143	0,05	6,68	6,78	0,34	0,09	7,80E+17	678
	727-200	4 610	8,14	11,97	27,16	0,73	0,52	1,11E+19	1 459
	737-300/400/500	2 737	1,43	6,98	6,48	0,43	0,14	2,55E+18	866
	737-600	2 279	1,01	7,66	8,65	0,36	0,09	1,23E+18	721
737-700	2 462	0,86	9,12	8,00	0,39	0,09	1,40E+18	779	
737-800/900	2 784	0,72	12,30	7,07	0,44	0,12	2,04E+18	881	
747-200	11 370	18,24	49,52	79,78	1,80	0,46	3,33E+18	3 598	
747-300	11 074	2,73	65,00	17,84	1,75	0,37	4,01E+18	3 504	

Воздушное судно <sup>1</sup>		Коэффициенты эмиссии в рамках ВПЦ (кг/ВПЦ/воздушное судно и кол-во/ВПЦ/воздушное судно) <sup>2</sup>							Расход топлива (кг/ВПЦ/воздушное судно)
		CO <sub>2</sub> <sup>3</sup>	HC	NO <sub>x</sub>	CO	SO <sub>2</sub> <sup>4</sup>	общТЧмасса	нПТЧкол-во	
	747-400	10 245	2,25	42,88	26,72	1,62	0,24	6,28E+17	3 242
	747-8	11 044	0,84	44,32	27,61	1,75	0,24	2,76E+18	3 495
	757-200	4 317	0,22	23,43	8,08	0,68	0,11	1,20E+18	1 366
	757-300	4 625	0,11	17,85	11,62	0,73	0,33	5,88E+18	1 464
	767-200	4 622	3,32	23,76	14,80	0,73	0,18	1,04E+18	1 463
	767-300	5 608	1,19	28,19	14,47	0,89	0,17	1,68E+18	1 775
	767-400	5 522	0,98	24,80	12,37	0,87	0,13	3,74E+17	1 748
	777-200/300	7 197	1,35	37,47	16,60	1,14	0,18	1,14E+18	2 277
	787-8	5 468	0,24	28,75	10,34	0,87	0,12	1,15E+18	1 730
	CS 100 / A220-100	1 890	0,06	8,25	3,44	0,30	0,05	5,34E+17	598
	CS 300 / A220-300	1 890	0,06	8,25	3,44	0,30	0,05	5,34E+17	598
	EMB170	1 589	0,04	4,84	4,05	0,25	0,03	1,01E+17	503
	EMB190	2 059	1,14	6,43	12,13	0,33	0,06	1,87E+17	652
	DC-10	7 287	2,37	35,65	20,59	1,15	0,24	1,26E+18	2 306
	DC-8-50/60/70	5 357	1,51	15,62	26,31	0,85	0,14	1,46E+18	1 695
	DC-9	2 646	4,63	6,16	16,29	0,42	0,29	6,18E+18	837
Крупные коммерческие воздушные суда <sup>5</sup> Источник: ИКАО (2018) <sup>6</sup> ИККАИА (2014) ИККАИА (2018)	MD-11	7 287	2,37	35,65	20,59	1,15	0,24	1,26E+18	2 306
	MD-80	3 184	1,87	11,97	6,46	0,50	0,27	5,76E+18	1 008
	MD-90	2 759	0,06	10,76	5,53	0,44	0,26	5,93E+18	873
	Ty-134	2 931	17,98	8,68	27,98	0,46	0,66	1,24E+19	928
	Ty-154-M	5 959	13,17	12,00	82,88	0,94	1,11	2,96E+19	1 886
	Ty-154-B	7 030	119,03	14,33	143,05	1,11	1,58	1,96E+19	2 225
Региональные реактивные воздушные суда/реактивные воздушные суда деловой авиации с двигателями тягой > 26,7 кН	RJ-RJ85	1 906	1,35	4,34	11,21	0,30	0,09	2,09E+18	603
	BAE 146	1 801	1,41	4,07	11,18	0,29	0,07	8,26E+17	570
	CRJ-100ER	1 056	0,63	2,27	6,70	0,17	0,04	5,16E+17	334
	CRJ-900	1 517	0,04	4,40	4,12	0,24	0,03	7,34E+16	480
	ERJ-145	993	0,56	2,69	6,18	0,16	0,02	1,81E+17	314
	Fokker 100/70/28	2 387	1,43	5,75	13,84	0,38	0,34	9,19E+18	755
	Domier 328 Jet	868	0,57	2,99	5,35	0,14	0,04	5,56E+17	275
	Gulfstream IV	2 030	0,55	4,99	8,25	0,32	0,07	5,22E+17	642
Gulfstream V	1 857	0,60	5,70	8,90	0,29	0,13	1,00E+18	588	

Воздушное судно <sup>1</sup>	Коэффициенты эмиссии в рамках ВПЦ (кг/ВПЦ/воздушное судно и кол-во/ВПЦ/воздушное судно) <sup>2</sup>							Расход топлива (кг/ВПЦ/воздушное судно)	
	CO <sub>2</sub> <sup>3</sup>	HC	NO <sub>x</sub>	CO	SO <sub>2</sub> <sup>4</sup>	общТЧмасса	нлТЧкол-во		
Gulfstream VI	1 925	0,80	5,13	11,82	0,30	0,09	6,21E+17	609	
Gulfstream VII-500	1 619	0,01	6,34	3,20	0,26	0,03	6,04E+16	512	
RRJ95-LR	2 147	0,27	5,90	9,21	0,34	0,15	1,04E+18	679	
Як-42М	1 919	1,68	7,11	6,81	0,30	0,09	1,62E+18	607	
Реактивные воздушные суда с двигателями малой тяги (Fn < 26,7 кН)	Cessna 525/560	458	1,66	0,28	16,20	0,07	0,05	1,20E+18	145
Турбовинтовые воздушные суда	Beech King Air <sup>8</sup>	241	0,64	0,32	2,99	0,04	0,02	6,51E+17	76
	DHC8-100 <sup>9</sup>	658	0,00	1,55	2,27	0,10	0,07	2,23E+18	208
Источник: FOI <sup>7</sup>	ATR72-500 <sup>10</sup>	641	0,29	1,88	2,35	0,10	0,07	2,36E+18	203

## Примечания.

- Информация об эквивалентных воздушных судах содержится в таблице В-2.
- Информация, касающаяся неопределенностей, связанных с этими данными, содержится в перечисленных ниже справочных материалах:
  - QinetiQ/FST/CR030440 "EC-NEPAir: Work Package 1 Aircraft engine emissions certification — a review of the development of ICAO Annex 16, Volume II," by D.H. Lister and P.D. Norman.
  - Том II, Приложение 16 ИКАО, 4-е издание (2017).
  - Дополнение В к добавлению 1 к настоящему документу.
- Значения CO<sub>2</sub> для каждого воздушного судна основаны на том, что на каждый килограмм израсходованного топлива приходится 3,16 кг CO<sub>2</sub>.
- Предполагается, что содержание серы в топливе составляет 0,05 % (это допущение аналогично сделанному в пересмотренном варианте NGGIP МГЭИК).
- Типы двигателей для каждого воздушного судна выбирались на основе двигателя(ей), наиболее типичного(ых) для парка с точки зрения количества ВПЦ и/или среднего уровня эмиссии двигателя по состоянию на 30 сентября 2018 года. Такой подход в отношении некоторых типов двигателей может привести к недооценке или переоценке эмиссии парка.
- Банк данных по эмиссии двигателей ИКАО (Международная организация гражданской авиации) (2004) основан на средних замеренных сертификационных данных. Коэффициенты эмиссии применяются только к сертификационному ВПЦ. Валовая эмиссия и расход топлива рассчитываются на основе стандартной продолжительности этапа и режимах мощности ИКАО.
- Несертифицированные данные базы данных по эмиссии турбовинтовых двигателей в рамках ВПЦ FOI (Шведское агентство оборонных исследований).
- Репрезентативное турбовинтовое воздушное судно с выраженной в лошадиных силах мощностью на валу (SHP) до 1000 SHP/двигатель.
- Репрезентативное турбовинтовое воздушное судно с выраженной в лошадиных силах мощностью на валу от 1000 до 2000 SHP/двигатель.
- Репрезентативное турбовинтовое воздушное судно с выраженной в лошадиных силах мощностью на валу более 2000 SHP/двигатель.

Таблица В-2. Репрезентативные воздушные суда и двигатели

Обобщенный тип воздушного судна	Обозначение двигателя, принятое в ИКАО	UID двигателя	Код ИКАО	Код ИАТА для воздушных судов в группе
Airbus A300	PW4158	1PW048	A30B	AB3
			A306	AB4
				AB6
				ABF
				ABX
			ABY	
Airbus A310	CF6-80C2A2	1GE016	A310	310
				312
				313
				31F
				31X
				31Y
A318	CFM56-5B9/3	8CM060	A318	318
Airbus A319	CFM56-5B5/P (60%) V2524-A5 (40%)	3CM027 3IA007	A319	319
Airbus A320	CFM56-5B4/3 (50%) V2527-A5 (50%)	8CM055, 1IA003	A320	320
				32S
Airbus A320Neo	PW1127G-JM CFM LEAP-1A26	18PW122 17CM082	A20N	320
Airbus A321	CFM56-5B3/3 (30%) V2533-A5 (70%)	8CM054, 3IA008	A321	321
Airbus A321Neo	PW1133G-JM CFM LEAP-1A35	18PW126 17CM083	A21N	321
Airbus A330-200	Trent 772B-60	3RR030	A330	330
			A332	332
Airbus A330-300	Trent 772B-60	3RR030	A330	330
			A333	333
Airbus A340-200	CFM56-5C3	1CM011	A342	342
Airbus A340-300	CFM56-5C4	2CM015	A340	340
			A343	343
Airbus A340-500	Trent 556-61	6RR041	A345	345
Airbus A340-600	Trent 556-61	6RR041	A346	346
Airbus A350-900	Trent XWB-84	14RR079	A350	350

Airbus A350-1000	Trent XWB-97	18RR080	A350	350
Airbus A380-8	GP7270 (60%) Trent 970 (40%)	9EA001, 18RR081	A388	380
Boeing 707	JT3D-3B	1PW001	B703	703
				707
				70F
				70M
Boeing 717	BR700-715A1-30	4BR005	B712	717
Boeing 727-100	JT8D-7B	1PW004	B721	721
				72M
Boeing 727-200	JT8D-15	1PW009	B722	722
				727
				72C
				72B
				72F
				72S
Boeing 737-100	JT8D-9A	1PW007	B731	731
Boeing 737-200	JT8D-9A	1PW007	B732	732
				73M
				73X
Boeing 737-300	JT8D-9A	1PW007	B733	737
				73F
				733
				73Y
Boeing 737-400	JT8D-9A	1PW007	B734	737
				734
Boeing 737-500	JT8D-9A	1PW007	B735	737
				735
Boeing 737-600	CFM56-7B20	3CM030	B736	736
Boeing 737-700	CFM56-7B22	3CM031	B737	73G
				73W
Boeing 737-800	CFM56-7B26	3CM033	B738	738
				73H
Boeing 737-900	CFM56-7B26	3CM033	B739	739
Boeing 747-100	JT9D-7A	1PW021	B741	74T

			N74S	74L
			B74R	74R
			B74R	74V
Boeing 747-200	JT9D-7Q	1PW025	B742	742
				74C
				74X
Boeing 747-300	JT9D-7R4G2 (66%) RB211-524D4 (34%)	1PW029 (66%) 1RR008 (34%)	B743	743
				74D
Boeing 747-400	CF6-80C2B1F	2GE041	B744	747
				744
				74E
				74F
				74J
				74M
				74Y
Boeing 747-8	GENx 2B67	11GE139	B748	748
Boeing 757-200	RB211-535E4	3RR028	B752	757
				75F
				75M
Boeing 757-300	RB211-535E4B	5RR039	B753	753
Boeing 767-200	CF6-80A2	1GE012	B762	762
				76X
Boeing 767-300	PW4060	1PW043	B763	767
				76F
				763
				76Y
Boeing 767-400	CF6-80C2B8F	3GE058	B764	764
Boeing 777-200	Trent 877	2RR025	B772	777
				772
Boeing 777-300	GE90-115B	7GE099	B773	777
				773
Boeing 787-8	GENx 1B70 Trent 1000 PkgB	11GE138 12RR057	B787	787
Airbus A220-100 / Bombardier CS 100	PW 1524G	16PW111	BCS1	CS1

Airbus A220-300 / Bombardier CS 300	PW 1525G	16PW110	BCS3	CS3
Douglas DC-10			DC10	D10
				D11
				D1C
				D1F
Douglas DC-10	CF6-50C2	3GE074	DC10	D1M
				D1X
				D1Y
Douglas DC-8	CFM56-2C1	1CM003	DC85	D8F
			DC86	D8L
			DC87	D8M
				D8Q
				D8T
				D8X
				D8Y
Douglas DC-9	JT8D-7B	1PW004	DC9	DC9
			DC91	D91
			DC92	D92
			DC93	D93
			DC94	D94
			DC95	D95
				D9C
				D9F
D9X				
Lockheed L-1011	RB211-22B	1RR003	L101	L10
				L11
				L15
				L1F
McDonnell Douglas MD11	CF6-80C2D1F	3GE074	MD11	M11
				M1F
				M1M
McDonnell Douglas MD80	JT8D-217C	1PW018	MD80	M80
			MD81	M81
			MD82	M82
			MD83	M83

			MD87	M87
			MD88	MD88
McDonnell Douglas MD90	V2525-D5	1IA002	MD90	M90
Туполев Ту-134	D-30-3	1AA001	T134	TU3
Туполев Ту-154	D-30-KU-154-II NK-8-2U	1AA004 1KK001	T154	TU5
Avro RJ85	LF507-1F, -1H	1TL004	RJ85	AR8 ARJ
BAe 146	ALF 502R-5	1TL003	B461	141
			B462	142
			B463	143
				146
				14F
				14X
				14Y
14Z				
CRJ-100ER	CF34-3A1	1GE035		CR1
CRJ-900	CF34-8C5	8GE110		CR9
Embraer ERJ145	AE3007A1	6AL007	E145	ER4
				ERJ
Embraer EMB170	CF34-8E5A1	8GE105	E170	E70
Embraer EMB190	CF34-10E5A1	11GE144	E190	E90
Fokker 100/70/28	TAY Mk650-15	1RR021	F100	100
			F70	F70
			F28	F21
				F22
				F23
				F24
F28				
BAC 111	Spey-512-14DW	1RR016	BA11	B11
				B12
				B13
				B14
				B15

Dornier Do 328	PW306B	7PW078	D328	D38
Gulfstream IV	Tay 611-8C	11RR048		GRJ
Gulfstream V	BR700-710A1-10	6BR010		GRJ
Gulfstream VI	BR-700-725A1-12	11BR011		
Gulfstream VII-500	PW814GA	19PW127		
RRJ95-LR	SaM146-1S18	11PJ002		
Яковлев Як-42	D-36	1ZM001	YK42	YK2
Cessna 525/560	PW545A или аналогичный	FAEED222		
Beech King Air	PT6A-42	PT6A-42		
DHC8-100	PW120 или аналогичный	PW120		DH1
ATR72-500	PW127F или аналогичный	PW127F		AT5

*Примечание. В таблице В-2 указаны типовые двигатели для данных моделей воздушных судов; они не обязательно являются самыми используемыми. По этой причине результаты расчетов массы эмиссии в рамках ВПЦ могут отличаться от таблицы В-1.*

## Дополнение С к добавлению 1

# ОБЩЕДОСТУПНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ ТИПА ВОЗДУШНОГО СУДНА ТИПУ ДВИГАТЕЛЯ

### 1. ПОЛЕЗНЫЕ ПОЛЯ ДАННЫХ В БАЗЕ ДАННЫХ IOAG

LveTime	–	Местное время вылета рейса по расписанию из пункта отправления
LveGMT	–	Среднее время по Гринвичу (GMT) вылета рейса по расписанию из пункта отправления
ArrCode	–	Количество, характеризующее аэропорт прибытия
Arrive	–	Буквенный код аэропорта прибытия (например, JFK)
ArrTime	–	Местное время прибытия рейса по расписанию
ArrGMT	–	Время прибытия рейса по расписанию в GMT
Equip	–	Кодовое обозначение типа воздушного судна (например, B-738)
FAACarr	–	Сокращенное название авиаперевозчика
FltNo	–	Номер рейса
Freq	–	Код 1/0, показывающий дни недели, по которым выполняется конкретный рейс в конкретный временной интервал (слот), и пару городов
ATACarr	–	Название перевозчика по системе условных обозначений Ассоциации воздушного транспорта (ATA)
IOAGCARR	–	Обозначение авиакомпании по двухбуквенному коду IOAG
CarrType	–	Авиакомпания, выполняющая местные перевозки, или транспортная авиакомпания
ATAEquip	–	Тип воздушного судна по системе условных обозначений АВТ
EqType	–	J – реактивное воздушное судно, T – турбовинтовое воздушное судно, P – винтовое воздушное судно
CarrName	–	Полное название авиакомпании
LveCity	–	Полное название пункта отправления и страны/штата
ArrCntry	–	Страна или штат назначения, если пункт назначения находится в Соединенных Штатах Америки
LveCntry	–	Страна или штат отправления, если пункт отправления находится в Соединенных Штатах Америки
YYMM	–	Год и месяц действующего расписания
Eday	–	Код 0/1, указывающий на то, что данный рейс выполняется ежедневно в течение месяца, указанного в расписании
FPM	–	Число раз (дней) выполнения конкретного рейса между конкретной парой городов в выделенный временной интервал в течение месяца

## 2. ПОЛЕЗНЫЕ ПОЛЯ ДАННЫХ В БАЗЕ ДАННЫХ О ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДАХ МИРОВОГО ПАРКА

Тип воздушного судна	Тип оборудования (код IOAG)	Объем нижней части фюзеляжа (м <sup>3</sup> )
Серийный номер воздушного судна	Модель оборудования воздушного судна	Емкость топливных баков
Изготовитель воздушного судна	Категория эксплуатанта	Максимальный взлетный вес (кг)
Регистрационный/бортовой номер	Название эксплуатанта	Максимальная коммерческая загрузка (кг)
Изготовитель двигателя	Код эксплуатанта по классификации IATA	Максимальный посадочный вес (кг)
Модель двигателя	Код эксплуатанта по классификации ИКАО	Дальность с максимальным запасом топлива (км)
Количество двигателей	Размах крыла (м)	Дальность с максимальной коммерческой загрузкой (км)
Класс (категория) воздушного судна по уровню шума	Площадь крыла (м <sup>2</sup> )	
Категория оборудования	Общая длина (м)	
Тип оборудования (код LAR)		

## 3. ПОЛЕЗНЫЕ ПОЛЯ ДАННЫХ В БАЗЕ ДАННЫХ ASQP

Код перевозчика по классификации IATA	День недели	Время полета
Номер рейса	Время вылета по IOAG	Время нахождения на земле
Аэропорт вылета	Фактическое время вылета	Бортовой номер воздушного судна
Аэропорт прибытия	Время прибытия по IOAG	Время выгуливания
Дата выполнения операции	Время прибытия по CRS	Время загуливания
	Фактическое время прибытия	

## 4. ПОЛЕЗНЫЕ ПОЛЯ ДАННЫХ В БАЗЕ ДАННЫХ JP О ПАРКЕ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ АВИАКОМПАНИЙ

Название эксплуатанта	Месяц и год изготовления	Максимальный взлетный вес (кг)
Код эксплуатанта по классификации IATA	Заводской номер	Схема расположения пассажирских кресел (или иной, чем пассажирские перевозки, вид использования)
Код эксплуатанта по классификации ИКАО	Прежний идентификационный номер	
Бортовой номер воздушного судна	Количество двигателей	
Тип и подтип воздушного судна	Изготовитель двигателей	
	Точный тип двигателей	

## Дополнение D к добавлению 1

# МЕТОД АППРОКСИМАЦИИ ПЕРВОГО ПОРЯДКА (ВЕРСИЯ V4.0) ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭМИССИИ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПО МАССЕ И КОЛИЧЕСТВУ

### 1. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

AFR	Отношение воздуха к топливу (массовый базис)
BPR	Степень двухконтурности
$C_k$	Расчетная массовая концентрация нелетучих твердых частиц для двигателя на k-ом этапе, которая является оценкой массы нелетучих твердых частиц в стандартном объеме потока ( $\text{мкг/м}^3$ ) в месте расположения прибора стандартизированного измерительного комплекса ИКАО
$C_r$	Масштабный коэффициент единицы измерения для концентрации нЛТЧмасса
$D_r$	Масштабный коэффициент единицы измерения для оценки среднего геометрического диаметра (GMD)
EI	Индекс эмиссии. Скорость эмиссии загрязняющего вещества, определяемая в процессе сжигания одного килограмма топлива. Как правило, единицей измерения EI является г/кг топлива. Однако, если конкретно не оговаривается иное, для удобства в настоящем документе используется единица мг/кг
$EI_{HC}$	Индекс эмиссии общего количества углеводородов, указанный в БДЭД ИКАО (г/кг топлива)
$EI_{HC_{CFM56}}$	Индекс эмиссии общего количества углеводородов применительно к двигателю CFM56-2-C5, указанный в БДЭД ИКАО (г/кг топлива)
$EI_{vPM_{mass-orgCFM56}}$	Индекс эмиссии органических летучих твердых частиц по массе для двигателя CFM56-2-C1, определенный в результате выполнения замеров по методике APEX1 (мг/кг топлива)
$EI_{HC_{Engine}}$	Индекс эмиссии общего количества углеводородов, указанный в БДЭД ИКАО для рассматриваемого двигателя (г/кг топлива)
$EI_{vPM_{mass}}$	Индекс эмиссии нелетучих твердых частиц по массе (г/кг топлива или мг/кг топлива) на приборе
$EI_{vPM_{mass,e}}$	Индекс эмиссии нелетучих твердых частиц по массе (г/кг топлива или мг/кг топлива) на выходе из двигателя
$EI_{vPM_{number,e}}$	Индекс эмиссии количества нелетучих твердых частиц (кол-во/кг топлива) на выходе из двигателя

$EI_{tPM_{mass}}$	Общий индекс эмиссии твердых частиц по массе. Суммарная масса летучих и нелетучих компонентов (мг/кг топлива)
$EI_{vPM_{mass-FSC}}$	Индекс эмиссии летучих твердых частиц серы по массе, обусловленный присутствием серы в топливе (мг/кг топлива)
$EI_{vPM_{mass-FuelOrganics}}$	Индекс эмиссии органических летучих твердых частиц по массе, обусловленный в основном неполным сгоранием топлива (мг/кг топлива)
HC	Общее количество углеводородов
$F_k$	Статическая тяга двигателя на уровне моря на k-ом эксплуатационном этапе
$F_{oo}$	Номинальная тяга двигателей, указанная в БДЭД
FOA	Аппроксимация первого порядка. FOA4.0 является самой последней версией этой методики, позволяющей определить индексы эмиссии твердых частиц, выбрасываемых воздушными судами, указанными в БДЭД ИКАО
FSC	Содержание серы в топливе (массовая доля)
$GMD_k$	Средний геометрический диаметр нелетучих частиц на k-ом этапе
$K_{slm,k}$	Поправочный коэффициент на потерю частиц на конкретном этапе для нЛТЧмасса
OPR	Общая степень повышения давления
MTF	Смешанный турбовентиляторный двигатель
$MW_{out}$	Молекулярный вес $SO_4^{-2}$ ( $S^{VI} = 96$ )
$MW_{Sulphur}$	Молекулярный вес элементарной серы ( $S^{IV} = 32$ )
$N_r$	Масштабный коэффициент единицы измерения для нЛТЧкол-во
$Q_k$	Удельный объем выхлопных газов для двигателя, работающего на k-ом этапе, объем выхлопных газов, связанный с расходом топлива ( $m^3/kg$ топлива)
$Q_r$	Масштабный коэффициент единицы измерения для удельного объема выхлопных газов
$\rho$	Предполагаемая эффективная плотность нЛТЧ
$\sigma$	Предполагаемое геометрическое стандартное отклонение гранулометрического состава нЛТЧ
SF	Масштабный коэффициент
SN	Число дымности. Методика, используемая в настоящем документе, основана на методике определения числа дымности, описание которой приводится в добавлении 2 Приложения 16 ИКАО
$SN_k$	Число дымности для двигателя, работающего на k-ом этапе. Для стандартного ВПЦ ИКАО определены следующие этапы – взлет, набор высоты, заход на посадку и режим малого газа

SN <sub>max</sub>	Максимальное число дымности
STP	Стандартные температура и давление. STP, используемые в настоящем документе, составляют 273,15 градуса Кельвина и 1 атмосфера абсолютного давления
TF	Несмешанный турбовентиляторный двигатель
ε	Коэффициент преобразования серы, содержащейся в топливе (массовая доля)
δ <sub>k</sub>	Отношение $EI_{PMvol-FuelOrganics} = \frac{EI_{PMvol-orgCFM56}}{EI_{HCCFM56}}$ , определенное для использования в ур. D-12 (мг/кг)
ВПЦ	Взлетно-посадочный цикл ИКАО
ИКАО	Международная организация гражданской авиации
лТЧмасса	Масса летучих твердых частиц. лТЧмасса образуют частицы, которые улетучиваются при нагревании до температуры 350 градусов Цельсия
нлТЧ	Нелетучие твердые частицы. Выбрасываемые частицы, которые находятся в плоскости выхлопного сопла газотурбинного двигателя и не улетучиваются при нагревании до температуры 350 градусов Цельсия. нлТЧ состоят в основном из углерода в чистом виде
общТЧмасса	Общая масса твердых частиц. Сумма нлТЧмасса и лТЧмасса
ТЧ	Твердые частицы

## 2. ВВЕДЕНИЕ

2.1 FOA4.0 является методом оценки эмиссии твердых частиц в выхлопных газах двигателей. Что касается эмиссии нелетучих и летучих частиц по массе, то результаты для двигателей, работающих на каждом этапе, представлены в виде индексов эмиссии (EI), характеризующих массу эмиссии на килограмм топлива. Что касается эмиссии нелетучих частиц по количеству, то EI для двигателей, работающих на каждом этапе, представлены в виде количества выброшенных частиц на килограмм топлива. В настоящее время оценок количества летучих частиц не имеется.

### Нелетучие твердые частицы (нлТЧ) (EI<sub>InvPMmass</sub> и EI<sub>InvPMnumber</sub>)

2.2 Оценка массы нелетучих твердых частиц (нлТЧмасса) основана на числе дымности двигателя (SN), отношении воздуха к топливу (AFR) и, в соответствующих случаях, степени двухконтурности (BPR) двигателя. Суть этого метода заключается в преобразовании SN посредством корреляции экспериментальных данных в нелетучую массовую концентрацию (C), которая представляет собой массу нелетучих ТЧ на единицу объема выхлопных газов. Для расчета объема выхлопных газов (Q) на килограмм топлива используется AFR и BPR двигателя; затем произведение C и Q дает EI, выражаемый в единицах массы на килограмм сгоревшего топлива.

2.3 Корреляция FOA4.0, используемая для преобразования SN в нелетучую массовую концентрацию, разработана на основе замеров, аналогичных сертификационным, и соответствует оценке массовой концентрации прибором, а не в выходной плоскости двигателя. Поскольку на измерение твердых частиц (ТЧ) в процессе отбора проб влияют физические механизмы потерь, расчетные значения на приборе ниже, чем в выходной плоскости двигателя. Для кадастров эмиссии необходима поправка на потери, и FOA4.0 обеспечивает эмпирическую поправку.

2.4 Оценка индекса эмиссии количества нелетучих ТЧ (нЛТЧкол-во) в выходной плоскости двигателя ( $E_{InvPMnumber,e}$ ) проводится на основе индекса эмиссии нЛТЧмасса в выходной плоскости двигателя ( $E_{InvPMmass,e}$ ) с поправкой на потери, а также оценки среднего геометрического диаметра (GMD) частиц, предполагаемой плотности частиц и гранулометрического состава частиц.

2.5 Применяемые к массе и количеству нЛТЧ методы FOA4.0 основаны на методе SCOPE11 для оценки эмиссии углерода в чистом виде от воздушных судов (см. список справочных материалов).

2.6  $E_{InvPMmass,e}$  и  $E_{InvPMnumber,e}$  необходимо рассчитывать для различных режимов тяги, используемых в окрестностях аэропортов.

#### **Летучие сульфаты твердых частиц ( $E_{InvPMmass-FSC}$ )**

2.7 Летучие сульфаты ТЧ образуются из серы, содержащейся в топливе, в результате окисления  $SO_2$  ( $S^{IV}$ ) в  $SO_3$  ( $S^{VI}$ ) и последующей гидратации  $SO_3$  в  $H_2SO_4$  в шлейфе выхлопных газов. EI рассчитывается на основе данных о содержании серы в топливе и коэффициента преобразования  $S^{IV}$  в  $S^{VI}$  ( $\epsilon$ ). Как таковой при изменении режима мощности EI не изменяется.

#### **Летучие органические твердые частицы ( $E_{InvPMmass-FuelOrganics}$ )**

2.8 Результаты замеров конденсируемых органических веществ в выхлопных газах двигателей носят очень ограниченный характер. Оценка проводится на основе допущения о том, что конденсируемые органические вещества непосредственно связаны с несгоревшими углеводородами, путем сопоставления зарегистрированного в ИКАО EI углеводородов (HC) двигателя с аналогичными параметрами других двигателей, занесенными в базу данных. Принимая второе допущение о том, что современные двигатели ведут себя аналогичным образом, отношение HC можно умножить на EI массы летучих органических ТЧ двигателя CFM56-2-C1, параметры которых были замерены в ходе проведенного НАСА эксперимента по определению авиационной эмиссии твердых частиц (APEX1)<sup>1</sup>. Результатом является EI летучих органических ТЧ, характерный как для двигателя, так и для режима мощности.

#### **ТЧ из смазочных материалов двигателя**

2.9 Для расчета EI твердых частиц (ТЧ) данные отсутствуют. На основе результатов замеров, выполненных в рамках APEX1, в настоящее время делается допущение о том, что EI, определенный для летучих органических ТЧ, учитывает эмиссию, обусловленную смазочными маслами.

### **3. ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ**

#### **Банк данных по эмиссии двигателей (БДЭД) ИКАО**

3.1 Значения SN,  $E_{HC}$  и BPR двигателей приводятся в БДЭД ИКАО для четырех режимов мощности взлетно-посадочного цикла (ВПЦ). К сожалению, в отношении значений SN и BPR в банке данных имеются пробелы. Эта проблема решается CAEP ИКАО следующим образом:

- a) вносятся данные о новых двигателях;

<sup>1</sup> NASA. Aircraft Particle Emissions Experiment (APEX), C.C. Wey, U.S. Army Research Laboratory, Glenn Research Center, Cleveland, Ohio, ARL-TR-3903, 2006-214382, September 2006.

- b) в отношении различных турбовентиляторных двигателей внесено пояснение о порядке выполнения измерений, т. е. производились ли они в потоке, проходящем через внутренний контур двигателя, или в потоке, проходящем через внутренний и внешний контуры, путем указания "TF", если указываемое SN соответствует внутреннему контуру двигателя, и указания "MTF", если указываемое SN разбавлено воздухом вентилятора внешнего контура; и
- c) вносятся отсутствующие данные о SN.

3.2 Поскольку для многих двигателей данные о SN, содержащиеся в БДЭД ИКАО, носят фрагментарный характер и некоторые из них характеризуют лишь максимальное SN, для оказания помощи в устранении пробелов были разработаны общие инструктивные указания. Эти инструктивные указания применяются в тех случаях, когда вместо конкретного значения указывается символ "-" или "NA", свидетельствующие о том, что SN либо не определялось на конкретном режиме тяги, либо информация о нем не представлялась, поскольку требуется лишь максимальное значение. Эти инструктивные указания были разработаны Дж. У. Калвертом<sup>2</sup> на основе анализа модальных тенденций в рамках групп двигателей для получения коэффициентов масштабирования, которые можно использовать для расчета недостающих данных. Коэффициент масштабирования представляет собой отношение SN на каком-либо этапе к максимальному значению SN для двигателя:

$$SF = \frac{SN_k}{SN_{max}}, \quad \text{Ур. D-1}$$

где:

- SF – коэффициент масштабирования;
- SN<sub>k</sub> – SN для одного из k-ых этапов (взлет, набор высоты, заход на посадку или режим малого газа);
- SN<sub>max</sub> – максимальное SN.

3.3 Для уменьшения степени неопределенности при определении значений SF значения SN менее 6 при проведении анализа не учитывались. Итоговые значения SF представлены в таблице D-1. Большинство двигателей относятся к категории двигателей, камеры сгорания которых не являются ДККС (двойная кольцевая камера сгорания); однако значения SF для двигателей Aviadgatel, General Electric CF34, Textron Lycoming и DAC существенно отличаются от нормы.

**Таблица D-1. Рекомендуемые значения SF для расчета значений SN, отсутствующих в БДЭД ИКАО**

Категория двигателя	Взлет	Набор высоты	Заход на посадку	Режим малого газа
Большинство двигателей, не имеющих ДККС (DAC)	1,0	0,9	0,3	0,3
Двигатели Aviadgatel	1,0	1,0	0,8	0,3
Двигатели GE CF34	1,0	0,4	0,3	0,3
Двигатели Textron Lycoming	1,0	1,0	0,6	0,3
Двигатели CFM DAC	0,3	0,3	0,3	1,0

<sup>2</sup> J.W. Calvert, "Revisions to Smoke Number Data in Emissions Databank," *Gas Turbine Technologies*, QinetiQ, 23 February 2006.

3.4 Использование этих значений SF и ур. D-1 позволяет определить недостающие данные по SN, если известно по крайней мере одно из значений SN двигателя на конкретном этапе.

3.5 Важно также иметь в виду, что, помимо частичного отсутствия в БДЭД ИКАО данных по SN, имеются и другие проблемы, связанные с оценкой нЛТЧ. Если SN указано как ноль, то оценки по методу FOA4.0 для  $E_{InvPM_{mass}}$  и  $E_{InvPM_{number}}$  будут выше нуля, что реалистично, однако значения будут крайне ненадежными. В некоторых случаях SN при работе двигателя на режиме малого газа помечаются звездочкой (\*). Это свидетельствует о том, что SN рассчитывалось на режимах мощности иных, чем 7 %. Если SN ниже 3, оценки нЛТЧ обычно становятся очень ненадежными. Наконец, если перед значением стоит символ "<", то по-прежнему следует использовать представленное значение, учитывая при этом, что результат, по-видимому, будет завышенным (номенклатура БДЭД при необходимости может быть изменена).

### Отношение воздуха к топливу (AFR)

3.6 Данные, касающиеся AFR, в БДЭД ИКАО не включены. Данная проблема была решена путем использования средних значений AFR по парку воздушных судов. Эти общие значения были согласованы с представителями трех основных изготовителей двигателей и указаны в таблице D-2.

**Таблица D-2. Репрезентативные значения AFR<sub>k</sub> для установленных ИКАО режимов мощности (k-ый этап)**

Режим тяги	AFR
7 % (k = режим малого газа)	106
30 % (k = заход на посадку)	83
85 % (k = набор высоты)	51
100 % (k = взлет)	45

### Летучие сульфатные ТЧ ( $E_{InvPM_{mass-FSC}}$ )

3.7 Содержание серы в топливе (FSC) в различных партиях авиационного топлива может значительно отличаться, причем эта информация в БДЭД ИКАО не включается. Для применения в кадастрах эмиссии в аэропортах эти входные данные сохранены в качестве переменной, что позволяет использовать наиболее приемлемое значение, такое как национальное и/или международное среднее значение содержания серы. Для ориентировки характерные значения FSC находятся в диапазоне от 0,005 до 0,068 весового процента<sup>3</sup>, а средний глобальный показатель составляет 0,03 весового процента<sup>4</sup>. В настоящее время при отсутствии более конкретных данных FSC рекомендуется использовать консервативное значение, составляющее 0,068 весового процента.

3.8 Имеется неопределенность относительно процесса преобразования  $S^{IV}$  в  $S^{VI}$ ; процесс образования  $S^{VI}$  носит нелинейный характер, который зависит от изменения FSC и условий работы двигателя. Если подробная информация известна, то специалист-практик может непосредственно использовать переменную в отношении коэффициента преобразования серы, содержащейся в топливе ( $\epsilon$ ). Однако зачастую это значение неизвестно,

<sup>3</sup> Coordinating Research Council, Inc., *Handbook of Aviation Fuel Properties*, Third Edition, CRC Report No. 635, Alpharetta, GA, U.S.A, 2004.

<sup>4</sup> *Авиация и глобальная атмосфера*, Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК), Кембридж юниверсити пресс, 1999 год, ISBN 0 521 66404 7.

поэтому в таких ситуациях рекомендуется использовать значение по умолчанию. Результаты недавно выполненных в рамках APEx и Partemis<sup>5</sup> измерений свидетельствуют о том, что коэффициент преобразования серы может находиться в диапазоне от 0,5 до более 3,5 весовых процента. Основываясь на результатах замеров, выполненных в рамках APEx, в качестве значения по умолчанию рекомендуется использовать среднюю величину, составляющую 2,4 весовых процента. Значение коэффициента преобразования серы, содержащейся в топливе, по-прежнему является предметом проводимых в настоящее время исследований, поэтому в будущем оно будет уточняться.

### Летучие органические аэрозоли (E<sub>lvPMmass-FuelOrganics</sub>)

3.9 Для двигателя летучие органические ТЧ рассчитываются на основе соотношения, числителем которого является E<sub>нс</sub>, указанный в БДЭД ИКАО, а знаменателем – E<sub>нс</sub> для двигателя CFM56-2-C5, который является самым близким к значению, замеренному на двигателе в ходе APEx1. Это соотношение умножается на замеренный в ходе APEx1 для двигателя CFM56-2-C1 E<sub>l</sub> летучих органических ТЧ. Замеренные значения указаны в таблице D-3.

**Таблица D-3. Замеренный E<sub>l</sub> летучих соединений (из справочного материала 1), использовавшийся для расчета органических летучих ТЧ**

к-ый этап ВПЦ	E <sub>lvPMmass-orgCFM56,k</sub> (мг/кг топлива)
Взлет	4,6
Набор высоты	3,8
Заход на посадку	4,5
Режим малого газа	11,3

## 4. РАСЧЕТ E<sub>l</sub> ТЧ

### Масса и количество нлТЧ

4.1 В настоящем разделе описывается процедура оценки E<sub>l</sub> нлТЧмасса и нлТЧкол-во в выходной плоскости двигателя E<sub>lvPMmass,e,k</sub> и E<sub>lvPMnumber,e,k</sub> для двигателя, работающего на одном из k-ых этапов.

4.2 Шаги 1–3 дают E<sub>lvPMmass,e,k</sub> (на основе числа дымности, характерного для двигателя на каждом этапе, SN<sub>k</sub>), а шаг 4 дает E<sub>lvPMnumber,e,k</sub> (на основе E<sub>lvPMmass,e,k</sub>).

$$\text{Оценка } E_{lvPMmass,e,k} \left( \frac{\text{г}}{\text{кг топлива}} \right)$$

<sup>5</sup> E. Katragkou et al., "First gaseous Sulphur (VI) measurements in the simulated internal flow of an aircraft gas turbine engine during project PartEmis," *Geophysical Research Letters*, November 2003, ISSN 0094-8276.

4.3 Требуется следующая информация из БДЭД: число дымности для двигателя на каждом k-ом эксплуатационном этапе ( $SN_k$ ); информация о том, взято ли значение  $SN$  из внутреннего контура двигателя (обозначение двигателя в БДЭД "TF" =  $SN_k$  несмешанного типа) или из разбавленного воздуха внешнего контура (обозначение двигателя в БДЭД "MTF" =  $SN_k$  смешанного типа); а также BPR для  $SN_k$  смешанного типа.

4.4 **Шаг 1:** Из  $SN$  для двигателя на k-ом эксплуатационном этапе массовая концентрация нЛТЧ на приборе ( $C_k$ ) стандартизированного измерительного комплекса ИКАО может быть рассчитана с использованием соотношения в ур. D-2:

$$C_k \left( \frac{\text{МКГ}}{\text{М}^3} \right) = \frac{648,4 e^{0,0766 \cdot SN_k}}{1 + e^{-1,098 \cdot (SN_k - 3,064)}} \cdot C_{\Gamma}, \quad \text{Ур. D-2}$$

$$\text{где } C_{\Gamma} = 1 \frac{\text{МКГ}}{\text{М}^3}.$$

4.5 **Шаг 2:** EI нЛТЧмасса на приборе ( $EI_{\text{nvPMmass},k}$ ) определяется путем умножения  $C_k$  на удельный объем выхлопных газов ( $Q_k$ ) (см. ур. D-3), а  $Q_k$  определяется с использованием ур. D-4, где значение  $\beta$  зависит от конфигурации выхлопа двигателя ( $SN_k$  несмешанного или смешанного типа). Для двигателей с соплами смешанного типа ("MTF" в БДЭД) требуется использование поправки на BPR, поэтому  $\beta = \text{BPR}$ . Для всех других двигателей (например, "TF" в БДЭД)  $\beta = 0$ :

$$EI_{\text{nvPMmass},k} \left( \frac{\text{г}}{\text{кг топлива}} \right) = C_k \left( \frac{\text{МКГ}}{\text{М}^3} \right) \cdot 10^{-6} \cdot Q_k \left( \frac{\text{М}^3}{\text{кг топлива}} \right) \quad \text{Ур. D-3}$$

$$Q_k = (0,777 \cdot \text{AFR}_k \cdot (1 + \beta) + 0,767) \cdot Q_{\Gamma}, \quad \text{Ур. D-4}$$

$$\text{где } Q_{\Gamma} = 1 \frac{\text{М}^3}{\text{кг топлива}}.$$

Средние значения  $\text{AFR}_k$  представлены в таблице D-2.

4.6 **Шаг 3:** Концентрация нЛТЧмасса на приборе ( $C_k$ ), определяемая уравнением D-2, всегда ниже, чем в выходной плоскости двигателя, из-за потерь частиц в системе отбора проб. При измерении газообразной эмиссии герметичная система отбора проб без химических реакций газообразных веществ сохраняет пробу в месте расположения прибора, однако при измерении частиц часть частиц всегда будет потеряна, например, на стенках в системе отбора проб. Для кадастров эмиссии необходимы EI нЛТЧмасса для двигателя на каждом этапе в выходной плоскости двигателя ( $EI_{\text{nvPMmass},e,k}$ ), требующие расчетной поправки на потери частиц в соответствии с режимом работы двигателя. Характеристики потерь частиц стандартизированной системы отбора проб ИКАО отражены в ур. D-5.

- a) Используйте расчетное  $C_k$  для расчета поправочного коэффициента на потерю в системе на конкретном этапе для нЛТЧмасса ( $k_{\text{slm},k}$ ) из ур. D-5:

$$k_{\text{slm},k} = \ln \left( \frac{3,219 \cdot C_k \cdot (1 + \beta) + 312,5}{C_k \cdot (1 + \beta) + 42,6} \right). \quad \text{Ур. D-5}$$

- b) Наконец  $EI_{\text{nvPMmass},e,k}$  рассчитывается путем умножения  $EI_{\text{nvPMmass},k}$  на  $k_{\text{slm},k}$ :

$$EI_{\text{nvPMmass},e,k} \left( \frac{\text{г}}{\text{кг топлива}} \right) = k_{\text{slm},k} \cdot EI_{\text{nvPMmass},k} \left( \frac{\text{г}}{\text{кг топлива}} \right). \quad \text{Ур. D-6}$$

$$\text{Оценка } EI_{\text{nvPMnumber},e,k} \left( \frac{\text{кол-во}}{\text{кг топлива}} \right)$$

4.7 Для оценки  $EI_{nvPMnumber,e,k}$  требуется  $EI_{nvPMmass,e,k}$  из ур. D-6 и зависящие от режима работы двигателя средние геометрические диаметры ( $GMD_k$ ) нелетучих твердых частиц из таблицы D-4.

**Таблица D-4. Стандартные значения  $GMD_k$  для установленных ИКАО режимов тяги (k-ый этап)**

к-ый этап ВПЦ	$GMD_k$ (нм)
Взлет	40
Набор высоты	40
Заход на посадку	20
Режим малого газа	20

4.8 **Шаг 4:**  $EI$  нлТЧ кол-во в выходной плоскости двигателя для двигателя на одном k-ом эксплуатационном этапе ( $EI_{nvPMnumber,e,k}$ ) затем находится с помощью ур. D-7:

$$EI_{nvPMnumber,e,k} \left( \frac{\text{кол-во}}{\text{кг топлива}} \right) = \frac{6 \cdot EI_{nvPMmass,e,k} \left( \frac{\text{г}}{\text{кг топлива}} \right) \cdot N_r}{\pi \cdot \rho \left( \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right) \cdot GMD_k^3 (\text{нм}^3) \cdot e^{4.5(\ln(\sigma))^2}}, \quad \text{Ур. D-7}$$

где  $\sigma = 1,8$  – предполагаемое геометрическое стандартное отклонение гранулометрического состава нлТЧ,  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$  – предполагаемая средняя эффективная плотность частиц нлТЧ, а  $N_r = 10^{24} \frac{\text{кг} \cdot \text{нм}^3}{\text{г} \cdot \text{м}^3}$  – масштабный коэффициент единицы измерения.

#### Летучие сульфатные ТЧ ( $EI_{PMvol-FSC}$ )

4.9  $EI$  для сульфатных ТЧ рассчитывается по формуле:

$$EI_{vPMmass-FSC} \left( \frac{\text{мг}}{\text{кг}} \right) = (10)^6 \left[ \frac{(FSC)(\epsilon)(MW_{out})}{MW_{Sulphur}} \right] \cdot S_r \quad \text{Ур. D-8}$$

где:

$MW_{out} = 96 (\text{SO}_4^{-2})$  и  $MW_{Sulphur} = 32$ . Значения  $FSC$  и  $\epsilon$  определяются пользователем на основе ранее определенных значений по умолчанию, а  $S_r = 1 \frac{\text{мг}}{\text{кг}}$  является масштабным коэффициентом единицы измерения.

#### Летучие органические ТЧ

4.10  $EI$  летучих органических ТЧ рассчитывается по формуле:

$$EI_{PMvolvPMmass-FuelOrganics,k} = \frac{EI_{vPM-orgCFM56,k}}{EI_{HCCFM56,k}} (EI_{HCEngine,k}) \text{ мг/кг}, \quad \text{Ур. D-9}$$

где  $E_{I_{HCCFM56}}$  является EI общего количества углеводородов ИКАО для двигателя CFM56-2-C1.  $E_{I_{VPM-orgCFM56}}$  является замеренным в рамках АРЕХ1 EI летучих органических веществ, указанном в таблице D-3, а  $E_{I_{HCEngine,k}}$  является  $E_{I_{HC}}$ , указанным в БДЭД ИКАО для рассматриваемого двигателя (двигатель, в отношении которого определяется EI) для k-го этапа. Следует отметить, что:

- единицей измерения  $E_{I_{HCEngine}}$  и  $E_{I_{HCCFM56}}$  является г/кг топлива, которая указана в БДЭД ИКАО и отменена;
- отношение  $E_{I_{VPM-orgCFM56,k}}$  и  $E_{I_{HCCFM56,k}}$  является постоянным для каждого этапа. Поскольку для рассматриваемого двигателя изменяется лишь значение  $E_{I_{HC}}$ , определенное на конкретном этапе, уравнение D-10 можно упростить, что облегчает подсчет. В результате этого:

$$E_{I_{VPM-FuelOrganics,k}} = (\delta_k) (E_{I_{HCEngine,k}}) \text{ мг/кг,} \quad \text{Ур. D-10}$$

где  $\delta_k$  является постоянным отношением для k-го этапа. Значения этой постоянной приводятся в таблице D-5 для каждого этапа.

**Таблица D-5. Значения отношения  $E_{I_{VPM-orgCFM56}}$  и  $E_{I_{HCCFM56}}$  в уравнении D-10, определенные для каждого этапа**

к-ый этап ВПЦ	$\delta_k$ (мг/г)
Взлет	115
Набор высоты	76
Заход на посадку	56,25
Режим малого газа	6,17

## 5. ПРИМЕР РАСЧЕТОВ

5.1 Настоящий пример основан на расчете EI ТЧ для двигателей серии JT8D-217 с UID ИКАО 1PW018. Полученные значения представлены для всех этапов, хотя полные расчеты выполнены лишь для режима малого газа, поскольку этот процесс является простым повторением для других этапов с использованием соответствующих переменных. Эмиссия ТЧ серы с изменением режима мощности не изменяется, поэтому для всех этапов она одинакова. Взятые из БДЭД ИКАО данные, касающиеся  $E_{I_{HC}}$  и SN на режиме малого газа этого двигателя, показаны в таблице D-6.

**Таблица D-6. Данные ИКАО для двигателя JT8D-217, режим малого газа**

Этап ВПЦ	$E_{I_{HC}}$ (г/кг)	SN
Взлет	0,28	13,2
Набор высоты	0,43	Данные отсутствуют
Заход на посадку	1,6	Данные отсутствуют
Режим малого газа	3,33	Данные отсутствуют
Максимальное значение	NA	13,3

5.2 Для определения отсутствующего значения SN на режиме малого газа был использован указанный в таблице D-1 коэффициент масштабирования, соответствующий "большинству двигателей без ДККС", и k = режим малого газа:

$$SN_{idle} = (0,3)(13,3) = 3,99.$$

5.3 Допустим, что содержание серы в топливе составляет 0,068 весового процента (дробное число 0,00068), а коэффициент преобразования  $S^{IV}$  в  $S^{VI}$  составляет 2,4 весовых процента (дробное число 0,024), тогда не зависящий от этапа  $EI_{PMvol-FSC}$  рассчитывается следующим образом:

$$EI_{VPMmass-FSC,idle} = (10^6) \left[ \frac{(0,00068)(0,024)(96)}{32} \right] = 49,0 \text{ мг/кг или } 0,049 \text{ г/кг.}$$

5.4  $EI_{VPM-FuelOrganics}$  можно рассчитать с использованием значений, указанных в таблицах D-3 и D-5, и  $EI_{HC}$  конкретного двигателя, указанного в БДЭД ИКАО для соответствующего режима малого газа:

$$EI_{VPMmass-FuelOrganics,idle} = \frac{11,3}{1,83}(3,33) = 20,6 \text{ мг/кг или } 0,021 \text{ г/кг.}$$

5.5 В качестве альтернативы значения, приводимые в таблице D-5, можно умножить на указанный в БДЭД ИКАО  $EI_{HC}$  для конкретного двигателя:

$$EI_{VPMmass-FuelOrganics,idle} = (6,17)(3,33) = 20,5 \text{ мг/кг.}$$

5.6 Двигатель JT8D-217 относится к смешанным турбовентиляторным двигателям (MTF) с BPR 1,73, что необходимо учитывать при оценке массы и количества EI нлТЧ. В результате выполненного на примере расчета с применением метода оценки массы и количества нлТЧ FOA4.0 к данным для режима малого газа двигателя серии JT8D-217 получаем:

$$EI_{InvPMmass,e,idle} = 0,181 \text{ г/кг} = 181 \text{ мг/кг,}$$

$$EI_{InvPMnumber,e,idle} = 9,2 \cdot 10^{15} \text{ кол-во/кг.}$$

5.7 Тогда общее значение EI по массе для всех компонентов эмиссии ТЧ определяется следующим образом:

$$EI_{TPmass,idle} = 181 + 49 + 21 = 251 \text{ мг/кг топлива или } 0,251 \text{ г/кг израсходованного топлива.}$$

5.8 Несмотря на то, что EI серы с изменением режима мощности не изменяется, другие EI необходимо рассчитывать для каждого k-го этапа. В таблице D-7 показаны результаты для всех этапов. Необходимо указать, что для оценки EI нлТЧ использовалось максимальное значение SN.

**Таблица D-7. Значения  $EI_{PM}$  для двигателей серии JT8D-217 (мг/кг топлива)**

Определенный ИКАО режим мощности (этап)	$EI_{InvPMmass,e,k}$	$EI_{VPMmass-FSC,k}$	$EI_{VPMmass-FuelOrganics,k}$	Общий $EI_{PMmass}$ на k-ом этапе	$EI_{InvPMnumber,e,k}$
Режим малого газа	181	49,0	21	251	$9,2 \cdot 10^{15}$
Заход на посадку	142	49,0	90	281	$7,2 \cdot 10^{15}$
Набор высоты	212	49,0	33	294	$1,3 \cdot 10^{15}$
Взлет	207	49,0	32	288	$1,3 \cdot 10^{15}$

## 6. НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

6.1 Как следует из названия, метод FOA4.0 является аппроксимацией. Специальная группа по ТЧ РГЗ САЕР предприняла попытку обеспечить максимально возможную точность этой методики. Однако пользователю следует помнить о том, что не все физические концепции хорошо осознаны и что данные для определения многих параметров являются скудными. При использовании методики оценки это приводит к неопределенностям, включая:

- a) отсутствие данных в БДЭД ИКАО, в частности:
  - 1)  $SN_k$ ;
- b) надежность средних значений конкретных двигателей:
  - 1) AFR;
  - 2) содержание серы в топливе;
  - 3) коэффициент преобразования  $S^{IV}$  в  $S^{VI}$ ;
  - 4) технология изготовления камер сгорания и поведение конкретного двигателя в плане формирования частиц;
- c) очень ограниченный объем данных о летучих органических соединениях и отсутствие правил проведения измерений;
- d) отсутствие информации о влиянии смазочных материалов двигателя;
- e) неточности и расхождения результатов замеров в представленных данных:
  - 1) согласно Приложению 16 замеренные значения SN могут отличаться на  $\pm 3$ ; и
  - 2) низкие значения SN в качестве входных данных в формулы оценки могут привести к очень неточным прогнозам нЛТЧмасса и, далее, нЛТЧкол-во;
- f) более высокую неопределенность следует ожидать при расчете поправки на потерю частиц, т. е. при преобразовании расчетных значений на измерительных приборах в расчетные значения в выходной плоскости двигателя. Количественная оценка так называемой системной поправки на потерю частиц чрезвычайно сложна и может быть получена только с помощью физических моделей;
- g) допущения для GMD нЛТЧ, эффективной плотности частиц и гранулометрического состава частиц.

6.2 Ограничения, характерные для БДЭД, рассматриваются изготовителями двигателей в рамках РГЗ САЕР. Маловероятно, что значения AFR двигателей и другие параметры сгорания для отдельных типов двигателей будут доступны, поскольку они являются коммерческой тайной. Более надежные данные относительно коэффициента преобразования  $S^{IV}$  в  $S^{VI}$ , летучих органических веществ и влияния смазочных материалов двигателя будут получены в результате проведения дополнительных экспериментальных замеров и совершенствования методик их выполнения.

6.3 Расчетные значения нЛТЧ (масса и количество) могут отличаться от измеренных значений в диапазоне от 50 до 125 % для большинства двигателей, а возможно, и в значительно большем диапазоне (на

несколько порядков). При их наличии для кадастров всегда должны использоваться сертификационные данные по эмиссии нЛТЧ двигателей из-за неточностей методик оценки. Предлагаются методы для оценки эмиссии ТЧ в аэропортах в масштабах всего парка. Как указано в п. 6.1 выше, методы не подходят для оценки эмиссии ТЧ от отдельных двигателей, сравнения двигателей или отдельных режимов работы двигателей.

6.4 С момента принятия процесса FOA и его последующей доводки до FOA3.0 и FOA4.0 методика постоянно совершенствовалась, а точность оценок нелетучих ТЧ повысилась. Процесс FOA не является статическим и будет продолжать совершенствоваться, пока данные сертификационных измерений для нЛТЧ будут общедоступны. Для некоторых двигателей, снятых с производства до 2020 года, и для расчетов эмиссии летучих ТЧ методы оценки по-прежнему необходимы. Между тем, CAEP продолжит рассмотрение имеющейся информации в целях максимально возможного совершенствования методики и входных параметров.

---

## Дополнение Е к добавлению 1

### СПИСОК СПРАВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

- Agarwal, A. et al., "SCOPE11 Method for Estimating Aircraft Black Carbon Mass and Particle Number Emissions," *Environmental Science & Technology*, 2019, DOI: 10.1021/acs.est.8b04060.
- Coordinating Research Council, Inc., *Handbook of Aviation Fuel Properties*, Third Edition, CRC Report No. 635, Alpharetta, GA, USA, 2004.
- Federal Aviation Administration, *Technical Data to Support FAA Advisory Circular on Reducing Emissions from Commercial Aviation*, 1995.
- Hagen, D.E. et al., "Particle emissions in the exhaust plume from commercial jet aircraft under cruise conditions," *Journal of Geophysical Research*, 101(D14), 1996, pp. 19551–19557.
- Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК), *Авиация и глобальная атмосфера*, Кембридж юниверсити пресс, 1999, ISBN 0 521 66404 7.
- Kärcher, B. et al., "Particles and Cirrus Clouds (PAZI): Overview of results 2000–2003," R. Sausen and G.T. Amanatidis (eds.), in *Proceed. European Workshop Aviation, Aerosols and Climate*, [Air Pollution Research Report No. 83, Commission of the European Communities](#), pp. 197–206.
- NARSTO, *Particulate Matter Science for Policy Makers: A NARSTO Assessment*, P. McMurry, M. Shepherd, and J. Vickery (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, England, 2004, ISBN 0 52 184287 5.
- National Research Council, Committee on Research Priorities for Airborne Particulate Matter, *Research Priorities for Airborne Particulate Matter: I. Immediate Priorities and a Long-Range Research Portfolio*, 1988, <https://www.nap.edu/catalog/6131/research-priorities-for-airborne-particulate-matter-i-immediate-priorities-and> (по состоянию на июнь 2020 года).
- National Research Council, Committee on Research Priorities for Airborne Particulate Matter, *Research Priorities for Airborne Particulate Matter: IV. Continuing Research Progress*, 2004, <http://www.nap.edu/catalog/10957.html> (по состоянию на июнь 2020 года).
- Petzold, A., and F.P. Schröder, "Jet engine exhaust aerosol characterization," *Aerosol Science Technology*, 28, 1998, pp. 62–76.
- Petzold, A. et al., "Near-field measurements on contrail properties from fuels with different sulphur content," *Journal of Geophysical Research*, 102 (D25), 1997, pp. 29867–29880.
- Petzold, A. et al., "Particle emissions from aircraft engines — a survey of the European project PartEmis," *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 14, No. 4, 2005, pp. 465–476.
- SAE AIR5715, *Procedure for the Calculation of Aircraft Emissions*, 2009, <https://www.sae.org/standards/content/air5715/> (по состоянию на июнь 2020 года).

Schumann, U. et al., "In situ observations of particles in jet aircraft exhausts and contrails for different sulphur-containing fuels," *Journal of Geophysical Research*, 101(D3), 1996, pp. 6853–6869.

Schumann, U. et al., "Influence of fuel sulfur on the composition of aircraft exhaust plumes: The experiments SULPHUR 1-7," *Journal of Geophysical Research*, 107 (10.1029/2001JD000813), 2002, pp. AAC 2-1–AAC 2-27.

Whitefield, P.D. et al., NASA/QinetiQ Collaborative Program — Final Report, NASA TM-2002-211900 and ARL-CR-0508, NASA, Washington, D.C., USA, 2002, 193 pp.

### ПРИМЕРЫ СИСТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ

В списке ниже приводятся примеры систем моделирования, используемых при проведении исследований местного качества воздуха в аэропортах. Этот список не является ни полным, ни прескриптивным.

<i>Название и версия</i>	<i>Наличие</i>	<i>Веб-сайт</i>
ADMS	Применяется, общедоступна	<a href="http://www.cerc.co.uk">www.cerc.co.uk</a>
Open-ALAQs	Применяется, доступна через ЕВРОКОНТРОЛЬ	<a href="http://www.eurocontrol.int">www.eurocontrol.int</a>
AEDT и EDMS 5.1	Применяется, общедоступна	<a href="http://www.faa.gov">www.faa.gov</a>
LASPORT 2.3	Применяется, общедоступна	<a href="http://www.janicke.de">www.janicke.de</a>



## Добавление 2 к главе 3

# ЭМИССИЯ СРЕДСТВ НАЗЕМНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

### 1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 Средства наземного обслуживания воздушных судов, используемые при межполетной подготовке или для технического обслуживания, являются существенными аэропортовыми источниками эмиссии. Тип и количество транспортных средств и оборудования, используемых для наземного обслуживания, зависят от ряда факторов, включая размер и тип воздушного судна, характерные особенности мест стоянок воздушных судов и их расположение, а также технические и эксплуатационные характеристики оборудования для наземного обслуживания. Имеются два общих вида эмиссии, создаваемой четырьмя различными типами источников этой категории: а) эмиссия наземного вспомогательного оборудования (НВО) и транспортных средств, используемых в контролируемой зоне (эмиссия выхлопных газов двигателей), и б) эмиссия, образуемая в процессе дозаправки и противообледенительной обработки воздушных судов (выбросы летучих органических соединений (ЛОС) в виде испарений):

#### а) *Эмиссия выхлопных газов*

- 1) *Наземное вспомогательное оборудование (НВО)*. Эмиссия двигателей транспортных средств и механизмов, используемых для обслуживания воздушных судов на земле на местах стоянок воздушных судов или в зоне технического обслуживания.
- 2) *Транспортные средства, используемые в контролируемой зоне*. Специальные транспортные средства и механизмы, осуществляющие движение по служебным дорогам в пределах территории аэропорта (иные, чем НВО).

#### б) *Эмиссия в виде испарений*

- 1) *Дозаправка воздушных судов*. Эмиссия в виде испарений ЛОС в процессе заправки воздушных судов.
- 2) *Противообледенительная обработка воздушных судов*. Эмиссия в виде испарений ЛОС в процессе противообледенительной обработки воздушных судов (при необходимости).

1.2 Информация, касающаяся эмиссии при дозаправке транспортных средств, использовании топливозаправщиков и противообледенительной обработке поверхностей, содержится в добавлении 3 к главе 3.

## 2. ЭМИССИЯ НАЗЕМНОГО ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

### Эксплуатация

2.1 Эксплуатация НВО зависит от ряда параметров, которые в различных аэропортах могут существенно отличаться (см. рис. 3-A2-1). Однако с точки зрения пространственной и временной разрешающей способности эмиссию НВО можно увязать с эксплуатацией воздушных судов.

2.2 К числу НВО часто относятся транспортные средства, не предназначенные для движения по дорогам, которые специально спроектированы для предоставления воздушным судам необходимого обслуживания (например, автопогрузчики, ленточные погрузчики багажа, буксировщики воздушных судов). Они предназначены для работы на небольших скоростях с большим крутящим моментом, а их конструкция обеспечивает высокую маневренность на ограниченных площадках обслуживания воздушных судов. Они могут передвигаться по территории аэропорта, однако, как правило, обслуживают только ряд конкретных позиций. Как правило, на них установлены двигатели внутреннего сгорания различных типов, однако иногда используются другие технологии. Вместе с тем, некоторые виды НВО в течение определенного времени используются на стоянках воздушных судов, а затем по служебным дорогам возвращаются на конкретные объекты (например, машины бортового питания, машины для обработки санузлов воздушных судов, багажные тягачи). На них могут быть также установлены двигатели, сертифицированные для движения по дорогам. В таблице 3-A2-1 приводится перечень НВО, наиболее часто используемого для наземного вспомогательного обслуживания воздушных судов, с указанием рекомендуемого времени работы двигателей и обслуживания, принятого по умолчанию.

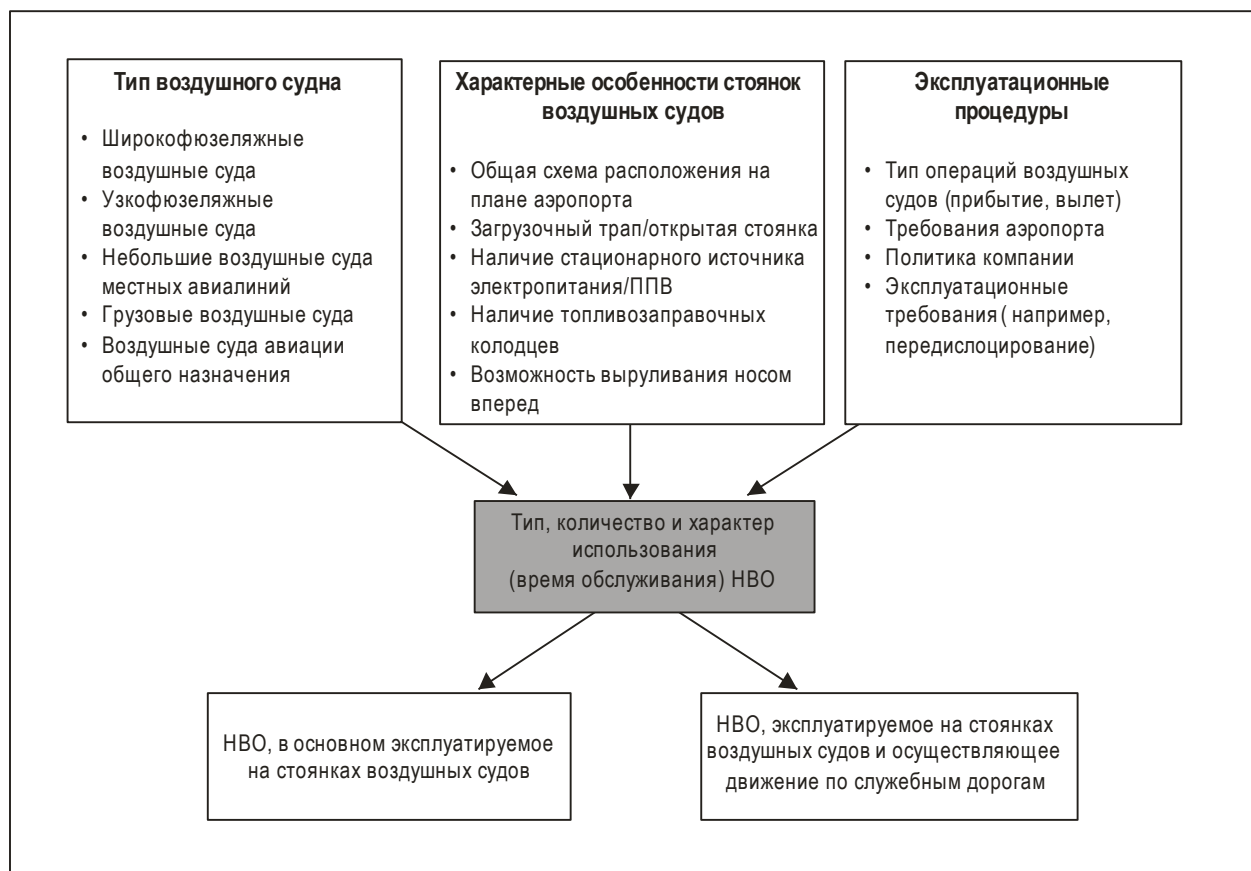


Рис. 3-A2-1. Классификация операций, выполняемых НВО

Таблица 3-A2-1. Типичное наземное вспомогательное оборудование

Наземное вспомогательное оборудование	Функция	Тип двигателя/оборудование	Время обслуживания при подготовке к обратному рейсу	Замечания
Агрегат аэродромного питания (ААП)	Обеспечивает подачу электроэнергии воздушному судну	Дизельный или карбюраторный мощностью 100–150 кВт; нагрузка 15 %–50 %	Зависит от расписания	Посадочная галерея/телескопический трап могут быть оснащены системой электропитания
Установка кондиционирования/подогрева воздуха	Обеспечивает подачу предварительно подготовленного воздуха и/или тепла на борт воздушного судна	Дизельный или карбюраторный мощностью 150 кВт; нагрузка 50 %	Зависит от расписания и метеорологических условий	Посадочная галерея/телескопический трап могут быть оснащены электрической установкой ППВ
Установка воздушного запуска	Обеспечивает подачу воздуха под большим давлением для запуска основных двигателей	Дизельный мощностью 150 кВт; нагрузка 90 %	3–5 мин	Как правило, не используется, если на воздушном судне установлена бортовая ВСУ
Толкающий тягач для узкофюзеляжных воздушных судов	Буксировка хвостом вперед и буксировка в процессе технического обслуживания	Дизельный мощностью 95 кВт; нагрузка 25 %	5–10 мин	Имеются установки с электрическим приводом
Толкающий тягач для широкофюзеляжных воздушных судов	Буксировка хвостом вперед и буксировка в процессе технического обслуживания	Дизельный мощностью 400 кВт; нагрузка 25 %	5–10 мин	
Пассажирские трапы	Обеспечивают удобный доступ к воздушным судам с перрона	Дизельный или карбюраторный мощностью 30–65 кВт; нагрузка 25 %	2–10 мин	Имеются неприводные трапы или трапы с электроприводом
Ленточный погрузчик	Обеспечивает погрузку и выгрузку багажа с багажных тележек (на багажные тележки) и на борт (с борта) воздушного судна	Дизельный, карбюраторный или газовый (СПГ) мощностью 33 кВт; нагрузка 25 %	10–50 мин	Имеются электрические погрузчики
Багажный тягач	Обеспечивает буксировку загруженных багажных тележек в зоны обработки багажа	Дизельный, СПГ или карбюраторный мощностью 30 кВт; нагрузка 50 %	10–50 мин	Имеются установки с электроприводом
Погрузчик грузов и контейнеров	Обеспечивает подъем тяжелых грузов и контейнеров для загрузки на борт воздушного судна	Дизельный или карбюраторный мощностью 60 кВт с подъемными устройствами; нагрузка 25 %	10–50 мин	Различные типы
Автопогрузчик	Обеспечивает перегрузку грузов с транспортировочной тележки на погрузчик	Дизельный или карбюраторный мощностью 30 кВт; нагрузка 25 %	10–50 мин	Различные типы
Двухосный грузовик	Обеспечивает различные виды буксировки и выполнение работ с большой нагрузкой	Дизельный грузовик мощностью 90 кВт; нагрузка 25 %	Различное	Очень широкий диапазон применения
Машина для доставки бортового питания и обслуживания	Обеспечивает уборку воздушного судна и пополнение запасов питания и бортоприпасов	Дизельный мощностью 85–130 кВт с ножничным подъемником; нагрузка 10–25 %	10–30 мин	Могут оснащаться двигателями, сертифицированными для движения по дорогам
Машина для обслуживания санузлов, малогабаритный водозаправщик	Удаляет стоки из туалетных емкостей воздушных судов, пополняет бортовые водяные баки	Дизельный мощностью 120 кВт с емкостью и насосами; нагрузка 25 %	5–20 мин	Могут оснащаться двигателями, сертифицированными для движения по дорогам

Наземное вспомогательное оборудование	Функция	Тип двигателя/оборудование	Время обслуживания при подготовке к обратному рейсу	Замечания
Установка централизованной заправки топливом	Обеспечивает заправку воздушных судов из заправочных колодцев	Дизельный мощностью 70–110 кВт с насосами; нагрузка 10–50 %	10–40 мин	Могут оснащаться двигателями, сертифицированными для движения по дорогам
Топливозаправщик	Обеспечивает перекачку топлива из заправщика на борт воздушного судна	Дизельный мощностью 200 кВт с насосами; нагрузка 10–50 %	10–40 мин	Могут оснащаться двигателями, сертифицированными для движения по дорогам
Противообледенительная машина	Обеспечивает распыление противообледенительной жидкости на поверхность воздушного судна перед вылетом	Дизельный мощностью 180 кВт с емкостью, насосами, распылителями; нагрузка 10–60 %	5–15 мин	Могут оснащаться двигателями, сертифицированными для движения по дорогам
Платформа-подъемник для технического обслуживания	Обеспечивает доступ к внешним элементам воздушного судна	Дизельный, СПГ или карбюраторный мощностью 70–120 кВт; нагрузка 25 %	Различное, используется мало	Могут оснащаться двигателями, сертифицированными для движения по дорогам
Пассажирские автобусы	Обеспечивают доставку пассажиров к воздушному судну и с воздушного судна	Дизельный, СПГ или карбюраторный мощностью 100 кВт; нагрузка 25 %	Различное (расстояние, а не время)	Могут оснащаться двигателями, сертифицированными для движения по дорогам
Вилочный подъемник	Обеспечивает подъем и перевозку тяжелых предметов	Дизельный мощностью 30–100 кВт; нагрузка 25 %	Изменяется в широком диапазоне	Имеются установки с электроприводом; в основном используется для обработки грузов
Прочие транспортные средства (автомобили, фургоны, грузовики)	Обеспечивают различные виды обслуживания	Дизельный, СПГ или карбюраторный мощностью 50–150 кВт; нагрузка 10–25 %	Изменяется в широком диапазоне (расстояние, а не время)	Обычно устанавливаются двигатели, сертифицированные для движения по дорогам

2.3 Из таблицы 3-A2-2 видно, что иногда размер воздушного судна влияет на распределение мест стоянок и довольно часто – на процедуры обслуживания (например, количество, типы средств и время работы), связанные с использованием НВО.

**Таблица 3-A2-2. Характеристики групп воздушных судов**

Группа воздушных судов	Характеристики
Широкофюзеляжные воздушные суда	Багаж пассажиров предварительно загружается в контейнеры Большой объем грузовых отсеков Необходимы пассажирские трапы с автобусами или посадочная галерея Время на подготовку к обратному рейсу может включать время на перебазирование воздушного судна (дневная стоянка)
Узкофюзеляжные воздушные суда	Багаж пассажиров загружается в багажный отсек (например, не в контейнер) Объем грузового отсека незначителен Требуются пассажирские трапы с автобусами или посадочная галерея Незначительное время для подготовки к обратному рейсу

Небольшие воздушные суда местных авиалиний	Пассажирский багаж перевозится в салоне Перевозятся некоторые грузы (очень небольшой объем) Незначительное время подготовки к обратному рейсу Встроенные пассажирские трапы
Грузовые воздушные суда	Отсутствует необходимость в обеспечении "комфорта" (автобусы, обработка багажа, кондиционирование воздуха) Специализированное оборудование и транспортные средства для обработки грузов
Воздушные суда авиации общего назначения	Багаж и грузы не перевозятся, пассажирские трапы не используются Ограниченный объем обслуживания

2.4 В большинстве аэропортов имеются два типа стоянок воздушных судов:

- a) стоянки на перроне, на которых воздушное судно сообщается со зданием терминала посредством пассажирского телескопического трапа;
- b) удаленные/открытые стоянки, на которых запаркованное воздушное судно непосредственно со зданием терминала не сообщается (для выполнения пассажирских и/или грузовых операций).

2.5 С точки зрения местоположения и имеющегося технического оборудования стоянки могут иметь существенные различия, что оказывает влияние на количество и виды операций НВО и, тем самым, на эмиссию из этого источника (см. таблицу 3-A2-3). Стоянки могут также различаться по видам их использования (например, стоянки, используемые для грузовых или пассажирских воздушных судов).

**Таблица 3-A2-3. Характерные особенности стоянок воздушных судов**

Характерные особенности стоянок	НВО и эксплуатационные последствия	Примечания
Стоянка оборудована пассажирским телескопическим трапом	Воздушному судну не требуются пассажирские трапы	Может потребоваться подача предварительно подготовленного воздуха (ППВ), тепла и/или ААП
Стоянка оборудована стационарным источником с частотой 400 Гц	Воздушному судну не требуется ААП и может потребоваться установка кондиционирования воздуха (УКВ)	
Стоянка дополнительно оборудована установкой для подачи ППВ (стационарная) или предусматривается использование установки кондиционирования воздуха (УКВ)	Воздушному судну не требуется ААП или УКВ	Только стационарная с источником 400 Гц
Стоянка оборудована трубопроводом для подачи керосина	Воздушному судну не требуется топливозаправщик	Воздушному судну требуется установка централизованной заправки топливом
Стоянка имеет надлежащее расположение для стагивания воздушного судна с помощью собственных двигателей	Воздушному судну не требуется толкающий буксировщик	Невозможно на стоянках с телескопическим трапом

2.6 Эксплуатационные процедуры также определяют типы и объем необходимого обслуживания, обеспечиваемого НВО, как поясняется ниже:

- a) По видам применения типы используемого НВО значительно различаются. Например, для обслуживания воздушных судов после посадки необходимы иные типы НВО, чем для обслуживания перед вылетом и обслуживания пассажиров и обработки грузов.
- b) Государственные правила (например, в области безопасности полетов, эксплуатационные требования) и требования эксплуатантов аэропортов (например, процедуры, используемые в конкретных аэропортах, или ограничения) могут ограничить или воспрепятствовать использованию некоторых видов НВО.
- c) Авиакомпании совместно с агентами по наземному обслуживанию могут применять конкретные процедуры, оказывающие влияние на эмиссию НВО.
- d) Инфраструктура аэропорта может оказать влияние на возможность использования альтернативных видов топлива или другие факторы, затрагивающие эмиссию.
- e) Сопутствующим фактором может также служить схема расположения стоянок в аэропорту и гибкость операций (перебазирование НВО с одного места стоянки на другое или на удаленные стоянки в ходе операций).

2.7 Эксплуатационные данные можно получить различными способами (например, по принципу "снизу вверх" путем оценки отдельных единиц НВО или по принципу "сверху вниз" посредством использования обобщенной информации о времени работы или потреблении топлива всего парка НВО). Каждая альтернатива имеет свои преимущества, поэтому выбор варианта будет зависеть от таких факторов, как цель и структура кадастра эмиссии, наличие данных и их точность. Эксплуатационные данные могут включать в себя:

- a) общий объем топлива, расходуемого всеми единицами НВО (с разбивкой по различным видам топлива);
- b) общая наработка в часах по каждому типу НВО и количество единиц каждого типа (и в этом случае с разбивкой по типам топлива);
- c) время работы каждой единицы оборудования НВО при выполнении особых или индивидуальных операций воздушных судов (например, ВПЦ в целом или этап прибытия и вылета отдельно). Может также включаться информация пространственного и временного характера. В этом случае исключительно важным элементом является точность определения времени предоставления обслуживания НВО, поскольку даже небольшие отклонения могут привести к большим ошибкам. Например, если тягач используется восемь минут в течение цикла (вместо шести минут), а количество циклов обслуживания составляет 25 000, то ошибка будет составлять 843 ч работы.

### **Коэффициенты эмиссии**

2.8 Для всех регионов мира коэффициенты эмиссии НВО не являются одинаковыми. В зависимости от региональных или национальных стандартов или местных эксплуатационных требований оборудование одного и того же типа может оснащаться различными двигателями (например, рабочий объем двигателя и его техническое исполнение). Кроме того, довольно часто коэффициенты эмиссии представляются в виде коэффициентов эмиссии внедорожных транспортных средств или подвижных механизмов, не предназначенных для движения по дорогам. Они зависят от типа топлива, рабочего объема двигателя, коэффициента нагрузки, технического исполнения, наработки (или коэффициента ухудшения параметров) и дополнительных устройств уменьшения массы эмиссии. Вначале аналитикам рекомендуется получить отраслевые данные или запросить у надлежащих

полномочных органов информацию о других имеющихся коэффициентах эмиссии, если иным образом их получить не представляется возможным.

### Расчет эмиссии

2.9 Расчет эмиссии НВО можно выполнить одним из двух перечисленных ниже простых методов, а также с использованием усовершенствованного или детального методов.

#### Основной простой метод

2.10 В рамках очень простого метода, основанного на информации о воздушных судах, эмиссию можно рассчитать по количеству прибытий и вылетов воздушных судов или их общему количеству с использованием коэффициентов эмиссии, принятых по умолчанию. При таком подходе не требуется проводить анализ парка НВО и операций, выполняемых НВО. Примеры коэффициентов эмиссии, репрезентативных для швейцарского аэропорта Цюрих, которые можно использовать в рамках такого подхода, приводятся в таблице 3-A2-4. Поскольку оборудование для обслуживания воздушных судов в различных государствах, аэропортах и у эксплуатантов воздушных судов отличается, анализ следует выполнять с использованием коэффициентов эмиссии, характерных для рассматриваемого парка НВО.

**Таблица 3-A2-4. Примеры принятых по умолчанию репрезентативных для аэропорта Цюриха коэффициентов эмиссии средств обслуживания воздушных судов<sup>1</sup>**

Загрязняющее вещество	Единица измерения	Технологии НВО, 1990–2005 годы		Технологии НВО, 2000–2015 годы	
		Узкофюзеляжные воздушные суда (реактивные с неподвижным крылом и одним проходом)	Широкофюзеляжные воздушные суда (реактивные с неподвижным крылом и двумя проходами)	Узкофюзеляжные воздушные суда (реактивные с неподвижным крылом и одним проходом)	Широкофюзеляжные воздушные суда (реактивные с неподвижным крылом и двумя проходами)
NO <sub>x</sub>	кг/цикл	0,400	0,900	0,260	0,510
HC	кг/цикл	0,040	0,070	0,020	0,045
CO	кг/цикл	0,150	0,300	0,100	0,225
ТЧ <sub>10</sub>	кг/цикл	0,025	0,055	0,015	0,030
нлТЧ	кол-во/цикл	Неприменимо (N/A)	Неприменимо (N/A)	4,0E+13	1,1E+14
CO <sub>2</sub>	кг/цикл	18	58	20	48

2.11 При таком подходе эмиссия рассчитывается путем умножения количества взлетов и посадок (по категориям воздушных судов или общее количество, если данные о разбивке по категориям отсутствуют) на соответствующий коэффициент эмиссии (или среднее значение двух коэффициентов, если данные о разбивке по категориям воздушных судов отсутствуют).

<sup>1</sup> Данные Flughafen Zürich AG за 2006 и 2014 годы, частично обновлены в 2017 году (входят разные виды топлива: бензин, дизельное топливо, СПГ и электроэнергия).

2.12 Например, в аэропорту, где узкофюзеляжные воздушные суда выполняют 23 450 взлетов и посадок, а широкофюзеляжные воздушные суда – 9600 взлетов и посадок и предполагаемые коэффициенты эмиссии NO<sub>x</sub> соответственно составляют 0,4 кг/цикл и 0,9 кг/цикл, общая масса эмиссии NO<sub>x</sub> будет равна:

$$0,4 \text{ кг/цикл} * (23\ 450 \text{ взлетов и посадок}) [\text{узкофюзеляжные}] + 0,9 \text{ кг/цикл} * (9600 \text{ взлетов и посадок}) [\text{широкофюзеляжные}] = 9010 \text{ кг NO}_x.$$

### Вспомогательный простой метод

2.13 Альтернативный, более простой метод основан на использовании информации о топливе, потребляемом НВО. При таком подходе эмиссия рассчитывается на основе получения фактических данных о топливе, расходуемом НВО (или оценки таких данных), с последующей увязкой этих данных со средними коэффициентами эмиссии, не зависящими от количества оборудования, его размера или технического исполнения. Примеры репрезентативных для Европы коэффициентов эмиссии, которые можно использовать в рамках такого подхода, приводятся в таблице 3-A2-5. Поскольку состав средств обслуживания воздушных судов в различных государствах, аэропортах и у эксплуатантов воздушных судов различен, анализ следует выполнять с использованием коэффициентов эмиссии, соответствующих парку НВО, подвергаемому оценке.

$\text{Emission}_{\text{Pollutant}} [\text{г}] = \sum_{\text{fuel types}} (\text{общая масса израсходованного топлива конкретного типа} [\text{кг}] \times \text{средний коэффициент эмиссии} [\text{г/кг топлива конкретного типа}])$

Ур. 3-A2-1

**Таблица 3-A2-5. Примеры европейских коэффициентов эмиссии средств обслуживания воздушных судов<sup>2</sup>**

Загрязняющее вещество	Дизельное топливо (г/кг)	Бензин (г/кг)
NO <sub>x</sub>	32,8	7,1
HC	3,4	17,6
CO	10,7	770,4
ТЧ	2,1	0,1
CO <sub>2</sub>	3 160	3 197

2.14 Например, если общая масса израсходованного НВО топлива составляет 128 500 кг, а средний коэффициент эмиссии принимается равным 48,2 г NO<sub>x</sub>/кг топлива, то общая масса эмиссии NO<sub>x</sub> составит 6194 кг.

### Усовершенствованный метод

2.15 В рамках этого подхода эмиссия рассчитывается для всего семейства НВО в целом или индивидуально с учетом конкретных потребностей воздушных судов в обслуживании, предоставляемом НВО. В обоих случаях используется фактическое время работы или фактическая масса израсходованного каждым типом НВО топлива в течение установленного периода времени (например, один год). Для применения этого метода

<sup>2</sup> Дизельное топливо и бензин: *Справочник по кадастрам эмиссии атмосферных загрязняющих веществ ЕМЕР/ЕЕА, 2013 год*, п. 1.A.4.a.ii (при необходимости можно использовать другие значения).

расчета необходимо получить информацию или провести оценку состава парка НВО по категориям и соответствующим видам обслуживания (часы/год, потребление топлива/год) применительно к каждой единице НВО. Имеются два альтернативных варианта, предусматривающих использование общей массы израсходованного топлива или общей наработки парка конкретной модели НВО в часах. При использовании общей наработки в часах эмиссию можно рассчитать на основе удельного расхода топлива или мощности двигателя и коэффициента загрузки НВО. При наличии информации можно также учитывать коэффициент ухудшения параметров работы.

$$\text{Emission}_{\text{Pollutant}} [\text{г/НВО}] = \text{расход топлива} [\text{кг/ч}] \times \text{коэффициент эмиссии}_{\text{Pollutant}} [\text{г/кг топлива}] \times \text{время} [\text{ч}] (\times \text{DF})$$

Ур. 3-A2-2

или

$$\text{Emission}_{\text{Pollutant}} [\text{г/НВО}] = \text{мощность} [\text{кВт}] \times \text{нагрузка} [\%] \times \text{коэффициент эмиссии}_{\text{Pollutant}} [\text{г/кВт}] \times \text{время} [\text{ч}] (\times \text{DF})$$

Ур. 3-A2-3

или

$$\text{Emission}_{\text{Pollutant}} [\text{г/НВО}] = \text{расход топлива} [\text{кг}] \times \text{коэффициент эмиссии}_{\text{Pollutant}} [\text{г/кг топлива}] (\times \text{DF}),$$

Ур. 3-A2-4

где:

- мощность – мощность двигателя (кВт, иногда эффективная мощность в лошадиных силах (bhp));
- коэффициент эмиссии – зависит от типа двигателя, типа топлива, наработки и характеризует конструкцию и реализованную в НВО технологию контроля эмиссии;
- время [ч] – общее время работы в течение года; и
- DF – коэффициент ухудшения параметров работы.

2.16 Затем, в рамках этого метода суммируется эмиссия всех отдельных единиц НВО конкретного типа и всего парка НВО.

2.17 Например, допустим, что все пассажирские трапы в аэропорту оснащены дизельными двигателями мощностью 95 кВт, имеют EI равный 6,0 г NO<sub>x</sub>/кВт·ч, а коэффициент загрузки составляет 25 %, то при общей наработке в 3500 часов и коэффициенте ухудшения параметров работы равном 3 %, общая масса эмиссии NO<sub>x</sub> составит:

$$95 \text{ кВт} \times 0,25 \text{ коэффициент загрузки} \times 6,00 \text{ г/кВт·ч} \times 3 \text{ 500 ч} \times 1,03 \text{ коэффициент ухудшения параметров работы} \\ = 513 \text{ 712,5 г (514 кг NO}_x\text{)}.$$

### **Детальный метод**

2.18 В рамках этого метода вся эмиссия НВО рассчитывается для каждого вида операций воздушных судов (например, прибытие, вылет и техническое обслуживание). Такое эксплуатационное разграничение уместно в тех случаях, когда работы по обслуживанию воздушных судов увязываются с расписанием полетов, согласно которым прибывающие и вылетающие рейсы имеют разные номера или прибытие и вылет осуществляются не во временной последовательности (например, стоянка в ночное время).

$$\text{Emission}_{\text{Pollutant}} [\text{г}] = \text{мощность} [\text{кВт}] \times \text{коэффициент нагрузки} [\%] \times \text{коэффициент эмиссии}_{\text{Pollutant}} [\text{г/кВт·ч}] \times \text{время}_{\text{A/C-Ops}} [\text{ч}] \times \text{DF},$$

Ур. 3-A2-5

где:

время<sub>A/C-Ops</sub> [ч] – среднее время работы единицы НВО, которое зависит от типа операции (прибытие, вылет или техническое обслуживание), характерных особенностей места стоянки и размера воздушного судна; и

DF – коэффициент ухудшения параметров работы (характеризует наработку и техническое обслуживание НВО).

2.19 И в этом случае эмиссия НВО подсчитывается для всех отдельных единиц оборудования конкретного типа и для всех отдельных операций по обслуживанию воздушных судов (включая техническое обслуживание).

2.20 Например, после прибытия воздушного судна размером с B-737, установленного на открытую (например, удаленную) стоянку, пассажирский трап используется в течение 10 мин. На трапе установлен двигатель мощностью 45 кВт, работающий с нагрузкой в 25 %, EI NO<sub>x</sub> которого составляет 6,0 г/кВт·ч, а коэффициент ухудшения параметров работы равняется 3 %. Общая масса эмиссии NO<sub>x</sub> такого вида обслуживания НВО рассчитывается по формуле:

$$45 \text{ кВт} \times 0,25 \text{ коэффициент нагрузки} \times 6,0 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч} \times 1,03 \text{ коэффициент ухудшения параметров работы} \times 10 \text{ мин} \\ \times 1 \text{ ч/60 мин} = 11,61 \text{ г NO}_x.$$

### 3. ДВИЖЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В КОНТРОЛИРУЕМОЙ ЗОНЕ

3.1 Под движением транспортных средств в контролируемой зоне понимается движение всех механизмов и транспортных средств по служебным дорогам контролируемой зоны в пределах периметра аэропорта, в отличие от движения только на стоянках воздушных судов. В этой связи считается, что эмиссия образуется во время движения на определенные расстояния, а не в течение определенных периодов времени. Согласно ранее приведенному определению НВО в состав транспортных средств контролируемой зоны не входят. Кроме того, в добавлении 4 к настоящей главе отдельно рассматривается движение пассажирского транспорта и личных транспортных средств сотрудников в зоне общего доступа аэропорта.

3.2 Большинство транспортных средств контролируемой зоны являются "эквивалентами дорожных транспортных средств", поэтому расчет их эмиссии можно производить аналогично дорожным транспортным средствам, осуществляющим движение в зоне общего доступа аэропорта. Соответствующие инструктивные указания приводятся в добавлении 4.

#### 4. ДОЗАПРАВКА ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

4.1 В большинстве аэропортов дозаправка воздушных судов топливом осуществляется либо с помощью подземной системы трубопроводов и установок централизованной заправки, либо от отдельных топливозаправщиков. В обоих случаях в процессе заправки пары топлива (смешанное с воздухом топливо, оставшееся после полета) выбрасываются из топливных баков воздушного судна. Пары также выбрасываются при заполнении топливозаправщика топливом в топлиохранилище или из эквивалентной емкости для хранения. Любая эмиссия, образуемая в результате обращения с топливом в процессе его доставки в топлиохранилище или в другие емкости для хранения, в качестве составной части этой процедуры не рассматривается, однако ее отдельное описание приводится в добавлении 3 к настоящей главе.

4.2 В число эксплуатационных данных, необходимых для расчета эмиссии при дозаправке воздушных судов, входят:

- a) масса топлива с разбивкой по видам топлива (например, керосин или авиационный бензин), подаваемого на борт воздушного судна установкой централизованной заправки (кг); и/или
- b) масса топлива, подаваемого на борт воздушного судна топливозаправщиком (кг).

4.3 К числу необходимых средних коэффициентов эмиссии (которые также называются индексами эмиссии (EI)) относятся:

- a) эмиссия в граммах ЛОС/кг топлива для дозаправки керосином;
- b) эмиссия в граммах ЛОС/кг топлива для дозаправки авиационным бензином.

4.4 Информация о характерных коэффициентах эмиссии для аэропорта Цюриха, Швейцария, приводится в таблице 3-A2-6. Анализ следует выполнять с использованием значений коэффициентов эмиссии, характерных для государства и/или аэропорта, в которых проводится оценка<sup>3</sup>.

**Таблица 3-A2-6. Характерные коэффициенты эмиссии для аэропорта Цюриха, Швейцария**

Дозаправка воздушных судов*	Единица измерения	Значение
Дозаправка керосином	г ЛОС/кг топлива	0,01
Дозаправка авиационным бензином	г ЛОС/кг топлива	1,27

\* KIGA (Кантональное управление по торговле и промышленности), Цюрих, Швейцария, 1994 (при необходимости можно использовать другие значения).

4.5 На основе этой информации расчет эмиссии выполняется с использованием приводимого ниже общего уравнения:

$$\text{эмиссия [г ЛОС]} = \sum_{\text{fuel types}} ((\text{топливо}_{\text{hydrant delivered}} [\text{кг}] + 2 \times \text{топливо}_{\text{tanker delivered}} [\text{кг}]) \times \text{коэффициент эмиссии [г/кг]e})$$

Ур. 3-A2-6

3. Например, см. *Справочник по кадастрам эмиссии атмосферных загрязняющих веществ ЕМЕП/ЕЕА, 2013 год*, п. 1.B.2.a.v.

4.6 Например, если топливозаправщик доставил в целом 1 500 000 кг топлива Jet A-1 (EI равняется 0,01 г ЛОС/кг), из которых с помощью централизованной системы заправки было залито 85 %, и 500 кг avgas (EI равняется 1,27 г ЛОС/кг), то общая масса эмиссии в результате дозаправки воздушного судна составит:

$$(1\,500\,000 \text{ кг Jet A-1} \times 0,85 \times 0,01 \text{ г ЛОС/кг Jet A-1}) + (1\,500\,000 \text{ кг Jet A-1} \times 0,15 \times 2 \text{ штуцера} \times 0,01 \text{ г ЛОС/кг Jet A-1}) + (500 \text{ кг avgas} \times 2 \text{ штуцера} \times 1,27 \text{ г ЛОС/кг avgas}) = 18\,520 \text{ кг ЛОС.}$$

## 5. ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

5.1 Операции по противообледенительной обработке воздушных судов и аэродромных объектов могут быть источником эмиссии ЛОС и других соединений. Механическое нанесение на поверхность воздушных судов жидкостей для удаления и предотвращения обледенения, в состав которых входят пропиленгликоль или этиленгликоль и вода, приводит к их попаданию в атмосферу в результате испарения и распыления. Однако, учитывая возрастающую обеспокоенность относительно влияния противообледенительных реагентов на качество воды, в настоящее время широко применяются меры по консервации и регенерации, которые также позволяют уменьшить степень потенциального воздействия на качество воздуха.

5.2 Масса эмиссии ЛОС, образуемой в результате удаления/предотвращения обледенения<sup>4</sup>, как правило, зависит от количества используемой противообледенительной жидкости, процентного содержания противообледенительного реагента (т. е. этиленгликоль) в смеси и коэффициента эмиссии. В таблице 3-A2-7 дается ссылка на опубликованный в Соединенных Штатах Америки источник информации о скорости эмиссии ЛОС при выполнении операций по удалению/предотвращению обледенения воздушных судов, ВПП, РД и т. д. Анализ следует проводить с использованием значений коэффициентов эмиссии, характерных для рассматриваемого государства и/или аэропорта.

**Таблица 3-A2-7. Опубликованный в Соединенных Штатах Америки источник данных об эмиссии: операции по удалению/предотвращению обледенения**

Вещество	Источник
Пропиленгликоль/этиленгликоль	<i>Справочник по авиационной эмиссии и качеству воздуха</i> ФАУ, 2014 год

5.3 Для целей демонстрации ниже приводится формула расчета эмиссии ЛОС, образуемой в результате выполнения операций по удалению/предотвращению обледенения:

$$E_{\text{ЛОС}} = DF \times DS \times W_{\text{DS}} \times EF,$$

Ур. 3-A2-7

где:

$E_{\text{ЛОС}}$  – эмиссия ЛОС (например, кг);

$DF$  – количество противообледенительной жидкости (например, л);

<sup>4</sup> В аэропортах выполняются два взаимно не связанных вида противообледенительной обработки: противообледенительная обработка воздушных судов при наземном обслуживании воздушных судов и противообледенительная обработка поверхностей при техническом обслуживании аэропорта (независимо от объема движения или размеров воздушных судов).

- DS – количество противообледенительного реагента в противообледенительной жидкости (%);
- $W_{DS}$  – вес противообледенительного реагента (например, кг/л);
- EF – коэффициент эмиссии (например, кг/кг противообледенительного реагента).

5.4 Используя эту формулу, можно рассмотреть приводимый ниже пример противообледенительных операций в аэропорту. Допустим, что аэропорт расходует 5 килолитров (кл) противообледенительной смеси для противообледенительной обработки воздушных судов, 65 % которой составляет этиленгликоль. Вес (или плотность) этиленгликоля примерно составляет 2 кг/кл, а коэффициент эмиссии – 0,11 кг ЛОС на кг израсходованного этиленгликоля. Поэтому величина образованной эмиссии ЛОС будет составлять:

$$5 \text{ кл} \times 0,65 \times 2 \text{ кг/кл} \times 0,11 \text{ кг ЛОС/кг противообледенительного реагента} = 0,65 \text{ кг ЛОС.}$$

5.5 Определение уровней эмиссии в будущем может быть основано на прогнозируемом увеличении объема операций воздушных судов и/или, в соответствующих случаях, общей площади ВПП, РД и дорог.

---



## Добавление 3 к главе 3

# ИНФРАСТРУКТУРНЫЕ И СТАЦИОНАРНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭМИССИИ

### 1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 Как правило, аэропорты рассматриваются в виде совокупности движущихся или подвижных источников эмиссии (например, воздушные суда, НВО и автотранспортные средства). Однако в большинстве аэропортов также имеются стационарные источники эмиссии (котельные установки, аварийные генераторы, установки для сжигания отходов и т. д.), которые являются составной частью их инфраструктуры и вспомогательных объектов. В отличие от подвижных источников, стационарные источники являются неподвижными и остаются фиксированными или недвижимыми, выбрасывая эмиссию через разнообразные устройства, такие как дымовые трубы, газоходы, воздухопроводы и/или вентиляционные шахты.

1.2 Другие инфраструктурные аэропортовые источники выбросов в атмосферу относятся к категории зональных источников. В принципе, выбросы этих источников попадают непосредственно в атмосферу, и по своему характеру такие источники могут быть подвижными или стационарными. Как правило, зональные источники в аэропортах включают в себя топливохранилища/объекты перекачки топлива, объекты для проведения пожарных учений с применением открытого огня, операции по противообледенительной обработке и строительные работы. При выполнении строительных работ используется большое разнообразие грузоземных, бульдозеров, экскаваторов, бетоноукладчиков и другой тяжелой техники, которые также относятся к категории внедорожных или дорожных источников эмиссии. К числу зональных источников также относятся строительные работы, в ходе которых осуществляется хранение/транспортировка сырьевых материалов, удаление строительного мусора и производство асфальта или бетона.

1.3 В настоящем добавлении содержатся инструктивные указания по подготовке оценок эмиссии стационарных и зональных источников в аэропортах в отношении таких загрязняющих веществ, как CO, THC, NMHC, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> и TCH<sub>10</sub>.

1.4 Имеется большое разнообразие баз данных о коэффициентах эмиссии, которые можно использовать для определения типов и массы эмиссии стационарных источников в аэропортах. Однако двумя наиболее распространенными в Европе и Северной Америке являются базы данных, подготовленные EPA Соединенных Штатов Америки и Европейским агентством по окружающей среде:

- a) United States Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards, *Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources (AP-42)*, Fifth Edition, 1995 (with supplements through 2009);
- b) *Справочник по кадастрам эмиссии атмосферных загрязняющих веществ EMEP/EEA* (издание 2013 года или последующие): <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>.

1.5 Однако методические подходы, изложенные в этих документах, в целом аналогичны подходам, используемым в других странах и регионах, а перечисление всех национальных источников информации выходит за рамки настоящего инструктивного руководства. В данном добавлении приводится ряд рассчитанных примеров, в которых используются данные EPA Соединенных Штатов Америки, однако авторы могли бы использовать и другие примеры. Ответственность за использование наиболее приемлемых коэффициентов эмиссии возлагается на специалистов аэропортов, которым поручено составление кадастров эмиссии.

## 2. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ/ОТОПИТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ, КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ГЕНЕРАТОРЫ

2.1 Эмиссия энергетических/отопительных установок (т. е. котельных установок и обогревателей помещений) и аварийных генераторов, в основном, представляет собой выхлопные газы, образуемые в результате сжигания углеводородных видов топлива. В состав этой эмиссии входят CO, NO<sub>x</sub>, HC, SO<sub>x</sub> и TЧ<sub>10</sub>. На энергетических/тепловых установках используются разнообразные виды топлива, включая уголь, котельное топливо, дизельное топливо, бензин, природный газ, а также сжиженный нефтяной газ (СНГ), причем у каждого из них свои собственные эмиссионные характеристики.

2.2 Как правило, информация о типах и количестве атмосферных загрязняющих веществ существующих стационарных источников, имеющих разрешение на эксплуатацию, содержится в соответствующей документации нормативных полномочных органов и/или в самих разрешениях на эксплуатацию. При отсутствии таких разрешений или вспомогательной информации эмиссия, как правило, определяется на основе периода времени (т. е. мощность в л. с. · час) фактического или расчетного использования оборудования (т. е. коэффициента активности), типа топлива и любых соответствующих технических средств регулирования или уменьшения массы эмиссии. В отношении новых или модернизированных котельных установок/обогревателей помещений коэффициенты будущей активности можно определить на основе информации об увеличении площади аэровокзала аэропорта в тех случаях, когда общие оценки являются достаточными для проведения анализа.

2.3 Широко используемые источники имеющихся данных о скорости эмиссии котельных установок/обогревателей помещений (по типу топлива и загрязняющего вещества) приведены в таблице 3-А3-1, а данные об эмиссии аварийных генераторов содержатся в таблице 3-А3-2.

**Таблица 3-А3-1. Источники данных о скорости эмиссии:  
котельные установки/обогреватели помещений**

Топливо	Источник
Уголь, включая антрацит, битуминозный уголь, битуминозный/суббитуминозный уголь и суббитуминозный уголь	EPA, AP 42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emissions Factors, Vol. 1, Ch. 1 <i>EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook</i> (2013 or later versions), groups 1.A.1 and 1.A.4
Котельное топливо	EPA, AP 42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emissions Factors, Vol. 1, Ch. 1 <i>EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook</i> (2013 or later versions), groups 1.A.1 and 1.A.4
Сжиженный нефтяной газ (СНГ)	EPA, AP 42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emissions Factors, Vol. 1, Ch. 1 <i>EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook</i> (2013 or later versions), groups 1.A.1 and 1.A.4
Природный газ	EPA, AP 42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emissions Factors, Vol. 1, Ch. 1 <i>EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook</i> (2013 or later versions), groups 1.A.1 and 1.A.4

Таблица 3-А3-2. Источники данных о скорости эмиссии: аварийные генераторы

Топливо	Методика	Источник
Дизельное топливо	USAF (дистиллятное топливо)	EPA, AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emissions Factors, Vol. 1, Chapter 3
Бензин	USAF	EPA, AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emissions Factors, Vol. 1, Chapter 3
Керосин/тяжелый бензин (реактивное топливо)	USAF	EPA, AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emissions Factors, Vol. 1, Chapter 3
СНГ (пропан или бутан)	USAF	EPA, AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emissions Factors, Vol. 1, Chapter 3
Природный газ	USAF	EPA, AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emissions Factors, Vol. 1, Chapter 3
Топочный мазут/сырая нефть	USAF	EPA, AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emissions Factors, Vol. 1, Chapter 3
Различные виды топлива	EEA	<i>EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook</i> (2013 or later versions), group 1.A.4

2.4 Для целей демонстрации оценка эмиссии энергетических/отопительных установок, котельных установок и генераторов проводится на основе следующего общего уравнения:

$$E = A \times EF \times (1 - ER/100), \quad \text{Ур. 3-А3-1}$$

где:

E – эмиссия (например, кг/день);

A – коэффициент активности (например, л. с. · ч или л/день);

EF – коэффициент эмиссии (например, кг/литр конкретного вида топлива и загрязняющего вещества);

ER – эффективность оборудования для регулирования и снижения эмиссии (%).

2.5 В тех случаях, когда содержание серы в топливе играет важную роль, ниже приводится пример использования этой формулы в отношении аварийного генератора аэропорта. Допустим, что в аэропорту имеется дизельный аварийный генератор мощностью 335 л. с. с устройством снижения эмиссии, эффективность которого составляет 75 %. Если коэффициент эмиссии NO<sub>x</sub> составляет 14,0 г/л. с. · ч, а ежегодное время работы генератора в аэропорту – 1000 ч, то валовая эмиссия NO<sub>x</sub> будет равна:

$$1\,000\text{ ч} \times 14,0\text{ г/л. с.} \cdot \text{ч} \times 335\text{ л. с.} \times (1 - 75/100) = 1\,172\,500\text{ г NO}_x.$$

### 3. УСТАНОВКИ ДЛЯ СЖИГАНИЯ ОТХОДОВ

3.1 В тех случаях, когда установки для сжигания отходов расположены в аэропортах, они, как правило, используются для уничтожения или стерилизации мусора и других регулируемых отходов, образующихся и перевозимых на борту воздушных судов, выполняющих международные рейсы. В аэропорту могут также

находиться объекты приготовления пищи, которые используют установки для сжигания отходов в целях уничтожения твердых отходов (т. е. бумага, дерево, пластмассы и другой мусор).

3.2 Установки для сжигания горючих отходов оснащены печами различных типов и конфигураций (прямоточные, ретортные и т. д.), имеют одну или несколько камер сгорания и, как правило, в качестве топлива используют природный газ, нефть или СНГ. В процессе сжигания и выброса через дымовые трубы используются специальное контрольное оборудование и технологии, способствующие уменьшению чрезмерной эмиссии.

3.3 Оценочная информация об эмиссии атмосферных загрязняющих веществ существующих установок для сжигания отходов, имеющих разрешение на эксплуатацию, содержится в документации соответствующего полномочного органа и/или в самом разрешении на эксплуатацию. При отсутствии разрешения оценки эмиссии зачастую проводятся на основе информации о типе топлива, содержании и количестве сжигаемых отходов и соответствующих коэффициентах эмиссии топлива, составе отходов и конструкции камеры сгорания. Для новых или модернизируемых объектов прогнозируемое количество сжигаемых отходов можно определить на основе информации о планируемом увеличении количества международных рейсов и/или, при необходимости, увеличении количества поставщиков продуктов питания.

3.4 В таблице 3-А3-3 приведены широко используемые источники данных о скорости эмиссии установок для сжигания горючих отходов.

**Таблица 3-А3-3. Источники данных о скорости эмиссии: установки для сжигания горючих отходов**

<i>Количество камер сгорания</i>	<i>Источник</i>
Одна или несколько	EPA, AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emissions Factors, Vol. 1, Chapter 2  <i>EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook (2013 or later versions), group 5.</i>

3.5 Для целей демонстрации оценка эмиссии установки для сжигания горючих отходов проводится на основе следующего общего уравнения:

$$E = A \times EF \times (1 - ER/100), \quad \text{Ур. 3-А3-2}$$

где:

E – эмиссия (например, кг/год, г/день);

A – количество сжигаемых отходов (например, т или кг/день);

EF – коэффициент эмиссии (например, кг или г/т); и

ER – эффективность оборудования контроля и уменьшения эмиссии (%).

3.6 Ниже приводится пример использования этой формулы для определения эмиссии установки для сжигания отходов. Допустим, что в аэропорту имеется установка для сжигания отходов с одной камерой сгорания, эффективность оборудования для уменьшения эмиссии которой составляет 80 %. Если коэффициент эмиссии CO составляет 1,0 кг/т отходов, а аэропорт сжигает 2500 т отходов, то общая масса эмиссии CO будет составлять:

$$1,0 \text{ кг} \times 2\,500 \text{ т} \times (1 - 80/100) = 500 \text{ кг CO (т. е. 0,5 т)}.$$

#### 4. ОБЪЕКТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ/АЭРОПОРТОВ

4.1 Как правило, в большинстве крупных аэропортов объекты технического обслуживания воздушных судов эксплуатируются коммерческими авиакомпаниями или другими поставщиками обслуживания, и на них регулярно проводятся проверки и ремонт планера, двигателей и другого оборудования. Могут также выполняться разнообразные виды работ по обработке поверхностей, нанесению покрытий и покраске. В небольших аэропортах эти виды технического обслуживания, как правило, обеспечиваются частными эксплуатантами с постоянным местом базирования (FBO).

4.2 Часто в аэропортах имеются разнообразные вспомогательные объекты для строительных рабочих и специалистов по техническому обслуживанию летного поля, хранения запасов и выполнения различных работ. Технологические процессы и операции на этих объектах, в результате которых образуется эмиссия, включают в себя покраску зданий, нанесение разметки на ВПП/РД/перронах, ремонт асфальтовых/бетонных покрытий и мойку. Эти виды работ часто предусматривают использование жидких покрытий, растворителей на углеводородной основе и других испаряющихся веществ, поэтому основными представляющими интерес загрязнителями являются ЛОС.

4.3 В большинстве случаев эмиссия из этих источников, как правило, является следствием испарения и/или распыления используемых материалов. Лишь в редких случаях масса этой эмиссии считается существенной.

4.4 Для получения информации о содержании легкоиспаряющихся соединений, входящих в состав ЛОС (обычно выражается в фунтах (или граммах) ЛОС на галлон (или литр) израсходованного вещества), можно использовать таблицу данных о безопасности материалов (MSDS), охватывающую большинство изделий и веществ. Альтернативные источники данных о скорости эмиссии веществ для нанесения поверхностных покрытий и других растворителей приведены в таблице 3-A3-4.

**Таблица 3-A3-4. Источники данных о скорости эмиссии:  
объекты технического обслуживания воздушных судов/аэропортов**

Вид работ	Вещество	Источник
Нанесение поверхностных покрытий	Краски (содержащие растворитель и водоземulsionные), эмали, лаки, грунтовка, шеллак, разбавители и клеящие вещества	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>FAA Aviation Emissions and Air Quality Handbook</i>, 2014</li> <li>• <i>EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook</i> (2013 or later versions), group 2.D</li> </ul>
Растворители/обезжиривающие вещества	Ацетон, спирт (этиловый и метиловый), тетрахлорметан, хлороформ, эфир, изоприловый спирт, метиленхлорид, перхлорэтилен, растворитель Стоддарта, 1,1,1-трихлорэтан, трихлорэтилен и скипидар	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>FAA Aviation Emissions and Air Quality Handbook</i>, 2014</li> <li>• Occupational Safety and Health Administration (OSHA) <a href="https://www.osha.gov/">https://www.osha.gov/</a></li> <li>• <i>EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook</i> (2013 or later versions), group 2.D</li> </ul>

4.5 Для целей демонстрации оценки эмиссии ЛОС с поверхностного покрытия можно провести на основе приводимого ниже общего уравнения, которое учитывает количество нанесенного покрытия, содержание ЛОС в веществе и, при необходимости, коэффициент эффективности применяемого процесса снижения эмиссии:

$$E_{\text{VOC}} = Q \times \text{VOCC} \times \text{ER},$$

Ур. 3-A3-3

где:

- $E_{voc}$  – эмиссия ЛОС (например, кг);
- $Q$  – количество вещества, наносимого в качестве покрытия (например, л);
- $VOCC$  – содержание ЛОС в веществе, наносимом в качестве покрытия (например, г/л);
- $ER$  – коэффициент эффективности оборудования контроля и уменьшения эмиссии (%).

4.6 Ниже приводится пример использования этой формулы для определения эмиссии растворителя для очистки металлов. Если в покрасочном блоке центра технического обслуживания воздушных судов, оснащенного оборудованием снижения эмиссии, эффективность которого составляет 65 %, используется 2500 литров грунтовки, а содержание ЛОС в грунтовке составляет 3,2 килограмма на литр, то масса выбрасываемых ЛОС будет определяться следующим образом:

$$2\,500\text{ л} \times 3,2\text{ кг/л} \times (1-65/100) = 2\,800\text{ кг ЛОС (т. е. 2,8 т)}.$$

4.7 Еще один пример иллюстрирует испарение растворителя непосредственно в атмосферу. В этом случае предполагается, что не вся масса растворителя удаляется. Поэтому, как показано в приводимом уравнении, для получения массы, выбрасываемой в атмосферу, разница между массой израсходованного растворителя и массой удаленного растворителя умножается на плотность вещества:

$$E_{voc} = (QC-QD) \times D, \quad \text{Ур. 3-А3-4}$$

где:

- $E_{voc}$  – эмиссия ЛОС;
- $QC$  – количество израсходованного растворителя (например, л);
- $QD$  – количество растворителя, удаленного в качестве жидких отходов (например, л); и
- $D$  – плотность растворителя (например, кг/л).

4.8 Ниже приводится пример применения этой формулы к объекту технического обслуживания воздушных судов. Допустим, что объект технического обслуживания воздушных судов потребляет 950 л скипидара, из которых 750 л идут в жидкие отходы, а плотность скипидара составляет 0,87 кг/л. Масса ЛОС будет составлять:

$$950\text{ израсходованных литров} - 750\text{ удаленных литров} = 200\text{ литров}$$

$$200\text{ л} \times 0,87\text{ кг/л} = 174\text{ кг ЛОС (т. е. 0,174 т)}.$$

## 5. ТОПЛИВОХРАНИЛИЩА, СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ ЗАПРАВКИ И СТАНЦИИ ДЛЯ ЗАПРАВКИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ТОПЛИВОМ

5.1 В топливозаправочных станциях аэропорта могут храниться разнообразные виды топлива, основными из которых являются реактивное топливо (Jet-A, авиационный керосин, JP-4), авиационный бензин (avgas) и топливо для автотранспортных средств (бензин и дизельное топливо). Эти объекты и операции по переливу топлива являются потенциальным источником испаряющихся углеводородов (например, ЛОС).

5.2 Емкости для хранения топлива могут выделять ЛОС как в "стационарном" (т. е. при хранении), так и в "рабочем" (т. е. в процессе откачки и/или закачки топлива) состоянии. К числу важных переменных, оказывающих влияние на количество выделяемой эмиссии, относятся: давление паров топлива, объемы хранения и пропускная способность, типы емкостей (надземные, с плавающей крышей резервуара и т. д.) и климатические условия (т. е. температура и влажность). Важно иметь в виду, что давление паров реактивного и дизельного топлива является настолько малым, что большинство агентств по охране окружающей среды не требуют осуществлять какого-либо контроля за этими видами эмиссии.

5.3 В таблице 3-А3-5 приведены широко используемые источники данных о скорости эмиссии из резервуаров для хранения топлива.

**Таблица 3-А3-5. Источники данных о скорости эмиссии: резервуары для хранения топлива**

Тип резервуара	Тип топлива	Источник
Горизонтальный, вертикальный со стационарной крышей, с внутренней плавающей крышей, с внешней плавающей крышей, с купольной внешней плавающей крышей	Реактивное топливо (JP-4), авиационный керосин, бензин, дизельное топливо № 2, мазутное топливо № 6	EPA, AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emissions Factors, Vol. 1, Chapter 7: Liquid Storage Tanks; <i>EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook</i> (2013 or later versions), group 1.B.2

5.4 Для целей демонстрации оценку эмиссии ЛОС из емкостей для хранения топлива можно провести на основе приводимого ниже общего уравнения, которое учитывает как стационарные, так и рабочие потери.

$$E_{\text{VOC}} = \text{SL} + \text{WL} = (\text{QS} \times \text{EF}) + (\text{QT} \times \text{EF}), \quad \text{Ур. 3-А3-5}$$

где:

$E_{\text{VOC}}$  – эмиссия ЛОС (например, кг);

SL – стационарная потеря;

WL – рабочая потеря;

QS – количество хранимого топлива (например, кл);

QT – количество топлива, пропускаемого через систему (например, кл);

EF – коэффициент эмиссии для типа топлива (например, кг/кл).

5.5 Ниже приводится пример применения этой формулы к резервуару для хранения и перелива реактивного топлива, установленному над уровнем земли. Если в резервуаре для хранения топлива содержится 1500 кл реактивного топлива (стационарная потеря составляет 200 г ЛОС/кл в день) и из него ежедневно выдается 90 кл топлива (рабочие потери составляют 100 г ЛОС/кл в день), то примерная масса выбрасываемых ЛОС будет составлять:

$$(1\ 500\ \text{кл} \times 200\ \text{г/кл}) + (90\ \text{кл} \times 100\ \text{г/кл}) = 309\ \text{кг ЛОС (т. е. 0,31 т)}.$$

## 6. ПОЖАРНЫЕ УЧЕНИЯ

6.1 В некоторых аэропортах персонал поисково-спасательных и противопожарных служб аэропорта (ARFF) проводит учения для отработки действий в аварийных ситуациях с использованием имитаторов открытого огня. Эти объекты, на которых применяется реактивное или дизельное топливо, могут быть источником эмиссии плотного дыма, ТЧ и ЛОС, когда они используются. В настоящее время также имеются новые "малодымные" виды топлива, которые с экологической точки зрения считаются более приемлемыми; к их числу относится применяемый на таких объектах пропан.

6.2 Количество топлива, используемого для проведения учений ARFF с применением открытого огня зависит от частоты использования, видов создаваемых пожаров и типа топлива.

6.3 *Справочник по авиационной эмиссии и качеству воздуха* ФАУ является наиболее авторитетным источником информации о пожарных учениях, которое в изданиях ЕМЕР/ЕЕА не включается. В таблице 3-А3-6 приводятся имеющиеся источники данных о скорости эмиссии наиболее распространенных видов топлива, используемых при проведении пожарных учений.

**Таблица 3-А3-6. Источники данных о скорости эмиссии: пожарные учения**

Тип топлива	Источник
JP-4, JP-8, пропан	FAA <i>Aviation Emissions and Air Quality Handbook</i> , 2014
JP-5, текфлейм	FAA <i>Aviation Emissions and Air Quality Handbook</i> , 2014

6.4 Оценки эмиссии загрязнителей воздуха, образуемой в результате проведения учений с использованием открытого огня, основаны на типе топлива, количестве сгоревшего топлива и скорости эмиссии загрязняющего вещества. Эти виды эмиссии можно рассчитать, используя для этого следующее уравнение:

$$E_{voc} = QF \times EF, \quad \text{Ур. 3-А3-6}$$

где:

$E_{voc}$  – эмиссия ЛОС;

$QF$  – количество топлива (например, кл);

$EF$  – коэффициент эмиссии (например, г/кл топлива).

6.5 Ниже приводится пример применения этой формулы к объекту, на котором проводятся учения ARFF с использованием открытого огня. Предположим, что учения с использованием открытого огня проводятся в аэропорту ежемесячно, в ходе которых каждый раз используется 3 кл пропана (т. е. 36 кл в год). Принимая коэффициент эмиссии ТЧ для пропана равный 18 кг/кл топлива, масса выбрасываемых ТЧ будет составлять:

$$36 \text{ кл} \times 18 \text{ кг/кл} = 648 \text{ кг ТЧ (т. е. 0,65 т)}.$$

## 7. ОПЕРАЦИИ ПО УДАЛЕНИЮ/ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ОБЛЕДЕНЕНИЯ

7.1 Противообледенительные операции на летном поле могут быть источником эмиссии ЛОС и других соединений. Механическое нанесение жидкостей для удаления и предотвращения обледенения, в состав которых

входят пропиленгликоль или этиленгликоль и вода, приводит к их частичному выбросу в атмосферу, что обусловлено испарением и распылением. На ВПП, РД и перронах используются мочевины, ацетат калия или растворы этиленгликоля, мочевины и воды. Однако, учитывая возрастающую обеспокоенность относительно влияния противообледенительных реагентов на качество воды, в настоящее время широко применяются методы консервации и регенерации, которые уменьшают степень потенциального воздействия на качество воздуха.

7.2 Масса эмиссии ЛОС, образуемая в результате операций по удалению/предотвращению обледенения, как правило, зависит от количества израсходованной противообледенительной жидкости, процентного содержания противообледенительного реагента (т. е. этиленгликоля) в смеси и коэффициента эмиссии. В таблице 3-А3-7 приведены источники данных о скорости эмиссии ЛОС при выполнении операций по устранению/предотвращению обледенения воздушных судов, ВПП и РД. Пример расчета для противообледенительной обработки воздушных судов содержится в разделе 5 добавления 2, а расчет для поверхности летного поля выполняется аналогичным образом.

**Таблица 3-А3-7. Источники данных о скорости эмиссии: операции по удалению/предотвращению обледенения**

Вещество	Источник
Пропиленгликоль/этиленгликоль	FAA <i>Aviation Emissions and Air Quality Handbook</i> , 2014

## 8. СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

8.1 К числу строительных работ, при выполнении которых образуется эмиссия атмосферных загрязняющих веществ, относятся расчистка местности и снос зданий (выброс пыли), использование строительного оборудования и транспортных средств (эмиссия выхлопных газов), хранение сырьевых материалов (эмиссия, обусловленная ветровой эрозией) и асфальтирование (эмиссия в виде испарений). К числу строительных машин относятся транспортные средства, которые постоянно находятся на строительной площадке (например, внедорожные транспортные средства или транспортные средства, не предназначенные для движения по дорогам) и транспортные средства, которые со строительной площадки выезжают (например, грузовые автомобили и самосвалы). Кроме того, эмиссия загрязняющих веществ образуется в результате использования строительными рабочими автотранспорта для поездок на строительную площадку.

8.2 В таблице 3-А3-8 приведены широко используемые в Соединенных Штатах Америки источники данных о скорости эмиссии при выполнении строительных работ.

**Таблица 3-А3-8. Источники данных о скорости эмиссии: строительные работы**

Вид работ/тип транспортного средства	Источник
Расчистка местности/снос зданий	EPA AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emissions Factors, Volume 1, Chapter 13: Miscellaneous Sources
Строительное оборудование/транспортные средства (внедорожные)	EPA NONROAD model
Строительные машины (дорожные)	EPA MOBILE model
Кучи сырьевых материалов (стационарные и расходные)	EPA AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emissions Factors, Volume 1, Chapter 13: Miscellaneous Sources

Асфальтирование	EPA AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emissions Factors, Volume 1, Chapter 4: Evaporation Loss Sources
Бетономешалки	EPA AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emissions Factors, Volume 1, Chapter 11: Mineral Products Industry
Приготовление бетона	EPA AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emissions Factors, Volume 1, Chapter 11: Mineral Products Industry
Сжигание на открытом воздухе	EPA AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emissions Factors, Volume 1, Chapter 2: Solid Waste Disposal
Движение транспортных средств по грунтовым дорогам	EPA AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emissions Factors, Volume 1, Chapter 13: Miscellaneous Sources

8.3 Применительно к Европе информация о коэффициентах эмиссии, связанных с этими видами деятельности, содержится в *Справочнике по кадастрам эмиссии атмосферных загрязняющих веществ ЕМЕП/ЕЕА* (издание 2013 года или последующие), группы 1.A.3, 1.A.4, 2.D, 5.A, 5.C.

8.4 Для целей демонстрации оценку эмиссии ТЧ при открытом хранении сырьевых материалов можно провести на основе приводимого ниже общего уравнения, которое учитывает масштабы работ (т. е. количество используемого материала в течение конкретного периода времени и количество сбросов сыпучих материалов (один раз при погрузке и один раз при разгрузке)). Следует отметить, что коэффициенты эмиссии для различных материалов зависят от типа, размера частиц, содержания мелкозема и влаги в материале.

$$E_{PM} = 2 \times TH \times EF,$$

Ур. 3-A3-7

где:

$E_{PM}$  – эмиссия ТЧ (например, кг);

2 – количество сбросов сыпучих материалов;

TH – общее количество материала;

EF – коэффициент эмиссии (например, г).

8.5 Ниже приводится пример применения этой формулы к выполнению строительных работ в аэропорту. Допустим, что выполнение строительных работ связано с перемещением 100 т известняка. Если содержание влаги составляет примерно 0,2 %, аэродинамический размер частиц – 0,45 мкм, а средняя скорость ветра – 20 км/ч, то при коэффициенте эмиссии, составляющем 54 г/т, масса образуемых ТЧ будет составлять:

$$2 \times 100 \text{ т} \times 54 \text{ г/т} = 10\,800 \text{ г (т. е. 0,01 т)}.$$

8.6 Еще одним характерным примером эмиссии при выполнении строительных работ является использование внедорожных транспортных средств. Уравнение, позволяющее получить оценочные данные о загрязняющих веществах, образуемых в результате такого вида строительных работ, учитывает тип оборудования (например, бульдозер, шарнирно-сочлененный грузовой автомобиль), мощность оборудования (т. е. мощность в л. с.), коэффициент загрузки оборудования (т. е. отношение загрузки в течение установленного периода времени к пиковой загрузке) и время работы (т. е. часы).

8.7 Для целей демонстрации оценку эмиссии выхлопных газов строительных машин и оборудования можно провести на основе следующего уравнения:

$$E = H \times EF \times LF \times T,$$

Ур. 3-A3-8

где:

E – эмиссия (например, г/день);

H – мощность оборудования, выраженная в л. с.;

EF – коэффициент эмиссии (например, г/л. с. · ч);

LF – коэффициент загрузки (%);

T – общее время работы (ч).

8.8 Ниже приводится пример применения этой формулы в отношении бульдозера. Допустим, аэропортовый подрядчик использует бульдозер мощностью 400 л. с. 3 ч в день 15 дней в месяц в течение 1 года, а средний коэффициент загрузки оборудования составляет 59 %. Если коэффициент эмиссии бульдозера составляет 9,6 г/л. с. · ч, то масса эмиссии NO<sub>x</sub> составит:

$$400 \text{ л. с.} \times 9,6 \text{ г/л. с.} \cdot \text{ч} \times 0,59 \times 540 \text{ ч} = 1\,223\,424 \text{ г (т. е. 1,2 т)}.$$

---



## Добавление 4 к главе 3

# ЭМИССИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

### 1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 Эмиссия наземных транспортных средств, используемых в аэропортах, может составлять значительную часть общей эмиссии, связанной с деятельностью аэропорта. Инструктивные указания, содержащиеся в настоящем добавлении, акцентируют свое внимание на подходах и методах составления кадастров эмиссии дорожных автотранспортных средств, осуществляющих операции в зонах общего доступа и контролируемых зонах аэропортов. В настоящем добавлении также рассматриваются данные и другие дополнительные сведения, необходимые для подготовки этих оценок. Не исключено, что аэропортам потребуется учитывать в своих кадастрах другие системы наземного транспорта, эмиссия которых может быть связана с деятельностью аэропорта (например, дизельные поезда, обеспечивающие железнодорожное сообщение с аэропортом).

1.2 К числу дорожных автотранспортных средств, предназначенных для движения в зоне общего доступа, относятся: такси, автофургоны, автобусы и частные автомобили, малотоннажные и большегрузные автомобили, а также мотоциклы и мотороллеры, курсирующие по внутренней сети дорог аэропорта и в пределах автостоянок. Дорожные автотранспортные средства контролируемой зоны в основном осуществляют движение в охраняемой зоне аэропорта (т. е. зоне прибытия и вылета воздушных судов). В состав этих транспортных средств могут входить автобусы для перевозки членов экипажа и пассажиров, специальные транспортные средства для обслуживания воздушных судов/аэропорта и другие транспортные средства, оценка эмиссии которых выполняется так же, как и для транспортных средств, осуществляющих движение в зонах общего доступа аэропорта (т. е. автомобили, разработанные на основе шасси, используемых на дорогах общего пользования, а в контролируемой зоне эти транспортные средства осуществляют движение таким же образом, как и по дорогам общего пользования). Описание подходов к оценке эмиссии НВО приводится в добавлении 2.

1.3 В последующих разделах рассматриваются три метода расчета эмиссии автотранспортных средств: простой метод, усовершенствованный метод и детальный метод, для каждого из которых характерно повышение уровня детализации входных данных и сложности расчетов.

1.4 Все три подхода основаны на методе средней скорости транспортного средства, который широко применяется для расчета эмиссии дорожного движения при составлении кадастров мезоуровня (т. е. район) и макроуровня (т. е. город или регион), в рамках которых должна учитываться эмиссия аэропортов и проводиться ее сравнение. Общеизвестно, что при движении транспортных средств на малых скоростях, моделям средних скоростей присущи ограничения, обусловленные изменением транзитных скоростей. На результаты прогона этих моделей также оказывает влияние наличие вспомогательных данных из внешних источников.

### 2. ПАРАМЕТРЫ

2.1 В зависимости от метода (т. е. простой, усовершенствованный или детальный) для проведения оценки эмиссии автотранспортных средств необходимы некоторые или все рассматриваемые ниже параметры с различной степенью их детализации.

2.2 Несмотря на то что цель настоящего инструктивного материала заключается в подготовке кадастров эмиссии, читателю следует иметь в виду, что в конечном итоге может также потребоваться проведение исследования в области качества воздуха с использованием моделей дисперсии. В этом контексте в рамках моделей качества воздуха часто применяются модели дорожного движения, охватывающие лишь незначительное количество необходимых входных параметров, поэтому аналитикам необходимо проводить оценку отсутствующих параметров с использованием других средств.

2.3 Вполне очевидно, что одни параметры будут оказывать большее влияние на результаты, чем другие. В этой связи для определения относительной значимости каждого параметра можно использовать систему их классификации. Система классификации позволяет определить приоритеты в области сбора входных данных для составления кадастра.

2.4 Ниже приводится пример системы классификации, основанной на опыте, накопленном в лондонском аэропорту Хитроу<sup>1</sup>. В перечне в порядке значимости указаны параметры, оказывающие влияние на результаты составления кадастра. Основные категории перечислены в порядке их значимости.

- a) Категория 1 — протяженность дорожной сети.
- b) Категория 2 — поток движения (моделируемые периоды – профили).
- c) Категория 3 — численность и состав парка.
- d) Категория 4 — скорости дорожного движения.
- e) Категория 5 — дорожные заторы.
- f) Категория 6 — конечный пункт поездки.
- g) Категория 7 — другие параметры движения.

В последующих разделах также рассматриваются некоторые другие аспекты каждой категории.

#### **Географический масштаб: протяженность дорожной сети**

2.5 Географический масштаб определяет дорожные сети и типы дорог, рассматриваемых в рамках кадастров эмиссии автотранспортных средств. Географический масштаб также используется совместно с выбранным методом для определения типа необходимых для кадастра входных данных.

2.6 Географический масштаб может ограничиваться дорогами и автостоянками в пределах границ аэропорта (контролируемая зона и зона общего доступа) или, в некоторых случаях, распространяться на дороги общего пользования и стоянки автотранспорта, которые "подпитывают" аэропорт и составляют значительную часть движения, связанного с его деятельностью. Выбор географического масштаба для проекта зависит от цели исследования, типа имеющихся входных данных и выбранного метода, что рассматривается ниже:

- a) Простой метод предусматривает совокупное рассмотрение всех дорог для составления общего кадастра, основанного на "общем пройденном расстоянии" (или пробеге транспортных средств в милях (VMT)), с принятием широких допущений относительно состава парка транспортных средств, их возрастной структуры и скорости. Простой метод может быть также ограничен периметром аэропорта без увязки с региональной эмиссией транспортных средств.

---

<sup>1</sup> Department for Transport (United Kingdom), *Project for the Sustainable Development of Heathrow: Air Quality Technical Report*, 19 July 2006.

- b) Усовершенствованный метод предусматривает разбивку результатов по отдельным дорогам в соответствии с уровнем детализации входных данных. Для каждого участка дороги потребуются данные о средних объемах движения или VMT и характерные скорости движения транспортных средств.
- c) Детальный метод составления кадастра, характеризуемого высокой степенью чувствительности к изменениям инфраструктуры и ее назначения, предусматривает использование максимально возможного объема подробных данных относительно дорожной сети, рассматриваемой в рамках исследования. Например, дорожную сеть следует разбивать на участки с постоянным градиентом, что обеспечивает возможность внесения поправок на эмиссию при движении с подъемами и спусками.

2.7 Усовершенствованный и детальный методы могут охватывать движение за пределами аэропорта, непосредственно связанное с деятельностью аэропорта, но осуществляемое вне его территории. Независимо от используемого метода для избежания двойного подсчета эмиссии транспортных средств аналитик не должен учитывать транспортные средства в окрестностях аэропорта, которые включены в кадастры других сторон (движение транзитных транспортных средств по близлежащим дорогам, не связанное с деятельностью аэропорта). Эмиссию транспортных средств, не связанных с деятельностью аэропорта, уместно также рассматривать в контексте оценки качества воздуха в окрестностях аэропорта в зависимости от цели исследования и/или нормативных требований государства, а также региональных и местных полномочных органов.

#### **Временной диапазон: поток движения**

2.8 Временной (т. е. темпоральный) диапазон определяет период осреднения, на который составляется кадастр эмиссии дорожного движения (например, час, день, квартал, год). Обычно выбирается период, составляющий один календарный год, что, наряду с другими причинами, упрощает увязку с данными EI и национальными базами данных о транспортных средствах.

- a) Для простого метода достаточно рассчитать общее годовое количество эмиссии каждого загрязняющего вещества на основе информации о годовых объемах движения, пройденных расстояниях, средних скоростях движения и составе репрезентативного парка.
- b) В рамках усовершенствованного метода временная разрешающая способность позволит провести оценку или выполнить замеры ежедневных и/или часовых изменений условий движения (например, утренние и вечерние пиковые периоды) и состава парка (см. раздел "Численность и состав парка транспортных средств").
- c) В рамках детального метода временная разрешающая способность должна учитывать зависящие от времени профили для определения почасового состава парка на всех дорогах, рассматриваемых в рамках исследования, который, как представляется, образует значительную часть эмиссии, охватываемой кадастром.

#### **Численность и состав парка транспортных средств**

2.9 Как отмечалось ранее, категории связанных с деятельностью аэропорта транспортных средств, обычно включаемых в кадастры эмиссии, охватывают пассажирские автомобили и автофургоны, грузовые автомобили малой и большой грузоподъемности, автобусы, такси и другие моторизованные транспортные средства. Можно подготовить отдельные кадастры для транспортных средств, осуществляющих движение в зонах общего доступа и контролируемых зонах аэропорта. Эмиссию транспортных средств, осуществляющих движение в зонах общего доступа, можно также разбить на дополнительные категории, с тем чтобы распределить ее по типам дорог или объектов (подъездные дороги, места стоянки легковых автомобилей, пассажирские аэровокзалы,

обочины и т. д.). В целом каждый тип транспортного средства можно отнести к одной из следующих четырех категорий:

- a) пассажирские автомобили;
- b) прочие транспортные средства малой грузоподъемности (например, такси, автофургоны, лимузины);
- c) транспортные средства большой грузоподъемности (включая городские и междугородные автобусы);
- d) двухколесные транспортные средства (мотороллеры и мотоциклы).

2.10 Эти категории охватывают широкий диапазон различных типов и возрастной структуры транспортных средств, видов используемого топлива и эксплуатационных характеристик. По этой причине ранее указанные категории часто разбиваются на подклассы по размеру и типу транспортного средства, уровню контроля эмиссии, типу топлива, типу двигателя и эксплуатационному назначению.

2.11 Аналогичным образом, при наличии соответствующих данных об эмиссии и коэффициентов эксплуатационной загрузки в отдельную категорию можно выделить городские и междугородные автобусы. Как отмечалось ранее, транспортные средства контролируемой зоны потребуют особого внимания во избежание двойного подсчета движения, осуществляемого транспортными средствами в зоне общего доступа аэропорта и некоторыми типами НВО.

2.12 Краткая информация об альтернативных вариантах получения данных о составе парка транспортных средств приводится ниже:

- a) При использовании простого метода данные о транспортных средствах можно получить из национальных баз данных, содержащих усредненную информацию о составе/возрастной структуре парка транспортных средств. Для усовершенствованного метода данные можно также получить из национальных отчетов, однако состав/возрастная структура парка, как правило, отражают парк, используемый в аэропорту. В частности, в рамках усовершенствованного метода состав парка транспортных средств можно также определить на основе использования зависимых от времени профилей для различных участков дорог (например, для учета увеличения количества личных автомобилей и автобусов в утренние/вечерние часы, когда персонал аэропорта прибывает или убывает из аэропорта).
- b) В рамках детального метода могут использоваться различные методики определения фактического типа и возрастной структуры транспортных средств с последующим применением полученных результатов в качестве источников данных для проведения исследования или для валидации национальных данных. Использование замеренных данных в контексте аэропорта может оказаться предпочтительным, поскольку национальные данные не всегда отражают типичную возрастную структуру рассматриваемых в рамках исследования транспортных средств на дорогах. Одним из примеров таких методик является использование видеозаписей регистрационных номеров транспортных средств и их сопоставление с учетными данными о номерных знаках для получения точной информации о типе транспортного средства/двигателя, типе топлива и возрастной группе. Дорожное движение следует классифицировать по следующим категориям: пассажиры, персонал аэропорта, техническое обслуживание, строительные работы и грузовые перевозки.

### Средняя скорость и заторы

2.13 Как отмечалось ранее, изложенные в настоящем инструктивном материале альтернативные подходы к расчету эмиссии транспортных средств основаны на использовании средних скоростей в качестве входных данных для проведения анализа. Дорожные заторы являются особым случаем, характеризующимся очень небольшими средними скоростями и возможным образованием эмиссии в виде испарений при работе двигателя на холостом ходу. Оба аспекта рассматриваются ниже.

- a) В рамках простого метода может использоваться общая средняя скорость. Эмиссию при заторах можно определить в пропорции к общему объему движения.
- b) Усовершенствованный метод требует проведения оценки средней скорости на каждом участке дороги и учета временных профилей заторов на основных участках, где имеют место задержки.
- c) Детальный метод может дополнить данные, используемые при усовершенствованном методе, замеренными данными. Однако для определения средней скорости на конкретных участках следует более точно идентифицировать участки дороги. Для каждого участка можно определить среднюю скорость движения транспортных средств каждой категории. Время дорожного затора следует также определять для отдельных участков.

### Пробеговый выброс и другие параметры движения

2.14 Пробеговые выбросы представляют собой эмиссию, связанную с "холодным запуском", производимым в начале поездки, которая аналогична эмиссии топлива "на горячем двигателе" в конце поездки после выключения двигателя транспортного средства и эмиссии в виде испарений (главным образом ЛОС) из топливной системы при использовании и во время стоянки транспортного средства. Эти виды эмиссии транспортных средств рассматриваются в качестве дополнительных и в основном относятся к автостоянкам и обочинам, расположенным за пределами аэровокзалов аэропорта.

### Другие виды эмиссии транспортных средств

2.15 К числу других видов эмиссии транспортных средств относится эмиссия твердых частиц (т. е. ТЧ<sub>10</sub>) дорожных транспортных средств, не связанная с работой двигателя, которая образуется в результате применения систем торможения и износа шин, износа поверхности дорожного покрытия и вторичного подъема ранее осевших частиц. Пространственное распределение этих неорганизованных источников эмиссии будет носить относительно постоянный характер и соответствовать схеме дорожной сети. Однако в тех местах, где обычно осуществляется движение с большим количеством остановок, например с каждой стороны линии "стоп" на перекрестках дорог и на поворотах, масса эмиссии будет увеличиваться. Временные отклонения будут иметь место на ежедневной и сезонной основе, поскольку характеристики движения и вождения изменяются в зависимости от плотности движения и дорожных условий.

2.16 При использовании простого метода какие-либо неорганизованные выбросы не учитываются.

2.17 В рамках усовершенствованного метода могут учитываться значения для зон с интенсивным движением, основных перекрестков и стройплощадок. Для того чтобы каждому участку присвоить значение по умолчанию, дорожную сеть следует подразделить.

2.18 Детальный метод предусматривает учет пробеговых выбросов и эмиссии, не связанной с работой двигателей, по участкам дороги, а также дезагрегацию данных для составления отдельных кадастров по транспортным средствам персонала и пассажиров.

### 3. КОЭФФИЦИЕНТЫ ЭМИССИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

3.1 Коэффициенты эмиссии дорожных транспортных средств представляют собой удельные количества загрязняющих веществ, выбрасываемых при движении транспортного средства по дороге (как правило, они выражаются в граммах или миллиграммах на километр) и/или когда двигатель транспортного средства работает на холостом ходу в течение определенного периода времени (как правило, они выражаются в граммах или миллиграммах в минуту).

3.2 Коэффициенты эмиссии транспортных средств определяются на основе прогона компьютерных моделей или из других баз данных, конкретно предназначенных для определения таких коэффициентов. Эти ресурсы позволяют определить местные коэффициенты эмиссии транспортных средств, которые зависят от внешней температуры, скорости движения, эксплуатационного режима транспортного средства (например, холостой ход, равномерное движение, торможение, ускорение, холодный запуск, горячий запуск и стабилизированный режим), типа/испаряемости топлива, технологии производства транспортных средств, возраста, условий проведения осмотров/технического обслуживания и коэффициента набора километража (км/год).

3.3 Как правило, в рамках среднескоростных моделей коэффициенты эмиссии используются для расчета валового коэффициента эмиссии для участка дороги (г/км) для каждого класса транспортного средства, использующего эту дорогу, и для средней скорости. Применительно к местам стоянок также используются коэффициенты эмиссии, выражаемые в виде г/событие, такое как запуск двигателя. В рамках детального метода коэффициенты эмиссии могут изменяться в зависимости от времени суток/недели с учетом местных климатологических факторов.

3.4 Информация о коэффициентах эмиссии транспортных средств, используемых в аэропортах, имеется в следующих источниках:

- a) United States EPA MOVES;
- b) California's EMFAC2011;
- c) метод CITEPA<sup>2</sup>, основанный на COPERT 4;
- d) метод ALAQS Евроконтроля, основанный на COPERT 4; и
- e) метод LASPORT, основанный на Справочнике по факторам эмиссии автомобильного транспорта (HBEFA).

### 4. РАЗНОВИДНОСТИ МОДЕЛЕЙ ОЦЕНКИ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЭМИССИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

4.1 Модели эмиссии транспортных средств, перечисленные в п. 3.4, служат источником информации о текущих и будущих коэффициентах эмиссии дорожных транспортных средств, однако первоначально они предназначались для осуществления контроля за соблюдением национального и/или местного законодательства в области качества воздуха (MOVES, CITEPA). Эти модели позволяют оценить эмиссию ряда содержащихся в выхлопных газах загрязняющих веществ, включая CO, HC, NO<sub>x</sub>, ТЧ (в некоторых случаях также количество частиц), SO<sub>x</sub>, отдельные виды ОЗВ и CO<sub>2</sub>. Во многих случаях также предоставляется информация об эмиссии в виде испарений топлива и эмиссии ТЧ, образуемой в результате применения тормозов и износа шин.

4.2 Загрязняющие вещества, входящие в состав эмиссии дорожных транспортных средств, подразделяются на регулируемые и нерегулируемые. В таблицах 3-А4-1 и 3-А4-2 указаны обычно моделируемые виды загрязняющих веществ. При выборе модели важно иметь в виду, что в рамках некоторых моделей эмиссии

---

2. Межсекторальный технический центр по изучению загрязнения атмосферы (CITEPA), Франция.

транспортных средств информация о загрязняющих веществах будет представляться различным образом; например, если одни модели могут предусматривать разбивку углеводородов и летучих загрязняющих веществ, то другие могут объединять их в одну категорию загрязняющих веществ. В число других, не включенных загрязняющих веществ, входит свинец, поэтому в тех случаях, когда этилированное топливо по-прежнему используется и имеется информация о коэффициенте эмиссии этилированного топлива, эмиссию свинца необходимо рассчитывать.

4.3 В таблице 3-A4-1 указаны загрязняющие вещества, на которые распространяется законодательство в области качества воздуха в одном или нескольких государствах.

4.4 Как указано в таблице 3-A4-2, при наличии соответствующих индексов некоторые модели позволяют получить информацию по расширенному перечню загрязняющих веществ.

**Таблица 3-A4-1. Базовый перечень загрязняющих веществ: регулируемые**

Загрязняющее вещество	Примечания
CO	
HC	Некоторые модели позволяют получить результаты по составляющим загрязняющих веществ – см. расширенный перечень загрязняющих веществ ниже.
NO <sub>x</sub> (NO <sub>2</sub> + NO)	Некоторые модели позволяют отдельно представить информацию по NO <sub>2</sub> и NO.
SO <sub>x</sub>	
ТЧ <sub>10</sub>	
ТЧ <sub>2,5</sub>	Могут быть включены в отчет по ТЧ <sub>10</sub> .

**Таблица 3-A4-2. Расширенный перечень загрязняющих веществ: нерегулируемые**

Загрязняющее вещество	Примечания
1,3-бутадиен	
Ацетальдегид	
Акролеин	
Бензол	
CO <sub>2</sub>	В рамках некоторых моделей будет рассчитываться масса израсходованного топлива (следовательно, можно определить массу эмиссии CO <sub>2</sub> ), однако поскольку CO <sub>2</sub> не является газом, учитываемым при определении местного качества воздуха (LAQ), она включена в расширенный перечень.
CH <sub>4</sub>	
Cu	
CHCO	
НСВ	Может быть включено в HC.
N <sub>2</sub> O	

Загрязняющее вещество	Примечания
NH <sub>3</sub>	
MTBE	
PAH : BaP, BbF, BkF, IndPy	Может быть включено в HC.
PCDD-F	Может быть включено в HC.
TSP	

## 5. РАСЧЕТЫ

5.1 В настоящем разделе рассматриваются три метода (простой, усовершенствованный и детальный) и приводятся формулы, которые можно использовать для получения общих оценок эмиссии транспортных средств, осуществляющих движение по дорогам, связанным с аэропортом, автостоянкам и стоящим на обочинах с работающими двигателями.

5.2 Имеется много различных методов расчета эмиссии транспортных средств, однако в контексте аэропортов наиболее целесообразно использовать три рассматриваемых в настоящем инструктивном материале метода, основанных на средней скорости движения транспортного средства. Однако окончательный выбор метода расчета будет зависеть от масштаба кадастра и имеющихся входных данных.

5.3 Выбор метода расчета зависит от цели анализа и комплексности имеющихся входных данных для проведения исследования.

- a) **Простой.** Приемлем для так называемого нисходящего подхода. В рамках простого метода совокупная эмиссия определяется на основе данных об общем количестве пройденных транспортными средствами километров с учетом общей длины всех дорог в пределах установленного для исследования района; для этого используются опубликованные данные о составе национального парка транспортных средств, базисный год и ежегодный средний километраж по классам транспортных средств.
- b) **Усовершенствованный.** При использовании усовершенствованного метода участки дорог определяются индивидуально на основе таких параметров, как длина, средняя скорость и состав парка транспортных средств. Для описания суточного потока движения (например, временные вариации) по каждому участку дороги могут использоваться профили активности.
- c) **Детальный.** Для использования детального метода необходим самый большой объем данных ("восходящий" подход). Валовая эмиссия определяется путем суммирования почасовых данных о движении по отдельным участкам дорог, которые независимо определяются для фактического (например, замеренного) количества транспортных средств каждого типа, осуществляющих движение по данному участку дороги, с учетом их возраста и характеристик двигателей. В расчетах может также учитываться подробная информация о дорожной сети, включая градиенты и характеристики дорожного покрытия. Затем можно также определить валовую эмиссию, образуемую в результате движения транспортных средств по каждому участку дороги, за конкретный период (т. е. один час, одна неделя и один год).

### Простой метод

5.4 Для целей демонстрации оценку эмиссии по простому методу можно провести на основе следующего общего уравнения:

$$E = RL \times NV \times EF,$$

Ур. 3-A4-1

где:

E – эмиссия (например, г);

RL – длина дороги (например, км);

NV – количество транспортных средств на дороге по классам, возрасту и скорости;

EF – коэффициент эмиссии, учитывающий класс транспортного средства, возраст и скорость (например, г/пройденные машино-километры).

5.5 Ниже приводится пример применения этой формулы для расчета уровня эмиссии на основе простого метода. Допустим, что длина дороги составляет 5 км. В течение 24-часового периода по этой дороге проехало 100 000 транспортных средств со средней скоростью 35 км/ч. В составе парка этих транспортных средств 80 % приходится на пассажирские автомобили, 10 % на автомобили малой грузоподъемности, 5 % – на автомобили большой грузоподъемности и 5 % – на двухколесные транспортные средства. Кроме того, в течение рассматриваемого периода (например, 24 часа) средняя температура составляла 21 °С. Допустим, что коэффициент эмиссии CO составляет 30 г/км, тогда валовая эмиссия CO при движении по данной дороге рассчитывается следующим образом:

$$5 \text{ км} \times 100\,000 \text{ транспортных средств} \times 30 \text{ г/км} = 15\,000\,000 \text{ г CO (т. е. 15 т)}.$$

#### Усовершенствованный метод

5.6 Для целей демонстрации оценку эмиссии по усовершенствованному методу при движении в городских условиях можно провести на основе следующего уравнения:

$$E_{\text{total}} = (RL_1 \times NV_1 \times EF_1) + (RL_2 \times NV_2 \times EF_2) + (RL_n \times NV_n \times EF_n),$$

Ур. 3-A4-2

где:

 $E_{\text{total}}$  – валовая эмиссия при движении по всем участкам дороги (например, г); $RL_{1..n}$  – длина дороги (например, км); $NV_{1..n}$  – количество транспортных средств на дороге с разбивкой по классам, возрасту и скорости; $F_{1..n}$  – коэффициент эмиссии, учитывающий класс, возраст и скорость транспортного средства (например, г/пройденные машино-километры).

5.7 Ниже приводится пример применения этой формулы для расчета уровня эмиссии на основе усовершенствованного метода. Допустим, что в пределах установленного для исследования района имеются две дороги. Длина одной дороги составляет 2,4 км, а другой – 2,6 км. В течение 24-часового периода по более короткой дороге проходит 60 000 транспортных средств, а по более длинной – 40 000 транспортных средств. Средняя скорость движения по каждой из дорог составляет 35 км/ч.

5.8 На более короткой дороге в составе парка транспортных средств 80 % приходится на пассажирские автомобили, 10 % – на автомобили малой грузоподъемности, 5 % – на автомобили большой грузоподъемности и 5 % – на двухколесные транспортные средства. На более длинной дороге в составе парка транспортных средств

75 % приходится на пассажирские автомобили, 15 % – на автомобили малой грузоподъемности и 10 % – на автомобили большой грузоподъемности. В течение рассматриваемого периода (24 часа) средняя температура составляла 21 °С.

5.9 Допустим, что коэффициент эмиссии CO на более короткой дороге составляет 30 г/км, а коэффициент эмиссии CO на более длинной дороге – 35 г/км, тогда валовая эмиссия CO на участках дороги рассчитывается следующим образом:

$$(2,4 \text{ км} \times 60 \text{ 000 транспортных средств} \times 30 \text{ г/км}) + (2,6 \text{ км} \times 40 \text{ 000 транспортных средств} \times 35 \text{ г/км}) = 7 \text{ 960 000 г CO (т. е. 7,96 т).}$$

#### Детальный метод

5.10 Формула, использовавшаяся в усовершенствованном методе, будет также использоваться в рамках детального метода, что демонстрируется на следующем примере (единственное различие заключается в количестве и масштабах необходимых данных).

5.11 Допустим, что в сутки в утренний час пик по дороге длиной 1,5 км проходит 5000 транспортных средств. В вечерний час пик по той же дороге проходит 7000 транспортных средств. В течение каждого оставшегося часа суток по дороге проходит 25 % от объема движения в утренний час пик (1250 транспортных средств).

5.12 Средняя скорость движения по дороге в утренний час пик составляет 45 км/ч, а в течение вечернего часа пик – 30 км/ч. Несмотря на то, что объем и скорость движения колеблются, по будним дням парк транспортных средств остается неизменным и в его составе 80 % приходится на пассажирские автомобили, 10 % – на автомобили малой грузоподъемности, 5 % – на автомобили большой грузоподъемности и 5 % – на двухколесные транспортные средства. По выходным дням эти соотношения изменяются следующим образом: 80 % – пассажирские автомобили, 10 % – автомобили малой грузоподъемности, 8 % – автомобили большой грузоподъемности и 2 % – двухколесные транспортные средства. Из 80 % автомобилей, осуществляющих движение по будним дням, 40 % приходится на долю персонала, приезжающего на работу, а 60 % – на долю пассажиров.

5.13 В утренний час пик средняя температура составляет 4 °С, а в вечерний час пик – 21 °С. В течение каждого оставшегося часа суток температура составляет 10 °С.

5.14 Допустим, что в утренний час пик взвешенный коэффициент эмиссии CO (учитывающий состав парка, тип транспортных средств, возраст и тип топлива) составляет 30 г/км, коэффициент в вечерний час пик составляет 20 г/км, а коэффициент эмиссии в течение каждого оставшегося часа суток составляет 25 г/км, тогда общая масса эмиссии CO при движении по участкам дороги рассчитывается следующим образом:

$$(1,5 \text{ км} \times 5 \text{ 000 транспортных средств} \times 30 \text{ г/км}) + (1,5 \text{ км} \times 7 \text{ 000 транспортных средств} \times 20 \text{ г/км}) + (22 \text{ ч} \times (1,5 \text{ км} \times 1 \text{ 250 транспортных средств} \times 25 \text{ г/км})) = 1 \text{ 466 250 г CO (т. е. 1,47 т).}$$

5.15 В приведенном примере рассматривается один участок дороги. Такой расчет необходимо повторить для всех участков дороги с учетом состава парка, скоростей движения и т. д. Наконец, в данном примере сделано допущение о том, что коэффициент эмиссии на каждом участке дороги остается постоянным. При использовании детального метода делается допущение о том, что ежедневные и сезонные колебания носят постоянный характер.

### Обочины и автостоянки

5.16 За одним исключением, формулы и методы, которые ранее рассматривались применительно к дорогам, можно также использовать для оценки эмиссии транспортных средств, стоящих на обочинах дорог у аэропортов с работающими двигателями, и транспортных средств, движущихся/работающих на холостом ходу на стоянках (например, в гаражах и на внешних парковках). Вместо использования коэффициентов эмиссии, основанных на расстоянии, эти параметры основаны на времени или событии и учитывают горячие и холодные запуски, горячее просачивание (работа двигателя при стоянке у обочины) и эмиссию в виде испарений.

5.17 Для целей демонстрации оценку эмиссии транспортных средств, работающих на холостом ходу у обочин и осуществляющих движение/работающих на холостом ходу на местах стоянки, можно рассчитать на основе следующего общего уравнения:

$$E_{total} = (TD_m \times NV_m \times EF_m) + (T \times NV_1 \times EF_1), \quad \text{Ур. 3-А4-3}$$

где:

- $E_{total}$  – валовая эмиссия всех движущихся и работающих на холостом ходу транспортных средств (например, г);
- $TD_m$  – пройденное расстояние (например, км);
- $NV_m$  – количество транспортных средств на дороге с разбивкой по классам, возрасту и скорости;
- $EF_m$  – коэффициент эмиссии для подвижных (движущихся) транспортных средств с учетом класса, возраста и скорости движения транспортного средства (например, г/пройденные машино-километры);
- $T$  – время простоя (например, мин), в течение которого транспортное средство не движется;
- $NV_1$  – количество транспортных средств, работающих на холостом ходу, с разбивкой по классам, возрасту и скорости;
- $EF_1$  – коэффициент эмиссии при работе на холостом ходу, учитывающий класс, возраст и скорость транспортного средства (например, г/мин).

5.18 Ниже приводится пример применения этой формулы для расчета уровня эмиссии в районе обочины на основе простого метода. Допустим, что длина обочины составляет 0,2 км. В течение суток по дороге рядом с обочиной проходит 2000 транспортных средств со средней скоростью 25 км/ч. В составе парка транспортных средств 95 % приходится на пассажирские автомобили и 5 % на автомобили малой грузоподъемности. При погрузке/выгрузке водителями багажа пассажиров каждое транспортное средство работает на холостом ходу в течение 2 мин. Средняя дневная температура составляет 21 °С. Допустим, что коэффициент эмиссии СО движущегося транспортного средства составляет 30 г/км (соответствует коэффициенту эмиссии при движении транспортного средства со скоростью 25 км/ч), а коэффициент эмиссии СО при работе на холостом ходу составляет 4 г/мин, тогда валовая эмиссия СО в районе обочины рассчитывается следующим образом:

$$(0,2 \text{ км} \times 2\,000 \text{ транспортных средств} \times 30 \text{ г/км}) + (2 \text{ мин} \times 2\,000 \text{ транспортных средств} \times 4 \text{ г/мин}) = 28\,000 \text{ г СО (т. е. 0,028 т)}.$$



## Приложение А к дополнению 4

### СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО МОДЕЛИРОВАНИЮ ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Управление транспорта и качества воздуха (ОТАQ) EPA разработало имитатор эмиссии транспортных средств (MOTOR Vehicle Emission Simulator, MOVES). Эта новая система моделирования эмиссии оценивает эмиссии мобильных источников, охватывая широкий спектр загрязняющих веществ, и позволяет проводить многоуровневый анализ. В настоящее время с помощью MOVES проводится оценка эмиссии автомобилей, грузовиков и мотоциклов. Имитатор доступен по адресу: <http://www.epa.gov/otaq/models/moves/index.htm> (по состоянию на июнь 2020 года).

EMFAC является инструментом составления кадастров эмиссии мобильных источников, используемый Советом по воздушным ресурсам Калифорнии (CARB) для оценки совокупности мобильных источников, их поведения и эмиссии. CARB выпустил EMFAC2011 – официальную модель для оценки эмиссии дорожных автомобилей, грузовиков и автобусов в Калифорнии. Этот инструмент можно найти по адресу: <https://arb.ca.gov/emfac/2011/> (по состоянию на июнь 2020 года).

COPERT 4 – это программа Microsoft Windows, используемая для расчета эмиссии загрязняющих веществ автомобильного транспорта в атмосферу. Методика COPERT 4 полностью соответствует разделу, посвященному автомобильному транспорту, в издании *Справочника по кадастрам эмиссии атмосферных загрязняющих веществ EMEP/EEA* 2019 года. Использование программного инструмента для расчета эмиссии автомобильного транспорта обеспечивает прозрачность и стандартизацию, а следовательно, последовательность и сопоставимость собираемых данных, а также соответствие процедуры отчетности об эмиссии требованиям международных конвенций и протоколов и законодательства ЕС. Информация доступна по адресу: <http://copert-4.software.informer.com/8.0/> (по состоянию на июнь 2020 года).

Справочник по факторам эмиссии автомобильного транспорта (HBEFA) содержит коэффициенты эмиссии для всех существующих категорий транспортных средств (легковые автомобили, транспортные средства малой грузоподъемности, грузовые автомобили, городские автобусы, туристические автобусы и мотоциклы). Каждая категория транспортных средств разделена на подкатегории для самых разных дорожных ситуаций. Включены коэффициенты эмиссии для всех регламентируемых и наиболее важных нерегламентируемых загрязняющих веществ, а также потребление топлива и CO<sub>2</sub>. Инструмент доступен по адресу: [www.hbefa.net](http://www.hbefa.net) (по состоянию на июнь 2020 года).



## Глава 4

# ВРЕМЕННÓЕ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭМИССИИ

### 4.1 ВВЕДЕНИЕ

4.1.1 В аэропорту эмиссия образуется в различных местах и в различные периоды времени, что зависит от назначения и эксплуатационных характеристик источника. Например, стационарные источники, такие как генераторы или отопительные установки, осуществляют выбросы с фиксированных позиций, и они могут быть непрерывными или периодическими. Для сравнения, эмиссия воздушных судов является более подвижной, поскольку она образуется в различных зонах аэропорта, в различное время дня и имеет различную интенсивность. Эмиссия воздушных судов при взлете и посадке образуется за пределами аэропорта на высотах, достигающих местной высоты перемешивания, которая часто принимается равной 1000 м, или 3000 фут. Это приводит к тому, что для дисперсии эмиссии становится характерным не только временнóе, но и пространственное, трехмерное распределение<sup>1</sup>. Другие подвижные источники обычно ограничиваются общей зоной, но в этой зоне они перемещаются и в течение дня интенсивность их перемещения изменяется. Оценка такой изменчивости местоположений и плотности эмиссии необходимо проводить путем определения временнóго и пространственного распределения эмиссии. Это особенно актуально в тех случаях, когда моделирование дисперсии проводится в рамках анализа качества воздуха в целом. В зависимости от конфигурации источника моделирования дисперсии (например, точечный, линейный, объемный или площадной) для определения характера распределения эмиссии может потребоваться различная информация. В настоящей главе рассматривается процесс распределения эмиссии в окрестностях аэропортов.

4.1.2 В целом, задачи оценки распределения аэропортовой эмиссии заключаются в следующем:

- a) определение пространственной плотности (распределения) эмиссии;
- b) определение временнóых характеристик эмиссии (время дня и общее время выбросов);
- c) оценка зон аэропорта, в которых имеются источники выбросов конкретных видов загрязняющих веществ;
- d) определение горячих зон на территории аэропорта;
- e) разработка входных данных для моделирования дисперсии.

4.1.3 Процесс определения характера распределения эмиссии тесно увязан с процессом составления кадастров эмиссии в целом и моделирования дисперсии, если оно проводится. Соответственно, вместо повторения информации в настоящем разделе будут часто делаться ссылки на главу 3.

---

<sup>1</sup> Следует отметить, что при проведении анализа в аэропортах вместо термина "распределение" часто используется термин "распространение". Однако в глобальном смысле термин "распространение" может иметь иное значение, поэтому в настоящем документе он не используется.

4.1.4 При проведении анализа качества воздуха в аэропортах определение характера распределения эмиссии может проводиться в различные периоды времени или не проводиться совсем. Например, в одних аэропортах это осуществляется совместно с составлением кадастров эмиссии. В других аэропортах определение характера распределения эмиссии не проводится до начала моделирования дисперсии. Причина заключается в том, что кадастр эмиссии охватывает общую массу, образуемую в аэропорту в целом, с разбивкой по типам источников и загрязняющих веществ, и этого может быть вполне достаточно. Другим вариантом является специализированный кадастр, в рамках которого определяется временное и пространственное распределение эмиссии, что позволяет получить дополнительную информацию, которую можно использовать для проведения анализа тенденций, моделирования дисперсии или смягчения последствий воздействия эмиссии. На начальном этапе составления кадастра эмиссии необходимые для такого анализа подробные данные могут отсутствовать, что может привести к задержке выполнения работ.

4.1.5 В целом, процесс определения характера распределения аэропортовой эмиссии состоит из следующих этапов:

- a) формулировка цели определения характера распределения (например, плотность эмиссии, изменчивость эмиссии или моделирование дисперсии);
- b) сбор характерной для конкретных источников подробной информации о пространственном и временном распределении;
- c) обеспечение гарантии качества данных о пространственном и временном распределении;
- d) распределение источников по конкретным зонам, времени суток и продолжительности действия;
- e) составление кадастра эмиссии, о чем говорится в главе 3, с указанием источников, зон и времени суток;
- f) обобщение данных и подготовка отчета о результатах.

4.1.6 Если в конечном итоге полученные данные используются для моделирования дисперсии, то подход к оценке пространственного и временного распределения эмиссии часто диктуется требованиями модели дисперсии и соответствующими метеорологическими данными. Как правило, концентрации, полученные в результате прогона модели дисперсии, потребуются для демонстрации годовых, 8 и 24-часовых средних значений с указанием количества превышений пределов в течение этих периодов времени, о чем говорится в пп. 4.2.4–4.2.6 настоящей главы. Может также потребоваться обеспечить совместимость геопространственного представления с результатами региональных или национальных оценок, а во избежание задержек выбор соответствующей основы необходимо осуществлять очень тщательно.

## 4.2 ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ, КАСАЮЩИЕСЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭМИССИИ

4.2.1 Поскольку распределение эмиссии определяет ее пространственное представление, первая задача заключается в сборе оперативных данных и информации о местоположении каждого источника на территории или вблизи аэропорта. Ранее описание характерных видов эмиссии загрязняющих веществ в аэропортах приводилось в разделе 3.3 главы 3, а описание источников – в разделе 3.4 главы 3. Часто распределение эмиссии проводится совместно со сбором первоначальных данных для кадастра эмиссии, о чем ранее говорилось в главе 3, однако это делается не всегда. Причина определения характера распределения эмиссии в качестве самостоятельной задачи заключается в том, что для кадастра эмиссии местоположение источников и время выбросов не имеют значения, поэтому эту работу можно выполнить без определения характера распределения. При необходимости определить характер распределения можно на более позднем этапе. В некоторых странах, таких как Соединенные Штаты Америки, если не происходит увеличение массы эмиссии или не выполняются какие-либо крупные работы

(например, строительство нового аэропорта, ВПП или РД), вполне достаточно иметь общий кадастр эмиссии. В этих случаях иногда требуется провести моделирование дисперсии, тогда характер распределения эмиссии, как правило, определяется совместно с реализацией задачи по моделированию дисперсии. Если известно, что при составлении кадастра эмиссии необходимо провести оценку распределения, то в целом представляется более эффективным выполнить эту работу в качестве составной части первоначальной задачи.

4.2.2 В различных аэропортах дополнительная информация, необходимая для оценки пространственного и временного распределения, может существенно варьироваться. Например, время руления воздушных судов зависит от конфигурации ВПП и РД, длины очередей, конфигурации посадочных галерей и типов воздушных судов. Поскольку эксплуатационные и рабочие характеристики большинства аэропортов различны, время в режиме руления будет также различаться, и его необходимо определять на индивидуальной основе. Наилучшая практика предусматривает максимально возможное использование данных, характерных для конкретных аэропортов (т. е. использование фактического времени руления в течение каждой операции). Расписания аэропортов также неоднородны, поэтому фактическая эмиссия имеет место в различные периоды времени. Это приводит к необходимости сбора данных для каждого конкретного аэропорта, хотя в некоторых случаях можно использовать упрощенные процедуры и допущения.

4.2.3 Зачастую в процессе сбора данных аналитику в области качества воздуха приходится обращаться в различные организации за получением необходимой информации. В таблицах 4-1 и 4-2 приводится перечень возможных организаций для получения такой информации с разбивкой по типам источников эмиссии. В максимально возможной степени данные должны отражать конкретный период времени и место для характерного рабочего дня. Имеет место разброс этих параметров, однако иногда количественно определить его довольно трудно, поэтому наиболее часто анализируются условия "типичного" или "среднего дня". В некоторых аэропортах могут иметь место сезонные отклонения, которые также необходимо учитывать.

4.2.4 Для каждого источника эмиссии выделяется конкретный период времени с учетом его расположения в аэропорту. Часовые периоды времени рассматриваются чаще, чем 24-часовой средний день, что обусловлено требованиями моделирования дисперсии. В течение всего часа источник может не работать, а в случае подвижных источников их местоположение в аэропорту может изменяться. Это необходимо учитывать при оценке распределения. Определять эмиссию можно путем дробления периода оценки или использования коэффициентов. Каждый метод будет давать аналогичные результаты.

**Таблица 4-1. Источники данных о пространственном распределении эмиссии**

Источник эмиссии	Возможный источник получения информации
ВПП/РД/посадочные галереи аэропорта	Карты Орtofотоснимки Общие планы территории аэропорта (ALP) Файлы географических информационных систем (GIS) Результаты полевых съемок
Стационарные источники	Карты Файлы GIS Орtofотоснимки Эксплуатационная служба аэропорта Эксплуатанты с постоянным местом базирования Служба технического обслуживания Результаты полевых съемок

Источник эмиссии	Возможный источник получения информации
Подвижные источники контролируемой зоны	Генеральный план Отчеты о результатах замеров уровней шума Эксплуатационная служба аэропорта Служба технического обслуживания Результаты полевых съемок Хэндлинговые компании/агенты
Подвижные источники зоны общего доступа	Генеральный план Отчеты о результатах замеров уровней шума Эксплуатационная служба аэропорта Служба технического обслуживания Результаты полевых съемок Региональные полномочные органы
Нестандартные источники	Генеральный план Эксплуатационная служба аэропорта Служба технического обслуживания Отдел безопасности полетов аэропорта Служба безопасности аэропорта Результаты обследований эксплуатантов с постоянным местом базирования Результаты полевых съемок

Таблица 4-2. Источники данных о временном распределении эмиссии

Источник эмиссии	Возможный источник получения информации
Стационарные источники	Генеральный план Отчеты о результатах замеров уровней шума Графики/статистическая информация о поставках топлива Отчеты о потреблении топлива Эксплуатационная служба аэропорта Служба технического обслуживания Результаты обзоров эксплуатантов с постоянным местом базирования
Воздушные суда	OAG Информация о расписании авиакомпаний; расписание рейсов аэропорта Регистрационные журналы аэродромных диспетчерских пунктов Авиакомпании Расписание грузовых перевозок Отчеты о результатах замеров уровней шума Результаты наблюдений
Подвижные источники контролируемой зоны	Расписание движения воздушных судов Авиакомпании Поставщики обслуживания Генеральный план Служба эксплуатации аэропорта

Источник эмиссии	Возможный источник получения информации
	Служба технического обслуживания Результаты наблюдений Хэндлинговые компании
Подвижные источники зоны общего доступа	Генеральный план Расписание движения общественного транспорта Результаты подсчета количества транспортных средств на автостоянках Графики работы сотрудников Расписание грузовых перевозок Результаты подсчета объемов дорожного движения Информация о допустимой скорости движения Результаты замеров скорости дорожного движения Эксплуатационная служба аэропорта Служба технического обслуживания Служба безопасности аэропорта Результаты наблюдений/полевых съемок
Нестандартные источники	Генеральный план Эксплуатационная служба аэропорта Служба технического обслуживания Отдел безопасности полетов аэропорта Служба безопасности аэропорта Результаты обследований эксплуатантов с постоянным местом базирования Результаты полевых съемок

4.2.5 В тех случаях, когда цель заключается лишь в оценке распределения эмиссии, эмиссия локализуется по зонам или сеткам выполняемых операций для каждого выбранного временного приращения. Определение зон или сеток будет зависеть от источника и характерной для него рабочей зоны (например, тягачи, используемые для буксировки воздушных судов хвостом вперед, как правило, постоянно работают в конкретных зонах в районе посадочных галерей аэровокзала). Окончательные результаты могут выражаться часовыми, суточными, недельными, месячными или годовыми показателями, однако, как отмечалось ранее, наиболее часто используется один час, что обусловлено требованиями, предъявляемыми к входным данным моделирования. Затем конечные результаты можно использовать для оценки изменений плотности эмиссии в аэропорту, анализа горячих точек оценки, изменения параметров эмиссии или сравнения тенденций.

4.2.6 В тех случаях, когда цель заключается в моделировании дисперсии, требуемые для модели дисперсии входные данные обуславливают необходимость локализации эмиссии. Для определения наилучшего часа суток или наиболее длительного последовательного периода часов, в зависимости от загрязняющего вещества и соответствующих правил, общепринятая практика заключается в прогнозировании концентраций в течение одного часа. Это позволяет получить локальные данные о концентрации в окружающей среде, которые можно использовать для определения влияния на здоровье или общественное благосостояние. Как отмечалось ранее, наиболее характерными периодами времени являются 1 час, 8 часов, 24 часа и год. В аэропортах ЕС законодательством предписывается количество замеров концентрации в год (в течение, как отмечалось выше, различных периодов времени, например, определение средних показателей в течение 24 часов/8 часов/1 часа). В процессе моделирования дисперсии это необходимо учитывать.

### 4.3 ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ<sup>2</sup>

4.3.1 В этом случае также применяется процедура, рассматривавшаяся в главе 3. Разница заключается в том, что общий кадастр разбивается на менее крупные кадастры для конкретных зон. Согласно ЕРА Соединенных Штатов Америки, "поскольку моделирование качества воздуха ставит своей целью воспроизвести фактические физические и химические процессы, рассматриваемые в рамках кадастров эмиссии, важно максимально точно определить физическое местоположение источника эмиссии. В идеальной ситуации физическое местоположение всех источников эмиссии будет точно известно. Однако в реальных условиях пространственное распределение эмиссии в процессе моделирования лишь приблизительно учитывает фактическое местоположение источника эмиссии". Проблема необходимой аппроксимации характерна не только для Соединенных Штатов Америки, она имеет место во всех аэропортах. Это особенно актуально для аэропортов с ежедневным изменением интенсивности деятельности. Однако плотность пространственной эмиссии все-таки можно определить для усредненного периода. Процесс начинается с принятия решения относительно районов, участков или зон локализации эмиссии в зависимости от предполагаемой цели использования результатов и потребностей применяемой модели. Как отмечалось ранее, размер районов, участков или зон также является функцией рабочей зоны источника. Распределение можно выполнить путем выделения в пределах аэропорта ряда участков одинаковой формы или путем определения зон действия каждого источника. Зачастую для демонстрации изменений общей плотности эмиссии в окрестностях аэропорта участки используются совместно с картами плотности эмиссии. Это является хорошим подспорьем для планировщиков аэропортов, позволяющим провести оценку горячих точек и определить места, где могут потребоваться меры регулирования. Кроме того, представление, основанное на участках, тесно увязывается с анализом дисперсии, в рамках которого смоделированные уровни концентрации будут использоваться совместно с картами землепользования, картами плотности населения, информацией о типе жилищного фонда, чувствительных зонах и т. д.

4.3.2 С другой стороны, распределение по зонам деятельности позволяет аэропорту провести оценку эмиссии, связанной с этими конкретными видами деятельности. Зоны деятельности могут включать в себя район посадочных галерей, летное поле, места стоянки автотранспорта, дорожную сеть, зону разгрузки и т. д. Как и прежде точность определения каждой зоны зависит от того, насколько хорошо можно охарактеризовать каждый источник. Информация об эмиссии каждой зоны позволит охарактеризовать эту зону и выполнить сравнение альтернативных программ уменьшения массы эмиссии, связанной с конкретным видом деятельности. В случае моделирования дисперсии зоны можно увязать с методами оценки в целях уменьшения потенциального воздействия на здоровье и общественное благосостояние на локальном уровне.

4.3.3 Для стационарных источников пространственное распределение является непосредственной характеристикой, и ее можно без труда установить. Эмиссия стационарных источников определяется по времени их использования, а не движения. Подвижные источники создают трудности, поскольку движущийся источник может пересекать несколько установленных пространственных границ, если для этого источника зона действия конкретно не установлена. Это особенно актуально в отношении подвижного НВО, для получения надежных и последовательных данных о пространственном распределении эмиссии которого может потребоваться инструктивный материал. При использовании подхода, предусматривающего выделение участков, частичную эмиссию, образуемую в результате работы источника, необходимо рассчитывать для каждого участка. В результате будет получена комбинация временных и пространственных параметров. Общий подход заключается в определении времени нахождения на конкретном участке с использованием EI и привязке к нему соответствующей эмиссии. Описание этой процедуры приводилось в главе 3. Эту процедуру необходимо выполнять для всех подвижных источников, пересекающих границу установленного района, а полученные данные следует просуммировать с данными стационарных источников в районе. Сумма всех источников для каждого конкретного вида загрязняющих веществ позволит получить плотность эмиссии в установленном районе.

4.3.4 Важно помнить о том, что пространственное распределение позволяет получить лишь информацию о плотности эмиссии. Изменение эмиссии обуславливает необходимость использования временного

<sup>2</sup> В контексте настоящего руководства термины "распространение" и "распределение" являются взаимозаменяемыми.

распределения, и для аналитика совместное использование этих двух параметров является еще более эффективным средством.

#### 4.4 ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ

4.4.1 Временное распределение служит мерой определения характера изменения эмиссии во времени. Согласно EPA Соединенных Штатов Америки, "моделирование качества воздуха ставит своей целью воспроизвести фактические физические и химические процессы в течение конкретного периода времени, поэтому важно, чтобы временное распределение эмиссии было максимально точным. Временное распределение характеризует изменение эмиссии с течением времени. Наиболее просто временное распределение определяется для стационарных источников эмиссии, которые непрерывно осуществляют выбросы с постоянной скоростью в любое время. Однако в реальных условиях стационарные источники эмиссии встречаются довольно редко. На практике источники эмиссии могут действовать только зимой, не работать по воскресеньям или их активность может достигать пиковых значений в течение некоторых часов суток. Временное распределение позволяет выполнить точное моделирование изменения эмиссии в течение заданных периодов. Заданные периоды моделирования будут изменяться в зависимости от цели кадастра".

4.4.2 Временное распределение обуславливает необходимость определения времени суток, в течение которого действует источник. Например, отопительная установка может работать непрерывно, и в течение всего дня эмиссия будет носить постоянный характер, поэтому определить характер ее распределения в течение этого периода нетрудно. В этом случае коэффициенты активности в течение каждого часа будут одинаковыми, а плотность эмиссии этого стационарного источника будет носить постоянный характер. Однако для подвижных источников, таких как воздушные суда, непрерывная активность не характерна и зачастую ее длительность составляет меньше часа. Это затрудняет проведение оценки распределения. Как отмечалось ранее, это осложняется тем, что источник перемещается между установленными зонами. При определении времени использования этих источников в каждой зоне или установленном районе необходимо проявлять осторожность. В исключительном случае может возникнуть необходимость в определении профилей активности для каждого основного маршрута руления и его рассмотрении в качестве отдельной зоны. Время нахождения источника в зоне можно увязать со скоростью подвижного источника и пройденным расстоянием в каждом установленном районе, поэтому:

время нахождения в зоне = пройденное расстояние в зоне/скорость подвижного источника.

4.4.3 Если скорость движения в зоне изменяется, то этот процесс, возможно, необходимо дополнительно подразделить, а затем определить общее значение. Зачастую для упрощения процесса принимается допущение относительно средней скорости. Кроме того, необходимо определить маршрут движения подвижного средства в зоне. В тех случаях, когда учитываются дороги, РД, ВПП или установленные маршруты, считается, что процесс хорошо определен. В тех случаях, когда маршрут движения точно не установлен, необходимо выполнить аппроксимацию. Например, можно сделать допущение о том, что легковой автомобиль, въезжающий на автостоянку, проезжает половину полной возможной дистанции при въезде, а затем половину полной возможной дистанции при выезде. После определения времени нахождения в установленном районе оценку эмиссии можно выполнять на основе процесса, описание которого приводится в главе 3.

4.4.4 Вполне очевидно, что при рассмотрении источников, маршрут движения которых не установлен, могут возникнуть другие трудности. В этих случаях для определения репрезентативного периода времени может потребоваться проведение наблюдений. Можно также использовать упрощенную процедуру, основанную на результатах ранее проведенных исследований в отношении конкретных типов оборудования (например, НВО). Данные такого типа представлены в добавлении 2 к главе 3. При определении временного и пространственного распределения эмиссии небольших стационарных источников, таких как оборудование для удаления обледенения, объекты проведения пожарных учений и испытаний двигателей, можно сделать некоторые

упрощения (например, для определения периодов использования оборудования для удаления обледенения можно использовать метеорологические данные).

#### 4.5 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ

4.5.1 Компьютерные модели качества воздуха, разработанные для проведения анализов в аэропортах, часто обеспечивают возможность использования входных и выходных данных о пространственном и временном распределении в качестве элементов кадастров эмиссии. К числу этих моделей относятся AEDT и EDMS (ФАУ Соединенных Штатов Америки), LASPORT, ADMS и Open-ALAQS (ЕВРОКОНТРОЛЬ).

4.5.2 В ходе разработки входных данных для этих моделей часто будет возникать необходимость в использовании процесса, описанного ранее, поскольку для этих моделей может не быть соответствующих алгоритмов, позволяющих установить пространственное и временное распределение эмиссии всех источников. Модель, основанная на ГИС, должна упростить процесс определения характера пространственного распределения за счет использования образно-графического интерфейса; пример, приводимый на рис. 4-1, взят из модели ALAQS-AV (предыдущая версия Open-ALAQS), основанной на использовании программных средств Arcview. Модели LASPORT и EDMS также располагают возможностями ГИС. Следует отметить, что любая программа, основанная на использовании графического интерфейса пользователя, позволяет более легко определить характер пространственного распределения, а при наличии надлежащих входных данных она поможет установить и временное распределение. Для получения дополнительной информации пользователю следует обращаться к соответствующему руководству пользователя модели.

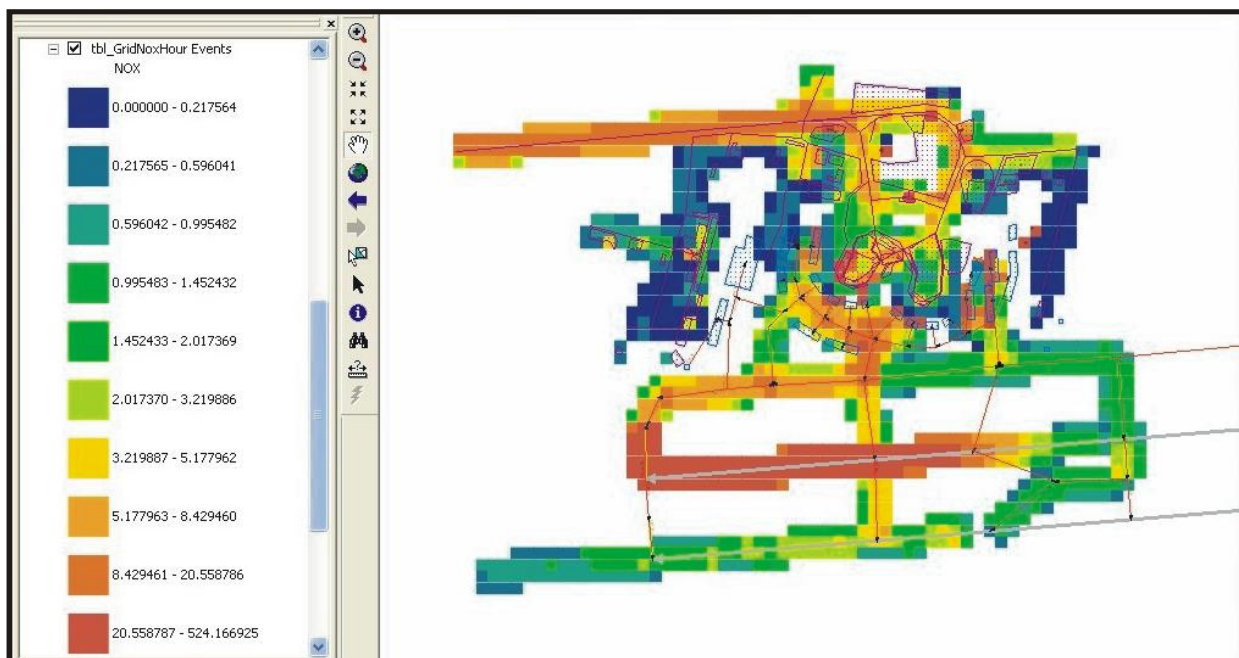


Рис. 4-1. Пример двухмерного изображения геопространственных данных об эмиссии

#### 4.6 ФОРМАТИРОВАНИЕ И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ

4.6.1 Для представления результатов оценки пространственного и временного распределения эмиссии часто возникает необходимость в использовании матричного подхода. Один из примеров показан на рис. 4-2 (EPA Соединенных Штатов Америки). Из этого рисунка следует, что источники 23 и 24 являются источниками непрерывных выбросов, а источник 25 представляет собой источник, эмиссия которого с течением времени изменяется. Анализ такого типа позволяет легко определить эмиссию в течение любого часа. Например, в период с 14:00 до 15:00 источник 24 выбрасывает 417 фунтов. Аналогичный матричный подход можно также использовать для представления пространственных данных или для каждого отдельного источника в единой таблице, объединяющей пространственные и временные данные. В некоторых моделях такие матрицы можно получить в качестве выходных данных.

4.6.2 После представления данных в таком формате для отображения результатов и более эффективной идентификации тенденций можно также использовать графики. Например, на рис. 4-3 представлен график, характеризующий работу источника 25, указанного на рис. 4-2. Из графика видно, что данный источник действует во второй половине дня, однако в другие периоды суток он используется намного меньше. На основе этих данных можно провести оценку пространственного распределения; их можно также использовать совместно с трехмерными графиками, что значительно облегчает наглядное восприятие этой информации экспертом.

4.6.3 Для иллюстрации геопро пространственного распределения могут использоваться графические дисплеи, на которых информация обычно изображается в виде двумерных сеток плотности, однако для таких источников, как воздушные суда, можно также предусмотреть тщательное применение трехмерных технологий, как это показано на рис. 4-4.

Час	...	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	...	Общая масса
23	...	435	435	435	435	435	435	435	435	435	435	435	435	435	435	...	10 005
<b>24</b>	...	417	417	417	417	417	417	<b>417</b>	417	417	417	417	417	417	417	...	<b>10 008</b>
25	...	508	763	847	847	847	847	847	847	847	847	763	508	254	85	...	9 996

Количество выбрасываемых фунтов в час

← Номер источника

Рис. 4-2. Суточный профиль действия источников

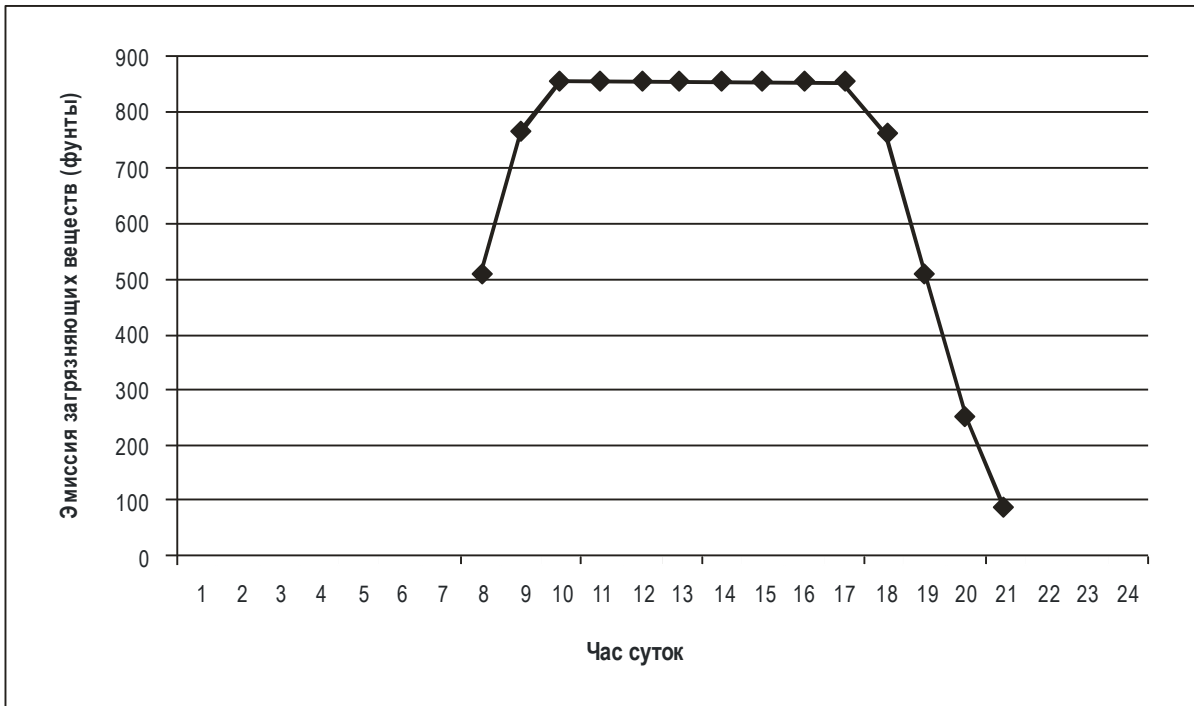


Рис. 4-3. Суточный график действия источника

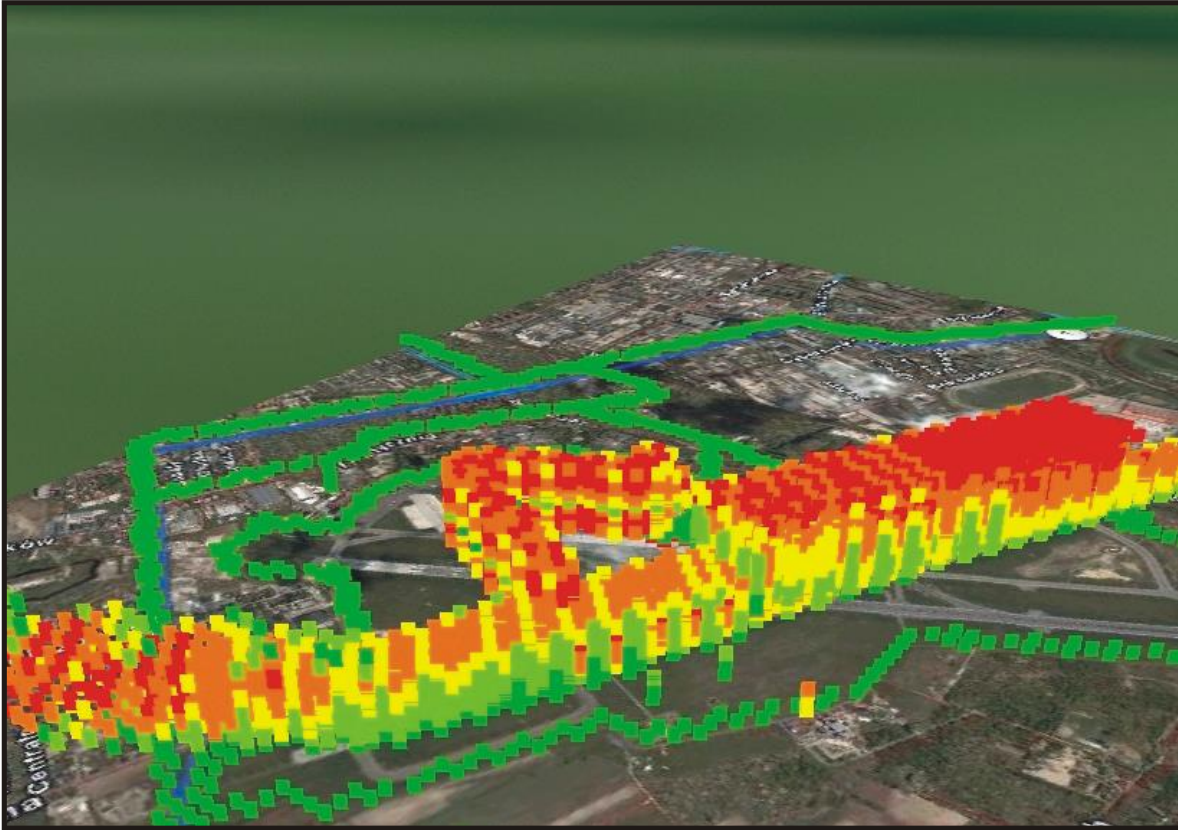


Рис. 4-4. Пример трехмерного изображения геопрограмственных эмиссионных данных

---



# Глава 5

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИСПЕРСИИ

### 5.1. ВВЕДЕНИЕ

5.1.1 В главе 3 рассматриваются рекомендации относительно оценки массы выбросов различных загрязняющих веществ. Однако при определении общей массы выбросов не учитывается процесс перемешивания в атмосфере, который определяет местную концентрацию, или масса выбросов, которая смешивается в воздухе в любой рассматриваемый период времени. Для оценки этих местных концентраций в окружающем воздухе необходимо проводить дополнительное моделирование.

5.1.2 Твердые частицы, выбрасываемые источником в свободную атмосферу, будут переноситься полем ветра со средней скоростью и диффундировать благодаря действию турбулентности в атмосфере. Этот процесс называется атмосферной дисперсией. Более точно дисперсию можно определить<sup>1</sup> как "отклонение значений частотного распределения от среднего". Из этого следует, что моделирование атмосферной дисперсии представляет собой математическую имитацию процесса рассеивания или перемешивания в окружающей атмосфере. Твердые частицы, которые наиболее часто подвергаются оценке, относятся к регулируемым атмосферным загрязняющим веществам, информация о которых, применительно к аэропортовым источникам, приводится в п. 3.4 главы 3. При расчете дисперсии эмиссии, связанной с деятельностью аэропорта, на основе научных принципов проводится моделирование перемешивания в атмосфере выбрасываемых местными источниками твердых частиц или загрязняющих веществ, а затем прогнозируется итоговое распределение концентрации (обычно вблизи поверхности земли). Результаты или спрогнозированные концентрации в атмосфере составляют основу для проведения исследований воздействия на местное качество воздуха; они используются для демонстрации соответствия предписанным нормам и/или стандартам.

5.1.3 В настоящей главе рассматривается вопрос о необходимости моделирования дисперсии в окрестностях аэропортов, приводится краткий обзор моделей дисперсии, обобщается общепринятая практика моделирования атмосферной дисперсии в аэропортах и анализируется порядок использования спрогнозированных концентраций для оценки воздействия. Структура настоящей главы соответствует структуре главы 3, поэтому вопрос о необходимом моделировании будет рассматриваться в контексте простого, усовершенствованного и детального методов.

### 5.2 ВНЕШНИЕ ТРЕБОВАНИЯ И СТИМУЛЫ

5.2.1 В настоящем разделе рассматривается необходимость моделирования дисперсии и внешние стимулы, которые обуславливают эту необходимость и оказывают на нее влияние. В главе 2 подробно говорится о том, что оценки качества воздуха, связанные с реализацией предлагаемых мер в аэропортах, часто обусловлены необходимостью учета следующего:

---

<sup>1</sup> Merriam-Webster Online Dictionary, <http://www.merriam-webster.com/dictionary/dispersion> (по состоянию на июнь 2020 года).

- a) ухудшение местного качества воздуха приводит к уменьшению допустимого диапазона, предусмотренного существующими правилами;
- b) повышение степени осведомленности о воздействии на здоровье приводит к принятию новых правил, включая расширение перечня загрязняющих веществ;
- c) ограничения на пути дальнейшего роста, связанные с необходимостью соблюдения стандартов качества воздуха;
- d) более высокие ожидаемые общественностью результаты в части обеспечения уровней качества воздуха;
- e) налаживание аэропортами и экологическим лобби связей с общественностью;
- f) законодательные требования различных стран и регионов.

5.2.2 Вопрос о моделировании эмиссии в целях удовлетворения этих требований рассматривался ранее. Моделирование эмиссии, являющееся необходимой предпосылкой для моделирования дисперсии, позволяет рассматривать временную и пространственную изменчивость характеристик эмиссии. Однако непосредственное воздействие в большей степени обусловлено концентрацией во внешней среде, а не массой выбросов. Оценку стандартов качества окружающего воздуха, фактических последствий и влияния на здоровье лучше проводить на основе концентрации во внешней среде, а не массы выбросов. Как отмечалось ранее, атмосферное перемешивание эмиссии приводит к тому, что для определения последствий на местном уровне наиболее часто используется концентрация во внешней среде. Выполнение замеров, описание которых приводится в главе 6, может быть связано с очень большими затратами; они позволяют определить лишь концентрацию в точке пространства в ходе каждого замера и не являются источником оперативных данных для оценки доли каждого источника. Моделирование дисперсии позволяет рентабельным образом провести оценку местного качества воздуха. В любом случае, моделирование дисперсии обусловлено необходимостью определения перемешивания во внешней среде в рамках проведения общего анализа.

5.2.3 Помимо очевидной необходимости моделирования дисперсии, проведение оценки часто предусматривается законодательством или нормативной документацией. Правила, разработанные на основе этих законодательных требований, могут также конкретно определять порядок моделирования дисперсии и рассмотрения переменных. Для реализации этого процесса в соответствии с требованиями аналитику рекомендуется изучить все соответствующие требования.

### 5.3 ОБЩИЕ КОНЦЕПЦИИ ДИСПЕРСИИ

5.3.1 В настоящем разделе приводится краткий обзор основных физических концепций, используемых при моделировании дисперсии, и необходимых процедур. Ссылки на справочную литературу позволят заинтересованным лицам более подробно, чем в настоящем документе, изучить эти концепции. Осознание процесса функционирования моделей должно привести к более оптимальному их использованию.

5.3.2 Окончательная судьба выброшенной источником твердой частицы или загрязняющего вещества определяется характеристиками загрязняющего вещества, характеристиками источника, движением атмосферы и местной топографией. Каждый из этих параметров оказывает значительное влияние на местную концентрацию. Загрязняющее вещество, выделенное в своем окончательном виде, называется первичным загрязняющим веществом. Первичные загрязняющие вещества, очень слабо реагирующие с другими газами в атмосфере, называются пассивными загрязняющими веществами. Первичные загрязняющие вещества, такие как окись углерода (CO), часто называются инертными, поскольку для них характерен очень длительный период реакции и время нахождения в атмосфере. Вторичные загрязняющие вещества образуются в атмосфере в результате

химических реакций или других процессов преобразования в атмосфере, в которые вступает выброшенное первоначальное загрязняющее вещество. Загрязняющее вещество называется вторичным, поскольку его окончательный состав отличается от состава в момент выброса из источника. Озон (O<sub>3</sub>) является вторичным загрязняющим веществом.

5.3.3 Источник загрязняющих веществ влияет на местную концентрацию, что обусловлено его местоположением, удельным массовым расходом и динамикой выхлопных газов, на которую, помимо движения атмосферы, оказывает влияние атмосферная дисперсия. Движение атмосферы определяет общее направление движения эмиссии и является основной причиной перемешивания с окружающей средой (дисперсия), в результате чего образуется шлейф (или клуб дыма) загрязняющего вещества. Направление движения шлейфа определяется перемещением в крупных масштабах, таких как средний воздушный поток, а перемешивание в большей степени обусловлено маломасштабными вихрями в потоке, называемыми турбулентностью. Аналогичным образом, влияние на местную концентрацию оказывают характеристики местности и строительные конструкции, которые влияют на структуру ветров и приводят к образованию турбулентности. Все эти параметры оказывают влияние на атмосферную дисперсию и формируют трехмерное, в целом зависящее от времени, распределение концентрации выброшенных твердых частиц (загрязняющих веществ). Аналогичным образом, влияние могут также оказывать характерные для твердых частиц процессы, такие как сухое или влажное осаждение.

5.3.4 Количественные параметры, определяющие местную концентрацию с учетом атмосферной дисперсии, можно сгруппировать следующим образом:

- a) Q1 – характеристики источника (местоположение, форма, динамика выхлопных газов);
- b) Q2 – характеристики эмиссии (мощность эмиссии каждого типа твердых частиц для каждого источника);
- c) Q3 – характеристики вещества (например, свойства, характеризующие преобразование или отложение);
- d) Q4 – характеристики атмосферы (например, скорость ветра, направление ветра, параметры турбулентности и температура);
- e) Q5 – характеристики местности (например, неровность поверхности, профиль местности, препятствия).

5.3.5 Не все из вышеуказанных параметров являются независимыми, поскольку большинство из них зависят от времени. Вполне очевидно, что этот перечень параметров предусматривает использование дополнительной информации, которая необходима для расчета эмиссии даже в том случае, когда распределение эмиссии выполнено в соответствии с процедурой, описание которой приведено в главе 4.

5.3.6 В аэропортах соответствующие источники можно сгруппировать следующим образом:

- a) S1 – воздушные суда, включая вспомогательные силовые установки (ВСУ);
- b) S2 – источники, связанные с обслуживанием воздушных судов (например, НВО, средства заправки воздушных судов топливом, транспортные средства контролируемой зоны);
- c) S3 – стационарные и площадные источники (например, энергетические установки, объекты для проведения пожарных учений);
- d) S4 – движение на подъездных дорогах к аэропорту (например, автотранспортные средства, осуществляющие движение в зоне общего доступа аэропорта).

5.3.7 Используемые методики моделирования дисперсии предназначены лишь для тех источников, которые непосредственно включены в модель. Общая местная концентрация дополняется региональной или фоновой концентрацией, которые в сумме дают валовую концентрацию. Валовая концентрация необходима для проведения сравнения с соответствующими критериями или стандартами. Эти фоновые источники могут вносить существенный вклад и находиться на различных расстояниях от аэропорта. Фоновые источники и итоговые концентрации необходимо рассматривать на основе пространственной разрешающей способности зоны моделирования и подлежащих использованию источников данных, таких как станции длительного мониторинга за состоянием окружающей среды. Это отличается от оценок шума, в рамках которых доминирующей составляющей, как правило, является вклад аэропорта. Для получения общей концентрации фоновую концентрацию необходимо добавить к концентрации, определенной с помощью моделей. В результате получим:

$$c_t = c_s + c_b$$

Ур. 5-1

где:

$c$  – концентрация с индексами  $t$ ,  $s$  и  $b$ , соответственно обозначающими общую концентрацию, концентрацию источника и фоновую концентрацию.

5.3.8 Результатом суммирования в ур. 5-1 является концентрация в точке пространства, обусловленная всеми источниками, и это значение сравнивается с соответствующими стандартами качества окружающего воздуха. Следует отметить, что концентрация "с" определяется для конкретного вида загрязняющих веществ, суммировать показатели для загрязняющих веществ различных видов нельзя.

5.3.9 К основным понятиям и элементам моделирования дисперсии в воздухе относятся:

- a) определение модели и вариантов;
- b) характеристики выброса из источника эмиссии;
- c) метеорологические данные;
- d) пространственное распределение;
- e) временные профили;
- f) топографические данные;
- g) поток воздуха на сооружения;
- h) расположение рецепторов;
- i) конверсия  $\text{NO}_x$  в  $\text{NO}_2$ ; и
- j) фоновая концентрация.

5.3.10 В различных аэропортах мира для прогнозирования местных концентраций применяются различные подходы к моделированию дисперсии. По мере накопления научных знаний аэропортовые модели будут совершенствоваться. Поэтому в настоящей главе основное внимание будет уделено методикам, широко используемым в настоящее время, а не конкретным моделям.

5.3.11 Существующие формулы для этих моделей могут быть разными. Для оказания помощи читателю в более полном осознании методик моделирования дисперсии в добавлении 1 приводится краткий обзор формул, используемых в рамках моделей. Перечень компьютерных моделей, широко используемых при моделировании дисперсии в аэропортах, приводится в добавлении 2.

## 5.4 ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

5.4.1 В настоящем разделе содержится информация о переменных, необходимых для выполнения анализа дисперсии. Несмотря на то, что она позволяет читателю получить общее представление, требуемые переменные будут зависеть от метода моделирования (простой, усовершенствованный, детальный) и конкретно используемой модели. Кроме того, каждый аэропорт имеет свои особенности, и это существенное разнообразие, различия в ассортименте данных и целевых показателях окончательного продукта также обуславливают необходимость использования в каждом аэропорту различных массивов данных.

### Информация об источниках эмиссии

5.4.2 В настоящем разделе приводится краткий обзор информации, которая потребуется для проведения анализа концентрации.

#### *Аэропортовые источники эмиссии*

5.4.3 В аэропортах имеется много разнообразных источников загрязнения воздуха. Для моделирования концентрации загрязняющих веществ каждого рассматриваемого источника необходимо иметь информацию об интенсивности эмиссии каждого вида моделируемых веществ. Подробное описание имеющихся в аэропортах источников эмиссии приводится в главе 3.

#### *Соображения, касающиеся временного и пространственного распределения эмиссии в аэропортах (например, РД, ВПП, посадочные галереи)*

5.4.4 При составлении кадастра эмиссии не всегда требуется или отрабатывается информация о пространственном и временном распределении. Однако при моделировании дисперсии пространственное и временное распределение имеют важное значение, поскольку в этом случае будут рассчитываться местные концентрации. Местные концентрации зависят от расстояния до источника и времени его действия. Это требует наличия не только данных об эмиссии, но и подробной информации о том, когда, где и каким образом образуется эмиссия. Ранее вопрос об изменчивости пространственных и временных параметров эмиссии в аэропортах рассматривался в разделе главы 4, посвященном распределению эмиссии.

5.4.5 Часто при моделировании дисперсии используется декартова система координат ( $x, y, z$ ), в рамках которой по осям  $x$  и  $y$  определяется горизонтальное расстояние, а по оси  $z$  – вертикальное от установленной опорной точки. Общепринятая практика несложного перехода к картам предусматривает ориентацию положительной оси "у" в северном направлении. Для детального моделирования дисперсии необходимо наличие подробной информации о деятельности аэропорта (см. главу 4). Для всех методов, за исключением простого, следует определить местоположение всех источников (см. главу 4), а моделирование дисперсии проводится с использованием нового компонента, т. е. рецептора, о чем говорится в п. 5.4.16. Аналогично источнику, должно быть точно определено местоположение рецептора, что обуславливает использование координат, таких как координаты декартовой системы. Установленное местоположение рецептора определяет позицию прогнозирования концентрации на основе использования моделей дисперсии. Наиболее часто это осуществляется в местах активной человеческой деятельности. Некоторые модели дисперсии основаны на конкретных периодах времени, поскольку после выброса используемые в них параметры дисперсии изменяются во времени. Часто этот параметр является внутренним, транспарентным для пользователей и легко адаптируемым на основе необходимых выходных данных в целях сравнения со стандартами качества внешней среды.

### **Коэффициенты эмиссии**

5.4.6 Коэффициенты эмиссии необходимы для определения скорости ее выброса каждым источником. Коэффициенты эмиссии характерны как для источника, так и для загрязняющего вещества. Для всестороннего рассмотрения коэффициентов эмиссии читателю следует обращаться к главе 3.

### **Метеорология**

5.4.7 Метеорологические параметры являются важным элементом входных данных для расчета дисперсии. Без входных данных, характеризующих местные погодные условия, проводить моделирование дисперсии не представляется возможным, за исключением самых простых случаев. Для всех видов моделирования любой степени сложности должны быть известны параметры планетарного пограничного слоя (ППС). Аналогично другим переменным, степень сложности процесса моделирования может изменяться, но в настоящем разделе рассматривается общий перечень потребностей. Кроме того, в добавлении 3 к настоящей главе перечислены некоторые общие источники этих данных.

### **Данные о скорости и направлении ветра**

5.4.8 Горизонтальная скорость (вектор скорости) и направление ветра, которые определяются компонентой геострофического ветра и изменяются под влиянием локальных характеристик поверхности и других параметров, таких как местность, играют исключительно важную роль во всех случаях, за исключением простого. При использовании усовершенствованного и детального методов необходимо более подробно определить локальную климатологию, что может предусматривать получение данных о направлении и скорости ветра при их замере на различных превышениях и/или градиентов вертикальной скорости ветра. Зачастую эти статистические данные можно получить из имеющихся данных наблюдений (см. добавление 3). Скорость и направление ветра будут изменяться под влиянием характеристик поверхности и топографии, местных строений, поверхностного покрова и других факторов воздействия, таких как близлежащее обширное водное пространство. Эти факторы необходимо учитывать для определения приемлемого поля ветра с учетом требований модели.

### **Турбулентность и устойчивость атмосферы**

5.4.9 Устойчивость атмосферы можно определить как турбулентный статус атмосферы, который оказывает значительное влияние на степень разбавления загрязняющих веществ. Под турбулентностью понимаются незначительные перемещения атмосферы, которые, как правило, носят вращательный характер и называются завихрениями. По размеру эти завихрения значительно отличаются, что зависит от устойчивости атмосферы. Небольшие завихрения могут "разорвать" шлейф и вызвать перемешивание с местным воздухом, а большие завихрения могут переместить шлейф в целом.

5.4.10 Турбулентность можно охарактеризовать различными способами, включая эмпирические методы (например, классы устойчивости Паскуилла-Гиффорда), число Ричардсона, характеризующее воздушные течения, градиентное число Ричардсона или масштаб Монина-Обухова. Каждый из них требует определения различных входных данных, однако необходимая базовая метеорологическая информация включает в себя скорость ветра по высотам (сдвиг ветра), температуру по высотам (вертикальный градиент), колебания скорости ветра и характеристики поверхности. Часто турбулентность разбивают на категории, такие как устойчивая (вертикальное перемешивание загрязняющих веществ затруднено), безразличная (вертикальное движение атмосферы ни затормаживается, ни усиливается) и неустойчивая (вертикальное движение атмосферы усиливается).

### **Аэрологические данные**

5.4.11 При проведении усовершенствованного и сложного анализов признается тот факт, что с высотой атмосферные условия изменяются. Для учета этих изменений вместо приземных данных часто используются метеорологические данные, полученные на больших высотах (до нескольких сотен метров), хотя некоторые модели могут аппроксимировать это изменение с высотой на основе приземных данных и использования метода параметризации пограничного слоя. Если используются замеренные данные, то источником их получения являются акустическое зондирование, запуск шаров-зондов с комплектами приборов и донесения с борта воздушных судов.

### **Температура**

5.4.12 Температура окружающего воздуха оказывает влияние на скорость химических реакций и может потребоваться при использовании детального метода. Для определения устойчивости атмосферы некоторым моделям может потребоваться информация об изменении температуры с высотой (вертикальный градиент); эта информация может также потребоваться при использовании усовершенствованного и детального методов.

### **Облачный покров**

5.4.13 Облачный покров оказывает непосредственное влияние на изменение альбедо, поэтому в рамках усовершенствованного метода его параметры часто используются (косвенно) для определения устойчивости атмосферы.

### **Производные параметры (специфичные для модели)**

5.4.14 В зависимости от выбранной модели многие параметры могут играть важную роль (например, явный поток тепла, скорость поверхностного трения, шкала конвективных скоростей, вертикальный градиент потенциальной температуры, шкала Монина-Обухова и соотношение Боуэна). Часто эти параметры можно получить на основе базовых метеорологических данных, перечень которых приведен выше. В настоящем документе эти параметры не рассматриваются, однако если они не были вычислены непосредственно в рамках выбранной модели дисперсии, пользователю следует внимательно изучить их и понять, каким образом они могут быть получены.

### **Неровность поверхности**

5.4.15 Различные типы поверхностей изменяют характеристики трения поверхности и влияют на вертикальный профиль ветра и характеристики турбулентности. Для аэропортов часто имеет значение покрытый растительностью рельеф вблизи ВПП, однако при этом необходимо определить местоположение и высоту всех зданий, таких как здание аэровокзала, границу древесной растительности и, для некоторых аэропортов, значительные изменения профиля поверхности. После этого для определения значения параметра неровности поверхности ( $z_0$ ), подлежащего включению в модель, можно использовать карты. В таблице 5-1 показаны примеры возможных для выбора значений. Следует отметить, что эти значения являются всего лишь параметром, а не истинной длиной объектов на поверхности.

**Таблица 5-1. Коэффициент неровности поверхности ( $z_0$ ) для типичных поверхностей<sup>2</sup>**

Описание местности	$z_0$ (м)
Водная поверхность	0,0001
Лугопастбищное угодье (зима)	0,001
Лугопастбищное угодье (лето)	0,1
Обрабатываемые земли (зима)	0,01
Обрабатываемые земли (лето)	0,2
Болота	0,2
Пустынная местность, покрытая кустарником	0,3
Листопадный лес (зима)	0,5
Листопадный лес (лето)	1,3
Хвойный лес	1,3
Городские районы	1,0–3,0

### Рецепторы

5.4.16 Рецептором является объект на местности, который может использоваться людьми, или просто объект, представляющий интерес. Рецептором может также служить заранее определенная координатная сетка конкретного размера, центром которой является установленная контрольная точка аэропорта. Местоположение аэропортовых рецепторов можно определять на территории аэропорта или за ее пределами. Они выбираются путем ознакомления с аэропортом, а особый интерес представляют места обычной деятельности человека или другие места, например, заповедники. Выбор местоположения рецепторов позволит смоделировать концентрации в таких точках, которые используются для определения общего воздействия в этом месте.

### Фоновые концентрации

5.4.17 Как отмечалось ранее (ур. 5-1), фоновые концентрации обусловлены источниками, которые в процессе моделирования не рассматриваются. Для получения общей концентрации любого загрязняющего вещества эти концентрации конкретных видов загрязняющих веществ необходимо суммировать с результатами модели. Источниками фоновых концентраций являются близлежащие дороги, промышленные объекты, коммерческая деятельность, жилые районы и дальний перенос загрязняющих веществ. Наиболее часто фоновые концентрации определяются с помощью измерительных станций с длительным периодом наблюдений в данном районе, поскольку при оценке аэропорта наличие слишком большого количества источников не позволяет выполнять их моделирование. В аэропортах часто используется усредненная концентрация с наветренной стороны, которую временно можно отнести на счет суточных изменений других локальных источников. В зависимости от загрязняющего вещества значительный процент общей (замеренной) концентрации может составлять фоновая концентрация загрязняющих веществ, которые попадают в рассматриваемый район с больших расстояний.

<sup>2</sup> D.B. Turner, *Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates, An Introduction to Dispersion Modelling*, 2<sup>nd</sup> Ed., Lewis Publishers, Boca Raton, FL., 1994.

## Химия атмосферы

5.4.18 Как отмечалось ранее, загрязняющие вещества могут вступать во взаимодействие с другими компонентами в атмосфере после их выброса источником. Это приводит к изменению прекурсоров и создает новые загрязняющие вещества. Особенно важное значение это имеет для авиационной эмиссии, где образуются вторичные газы и загрязняющие вещества, содержащие твердые частицы. Это – прогрессивная методика, и в большинстве случаев она будет заложена в используемую модель, однако в зависимости от масштабов исследования ей можно даже пренебречь. При использовании рассматриваемого в настоящем документе простого метода химическими реакциями всегда пренебрегают. В тех случаях, когда химия атмосферы подробно не рассматривается, можно применять соотношения, основанные на статистических данных, и в рамках настоящего документа это определяется в качестве усовершенствованного метода. Например, важным является отношение  $\text{NO}$  к  $\text{NO}_2$ . Характерное отношение можно определить на основе статистических данных. Затем это отношение можно использовать для прогнозирования  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO} + \text{NO}_2$ ), которое определяется при прогоне моделей без химических алгоритмов. Если в рамках модели этого не делается, то состав углеводородов можно также аппроксимировать на основе прогнозирования общей массы углеводородов и статистических данных.

5.4.19 Химические реакции проходят с различными скоростями, влияние на которые оказывают концентрации во внешней среде, время переноса и внешние условия, рассматриваемые в рамках детального метода. Для каждого загрязняющего вещества характерно свое время реакции, поэтому для моделирования дисперсии реактивных загрязняющих веществ необходимо определить скорость реакции.

## 5.5 РАСЧЕТ ДИСПЕРСИИ

5.5.1 В добавлении 1 к настоящей главе содержится очень общий обзор методик определения дисперсии, а в добавлении 2 приводится перечень моделей, обычно используемых при проведении анализов в аэропортах. Настоящая глава не ставит своей целью предоставить подробные указания относительно использования этих методик или концепций, поэтому в отношении конкретной выбранной методики/метода читателю рекомендуется обратиться к соответствующим материалам или руководствам пользователя. В настоящем разделе рассматриваются основные принципы простого, усовершенствованного и детального методов. Выбор наиболее подходящего метода для анализа будет зависеть от имеющихся данных и предполагаемого использования результатов.

### Анализ и уровень предпринимаемых усилий

5.5.2 По мере перехода аналитика от использования простого к усовершенствованному методу, а затем к детальному методу, потребности в данных и времени на проведение анализа возрастают. Однако при наличии входных данных хорошего качества необходимые дополнительные усилия обеспечивают повышение точности. По своему характеру простой метод должен быть консервативным, в то время как усовершенствованный и детальный методы обеспечат получение результатов, позволяющих выполнить более реальный анализ последствий. В таблице 5-2 приводится перечень входных переменных, которые могут потребоваться в случае выбора простого, усовершенствованного или детального метода. Конкретные потребности определяются выбранной моделью.

*Примечание. В рамках простого метода цифрой 1 обозначается подход, предусматривающий использование прогонной модели, а цифрой 2 – консервативный анализ, который часто называется анализом "наихудшего случая".*

**Таблица 5-2. Необходимые входные данные, обусловленные выбранным методом**

Основные параметры	Простой метод	Усовершенствованный метод	Детальный метод
Эмиссия	Согласно описанию, приведенному в главе 3		
Пространственное разрешение	Для случая 1 ("прогонная модель"): разграничение не проводится – аэропорт рассматривается в качестве одной "зоны эмиссии". Для случая 2 ("наихудший случай"): определяется сетка очень большого размера с использованием местоположения одного источника, такого как ВПП	Установленное местоположение рецепторов с пространственным разрешением на координационной сетке с крупным шагом (например, размер сетки не менее 500 м)	Установленное местоположение рецепторов с использованием мелкой сетки размером 10 x 10 м, но не более 500 x 500 м
Временное разрешение	Годовое в целом	Ежемесячное или суточное разрешение	Часовое или меньшее разрешение
Метеорологические	Метеорологические данные не используются или используются значения по умолчанию: <ul style="list-style-type: none"> <li>• скорость ветра 1 м/с;</li> <li>• постоянное направление ветра;</li> <li>• устойчивая атмосфера для источников на уровне земли;</li> <li>• отсутствие шлейфа при прогнозировании консервативной оценки;</li> <li>• концентрация, рассчитываемая в месте расположения рецептора;</li> <li>• высота перемешивания не рассматривается.</li> </ul>	Рассматриваются: <ul style="list-style-type: none"> <li>• климатологические данные для различных параметров в диапазоне от часовых до среднесуточных;</li> <li>• турбулентность в качестве общего параметра (например, классификация устойчивости, которая определяется на основе соображений, касающихся скорости ветра и облачного покрова);</li> <li>• средняя высота перемешивания для района, как правило, принимается равной 914 м (3000 фут).</li> </ul>	Рассматриваются: <ul style="list-style-type: none"> <li>• подробные климатологические данные на временной шкале малого масштаба, включая аэрологические данные и данные, конкретно касающиеся высоты перемешивания;</li> <li>• многочисленные производные параметры, требующие дополнительных данных (например, облачный покров и градиенты температуры).</li> </ul>
Неровность поверхности	Весь район рассматривается как плоская поверхность, покрытая травой.	Рассматриваются основные элементы рельефа.	Рассматриваются элементы рельефа, растительный покров и местные здания
Информация о рецепторе	Общее местоположение на уровне земли	Конкретное местоположение на уровне земли	Конкретное местоположение с использованием различных горизонтальных и вертикальных координат
Фоновая концентрация	Не рассматривается или для района аэропорта присваивается одно значение.	Одно значение для района аэропорта	Учитываются соображения временного и пространственного характера
Химия атмосферы	Не рассматривается	Характерные (аналитические) коэффициенты преобразования, полученные в результате проведенных исследований	Подробная информация о постоянных величинах скорости реакции с учетом местных концентраций реагирующих химических веществ во внешней среде

5.5.3 Следует вновь отметить, что многие модели не будут обеспечивать использование всех переменных или потребуют наличия очень конкретной информации, поэтому ответственность за определение переменных, необходимых для какой-либо модели, несет аналитик.

### Простой метод

5.5.4 Простой метод можно использовать двумя различными способами:

- a) применение прогонной модели, в рамках которой не используются данные о деятельности аэропорта, за исключением информации об изменении характера операций в целом;
- b) проведение упрощенного, так называемого анализа "наихудшего случая".

Аналогично главе 3, посвященной эмиссии, простой метод рекомендуется использовать лишь в тех случаях, когда имеется ограниченный объем данных, или для проведения первоначальных оценок.

### Метод повторного прогона

5.5.5 Метод повторного прогона является наиболее простым, для использования которого необходим наименьший объем данных, поэтому реализовать его можно очень быстро. Однако для него характерны наибольшие погрешности. В рамках этого метода, который фактически не является моделированием дисперсии, известные параметры эмиссии и концентраций масштабируются в соответствии с общим изменением объема операций воздушных судов. При этом предполагается, что объем выбросов всех других источников возрастает или уменьшается в степени, аналогичной операциям воздушных судов. Ур. 5-2 иллюстрирует эту концепцию в цифровой форме:

$$\Delta_2 = \Delta_1(O_2/O_1), \quad \text{Ур. 5-2}$$

где:

$\Delta_2$  – валовая эмиссия или концентрация в ограниченном районе в момент времени 2;

$\Delta_1$  – валовая эмиссия или концентрация в ограниченном районе в момент времени 1;

$O_{1,2}$  – операции воздушных судов в рамках ВПЦ в моменты времени 1 и 2 соответственно.

### Анализ наихудшего случая

5.5.6 При проведении такого анализа делается допущение о том, что скорость ветра является постоянной и соответствует минимальному значению, как правило составляющему 1 м/с, которое позволяет получить обоснованные результаты при прогоне модели. Кроме того, предполагается, что при таком направлении ветра концентрация в месте расположения рецептора будет наибольшей. Считается, что для источников на уровне земли атмосфера характеризуется очень высокой степенью устойчивости, а высота перемешивания не рассматривается. Фоновые концентрации выражаются одним консервативным значением. Использование этих параметров позволяет провести анализ так называемого "худшего случая" в том плане, что в реальных условиях эти концентрации редко будут достигать такого уровня или вообще не достигнут его. Эти допущения приводят к выводу о том, что, если критерии или стандарты не превышаются в рамках такой консервативной оценки, согласно которой прогнозируемые концентрации, по всей вероятности, будут выше обычных, то воздействие считается несущественным. Могут использоваться простые модели, а этот метод, как таковой, позволяет представить результаты в виде сводной таблицы (как в случае гауссовой формулы, рассматриваемой в добавлении 1), или графиков и таблиц. Можно также задействовать простые компьютерные модели. Преимущество заключается в необходимости применения лишь небольшого массива данных и возможности быстрого получения результатов. Недостатком является очень консервативное прогнозирование, которое завышает степень воздействия.

### Усовершенствованный метод

5.5.7 При использовании такого метода абсолютно необходимы машинные модели. Надзорная инстанция может потребовать применения специализированных моделей. Некоторые модели общедоступны, а запатентованные модели можно купить. К каждой модели будет прилагаться руководство пользователя, а большинство из них – сопровождаться техническим руководством для заинтересованных аналитиков. Аналитик должен полностью изучить руководство пользователя и иметь полную уверенность относительно входных данных. В этом случае весьма актуальна старинная народная мудрость, которая гласит "Что посеешь, то и пожнешь", поскольку результат прогона даже самой совершенной модели зависит от используемых входных данных. Некоторые модели могут предусматривать использование интерактивного графического интерфейса пользователя (ГИП), облегчающего процесс ввода данных. В противном случае, необходимо создавать входные файлы. В состав некоторых моделей могут входить необходимые коэффициенты эмиссии (или, в случае воздушных судов, индексы эмиссии), что также облегчает ввод данных. В этих случаях кадастр эмиссии можно также составить непосредственно в рамках этой модели. Если такая информация не включена, то вначале потребуются составить кадастр эмиссии с привлечением сторонних организаций. Оценку временного и пространственного распространения можно проводить на этапе составления кадастра эмиссии или отложить ее до проведения анализа дисперсии.

5.5.8 Эти модели могут быть аналогичны моделям, используемым в рамках детального метода; различие заключается в использовании большего количества значений по умолчанию для входных переменных, менее полных эксплуатационных данных, не изменяющихся фоновых концентраций, а также в определении меньшего объема пространственных и временных параметров. Входные данные модели содержат большое количество значений по умолчанию – они являются характерными для аэропортов в целом, но они не являются фактическими значениями для конкретного аэропорта. К числу типовых моделей, используемых в рамках усовершенствованного метода для моделирования в окрестностях аэропортов, относятся Open-ALAQS, AEDT/EDMS<sup>3</sup>, ADMS-Airport<sup>4</sup> и LASPORT<sup>5</sup>.

### Детальный метод

5.5.9 Этот метод требует наибольшей интенсивности усилий по сбору данных, определяющих входную информацию. Значения по умолчанию заменяются фактическими данными, что особенно верно для входных метеорологических данных. Эксплуатационные данные, в которых намного больший акцент делается на пространственное и временное разрешение, являются очень полными. Эти модели могут быть аналогичны моделям усовершенствованного метода, однако в них используются фактические данные и намного больший диапазон вариантов. К числу типичных моделей, используемых в рамках детального метода для моделирования в окрестностях аэропортов, относятся Open-ALAQS, AEDT/EDMS, ADMS-Airport и LASPORT.

### Комбинированный метод

5.5.10 Аналогично эмиссии, в зависимости от потребностей и имеющихся данных, упомянутые три базовых метода могут комбинироваться. Однако простой метод, в силу большого количества принимаемых упрощений, для комбинированного метода не подходит, за исключением очень особых случаев. Часто комбинируются усовершенствованный и детальный методы. Это особенно актуально в тех случаях, когда одна и та же модель

<sup>3</sup> United States EPA, AERMOD, AERMIC Dispersion Model, <http://www.epa.gov/scram001/7thconf/aermod/mod-desc.txt> (по состоянию на июнь 2020 года).

<sup>4</sup> CERC, ADMS, <http://www.cerc.co.uk/environmental-software.html> (по состоянию на июнь 2020 года).

<sup>5</sup> Janicke Consulting, "LASPORT: A program system for the calculation of airport-induced pollutant emissions and concentrations in the atmosphere", <http://www.janicke.de/en/lasport.html> (по состоянию на июнь 2020 года).

вначале используется с большим количеством входных значений, принимаемых по умолчанию, для оценки высокого уровня, а затем уточняется для проведения более детального моделирования.

## 5.6 РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОГОНА МОДЕЛЕЙ

5.6.1 Каждая модель дает различные результаты, однако некоторые из них характерны для всех моделей. При использовании компьютерных моделей первым является эхофайл входных данных. Он является важным элементом результата, поскольку позволяет пользователю проверить входные данные, с тем чтобы:

- a) удостовериться в точности входных данных;
- b) убедиться в том, что модель правильно интерпретирует данные (очень важно для входных данных с фиксированными полями);
- c) оценить определенные моделью параметры, которые будут представляться совместно со входными данными;
- d) занести результаты в память и на более позднем этапе проанализировать использовавшиеся входные данные.

5.6.2 Наиболее важным результатом прогона всех моделей являются рассчитанные концентрации. Концентрации будут определяться по состоянию на некоторый усредненный период времени (например, среднегодовое значение или ряд среднесуточных значений) и, по всей вероятности, дополняться некоторой статистической информацией (например, процентильными эквивалентами или частотой выхода за пределы) или даже полным временным рядом (например, среднечасовые значения в заданных рецепторных точках). Как правило, единицами измерения концентраций являются "количество частей на миллион" (ppm) или микрограммы на кубический метр ( $\text{мкг}/\text{м}^3$ ). В случае твердых частиц используются только  $\text{мкг}/\text{м}^3$ . Затем рассчитанные или спрогнозированные концентрации, включая фоновые, сравниваются со стандартами или критериями качества окружающего воздуха с использованием соответствующего временного интервала и единиц измерения.

5.6.3 Некоторые модели могут также предусматривать получение графических результатов для оказания помощи в определении проблемных областей или визуализации изменений, например, при выполнении моделирования мер, направленных на минимизацию последствий. Результаты использования детального метода будут также включать многочисленные производные параметры.

## 5.7 ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ

5.7.1 Аналитик должен быть осведомлен о достоверности результатов. Это зависит от используемой модели, точности входных данных и любых принятых допущений.

### Неопределенность при моделировании дисперсии

5.7.2 Поскольку модели дисперсии атмосферных загрязняющих веществ варьируются от самых простых до очень сложных, существуют большие различия в степени неопределенности, характерной для каждой модели.

С. Р. Ханна<sup>6</sup> подчеркивает, что характерная для модели общая степень неопределенности прогнозирования представляет собой совокупность параметров, включая погрешности физической модели, естественную или стохастическую неопределенность и погрешность данных. По мере увеличения количества параметров степень естественной или стохастической неопределенности уменьшается, а отображение моделью физической реальности становится лучшим. Это позволяет создавать более сложные модели и обуславливает необходимость входных данных с высокой степенью достоверности. Однако по мере увеличения количества входных параметров может увеличиваться погрешность входных данных. Использование некачественных входных данных может привести к тому, что результаты прогона более сложных моделей будут равнозначны результатам прогона упрощенных моделей или даже хуже их. Кроме того, к дополнительным погрешностям может привести корректировка моделей на основе ограниченных массивов данных.

5.7.3 Это исключительно затрудняет проведение количественной оценки неопределенности. Результаты сравнения с замеренными данными свидетельствуют о том, что модели могут хорошо прогнозировать максимальное количество событий, однако прогнозирование концентраций во времени и пространстве может быть неудовлетворительным.

5.7.4 Часто предельные значения и заданные результаты моделирования характеризуются статистическими величинами, такими как перцентили, долговременные средние, такие как среднегодовые, или максимальные концентрации независимо от конкретного времени их образования или точного местоположения их источника. Модель может дать надежные результаты в отношении этих количеств даже в том случае, если она показывает неудовлетворительные результаты при точечном сравнении, например, с замеренным временным рядом в заданном местоположении.

#### **Верификация, основанная на измерениях**

5.7.5 Сложные модели дисперсии применяются в виде компьютерных программ. Обеспечение гарантии качества обуславливает необходимость верификации и валидации этих программ. Верификация обеспечивает проверку правильности реализации программой математических формул (алгоритмов) модели. Затем в рамках валидации проводится проверка того, насколько хорошо модель и программа описывают реальные условия, что обычно осуществляется путем сравнения с массивами замеренных данных.

5.7.6 Для валидации важно, чтобы эти массивы данных были достаточно полными, иными словами, чтобы можно было провести валидацию с использованием самого незначительного количества дополнительных допущений. Если допущения необходимы или они приняты в рамках модели или программы, важно знать, основаны ли они на общих принципах или скорректированы с учетом, например, условий или местоположения конкретного аэропорта. С точки зрения входных данных сложные модели, как правило, лучше приспособлены для учета характерных особенностей конкретных аэропортов и, таким образом, они обладают большей степенью гибкости в части, касающейся валидации относительно замеренных данных.

#### **Сравнение с соответствующими стандартами и критериями**

5.7.7 В настоящей главе используется термин "воздействие". Это связано с тем, что наиболее часто воздействие оценивается путем сравнения прогнозируемых концентраций, полученных с помощью моделей дисперсии, со стандартами и/или критериями, которые, как правило, являются усредненными по времени концентрациями, учитывающими влияние на здоровье людей. Вопрос об использовании этих стандартов рассматривался в предыдущих главах, поэтому в настоящей главе он повторно обсуждаться не будет. Однако

---

<sup>6</sup> S.R. Hanna, "Plume dispersion and concentration fluctuation in the atmosphere," *Encyclopedia of Environmental Control Technology*, Volume 2, *Air Pollution Control*, Gulf Publishing Company, Houston, Texas, 1989.

важно признать взаимосвязь между моделированием дисперсии и оценкой воздействия. Результаты, полученные на основе кадастра эмиссии, не позволяют непосредственно провести анализ воздействия. Необходимо также иметь в виду, что обычно лишь моделирование дисперсии всех действующих источников и учет всех фоновых концентраций позволяет получить результаты, которые можно непосредственно сравнить с соответствующими стандартами. При составлении отчетов относительно непосредственного воздействия необходимо также учитывать неопределенности, обусловленные моделированием.

#### **Использование результатов неоднократных прогонов моделей для выработки мер по смягчению последствий**

5.7.8 Кадастр эмиссии и результаты анализа дисперсии могут использоваться для принятия мер по смягчению последствий. Как отмечалось в предыдущем разделе, главное отличие состоит в том, что результаты анализа дисперсии, сравниваемые с фактическими параметрами и многочисленными будущими сценариями, позволяют оценить изменения концентрации в конкретном районе и, таким образом, изменения степени воздействия на здоровье.

#### **Дальнейшее совершенствование моделей**

5.7.9 По мере расширения знаний в области эмиссии и дисперсии систем аэропортовых источников модели будут совершенствоваться с учетом достигнутого прогресса.

5.7.10 Помимо разработки моделей, в настоящее время осуществляется совместное микромасштабное (рассматриваемое здесь) и региональное моделирование, позволяющее провести оценку влияния на больших расстояниях от аэропорта и более подробно рассмотреть фоновые концентрации в аэропорту.

5.7.11 Достигнутый прогресс обусловит необходимость проведения агентствами и полномочными органами аэропортов оценки и реализации практики моделирования, обеспечивающей возможность проведения наилучшего анализа воздействия в аэропортах. Как таковая эта область является динамичной, поэтому с течением времени любые документы, аналогичные настоящему, следует оценивать на предмет их возможного обновления.

---



## Добавление 1 к главе 5

### ОБЩИЙ ОБЗОР МЕТОДИК МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИСПЕРСИИ

1. Моделирование дисперсии является относительно новой областью науки и ее развитие продолжается. В 1895 году О. Рейнольдз<sup>1</sup> опубликовал работу, посвященную ламинарным и турбулентным потокам в трубах, которая, по мнению некоторых, положила начало моделированию дисперсии. В 1915 году Дж. Тейлор<sup>2</sup> опубликовал одну из первых работ по турбулентности в атмосфере, а в 1921 году разработал "теорию турбулентной диффузии Тейлора", которая служит основой для описания дисперсии с постоянным коэффициентом диффузии вихрей. Разработки продолжались, и в 1962 году Ф. Паскуилл<sup>3</sup> опубликовал фундаментальный труд "*Атмосферная диффузия*". В этой работе было обобщено все то, что было сделано на тот момент, и она стала основой современных гауссовых моделей расчета шлейфов на основе горизонтальной и вертикальной скорости шлейфа, определяемой экспериментально в виде функции устойчивости атмосферы и расстояния; сейчас это хорошо известные значения сигмы. Значения сигмы хорошо согласуются с теорией Тейлора.

2. Для расчета дисперсии имеются различные типы методик ее моделирования, обладающих различными характеристиками и возможностями. В 1960-е годы продолжалась активизация работ по моделированию дисперсии, и их результатом стала формализация процесса моделирования дисперсии, включая аспекты подъема шлейфа. Это послужило основой известных сейчас методов моделирования Лагранжа (ось подвижной системы координат) и Эйлера (ось связанной системы координат). Эта теория позволила выработать приемлемый подход к прогнозированию концентраций загрязняющих веществ в окрестностях аэропортов, которые имеют непосредственное отношение к воздействию на здоровье и благосостояние людей. Моделирование дисперсии требует тщательной подборки основных переменных, и для его проведения разработаны различные методики. Ниже приводится очень краткое описание каждой из них.

#### Формула Гаусса

3. Формула Гаусса по-прежнему используется чаще любых других методов. В рамках подхода Лагранжа делается допущение о том, что дисперсия с подветренной стороны является функцией класса устойчивости и подветренного расстояния, и предусматривается использование гауссовой функции плотности вероятности для учета меандрирования и диффузии шлейфа. В конце 1960-х годов EPA Соединенных Штатов Америки в рамках серии UNAMAP опубликовала различные варианты этого подхода, и в настоящее время во всем мире продолжают разработки в этой области. Он может применяться к шлейфам или отдельным клубам дыма и, как таковой, обеспечивает необходимую гибкость для моделирования местного качества воздуха. Он адаптирован к

---

1. Reynolds, O. "On the dynamical theory of incompressible viscous fluids and the determination of the criterion". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Volume 186*, 1895, pp. 123–164 (doi:10.1098/rsta.1895.0004).

2. Taylor, G.I. "Eddy motion in the atmosphere". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Volume 215*, 1915, pp 1–26 (10.1098/rsta.1915.0001).

3. Pasquill, F. *Atmospheric Diffusion: the dispersion of windborne material from industrial and other sources*, D. Van Nostrand Company Ltd. London 1962.

точечным, линейным и площадным источникам. Применительно к шлейфу, образуемому базовым точечным источником, концентрация ( $c$ ) прогнозируется на основе следующего математического выражения:

$$c(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{y^2}{\sigma_y^2}\right) \left\{ \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{(z-H)^2}{\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{(z+H)^2}{\sigma_z^2}\right) \right\} \quad \text{Ур. 5-A1-1}$$

где:

- $Q$  – интенсивность источника;
- $u$  – скорость ветра;
- $H$  – высота дымовой трубы;
- $\sigma_y, \sigma_z$  – коэффициенты горизонтальной и вертикальной дисперсии.

4. Следует отметить, что подветренное расстояние  $x$  косвенно учитывается в коэффициентах горизонтальной и вертикальной дисперсии, которые с увеличением подветренного расстояния также увеличиваются.

5. Для более полного учета вертикального перемешивания в конвективных условиях в формулах современных гауссовых моделей используется бигауссово распределение в вертикальной плоскости. Результатом этого является более высокая точность, однако модель также становится более сложной.

#### **Коэффициент турбулентной диффузии, основанный на формуле сохранения массы**

6. В рамках подхода Эйлера используется приближительное решение уравнения сохранения массы с принятием упрощающих допущений, обеспечивающих увязку турбулентных потоков  $\langle u'c' \rangle$  с градиентами концентрации,  $\partial c / \partial x_i$ , путем включения в формулу коэффициента турбулентной диффузии,  $K_i$ . В результате получаем следующую формулу:

$$\langle u'c' \rangle = -K_i \left( \frac{\partial c}{\partial x_i} \right). \quad \text{Ур. 5-A1-2}$$

Такой подход применяется к широко или равномерно распределенным загрязняющим веществам в тех случаях, когда значительные отдельные шлейфы не являются преобладающими. Это относится к таким загрязняющим веществам, как окись углерода. В рамках регионального моделирования такой подход применяется в следующем виде:

$$\begin{aligned} \frac{\partial c_i}{\partial t} + u_x \frac{\partial c_i}{\partial x} + u_y \frac{\partial c_i}{\partial y} + u_z \frac{\partial c_i}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left( K_x \frac{\partial c_i}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_y \frac{\partial c_i}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_z \frac{\partial c_i}{\partial z} \right) \\ + R_i(c_1, c_2, \dots, c_n) + E_i(x, y, z, t) - S_i(x, y, z, t) \end{aligned} \quad \text{Ур. 5-A1-3}$$

где:

- $u_x, u_y, u_z$  – скорость;

$c_i$	– концентрация $i$ -ых видов;
$R_i$	– скорость химической реакции образования видов $i$ ;
$E_i$	– эмиссионный поток;
$S_i$	– выводной поток.

### Блочная модель

7. Блочная модель является упрощенным математическим представлением заданного, хорошо перемешанного объема воздуха (блока), которая обеспечивает возможность изменения входных и выходных параметров этого объема. Поскольку блок является хорошо перемешанным, концентрация на выходе эквивалентна концентрации внутри блока. В рамках сеточного подхода в горизонтальной или вертикальной плоскостях могут использоваться многочисленные блоки, причем выходные параметры одного блока являются входными параметрами следующего блока. В пределах каждого блока могут рассматриваться химические реакции. При использовании метода Эйлера это позволяет применять к каждому блоку формулу сохранения массы.

### Модели траекторий

8. Эти модели, основанные на подходе Лагранжа, позволяют получить приблизительное решение за счет использования основных уравнений сохранения массы и системы координат, которая движется со средней скоростью ветра. Такой подход подразумевает обоснованное сохранение целостности объема воздуха на протяжении времени имитационного моделирования и предполагает, что горизонтальный сдвиг ветра, горизонтальная турбулентная диффузия и вертикальный адвективный перенос являются незначительными. Как правило, в Соединенных Штатах Америки для целей нормирования эта модель широко не применяется.

### Модели массы и импульса

9. В модели такого типа применяются основные уравнения массы и импульса с использованием принципов первого порядка. Например, реализацию подходов можно начать с рассмотрения фундаментального уравнения Навье-Стокса с учетом турбулентности на основе усреднения по Рейнольдзу. Использование сложных процедур позволяет получить более строгие научные результаты и избежать упрощений, предусмотренных К-теорией, однако часто эти процедуры связаны с интенсивным использованием компьютеров и данных и характеризуют какой-либо конкретный случай. Как таковая эта категория моделей в большей степени ориентирована на проведение научных исследований и на практике широко не применяется.

### Модели Лагранжа для частиц

10. В отличие от гауссовых моделей, основанных на аналитическом решении классического уравнения дисперсии, и моделей Эйлера, предусматривающих числовое решение этого уравнения, модели Лагранжа для частиц имитируют сам процесс переноса.

11. Из огромного количества частиц (газовые, аэрозольные, пылевые), обычно выбрасываемых источником, рассматривается лишь небольшая репрезентативная проба. Как правило, размер пробы составляет порядка нескольких миллионов частиц, что зависит от характера проблемы и компьютерных ресурсов. На компьютере траектория движения каждой из этих частиц рассчитывается с помощью стохастического процесса (процесс Маркова в фазовом пространстве). На основе этих траекторий определяется трехмерное, зависящее от времени, нестационарное распределение концентрации.

12. Пример, приводимый в инструктивном материале VDI 3945/3 (на английском/немецком языках, см. [www.vdi.de](http://www.vdi.de)), свидетельствует о том, что ядро модели Лагранжа для частиц не содержит настраиваемых параметров. В модели используются метеорологические параметры, которые можно определить без проведения экспериментов в области дисперсии. Как правило, временные рамки находятся в диапазоне от нескольких минут до одного года, а разрешение по времени может составлять до нескольких секунд; пространственный масштаб охватывает диапазон от нескольких метров до нескольких сотен километров.

13. Интенсивные исследования и применение в области физики атмосферы начались примерно 30 лет назад, и сейчас с увеличением быстродействия и объема памяти компьютеров модели Лагранжа для частиц начинают применяться более широко. В настоящее время эта методика регулярно применяется в области контроля качества воздуха.

### **Подход к определению параметров шлейфа в сетке**

14. Этот метод является промежуточным между подходом Лагранжа и подходом Эйлера. Для сохранения концентраций следов в целях устранения недостатков, обусловленных постоянным перемешиванием загрязняющих веществ в сетке, метод Эйлера адаптирован на основе использования моделей траекторий или гауссовых методов определения дисперсии.

### **Модели замыкания**

15. В рамках моделей Эйлера необходимо рассматривать вертикальную диффузию. Как правило, используются два различных вида турбулентного замыкания: локальное замыкание и нелокальное замыкание. Локальное замыкание предполагает, что турбулентность является аналогичной молекулярной диффузии, а нелокальное замыкание предполагает, что турбулентный поток является аналогичным средним количествам на различных уровнях и допускает обмен массой. Часто модели замыкания рассматриваются в качестве моделей первого порядка для прогностических уравнений, в которых используются средние переменные (например, ветер или температура) или моделей более высокого порядка, которые являются более сложными. Такой тип моделирования тесно увязан с ранее рассмотренными моделями турбулентной диффузности.

### **Статистические модели**

16. Этот подход основан на проведении статистического анализа замеров параметров загрязняющих веществ в окружающей среде и другой информации об эмиссии. Наилучшим образом этот подход используется в тех случаях, когда имеется подробная информация об источнике, поскольку изменение параметров местоположения затрудняет применение результатов, полученных в рамках этих моделей. Одной из разновидностей моделирования такого типа является моделирование рецептора, которое использовалось в Соединенных Штатах Америки и Соединенном Королевстве для прогнозирования твердых частиц. Для идентификации и количественного распределения атмосферных загрязняющих веществ по их источникам в рамках моделирования рецептора используются многовариантные статистические методы.

17. В целом, приведенный в настоящем разделе неполный перечень процедур ставит своей целью создать основу для обсуждения вопроса о моделировании дисперсии, что позволит аналитику лучше осознать этот процесс.

---

## Добавление 2 к главе 5

### МОДЕЛИ ДИСПЕРСИИ, ШИРОКО ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ОКРЕСТНОСТЯХ АЭРОПОРТОВ

1. Настоящее добавление не ставит своей целью рекомендовать какую-либо конкретную модель дисперсии или дать ее подробное описание. Предполагается, что аналитик будет выбирать наиболее подходящую модель на основе законодательных требований, имеющихся данных и цели использования.
2. В таблице 5-A2-1 приводится информация о широко применяемых в аэропортах средствах компьютерного моделирования дисперсии. Следует отметить, что для моделирования используется много моделей и данная таблица не является исчерпывающей.

**Таблица 5-A2-1. Модели дисперсии, широко используемые в аэропортах**

<i>Модель качества воздуха в аэропортах</i>	<i>Основной тип модели дисперсии</i>	<i>Информация о модели</i>
AEDT/EDMS	Бигауссова	Спонсирующее государство: Соединенные Штаты Америки Разработчик модели: ФАУ
ADMS-Airport	Бигауссова	Спонсирующее государство: Соединенное Королевство Разработчик модели: CERC
Open-ALAQs	Бигауссова/Лагранжа	Спонсирующее государство: Франция Разработчик модели: ЕВРОКОНТРОЛЬ
LASPORT	Лагранжа	Спонсирующие государства: Германия и Швейцария Разработчик модели: компания "Джаник консалтинг"

3. Вполне очевидно, что ни одно из указанных средств моделирования не обеспечивает полного удовлетворения всех текущих потребностей в моделировании, особенно в том случае, если рассматривать аспекты затрат, практичности и сложности. Это приводит к использованию и выбору для каждого отдельного случая различных моделей или адаптации/упрощению входных данных выбранной модели.
4. При выборе соответствующей модели дисперсии аналитику следует тщательно изучить все законодательные требования, источники, подлежащие моделированию, входные данные, необходимые для любой конкретной модели, и присущие им ограничения.



## Добавление 3 к главе 5

### ИСТОЧНИКИ КЛИМАТОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

1. Моделирование дисперсии с использованием усовершенствованного или детального метода требует наличия подробных метеорологических данных. При выборе этих данных следует проявлять осторожность. Данные краткосрочного характера могут неточно отражать тенденции и нерепрезентативно характеризовать сезонные изменения, параметры преобладающих ветров или суточные изменения.
2. По информации Всемирной метеорологической организации (ВМО), "ежедневно замер основных параметров атмосферы, поверхности земли и океана осуществляют более 10 000 неавтоматизированных и автоматизированных наземных метеорологических станций, 1000 аэрологических синоптических станций, 7000 морских судов, 100 заякоренных и 1000 дрейфующих буев, сотни метеорологических радиолокаторов и 3000 специально оборудованных коммерческих воздушных судов"<sup>1</sup>. Имеется информация, накопленная за многие годы, а базы данных были созданы до 1950 года.
3. Система мировых центров данных по метеорологии, имеющая 52 отделения в 12 странах, – это огромное количество станций мониторинга во всем мире ([http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/GCDS\\_5.php](http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/GCDS_5.php)).
4. Отдельные страны могут также осуществлять сбор необходимых климатологических данных для региона или страны. К числу организаций, занимающихся такой деятельностью, относятся Британский центр атмосферных данных<sup>2</sup> в Соединенном Королевстве и Национальные центры экологической информации (NCEI)<sup>3</sup> в Соединенных Штатах Америки. Организация NCEI располагает доступными для скачивания данными приземных наблюдений, аэрологическими данными и другой полезной информацией в различных форматах. Важное значение имеют данные многолетних наблюдений, позволяющие избежать ошибок, обусловленных вводом неправильных параметров. Упомянутые данные имеются за период с 1800-х годов по настоящее время и охватывают свыше 8000 пунктов в Соединенных Штатах Америки и 15 000 станций во всем мире в зависимости от требуемых данных.
5. Климатологические данные также имеются во многих университетах мира, и они часто содержат уникальную информацию по регионам. Для получения информации аналитикам рекомендуется изучить эту возможность.

---

1. "Наблюдения", Всемирная метеорологическая организация (ВМО), <https://public.wmo.int/en/our-mandate/what-we-do/observations> (по состоянию на июнь 2020 года).

2. <http://www.ecn.ac.uk/links/link-items/british-atmospheric-data-centre> (по состоянию на июнь 2020 года).

3. <https://www.ncdc.noaa.gov/> (по состоянию на июнь 2020 года).



## Глава 6

# ЗАМЕРЫ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕГО ВОЗДУХА В АЭРОПОРТАХ

### 6.1 ВВЕДЕНИЕ

Аэропорты являются важной составляющей экономической инфраструктуры городов, которые они обслуживают; пассажирские и грузовые перевозки в аэропортах способствуют удовлетворению местных потребностей в воздушных перевозках. Однако, являясь частью этой инфраструктуры, аэропорты служат магнитом для многих видов деятельности, способствующих загрязнению воздуха в конкретном районе: воздушные суда, автомобили, наземное вспомогательное оборудование, стационарные источники и т. д. Часто аэропорты и/или местные полномочные органы, реагируя на различные поставленные задачи и требования, стремятся осознать влияние связанных с деятельностью аэропорта источников загрязнения на местное качество воздуха. Несмотря на наличие средств моделирования, некоторые аэропорты делают попытки количественного определения аэропортовой эмиссии посредством проведения фактических замеров параметров воздуха. Важно, чтобы замеры, проводимые в аэропортах, соответствовали целевым протоколам выполнения замеров. В настоящей главе рассматриваются эти различные элементы замеров параметров качества окружающего воздуха в аэропортах.

### 6.2 ТРЕБОВАНИЯ И СТИМУЛЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА

6.2.1 В главе 2 настоящего руководства рассматриваются общие нормативные рамки, регламентирующие местное качество воздуха, и стимулы, влияющие на предоставление авиационной отрасли информации или принятия соответствующих мер в области качества воздуха. На необходимость выполнения замеров параметров качества окружающего воздуха в аэропортах оказывают влияние специфические в этой области многочисленные требования и стимулы. Зачастую замеры проводятся с целью выполнения юридических обязательств в рамках реализации добровольных программ или верификации моделей.

6.2.2 **Соблюдение правовых норм.** Для соблюдения соответствующих норм в области качества окружающего воздуха и сопутствующих стандартов или целевых показателей в отношении конкретных видов загрязняющих веществ аэропортам, а в некоторых случаях и местным полномочным органам, возможно, потребуется проводить замеры параметров окружающего воздуха. Аэропорт или местный полномочный орган, возможно, также будут обязаны проводить замеры на регулярной или нерегулярной основе (например, для базовой оценки или в контексте проектов по расширению инфраструктуры).

6.2.3 **Добровольные программы.** Например, зачастую необходимость проведения замеров для получения фактической информации относительно местного качества воздуха обуславливается обеспокоенностью общественности и жителей данного района. В качестве альтернативы аэропорт может добровольно проводить замеры и представлять соответствующую информацию в рамках своей экологической политики и управленческой деятельности.

6.2.4 Помимо озабоченности общественности и жителей данного района, могут появиться новые научные факты или гипотезы, указывающие на необходимость проведения кампаний по выполнению замеров в аэропортах или их окрестностях в целях выяснения положения дел или получения дополнительной информации.

6.2.5 **Верификация моделей.** Иногда результаты прогона моделей сравниваются с результатами замеров для определения способности модели отражать фактические условия с определенной степенью достоверности. После верификации конкретной модели на предмет соответствия базовым условиям ее можно использовать с большей степенью достоверности для точного прогнозирования будущих сценариев. Это приобретает особое значение в тех случаях, когда аэропорт планирует проведение потенциальных мероприятий (например, развитие инфраструктуры) и для этого необходимо проанализировать потенциальные последствия этих мероприятий и любые возможные меры по смягчению последствий.

6.2.6 Основной риск, связанный с верификацией моделей, заключается в том, что модель, как правило, прогнозирует уровни концентрации из одного или нескольких источников эмиссии, но не обязательно из всех источников загрязнения. В этом случае могут возникнуть трудности с проведением сравнения смоделированных уровней концентрации с замеренными значениями и для проведения фактической верификации моделей потребуются применять сложные процедуры.

### 6.3 ПЛАН ПРОВЕДЕНИЯ ЗАМЕРОВ

#### Процесс разработки плана проведения замеров

6.3.1 План проведения замеров местного или регионального качества воздуха определяется внешними и/или внутренними требованиями и наличием необходимых ресурсов. Следует рассмотреть перечисленные ниже основные элементы плана проведения замеров (см. также рис. 6-1):

- a) цели и требования при проведении замеров (согласно п. 6.2);
- b) внешние факторы;
- c) места проведения замеров (в части, касающейся территории аэропорта);
- d) методы проведения замеров;
- e) планирование организационной деятельности.

6.3.2 С точки зрения внешних требований в отношении выполнения замеров аэропорты могут иметь одну или несколько целей, включая желание получить фактическую информацию о реальной концентрации загрязняющих веществ в окружающем воздухе в конкретном месте расположения рецептора для целей распространения этой информации или определить долгосрочные тенденции с целью наблюдения за качеством воздуха в местах проведения замеров с учетом развития событий в области эмиссии.

#### Внешние факторы

6.3.3 К числу основных, подлежащих рассмотрению внешних факторов, касающихся выполнения замеров параметров качества окружающего воздуха, относятся существующие стандарты, рекомендации и инструктивные указания в области измерений. В случае приемлемости, практичности или наличия следует использовать местную или национальную рамочную документацию, регламентирующую выполнение замеров параметров качества окружающего воздуха. В этой документации могут рассматриваться как общие вопросы, такие как принципы выполнения замеров или гарантия качества, так и подлежащие использованию предписанные системы измерений.

6.3.4 В некоторых случаях ответственность за выполнение замеров качества воздуха и связанные с этим расходы должны нести аэропорты. В этой связи к числу возможных факторов, определяющих масштаб замеров качества воздуха, относятся имеющиеся ресурсы, наличие технических специалистов и бюджет.

6.3.5 Сеть мониторинга качества воздуха может уже существовать и эксплуатироваться местными полномочными органами или другими организациями. В этом случае рекомендуется координировать или даже гармонизировать потенциальные планы замеров во избежание дублирования аналогичных или идентичных измерений, или несоответствий и даже противоречий.

### **Места выполнения замеров**

6.3.6 Цели и требования, указанные в п. 6.2, помогут определить местоположение станций мониторинга. На рис. 6-2 показан общий, но в то же время типичный, план выбора позиций замеров, а описание и обоснование каждой позиции приводятся в таблице 6-1. В различных аэропортах планы выбора позиций замеров могут быть различными, что зависит от фактического землепользования в регионе, инфраструктуры и застройки.

6.3.7 Замеры параметров воздуха должны выполняться с наветренной и подветренной сторон от аэропорта/аэропортовых источников, однако при этом следует стремиться к обеспечению дифференциации распределения источников. Для дифференциации распределения источников позиции следует выбирать таким образом, чтобы они находились в зоне действия преобладающего конкретного источника эмиссии, а другие источники могли бы лишь незначительно влиять на общий уровень концентраций.

6.3.8 Выбор мест выполнения замеров связан с рассмотрением следующих вопросов:

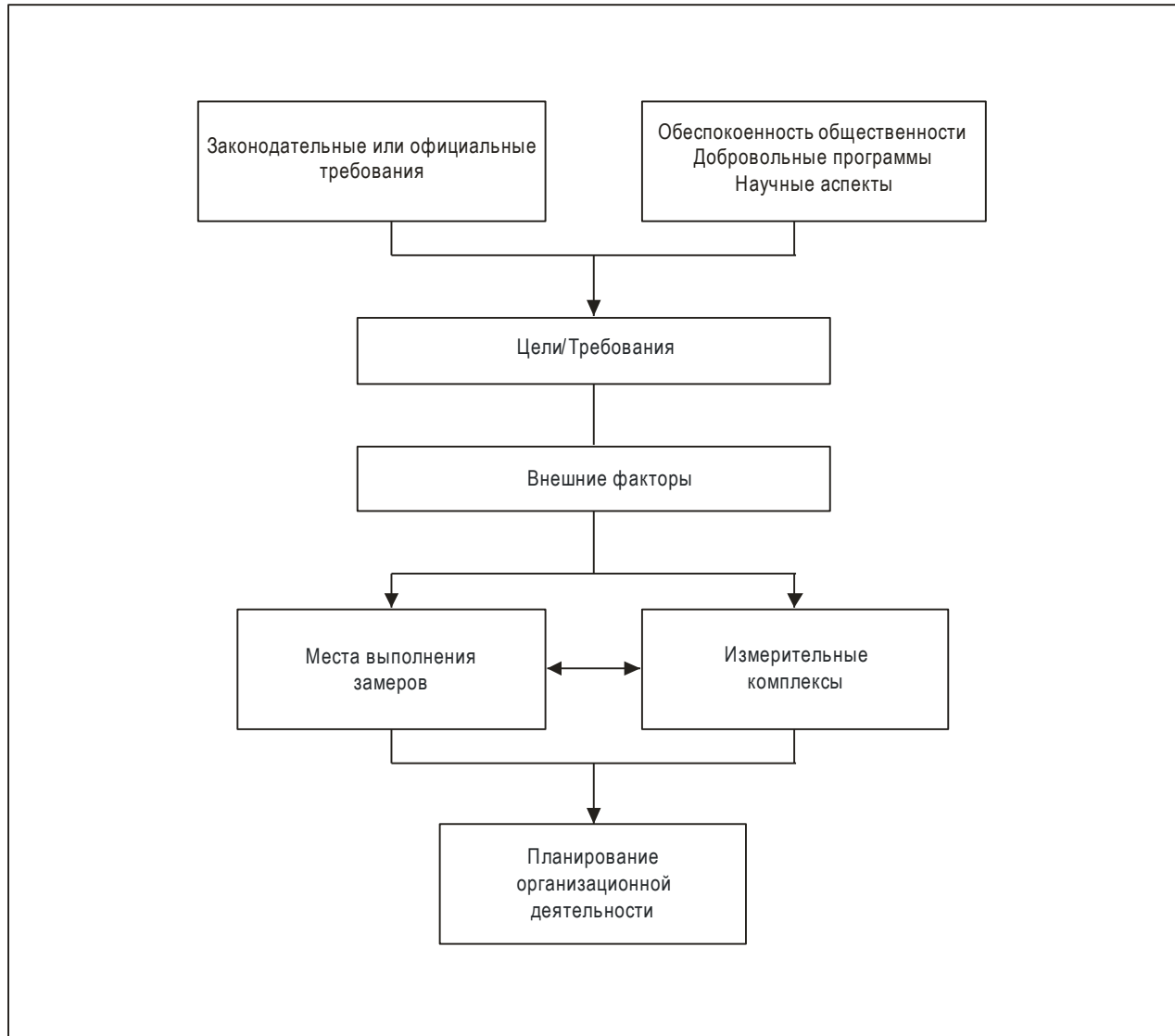
- a) Какова текущая (ретроспективная) концентрация загрязняющих веществ соответствующих видов вблизи аэропорта?
- b) Можно ли, по крайней мере в определенной степени, выделить иницируемые аэропортом виды воздействия?
- c) Какова тенденция изменения концентрации загрязняющих веществ?

6.3.9 При выборе позиций в аэропорту и его окрестностях с учетом наиболее вероятных преобладающих источников загрязнения можно выполнить качественную оценку актуальности видов воздействия, иницируемых воздушным движением и аэропортом.

### **Методы выполнения замеров**

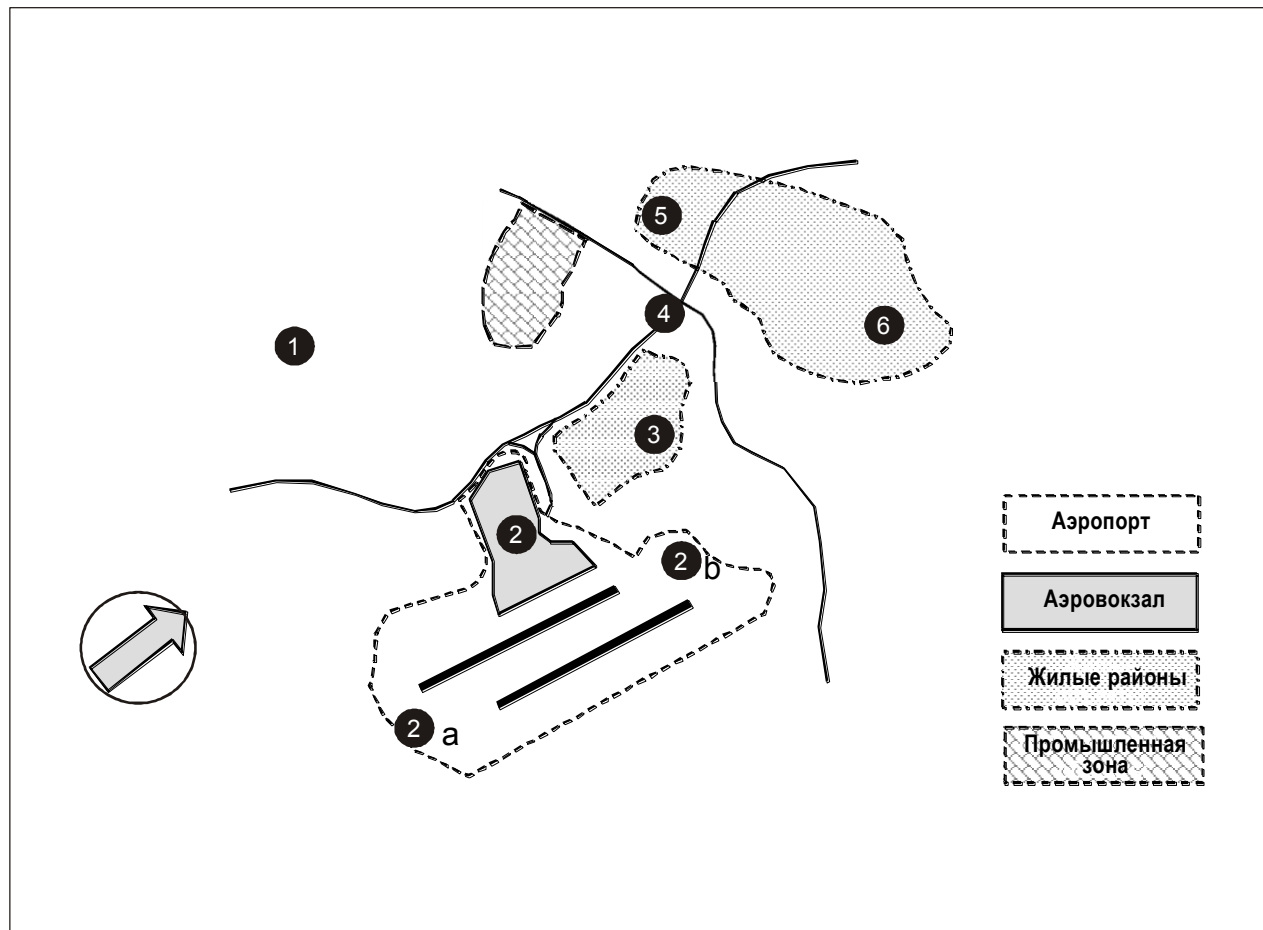
6.3.10 Имеются различные методы выполнения замеров от простых (с точки зрения местоположения позиции и обслуживания) до сложных. Выбор каждого метода должен осуществляться с учетом предполагаемой срочности выполнения замеров, определение которой, если это не предписано законом, проводится на основе анализа требований клиентов или полномочных органов. В любом случае необходимо обсудить и согласовать со всеми сторонами риск предоставления ошибочных по сравнению с пороговыми значениями результатов.

6.3.11 Основное различие измерительных комплексов заключается в том, являются ли они активными (комплекс обеспечивает непрерывный отбор и анализ проб воздуха) или пассивными (окружающий воздух взаимодействует с системой, а результаты получаются дистанционно). В таблице 6-2 рассматриваются оба систематических подхода с точки зрения различных параметров, которые необходимо учитывать при проведении оценки измерительных комплексов.



**Рис. 6-1** Элементы плана выполнения замеров

6.3.12 При рассмотрении потенциальных позиций совместно с измерительными комплексами можно сделать вывод о том, что позиции в аэропортах могут быть оснащены активными и/или пассивными системами, в то время как замеры качества воздуха в районе аэропорта должны выполняться с использованием пассивных систем.



**Рис. 6-2. Общий план выбора мест выполнения замеров (стрелка, обведенная кружком, показывает преобладающее направление ветра)**

### Планирование организационной деятельности

6.3.13 Важным элементом замера параметров качества окружающего воздуха является надлежащая организация и фактическая реализация этого процесса. В этой связи в рамках планирования организационной деятельности необходимо рассмотреть, определить и документально оформить ряд аспектов. К их числу относятся следующие:

- a) ответственность за реализацию проекта;
- b) техническое обслуживание;
- c) управление данными;
- d) представление информации;
- e) гарантия и контроль качества.

Таблица 6-1. Описание характерных позиций для выполнения замеров

Номер (указанный на рис. 6-2)	Описание позиции	Обоснование
1	Позиция для замера фоновой концентрации, на работу которой не влияет какая-либо деятельность, связанная с загрязнением.	Эта станция предоставляет фоновые и базовые данные для региона, в котором расположен аэропорт.
2	Все станции (включая 2 а и 2 b) расположены в пределах района аэропорта с интенсивной деятельностью. Факультативно станции располагаются непосредственно с наветренной и подветренной стороны (и сбоку) от ВПП, часто на границе аэропорта.	Можно ожидать, что эти станции с наибольшей вероятностью будут отражать деятельность аэропорта (воздушные суда и/или обслуживание и инфраструктура). Эти виды деятельности будут оказывать основное влияние на концентрацию загрязняющих веществ, а существенные изменения концентрации будут, по всей вероятности, обуславливаться этими источниками.
3	Эта станция расположена в жилом районе, находящемся с подветренной стороны аэропорта, однако в непосредственной близости от него нет основных источников эмиссии.	Эта станция будет в среднем отражать положение дел в жилом районе с постоянным проживанием, ближе всего расположенном к аэропорту и с подветренной стороны от него. По всей вероятности, локализовать источники не представляется возможным, но в этом и нет необходимости.
4	Эта станция расположена рядом с основной автомагистралью, но все же в непосредственной близости от аэропорта.	В целом дорожное движение является существенным источником эмиссии. Эта станция регистрирует влияние дорожного движения на местное качество воздуха в окрестностях аэропорта. Разграничение между движением, связанным с деятельностью аэропорта, и другим движением не проводится.
5	Эта станция расположена в другом жилом районе, но с подветренной стороны промышленной зоны, где имеются источники эмиссии.	В жилых районах уровни концентрации все-таки могут быть повышены. В этом случае важно выделить источники эмиссии, которые не связаны с деятельностью аэропорта, но могут оказывать влияние на районы вблизи аэропорта.
6	Эта станция расположена на удалении от аэропорта, но также в жилом районе с подветренной стороны аэропорта.	Можно ожидать, что на большем удалении с подветренной стороны от аэропорта концентрация будет уменьшаться при условии отсутствия каких-либо других значительных источников эмиссии.

6.3.14 Ответственность за реализацию проекта предусматривает (но не ограничивается указанными мероприятиями) разработку концепции выполнения замеров, получение необходимых бюджетных средств для приобретения оборудования, монтаж оборудования, эксплуатацию и техническое обслуживание измерительного оборудования, организацию системы управления данными (оценка, верификация, хранение) и заключение контрактов с потенциальными третьими сторонами. Она определяет роли и обязанности всех заинтересованных сторон.

6.3.15 Техническое обслуживание охватывает все элементы периодического и превентивного технического обслуживания измерительного оборудования, а также выполнение ремонтных работ и планирование мероприятий на случай возможных чрезвычайных обстоятельств, предусматривающих наличие резервного оборудования. Оно также предусматривает проведение калибровки оборудования в соответствии с инструкциями изготовителя или общими указаниями и рекомендациями.

6.3.16 Управление данными предусматривает сбор данных (автоматический или вручную), хранение данных и передачу данных (например, с дистанционно управляемых станций). После получения необработанных данных проводится проверка их качества на основе заранее определенного процесса, в рамках которого выявляются непригодные данные, которые либо маркируются, либо удаляются из серии данных. В зависимости от системы сбора данных, необходимой оценки и периодичности представления, данные, возможно, потребуется объединить в рамках другого интервала (например, часовое значение).

6.3.17 После подготовки данных для их надлежащей интерпретации может возникнуть необходимость в передаче и/или публикации этой информации. Общедоступные отчеты или отчеты для ограниченного пользования могут составляться и распространяться в печатном или электронном виде. Кроме того, предварительно может быть достигнута договоренность о передаче такой информации полномочным органам или местным заинтересованным сторонам.

6.3.18 Для обеспечения качества замеренных данных в долгосрочной перспективе рекомендуется разработать процесс гарантии качества, в рамках которого рассматриваются все элементы, оказывающие влияние на качество данных. Цель разработки и внедрения таких систем контроля качества заключается в обеспечении необходимого уровня доверия к системе и ее результатам.

## 6.4 АНАЛИЗ ДАННЫХ

### Введение

6.4.1 Данные замера параметров окружающего воздуха могут использоваться различным образом, в частности, для:

- a) описания фактических условий в районе или на позиции и демонстрации соблюдения или несоблюдения стандартов качества окружающего воздуха;
- b) определения часовых, суточных, месячных или сезонных изменений;
- c) определения особых и временных тенденций;
- d) идентификации основных источников, влияющих на замеренные уровни концентрации.

6.4.2 Возможное применение данных зависит от:

- a) замеренных параметров конкретных загрязняющих веществ или компонентов;
- b) продолжительности замеров (сутки, недели, месяцы или годы);
- c) временного разрешения замеров (секунды, минуты, часы или большая продолжительность);
- d) количества и местоположения позиций мониторинга, используемых для выполнения замеров;
- e) метеорологических данных (например, скорость и направление ветра).

Таблица 6-2. Активные и пассивные измерительные комплексы

Параметр	Активная система	Пассивная система <sup>1</sup>
Возможные системы	<p>Оптический луч:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ДОАС (дифференциальная оптическая абсорбционная спектроскопия)</li> </ul> <p>Позиция непрерывного действия:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ТЕОМ (конический элемент осциллирующих микровесов)</li> <li>• Устройство контроля массы на основе регистрации ослабления потока бета-частиц</li> <li>• Пробоотборники большого объема</li> <li>• Хемилюминесценция</li> </ul>	<p>Пакеты/контейнеры</p> <p>Пассивные диффузионные трубки</p> <p>Фильтровальная бумага</p>
Виды загрязняющих веществ, подлежащие анализу	Обычно на одной станции можно проводить анализ нескольких видов (например, NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , TCH <sub>10</sub> ), используя для этого несколько анализаторов	Обычно можно анализировать только одно загрязняющее вещество. Некоторые загрязняющие вещества анализировать невозможно (реакционность).
Анализ	Обычно пробы воздуха анализируются непосредственно на станции в момент отбора	Обычно после отбора на позиции пробы доставляются в лабораторию для проведения их анализа
Интервалы замеров	В зависимости от оборудования интервалы замеров могут быть короткими; например, пробы могут анализироваться каждые несколько секунд или минут	Обычно интервалы являются длительными (например, двухнедельные интервалы) или замеры производятся только один раз
Точность данных	Обычно точность получаемых данных является довольно высокой при условии надлежащей установки и технического обслуживания систем	Точность замеренных данных является вполне удовлетворительной. Однако для проведения анализа тенденций или сравнения при наличии большого количества позиций точность может быть достаточной
Требования к позиции	Позиция для выполнения замеров должна находиться в месте, свободном от препятствий (в части, касающейся потока воздуха), иметь укрытое помещение для размещения оборудования и анализаторов и доступ к источникам электропитания. В зависимости от системы также необходимы линии связи для дистанционного управления. Должны применяться некоторые меры ограничения доступа. Для выполнения специальных замеров такая система может быть также мобильной	Позиция для выполнения замеров должна находиться в месте, свободном от препятствий (в части, касающейся потока воздуха). Для установки измерительного комплекса необходима лишь ограниченная инфраструктура (укрытие и электропитание не требуются)

Параметр	Активная система	Пассивная система <sup>1</sup>
Техническое обслуживание	Для обеспечения и поддержания необходимого уровня работоспособности электрическое/электронное оборудование и прецизионные детали требуют повышенного уровня технического обслуживания. Оно может предусматривать регулярную калибровку или замену критических деталей	Как правило, объем технического обслуживания является незначительным, поскольку электрическое/электронное оборудование или прецизионные детали не используются
Затраты	От средних до высоких (инвестиции) и средние (техническое обслуживание)	Низкие (инвестиции и техническое обслуживание)

<sup>1</sup> Биоиндикаторы/биоаккумуляторы. В целом эта категория объединяет элементы активной системы и процесса длительной экспозиции. Краткое описание приводится в добавлении 1 к данной главе.

### Определение соответствия фактических условий стандартам качества окружающего воздуха

6.4.3 Мониторинг качества окружающего воздуха является традиционным методом демонстрации соответствия фактических условий в районе требованиям принятых стандартов качества воздуха. Часто до официального признания и определения того, что район отвечает или не отвечает требованиям стандарта, мониторинг должен проводиться в течение одного года – трех лет. Нормативные органы устанавливают порядок возможного использования данных для проведения сравнения замеренных результатов со стандартами качества воздуха.

6.4.4 Мониторинг, осуществляемый на одной или нескольких позициях вблизи аэропорта, позволяет получить информацию, касающуюся местного качества воздуха в его окрестностях. Эти данные могут использоваться для определения фактических базовых условий в отчете о мерах по защите окружающей среды в рамках предлагаемого будущего проекта. Поскольку стандарты качества воздуха охватывают усредненный период, а усредненные периоды для некоторых стандартов могут составлять до одного года, мониторинг должен проводиться в течение периода, соответствующего стандарту, относительно которого будут сравниваться данные. Если стандарт основан на ограниченном количестве замеров, результаты которых через несколько лет могут быть превышены, мониторинг необходимо проводить в течение более длительного периода.

### Определение периодических изменений

6.4.5 Информация о периодических изменениях позволяет определить источники, которые могут повлиять на замеренные концентрации. Каждый источник в аэропорту имеет соответствующие пиковые характеристики. Например, для наземного движения в регионе часто характерны связанные с работой утренний или вечерний пиковые периоды. Зачастую операции воздушных судов имеют вполне определенные пиковые периоды. Объем наземного движения транспортных средств, прибывающих в аэропорт, может достигать пиковых значений за 60–90 мин до наступления пика операций воздушных судов и в течение аналогичного периода после него. Если имеются ежечасно контролируемые данные и эти данные свидетельствуют о том, что пиковые значения концентраций загрязняющих веществ соответствуют по времени часам "пик", то наземное движение, по всей вероятности, является главным фактором, влияющим на результаты измерений. Следует иметь в виду, что предположительно речь идет об относительно инертных загрязняющих веществах (таких как CO, TЧ<sub>10</sub> или NO<sub>x</sub> в целом).

6.4.6 Изменения могут также происходить по дням недели, месяцам года или носить сезонный характер. Эти изменения могут помочь определить источники или типы источников, способные оказывать значительное влияние на замеренные концентрации. Однако следует отметить, что периодические изменения могут быть также

связаны с метеорологическими факторами, такими как температура воздуха, высота перемешивания или относительная влажность, из-за которых реально изменяются объемы выбросов из источников загрязняющих веществ. Например, источники горения образуют больше  $\text{NO}_x$  и меньше  $\text{CO}$  при более высоких температурах окружающего воздуха, что обуславливает как почасовые колебания в течение суток, так и сезонные изменения.

6.4.7 Характерным примером изменений, зависящих от источника, является концентрация загрязняющих веществ, образуемых воздушными судами. Имеются аэропорты с явно выраженным сезонным характером воздушного движения (места для занятия зимними видами спорта) или даже движением в выходные дни. Наглядным примером изменений, обусловленных метеорологическими условиями, является энергетическая установка аэропорта, которая функционирует в условиях относительно стабильной нагрузки в течение года.

#### **Анализ тенденций**

6.4.8 Для проведения анализа пространственного градиента используются результаты замеров содержания одного загрязняющего вещества в окружающем воздухе, которые выполняются в различных местах для идентификации и определения местоположения источников эмиссии, влияющих на результаты этих измерений.

6.4.9 При проведении анализа временной последовательности используются результаты замеров содержания одного вида загрязняющих веществ в окружающем воздухе, выполняемых в различных местах для идентификации характера изменения концентрации загрязняющих веществ с течением времени.

6.4.10 Долгосрочный (в течение нескольких лет) сбор данных в одном месте позволяет получить информацию об общих тенденциях в области эмиссии загрязняющих веществ. Во многих районах, где реализуются программы контроля загрязняющих веществ, анализ долгосрочных тенденций свидетельствует о постоянном уменьшении замеренной концентрации загрязняющих веществ с течением времени.

#### **Распределение источников**

6.4.11 Распределение источников представляет собой процесс использования отслеживаемых или моделируемых концентраций с учетом или без учета метеорологических данных для определения источников, типов источников и/или местоположения источников, оказывающих существенное влияние на замеренные показатели. Рассматривавшиеся выше анализы пространственных градиентов и временных рядов являются возможными методами распределения источников. К числу других методов относятся химический баланс массы или факторизация положительной матрицы.

6.4.12 Под использованием отслеживаемых данных для определения источников, оказывающих влияние на результаты замеров, понимается моделирование рецептора. Для получения информации относительно источников или типов источников, создающих эмиссию, параметры которой замеряются на станции, данные рецептора (станции мониторинга) анализируются совместно с данными о скорости и направлении ветра или предполагаемыми профилями и характеристиками эмиссии по типу источника.

6.4.13 Замеры в одной точке не позволяют провести разграничение между различными источниками, если отсутствует возможность локализации микроэлементов, выбрасываемых конкретным источником. Поэтому совместно с выполнением замеров важно проводить моделирование, с тем чтобы оценить влияние отдельных источников или группы источников (например, аэропорта).

### Решение проблемы недостающих данных

6.4.14 Обычно условия, в соответствии с которыми замеренные временные ряды считаются действительными, определяются местными или национальными рекомендациями. Для долгосрочных замеров (например, в течение года) устанавливается максимально допустимое количество дней без сбора данных, в течение которых никаких конкретных мер принимать не требуется. Выход за этот допустимый предел приведет к недействительности серий замеров или периодов осреднения. Такие полученные данные можно использовать в информационных целях, но для представления официальных отчетов или обоснования программ смягчения последствий их использовать нельзя. В тех случаях, когда это предусмотрено упомянутыми рекомендациями, недостающие данные, определенные путем интерполяции, можно внести. Все случаи пропуска данных должны быть четко задокументированы.

6.4.15 Интерполяцию одного или нескольких недостающих элементов данных можно выполнить на основе полученных в течение действительного периода замеров данных близлежащей станции с сопоставимыми метеорологическими условиями и соответствующего учета отклонений в точках замера. В любом случае все интерполированные данные должны быть надлежащим образом помечены.

## 6.5 ГАРАНТИЯ/КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЗАМЕРОВ

### Методические рекомендации относительно управления качеством

6.5.1 Одна из основных целей управления качеством заключается в обеспечении гарантий точности замеров в целях избежания получения критических замечаний при передаче результатов. Процесс управления качеством поможет свести до минимума неопределенность посредством оптимизации рабочих параметров оборудования, а также возможностей технических специалистов. Более того, следует обеспечить возможность оперативного получения результатов; они должны быть прослеживаемыми, хорошо идентифицированными, задокументированными и однозначными с точки зрения времени и местоположения.

6.5.2 Существует ряд методических указаний, в том числе, среди прочего, технические требования изготовителя, местные, национальные или международные рекомендации (Международная организация по стандартизации (ИСО)), но не ограничиваться ими. В стандарте ISO 9001, касающемся управления качеством, рассматриваются процессы организации получения измерительной информации, удовлетворяющей пользователей. Стандарт ISO 17025, основанный на аналогичных стандарту ISO 9001 принципах организации управления качеством и целях и специально разработанный для проведения мероприятий по выполнению замеров, дополнительно предусматривает оценку технических возможностей и является намного более жестким, чем ISO 9001.

### Техническая компетентность

6.5.3 Важными факторами обеспечения качества измерений являются навыки и опыт персонала, выполняющего замеры. В этой связи для реализации всех элементов мониторинга качества воздуха (установка оборудования, эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт) и обработки данных (получение, хранение, валидация и интерпретация) требуются надлежащие технические навыки. Заранее следует определить и документально оформить минимальные требования к образовательному уровню.

6.5.4 Для обеспечения необходимого уровня компетентности можно разработать программу обучения, предусматривающую проведение внутренней и внешней подготовки, например, изготовителем оборудования или органами охраны окружающей среды. Это особенно актуально для специалистов, работающих со сложными

аналитическими приборами, для которых характерно частое изменение технологий. Все программы обучения рекомендуется документально оформить (например, в соответствии с ISO 9001). Обучение в рамках таких программ должно проводиться на периодической основе.

### **Точность оборудования**

6.5.5 Необходимые процедуры (превентивного) технического обслуживания, включая его периодичность, должны определяться изготовителем оборудования. Превентивное техническое обслуживание оборудования должно выполняться регулярно, что обеспечивает сохранение его оптимальных параметров в процессе эксплуатации, особенно при осуществлении непрерывного мониторинга и передаче данных. Превентивное техническое обслуживание может включать, например, очистку, замену конкретных частей оборудования и обновление программных средств. Все виды технического обслуживания должны выполняться в соответствии с регламентом и документально оформляться. Кроме того, следует также документально оформлять выводы по результатам каждого выполненного технического обслуживания.

6.5.6 Калибровка оборудования является важным и необходимым этапом, обеспечивающим точность измерений в пределах рабочего диапазона оборудования. Калибровка проводится на регулярной основе с заранее установленной периодичностью после выполнения каждого вида превентивного технического обслуживания и ремонта. При использовании дополнительного калибровочного оборудования или веществ (например, эталонные газы) должна обеспечиваться гарантия их качества или проводиться сертификация (например, срок годности эталонных газов). Некоторые особые виды калибровки должны проводиться в условиях регулирования температуры и влажности, и эти условия должны соблюдаться. Вся информация, касающаяся калибровки оборудования, должна регистрироваться.

6.5.7 Несмотря на выполнение всех видов технического обслуживания и калибровок, некоторая неопределенность может сохраняться. Для определения степени достоверности окончательных данных важно понимать степень этой неопределенности и ее возможное влияние на замеренные показатели в целом. Изучение аспектов неопределенности может способствовать определению различных факторов и их влияния на результаты замеров параметров внешней среды, а также поиску возможных путей уменьшения степени неопределенности этих данных.

### **Обработка данных**

6.5.8 В зависимости от метода мониторинга с течением времени может накопиться большой объем необработанных данных, требующих особого подхода к управлению ими. Необходимо принять решение о целесообразности хранения необработанных и валидированных/обработанных данных и периоде хранения. Необработанные данные рекомендуется хранить не менее 10 лет, а обработанные данные (валидированные, обобщенные и т. д.) могут храниться более 10 лет.

6.5.9 Хранение данных потребует организации процесса их сопровождения, такого как регулярное повторное копирование данных с одного носителя на другой с одновременной перекрестной проверкой ошибок в данных (пропущенные, искаженные). Этот процесс управления данными также необходимо задокументировать.

### **Аккредитация и сертификация**

6.5.10 Необходимо проводить периодические проверки с целью удостовериться в надлежащем применении соответствующих процедур управления. Внутренних ревизоров можно привлекать из числа сотрудников, обученных выполнению таких задач.

6.5.11 Даже в том случае, если у внешних компаний имеется созданная и функционирующая система качества, заказчик (например, аэропорт) должен удостовериться в надежности этой системы. В этой связи действующим минимальным стандартом является стандарт ISO 9001, предусматривающий выдачу сертификата соответствия. Кроме того, стандарт ISO 17025 конкретно определяет порядок выполнения замеров, а поскольку в нем содержатся основанные на рекомендациях ISO 9001 положения о менеджменте качества, акцентированные на возможностях технических специалистов, его применение наилучшим образом гарантирует доверие со стороны заказчика.

---



## **Добавление 1 к главе 6**

# **ОПИСАНИЕ НЕКОТОРЫХ МЕТОДОВ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАМЕРОВ**

### **1. АКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ**

#### **Дифференциальная оптическая абсорбционная спектроскопия (ДОАС)**

1.1 Система ДОАС обеспечивает возможность выполнения автоматических замеров вдоль оптического луча с высоким разрешением. Принцип основан на зависящем от длины волны поглощении излучения газами. В состав оборудования ДОАС входят излучатель и блок приемника. Луч света с длиной волны в диапазоне от 200 до 700 нм от излучателя поступает в приемник, а затем по оптико-волоконному кабелю передается в анализатор. По трассе луча конкретные газы поглощают свет в известных частях спектра. Это позволяет компьютеру анализатора измерять параметры газов с помощью спектрометра. В спектрометре дифракционная решетка постепенно разлагает свет на различные спектры. Затем итоговый спектр сравнивается со стандартным спектром, а разница вычисляется в виде многочлена. С помощью дополнительных расчетов определяется дифференциальный абсорбционный спектр и, в конечном итоге, концентрация конкретного газа. Эти одиночные замеры суммируются для получения 30-минутных значений. Такая система может использоваться для различных загрязняющих веществ, включая двуокись азота, озон и двуокись серы.

#### **Конический элемент осциллирующих микровесов (ТЕОМ)**

1.2 ТЕОМ позволяет определять ТЧ<sub>10</sub>-фракцию пыли. Метод ТЕОМ основан на принципе изменения частоты осциллирующего фильтра с увеличением массы. При использовании метода ТЕОМ производится отбор проб воздуха известного объема, которые проходят через фильтр, установленный в верхней части пробоотборника. Здесь происходит отделение всех микрочастиц, размер которых превышает 10 мкм. Затем воздушная проба поступает во второй фильтр, на котором осаждаются частицы размером менее 10 мкм. Концентрация ТЧ<sub>10</sub> рассчитывается на основе изменения частоты колебания фильтра. Единичные замеры суммируются для получения 30-минутных значений.

#### **Устройство для определения массы путем измерения ослабления бета-излучения (ВАМ)**

1.3 По сравнению с методом ТЕОМ ВАМ является более надежным и менее дорогостоящим устройством постоянного мониторинга ТЧ<sub>10</sub> и ТЧ<sub>2,5</sub>. ЕРА Соединенных Штатов Америки сертифицировало его (EFQM-0798-122) в качестве метода, эквивалентного стандартному методу для осуществления мониторинга за содержанием ТЧ<sub>10</sub> и ТЧ<sub>2,5</sub> в окружающем воздухе. В рамках метода ВАМ используется стабильный источник излучения радиоактивного изотопа углерода (<sup>14</sup>C, 60 uCi), производится замер ослабления бета-излучения твердыми частицами, осаждаемыми на фильтрующем материале, и по степени ослабления определяется масса, осаждаемая на фильтре. Уровни ТЧ<sub>10</sub> или ТЧ<sub>2,5</sub> замеряются отдельно в зависимости от используемого дискриминатора частиц, устанавливаемого до пробоотборника в комплекте с фильтром.

### Анализатор NO<sub>x</sub>

1.4 Анализатор NO<sub>x</sub> используется для замера концентрации NO<sub>2</sub>. В анализатор подаются две пробы воздуха. Первый поток не вступает в какую-либо химическую реакцию, а второй поток проходит через конвертор, который преобразует NO<sub>2</sub> в NO. Обе пробы анализируются на предмет NO в одной реакционной камере, в которой производится замер хемилюминесценции, вызванной реакцией между NO и O<sub>3</sub>. Поочередно прибор выполняет замеры общего содержания NO<sub>x</sub> и NO. Разница между двумя показаниями дает вычисленное значение содержания NO<sub>2</sub> в окружающем воздухе.

### Анализатор O<sub>3</sub>

1.5 В анализаторе O<sub>3</sub> производится отбор двух проб воздуха. Первая проходит через катализатор, который преобразует O<sub>3</sub> в O<sub>2</sub>. Вторая проба поступает непосредственно в абсорбционную камеру (контрольный замер). Детектор измеряет количество пропущенного ультрафиолетового (UV) излучения. Концентрация O<sub>3</sub> рассчитывается на основе двух контрольных значений. Интервал измерения составляет 30 мин.

### Выводы

1.6 Автоматические анализаторы позволяют в реальном масштабе времени осуществлять непрерывные автоматические замеры параметров атмосферных загрязняющих веществ с временным разрешением, обеспечивая получение концентраций загрязняющих веществ с высоким разрешением с часовыми или меньшими интервалами в одной точке. Основным недостатком метода непрерывных замеров в одной точке/оптической трассе такого, как метод ДООС, являются высокие расходы, связанные с покупкой и техническим обслуживанием анализаторов. Следствием этого может стать низкая плотность сети и низкое пространственное разрешение замеров. Подвижные лаборатории, оснащенные автоматическими анализаторами, представляют собой целесообразный вид применения этих технических средств в качестве инструментария для реализации программ замеров на различных, представляющих интерес, позициях.

## 2. ПАССИВНЫЕ СИСТЕМЫ

### Диффузионные трубки

2.1 Применение диффузионных трубок является самым простым и самым дешевым способом оценки местного качества воздуха с точки зрения газообразных загрязняющих веществ, и их можно использовать для получения общей информации о средней концентрации загрязняющих веществ в течение длительных периодов времени в диапазоне от недели и более. Наиболее широко они используются для оценки содержания двуокиси азота и бензола (часто с толуолом, этилбензолом, m+p-диметилбензолом и o-диметилбензолом в качестве ВТЕХ), однако их также целесообразно использовать для замера количества других загрязняющих веществ, таких как 1,3-бутадиен, озон и двуокись серы.

2.2 В целом диффузионные трубки представляют собой небольшую трубку (размером с пробирку), обычно изготовляемую из нержавеющей стали, стекла или инертной пластмассы; в одном конце установлена прокладка из абсорбирующего материала, а другой конец открыт в течение заданного времени экспозиции. После экспозиции трубки запечатываются и направляются в лабораторию, где проводится их анализ с использованием различных методов, включая химический, спектрографический и хроматографический.

2.3 Следует отметить, что использование диффузионных трубок является индикативным методом мониторинга, который не обеспечивает точности, аналогичной точности более сложных автоматических анализаторов. Кроме того, поскольку периоды экспозиции могут составлять несколько недель, результаты нельзя сравнить со стандартами качества воздуха и целевыми показателями, основанными на более коротких периодах усреднения, таких как часовые стандарты. По той же причине использование диффузионных трубок не позволяет обнаруживать пиковые события. В результате, несмотря на возможность использования диффузионных трубок для выполнения оценок в течение непродолжительных периодов, мониторинг за  $\text{NO}_2$  с помощью диффузионных трубок рекомендуется осуществлять в течение всего года, поскольку в этом случае можно проводить оценки относительно целевых показателей, определяющих среднегодовые концентрации.

2.4 Диффузионные трубки могут быть подвержены влиянию ряда факторов, в результате чего они завышают или занижают показания относительно стандартного замера, поэтому наиболее целесообразно использовать три или более трубок на каждой позиции мониторинга, а один комплект устанавливать совместно с имеющимся эталонным монитором непрерывного действия. В этом случае любое отклонение можно скорректировать путем сопоставления результатов с результатами непрерывного мониторинга (например, хемилюминесцентный монитор  $\text{NO}_2$ ), а сравнение показаний различных трубок позволит выявить любую аномалию.

2.5 Важно правильно выбирать позиции для осуществления мониторинга с помощью диффузионных трубок; в районе установки трубок должна обеспечиваться свободная циркуляция воздуха, причем следует избегать зон с более высоким, чем обычно, уровнем турбулентности, таких как углы зданий. Следует также избегать поверхностей, которые могут выступать в роли местных абсорберов загрязняющих веществ, параметры которых замеряются, поэтому диффузионные трубки не следует устанавливать непосредственно на стенах или на других плоских поверхностях. Кроме того, следует избегать других локализованных источников или поглотителей, таких как дымоходы отопительных агрегатов, воздуховыпускные отверстия систем кондиционирования воздуха и выпускные лючки систем вентиляции, а также деревьев и других районов, покрытых плотной растительностью.

2.6 Относительно невысокая стоимость диффузионных трубок обеспечивает возможность отбора проб во многих точках обширного района, что может способствовать идентификации относительных тенденций и районов с высокими уровнями концентрации, в которых, в этой связи, можно провести более подробные исследования. В этих условиях затраты и трудности использования более точных средств непрерывного мониторинга для проведения аналогичного исследования делают его практически невозможным.

### Пакеты/контейнеры

2.7 При использовании такого метода измерений на выбранных позициях отбирается проба "цельного объема воздуха" путем закачки пробы окружающего воздуха в какой-либо контейнер. В большинстве случаев могут использоваться пакеты, стеклянные сосуды, стальные баллоны или контейнеры из нержавеющей стали. Контейнеры из нержавеющей стали и пакеты являются наиболее характерными системами для сбора проб. Процесс отбора проб воздуха можно усовершенствовать путем использования небольшого электрического насоса, который быстро заполняет контейнер образцом окружающего воздуха.

2.8 После забора газа в контейнер его анализ проводится за пределами позиции на основе различных методов (например, методом "мокрой химии"). Как правило, замеряемыми компонентами окружающего воздуха являются различные виды углеводородов.

2.9 Обычно процесс извлечения загрязняющих веществ из сосуда для сбора образцов затрагивает аспекты качества данных. Процесс извлечения является функцией ряда параметров, включая химический состав загрязняющего вещества, свойства поверхности сосуда, давление паров загрязняющего вещества, влияние различных других веществ, содержащихся в матрице, и способность начать процесс с использованием незагрязненного сосуда.

## Выводы

2.10 Методы пассивного отбора проб являются простыми, экономически эффективными и обеспечивают возможность проведения надежного анализа качества воздуха с получением хороших результатов, характеризующих средние концентрации загрязняющих веществ в течение периода, охватывающего несколько недель или месяцев. К числу других методов относится использование пузырьков газообразных загрязняющих веществ и анализ тяжелых металлов, содержащихся в фильтрате взвешенных твердых частиц.

## 3. ДРУГИЕ МЕТОДЫ

### Биологические индикаторы

3.1 Биологическими индикаторами, или биоиндикаторами, являются растения или животные, позволяющие получить информацию об экологических изменениях условий на конкретной позиции на основе их чувствительной реакции на влияние окружающей среды. Биоиндикаторы могут служить показателем надвигающихся экологических проблем, таких как загрязнение воздуха и воды, загрязнение почвы, изменение климата или разрушение среды обитания. Они также позволяют получить информацию о комплексном влиянии разнообразных экологических стрессов и их совокупном воздействии на здоровье организма, популяцию, сообщество организмов и/или экосистему. Разнообразные виды лишайников являются широко используемыми биоиндикаторами качества воздуха.

3.2 Имеются различные виды изучения индикаторных видов, а влияние биоаккумуляции можно изучать на уровне отдельных организмов. На уровне популяции можно проводить исследование морфофизиологических изменений, изменений жизненных циклов, относительного здоровья популяций и структур популяций и сообществ. Примерами используемых методов в области экологии являются мечение и повторная поимка, определение пола и соотношения возрастных групп, точечная, линейная, выборочная и невыборочная таксация растительного покрова и встречаемость растений.

3.3 Данные, полученные с помощью традиционных методов измерения, позволяют контролировать соответствие действующим стандартам и предельным значениям качества воздуха. Однако данные о концентрации загрязняющих веществ в окружающем воздухе не позволяют делать прямых выводов относительно потенциального воздействия на людей и окружающую среду. Более точную фактическую информацию о вредном воздействии можно получить с помощью биоиндикаторов. Кроме того, биоиндикаторы позволяют судить о совокупном воздействии всех экологических факторов, включая взаимодействие с другими загрязняющими веществами или климатические условия. Это позволяет оценить риск сложных смесей загрязняющих веществ и хронические эффекты, которые могут иметь место даже в том случае, если значения будут ниже пороговых.

3.4 Использование биоиндикаторных растений для оценки влияния загрязнения воздуха широкого распространения пока не получило. Одной из основных причин недостаточно широкого признания этой методики мониторинга качества воздуха является недостаточный уровень стандартизации этих методов и, как следствие этого, низкий уровень сопоставимости результатов.

## Добавление 2 к главе 6

### ПРИМЕРЫ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ

Таблица 6-A2-1. Примеры методов измерения  
(используемых в Европе и Соединенных Штатах Америки)

Загрязняющее вещество	Стандартный метод	Другие методы
Двуокись серы	Ультрафиолетовая флуоресценция	ДОАС
Двуокись азота и окислы азота	Хемилюминесценция	ДОАС
ТЧ <sub>10</sub>	Гравиметрический	ТЕОМ (усовершенствованный) Ослабление бета-излучения Клейкая лента (простой метод)
ТЧ <sub>2,5</sub>	Гравиметрический	
Свинец	Гравиметрический	
Окись углерода	Корреляция газового фильтра Недисперсионная инфракрасная спектроскопия (ЕС)	
Озон	Ультрафиолетовая фотометрия	ДОАС



## Добавление 3 к главе 6

### СПРАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ (ВЫБОРКА)

Aeroport de Paris — Charles de Gaulle, “Campagne de Prelevement de Dioxyde d’azote par Tubes Passifs,” 2006.

Carslaw, D.C. et al., “Detecting and quantifying aircraft and other on-airport contributions to ambient nitrogen oxides in the vicinity of a large international airport,” *Atmospheric Environment*, 40, 2006, pp. 5424–5434.

Chow et al., “PM<sub>2.5</sub> chemical composition and spatiotemporal variability during the California Regional PM<sub>10</sub>/PM<sub>2.5</sub> Air Quality Study (CRPAQS),” *Journal of Geophysical Research*, Vol. 111, D10S04, 2006.

Environmental Protection Agency, EPA’s ambient air quality measurements guidance.

Fanning, E. et al., “Monitoring and Modelling of Ultrafine Particles and Black Carbon at the Los Angeles International Airport, Final Report,” ARB Contract No. 04-325, prepared for the California Air Resources Board and the California Environmental Protection Agency, Sacramento, CA, 2007.

Federal Aviation Administration, *Aviation Emissions and Air Quality Handbook*, Version 3, Update 1 FAA-AEE-2014-12, [http://www.faa.gov/regulations\\_policies/policy\\_guidance/envir\\_policy/airquality\\_handbook/media/Air\\_Quality\\_Handbook\\_Appendices.pdf](http://www.faa.gov/regulations_policies/policy_guidance/envir_policy/airquality_handbook/media/Air_Quality_Handbook_Appendices.pdf) (по состоянию на июнь 2020 года).

Henry, R.C. et al., “Locating nearby sources of air pollution by nonparametric regression of atmospheric concentrations on wind direction,” *Atmospheric Environment* 36, 2002, pp. 2237–2244.

Henry, R.C., “Locating and quantifying the impact of local sources of air pollution,” *Atmospheric Environment* 42, 2008, pp. 358–363.

Henry, R.C., “Receptor Modelling,” *Encyclopaedia of Environmetrics*, A.H. El-Shaarawi and W.W. Piegorisch (eds.), John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, 2002.

RWDI, “Air Quality Study: Phase 4 — Ambient Air Quality Monitoring,” Toronto Pearson International Airport, Toronto, Ontario, Canada, 2003.

Unique (Flughafen Zürich AG), “Air Pollution Monitoring,” Concept and Description, 2007, [www.zurich-airport.com](http://www.zurich-airport.com) (по состоянию на июнь 2020 года).

Yu, K.N. et al., “Identifying the impact of large urban airports on local air quality by nonparametric regression,” *Atmospheric Environment* 38, 2004, pp. 4501–4507.

Watson, J.G. et al., “Air Quality Measurements from the Fresno Supersite,” *Journal of Air and Waste Management Association*, 50, 2000, pp.1321–1334.

[www.heathrowairwatch.org.uk](http://www.heathrowairwatch.org.uk) (по состоянию на июнь 2020 года).



## Глава 7

# ВАРИАНТЫ СМЯГЧЕНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ

### 7.1 ВВЕДЕНИЕ

7.1.1 Необходимость разработки планов по смягчению последствий, предусматривающих реализацию конкретных мер, может быть обусловлена существующими нормативными требованиями к качеству окружающего воздуха, в частности, в тех случаях, когда стандарты превышаются, или соблюдением норм или условий, оговоренных в разрешениях на эксплуатацию и/или расширение аэропорта.

7.1.2 Меры по снижению эмиссии аэропортовых источников должны основываться на информации, содержащейся в кадастрах эмиссии и/или информации о концентрации. В этой связи до начала планирования соответствующих мер такую информацию необходимо получить.

7.1.3 В настоящей главе не рассматриваются конкретные меры или вопрос об их приемлемости. Поэтому при составлении плана по смягчению последствий необходимо учитывать местные обстоятельства.

### 7.2 МЕТОДИКА ПЛАНИРОВАНИЯ МЕР ПО СМЯГЧЕНИЮ ПОСЛЕДСТВИЙ

#### Концептуальная основа мер по снижению эмиссии

7.2.1 Как правило, меры по снижению эмиссии подразделяются на четыре различные стратегические категории: нормативные, технические, эксплуатационные и экономические, о чем более подробно говорится в разделе 7.3. В таблице 7-1 приводятся примеры мер, предусмотренных стратегией каждого типа. Важно иметь в виду, что эффективность этих мер при решении конкретной проблемы необходимо оценивать на индивидуальной основе, и наилучший подход, по всей вероятности, заключается в комплексном их использовании. Прямо или косвенно все меры направлены на снижение эмиссии в источнике.

7.2.2 Нормативные меры касаются обязательных требований, предусмотренных законами и правилами соответствующей юрисдикции, определяющей стандарты на эмиссию и/или порядок эксплуатации источников эмиссии.

7.2.3 Технические меры относятся к изменениям технологии, связанным с эмиссионными характеристиками некоторых источников. К их числу можно отнести меры, направленные на уменьшение эмиссии в непосредственном источнике (например, транспортное средство), или они могут также предусматривать внесение изменений в инфраструктуру (например, изоляция, схема дорожной сети).

7.2.4 Эксплуатационные меры относятся к мерам, реализуемым эксплуатантом соответствующего оборудования, будь то авиакомпанией, полномочным органом аэропорта, арендаторами или другими органами.

7.2.5 Экономические (рыночные) меры<sup>1</sup> могут предусматривать реализацию ряда различных механизмов, позволяющих учитывать внешние экологические издержки, обусловленные какой-либо деятельностью. В рамках политики ИКАО необходимо проводить четкое разграничение между налогами, являющимися, в целом, источником государственных доходов, и сборами, которые предназначены и взимаются для покрытия расходов, связанных с предоставлением средств и служб гражданской авиации<sup>2</sup>. Экономические меры могут также применяться в виде дотаций или компенсаций.

**Таблица 7-1. Общий обзор мер по снижению эмиссии (примеры)**

Группа источников	Меры			
	Нормативные	Технические (инфраструктура)	Эксплуатационные <sup>1</sup>	Экономические
Воздушные суда	<ul style="list-style-type: none"> <li>Стандарты ИКАО на эмиссию двигателей, принятые в рамках национального законодательства государств</li> <li>Ограничения на эксплуатацию ВСУ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Общая схема аэропорта</li> <li>Сход с ВПП на повышенных скоростях</li> <li>Параллельные РД</li> <li>Организация потоков</li> <li>ППВ (400 Гц) на галереях/стоянках воздушных судов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Запуск двигателей</li> <li>Оптимизация расписаний</li> <li>Руление на одном двигателе/пониженных режимах работы двигателей</li> <li>Уменьшение времени работы двигателей на режиме малого газа</li> <li>Буксировка воздушных судов</li> <li>Уменьшение времени использования ВСУ</li> <li>Понижение/уменьшение режима тяги</li> <li>Промывка двигателей</li> <li>Использование альтернативных видов реактивного топлива</li> <li>Меры ОрВД, ориентированные на конкретный аэропорт, включая RNAV, RNP и производство полетов в режиме непрерывного снижения (CDO)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>См. <i>Инструктивный материал по сборам за авиационную эмиссию, связанным с местным качеством воздуха</i> (Doc 9884)<sup>2</sup></li> </ul>
Обслуживание и инженерно-авиационное обеспечение воздушных судов	<ul style="list-style-type: none"> <li>Стандарты на эмиссию транспортных средств применительно к НВО (в соответствующих случаях)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>НВО, работающее на альтернативных видах топлива (СПГ/LNG, СНГ, электроэнергия)</li> <li>Парк транспортных средств, работающих на альтернативных видах топлива (СПГ/LNG, СНГ, электроэнергия)</li> <li>Устройства для снижения эмиссии (ловушки ТЧ из фильтровальных материалов и т. д.)</li> <li>Системы улавливания топливных испарений</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Понижение эксплуатационных характеристик транспортных средств</li> <li>Использование генераторов, ААП, средств воздушного запуска</li> <li>Уменьшение интенсивности проведения противопожарных учений</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Лицензионные сборы, связанные с эмиссией</li> </ul>

<sup>1</sup> Категория экономических мер не охватывает штрафы, налагаемые на нарушителей традиционных нормативных требований.

<sup>2</sup> Политика ИКАО в отношении аэропортовых сборов и сборов за аэронавигационное обслуживание (Doc 9082); резолюция А37-18 Ассамблеи, добавление Н.

Группа источников	Меры			
	Нормативные	Технические (инфраструктура)	Эксплуатационные <sup>1</sup>	Экономические
Объекты инфраструктуры и стационарные источники	<ul style="list-style-type: none"> <li>Стандарты на эмиссию объектов (например, энергетические установки, аварийные генераторы)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Энергетические установки, установки для сжигания отходов с низким уровнем эмиссии (возможно применение фильтров)</li> <li>Энергосберегающие меры в новом строительстве и при техническом обслуживании зданий</li> <li>Изменение вида используемого топлива</li> <li>Изменение высоты и месторасположения дымовых труб</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Использование процедур, обеспечивающих низкий уровень эмиссии при выполнении работ по техническому обслуживанию (покраска, опробование двигателей, мойка)</li> </ul>	
Подъездное движение зоны общего доступа	<ul style="list-style-type: none"> <li>Стандарты на эмиссию транспортных средств</li> <li>Ограничения на работу двигателей на режиме малого газа</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Совершенствование системы общественного транспорта и интермодальных стыковок</li> <li>Схема дорожной сети</li> <li>Альтернативные виды топлива</li> <li>Выделенные полосы для движения общественного транспорта</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Регистрация за пределами аэропорта</li> <li>Льготные места стоянок для транспортных средств, работающих на альтернативных видах топлива</li> <li>Льготные очереди для экологических такси</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Стимулы для совместного использования автомобилей сотрудниками</li> <li>Установление тарифов на пользование автостоянками и дотации</li> <li>Стимулы для использования общественного транспорта</li> </ul>
<p><sup>1</sup> Некоторые, указанные в настоящей таблице эксплуатационные меры, могут применяться на добровольной или обязательной основе. Законы различных государств, касающиеся права региональных или местных полномочных органов требовать применять или регулировать эксплуатационную практику, различны. В тех случаях, когда полномочный орган обладает правовой юрисдикцией, он может в законодательном порядке потребовать применения эксплуатационной практики (например, эксплуатационные ограничения на использование ВСУ, ограничения на работу двигателей транспортных средств на режиме малого газа). В тех случаях, когда нормативные меры принимать нельзя, деятельность по контролю эмиссии может предусматривать проведение неофициальных консультаций, заключение добровольных соглашений и т. д., поощряющих использование такой практики, и проведение оценки экологических результатов, обусловленных применением такой практики. В тех случаях, когда полномочный орган аэропорта является владельцем или эксплуатантом конкретного источника эмиссии, он, в рамках своего юридического мандата, имеет право выбирать и реализовывать приемлемые варианты.</p> <p><sup>2</sup> В настоящей главе не рассматриваются рыночные меры, такие как сборы и налоги, связанные с эмиссией авиационных двигателей, влияющей на местное качество воздуха. Эти меры рассматриваются в Doc 9884.</p>				

### Требования к выбору вариантов смягчения последствий

7.2.6 При рассмотрении вопроса о приемлемости различных мер смягчения последствий рекомендуется проводить оценку потенциальных положительных и отрицательных результатов реализации этих мер. В рамках оценки следует рассмотреть следующие вопросы:

- техническая осуществимость;
- экономическая обоснованность;

- c) экологические выгоды;
- d) потенциальные взаимозависимости.

7.2.7 **Техническая осуществимость.** Для использования в качестве конкретной меры предполагаемая технология должна быть легкодоступной и надежной. Таким образом, эта технология является хорошо проработанной и, возможно, уже где-то применяется. Предполагается, что данная технология не требует проведения каких-либо научных исследований или разработок или они носят лишь ограниченный характер.

7.2.8 **Экономическая обоснованность.** Решения относительно мер или их сочетания должны приниматься на основе оценки относительной рентабельности имеющихся вариантов. Следует провести оценку и составить бюджет расходов, связанных с реализацией выбранных мер, уровень которых должен соответствовать предполагаемым выгодам. С другой стороны, следует также провести оценку возможной экономии или даже дополнительных доходов, обусловленных реализацией этих мер.

7.2.9 **Экологические выгоды.** Следует количественно определить или, по крайней мере, обоснованно оценить выгоды, обусловленные сокращением эмиссии различных видов загрязняющих веществ и реализацией различных вариантов. Они должны определяться в контексте общей эмиссии аэропорта и ее вклада в эмиссию конкретного географического района, на который распространяется действие местного законодательства или правил. Если цель этих мер заключается в уменьшении или предотвращении превышения нормативных стандартов качества воздуха, то выгоды должны оцениваться с точки зрения этих стандартов. Для оценки уменьшения степени превышения стандартов в результате реализации различных пакетов мер и проведения сравнения со стандартами качества окружающего воздуха может потребоваться моделирование качества воздуха, в частности, моделирование дисперсии концентрации первичных (непосредственно выбрасываемых) и вторичных загрязняющих веществ. Кроме того, для оценки источников, которые вносят наибольший вклад в любое конкретное превышение, может возникнуть необходимость в дифференциации источников и проведении расчетов для определения временного и пространственного распределения с использованием соответствующей модели дисперсии.

7.2.10 **Потенциальные взаимосвязи.** Эти меры должны оцениваться на предмет определения потенциальных конфликтов с другими экологическими приоритетами, такими как уменьшение шума, а также любых возможных позитивных взаимосвязей.

### Подход к планированию

7.2.11 Рекомендуется принять управленческий подход (планирование-реализация-проверка-принятие мер), краткое описание которого приводится в последующих пунктах.

7.2.12 **Идентификация проблемы.** Какую эмиссию необходимо сократить и где она образуется? На основе кадастра эмиссии, содержащего информацию о различных источниках, и последующего анализа прогнозируемых итоговых концентраций, полученных в результате прогона модели дисперсии, можно разработать план в отношении соответствующих источников эмиссии.

7.2.13 **Определение целей.** Каковы поставленные цели в области сокращения эмиссии? Следует иметь четкое представление о необходимых нормативных требованиях, позволяющих обеспечить соответствие местного качества воздуха и/или реализацию проекта.

7.2.14 **Выработка решений.** Каковы имеющиеся возможности снижения эмиссии на основе выявленных проблем и поставленных целей? Для определения наиболее приемлемого подхода к достижению поставленных целей необходимо провести тщательную оценку возможных стратегий смягчения последствий на основе ранее перечисленных требований к выбору вариантов смягчения последствий.

7.2.15 **Оценка рентабельности вариантов.** Какова относительная рентабельность рассматриваемой меры или сочетания мер? Как можно достичь желаемого снижения эмиссии наиболее рентабельным образом?

7.2.16 **Анализ мнения заинтересованных сторон.** Является ли данный план приемлемым для всех заинтересованных сторон? Создание группы для выяснения мнения заинтересованных сторон и проведения консультаций с общественностью являются составной частью успешной программы по смягчению последствий.

7.2.17 **Реализация мер.** Что произойдет после принятия плана? В плане должно быть четко определено, каким образом и когда будут реализованы варианты смягчения последствий, включая прогнозы относительно всех заинтересованных сторон, последовательность задач, способствующих достижению всех целей, и сроки.

7.2.18 **Мониторинг/анализ реализации программы.** Оправдывает ли программа возложенные на нее надежды? Исключительно важным элементом успешной реализации плана по смягчению последствий является определение порядка осуществления контроля, включая показатели, характеризующие результативность, для отслеживания прогресса в направлении достижения желаемых результатов, проверки результативности и выгод, отслеживания стоимостных показателей и выявления непредвиденных недостатков. Затем результаты такого обзора могут быть использованы для проведения анализа программы и корректировки плана.

7.2.19 Планирование и разработка мер являются процессами, предусматривающими участие не одной, а ряда заинтересованных сторон. До принятия какого-либо решения и начала его реализации следует провести оценку и сравнение различных мер. Опыт свидетельствует о том, что для надлежащей подготовки документации целесообразно составить структурное описание мер (см. таблицу 7-2). Затем в рамках плана по смягчению последствий эти меры можно распределить по таким категориям, как экологические выгоды, затраты или сроки реализации. Это упрощает определение приоритетов для начала фактической реализации.

**Таблица 7-2. Структурное описание мер**

Элемент	Описание
Ситуация	Определяются исходные данные или подлежащая рассмотрению проблема
Цели	Дается описание мер и предполагаемых целей
Ответственность	Определяется субъект, ответственный за реализацию (нормативный орган, эксплуатант аэропорта, авиакомпания, арендатор)
Взаимодействие/партнеры	Дается описание других участвующих партнеров или партнеров, к которым необходимо обратиться
Нормативно-правовое соответствие	Дается описание юридического базиса, на котором основана конкретная мера (при необходимости) или рекомендуется инициировать внесение необходимых изменений в целях обеспечения соответствия
Экологические выгоды	Определяются количественные и качественные показатели снижения эмиссии или концентрации в результате реализации этой меры
Оптимальные затраты	Количественно определяются затраты, связанные с реализацией рассматриваемой меры или сочетания мер (инвестиции и эксплуатационные расходы) и относительная рентабельность имеющихся вариантов с учетом того, что реализация этой меры может также обеспечить снижение издержек
Взаимосвязи	Дается описание потенциальных компромиссов или взаимосвязей (виды эмиссии – виды эмиссии и эмиссия – шум) и предлагаются варианты их уменьшения

---

Элемент	Описание
Реализация	Даются некоторые ограниченные рекомендации о порядке реализации данной меры
Временные рамки	Определяются периоды или даже контрольные сроки внедрения
Оценка	Дается оценка конкретной меры и рекомендация относительно внедрения

---

### 7.3 ВАРИАНТЫ СМЯГЧЕНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ

7.3.1 Меры по управлению эмиссией аэропортовых источников можно сгруппировать в четыре широкие категории, а источники эмиссии также распределить по четырем основным категориям. В таблице 7-1 представлены матрица групп источников, категории и примеры возможных мер. Следует отметить, что перечисленные меры не всегда могут быть желательными или даже приемлемыми в каждом конкретном случае и что имеется много других возможных вариантов. Кроме того, следует отметить, что не все меры входят в компетенцию аэропортов, поэтому необходимо сотрудничество с другими организациями.

7.3.2 Примеры, приведенные в таблице 7-1, не характеризуют эффективность мер, поскольку в различных аэропортах она будет различной, однако таблица наглядно показывает их возможное место в общей структуре.

7.3.3 Наилучшим образом выбираемые для использования в конкретном аэропорту меры можно определить на основе местных условий и в сотрудничестве с соответствующими заинтересованными сторонами, участвующими в эксплуатации и использовании аэропорта. Передовая практика будет непрерывно совершенствоваться, поэтому полномочному органу аэропорта следует постоянно проводить оценку возможностей, привлекать местные заинтересованные стороны и требовать от них справедливого вклада в уменьшение массы эмиссии, связанной с деятельностью аэропорта.

---

## Добавление к главе 7

### СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

*Справочник по политике и рекомендуемой практике МСА*, Международный совет аэропортов (МСА), 2009 год.

В разделе 6.2 этого справочника приводится описание видов эмиссии и процесса оценки местного качества воздуха, а также потенциальных мер уменьшения эмиссии в источнике.

*Руководство по проектированию аэропортов* (Дос 9184), часть II. *Использование земельных участков и охрана окружающей среды*), ИКАО, 2018 год. В главе 3 части II документа Дос 9184 приводится краткое описание мер борьбы с эмиссией, которые эксплуатанты аэропортов самостоятельно или в сотрудничестве с эксплуатантами воздушных судов могут использовать в отношении воздушных судов, наземного спецтранспорта и объектов аэропорта.

*Эксплуатационные возможности уменьшения расхода топлива и эмиссии* (Дос 10013), ИКАО, 2014 год.

В документе Дос 10013 изложена практика, вопрос об использовании которой в целях уменьшения потребления топлива и сокращения эмиссии могут рассмотреть все партнеры по авиационной отрасли. В документе кратко излагаются принципы экономии топлива за счет идентификации эксплуатационных возможностей и методик уменьшения потребления топлива, что, в свою очередь, приводит к уменьшению массы авиационной эмиссии.



## Глава 8

# ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕР ПО СМЯГЧЕНИЮ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

### 8.1 ВВЕДЕНИЕ

8.1.1 При анализе мер по смягчению воздействия авиации, и в частности полетов воздушных судов на окружающую среду, важно иметь в виду, что во многом экологические последствия и другие факторы могут быть взаимосвязаны и оказывать влияние на пропускную способность воздушного пространства и ВПП, использование воздушного пространства и подходы к его организации в различных аэропортах.

8.1.2 Хотя в главе 7 рассматриваются варианты смягчения воздействия ряда различных категорий источников, а взаимосвязь неавиационных источников, оказывающих влияние, например, на шум, выбросы двуокси углерода/парниковых газов, NO<sub>x</sub>, твердых частиц и другие виды эмиссии, реально существует, эти взаимосвязности далее не рассматриваются в настоящей главе, которая исключительно посвящена производству полетов воздушных судов.

8.1.3 Более того, поскольку настоящий документ представляет собой инструктивный материал, касающийся местного качества воздуха в аэропортах и их окрестностях, в данной главе взаимосвязи на этапах полета по маршруту не рассматриваются, а основное внимание уделяется взаимосвязям, влияющим на производство полетов воздушных судов на меньших эшелонах (как правило, на высотах менее 3000 фут (914 м)) в рамках "эксплуатационного полетного ВПЦ", подробная информация о котором содержится в главе 2.

8.1.4 Следует отметить, что результаты даже очень консервативного анализа<sup>1,2</sup> свидетельствуют о том, что эмиссионный шлейф воздушных судов на высотах 3000 фут или выше оказывает весьма незначительное влияние на концентрацию NO<sub>2</sub> на уровне земли, а высота 1000 фут является характерной предельной высотой для рассмотрения проблем, обусловленных эмиссией NO<sub>2</sub> на уровне земли<sup>3</sup>.

8.1.5 Зачастую взаимосвязь шума, эмиссии NO<sub>x</sub> и потребления топлива/эмиссии CO<sub>2</sub> носит сложный и не явно выраженный характер и понять ее довольно трудно. В этой связи до принятия каких-либо эксплуатационных или нормативных решений необходимо провести их тщательную оценку на предмет определения последствий изменения эксплуатационной практики. Кроме того, может иметь место взаимосвязь между воздействием на окружающую среду и другими факторами, такими как пропускная способность аэропортов или воздушного пространства, которую необходимо определить до начала планирования каких-либо изменений.

---

<sup>1</sup> Roger L. Wayson, and Gregg G. Fleming, "Consideration of Air Quality Impacts by Aeroplane Operations at or above 3000 ft AGL," FAA-AEE-00-01, DTS-34, United States Department of Transportation, Federal Aviation Administration, September 2000.

<sup>2</sup> U. Janicke, E. Fleuti, and I. Fuller. "LASPORT — A Model System for Airport-related Source Systems Based on a Lagrangian Particle Model," *Proceedings of the 11th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes*, Cambridge, United Kingdom, 2007, <http://www.harmon.org/Conferences/Proceedings/Cambridge/publishedSections/Op352-356.pdf> (по состоянию на июнь 2020 года).

<sup>3</sup> *Воздействие приведенных в PANS-OPS приемов снижения шума при вылете на уровни шума и газообразной эмиссии (Cir 317)*, Международная организация гражданской авиации (ИКАО), 2008 год.

8.1.6 Некоторые эксплуатационные приемы позволяют добиться улучшения положения дел в области шума, потребления топлива/эмиссии  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , твердых частиц и других видов эмиссии без каких-либо существенных взаимных уступок. Характерным примером является производство полетов в режиме непрерывного снижения (CDO), при которых уровень шума, местная эмиссия (за исключением, возможно, эмиссии CO и HC) и потребление топлива/эмиссия  $\text{CO}_2$  в большей или меньшей степени уменьшаются, хотя это может оказать влияние на пропускную способность аэропортов с интенсивным движением, что зависит от подхода к организации воздушного пространства, эшелонирования и других факторов. Однако большинство эксплуатационных приемов смягчения последствий являются взаимозависимыми и требуют выработки компромиссных решений с учетом одного или нескольких факторов.

8.1.7 По мере того как требования нормативных и эксплуатационных органов в части уменьшения степени воздействия полетов воздушных судов на окружающую среду становятся более настойчивыми, все чаще возникает необходимость принятия компромиссных решений, обусловленных этими взаимосвязями, вырабатывать которые становится все труднее и труднее.

## 8.2 РЕКОМЕНДАЦИИ ОТНОСИТЕЛЬНО ОЦЕНКИ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ

8.2.1 Процесс идентификации, расчета воздействия на окружающую среду и определения взаимосвязей может быть сложным и трудным для понимания. Часто он требует проведения углубленного моделирования воздействия, которое можно выполнить лишь при наличии входных данных, получаемых в результате прогона сложных моделей, имеющихся у изготовителей воздушных судов и двигателей и других групп экспертов в этой области.

8.2.2 Для правильного определения степени воздействия на окружающую среду в тех случаях, когда имеют место взаимосвязи, необходимо выполнить расчеты расхода топлива с привязкой к общей точке на профиле полета. Это важно сделать, поскольку в противном случае могут возникнуть расхождения, которые будут неправильно отражать общее положение дел.

8.2.3 С точки зрения влияния на местное качество воздуха изменения, определенные для кадастров эмиссии, не обязательно соответствуют изменению степени воздействия на местное качество воздуха, поскольку в этом случае исключительно важное значение имеет местоположение авиационного источника по отношению к рецептору, что обусловлено дисперсией эмиссии и метеорологическими условиями окружающей среды. В результате, сокращение общей массы эмиссии, зарегистрированной в кадастре, не всегда приводит к уменьшению степени воздействия на местное качество воздуха; это особенно характерно для тех случаев, когда сокращение эмиссии в целом происходит на высотах.

8.2.4 Анализ взаимосвязей в области шума также является сложным вопросом, поэтому применение различных методик может привести к получению различных параметров шумового воздействия в различных точках по траектории полета или сбоку от нее (иногда с другим знаком). Следует отметить, что результаты для турбовинтовых или других винтовых воздушных судов могут быть довольно асимметричными из-за направления вращения воздушных винтов, поэтому при проведении анализа взаимовлияния в рамках любого метода смягчения последствий это необходимо тщательно учитывать.

8.2.5 Нормативно-правовые решения могут приниматься регламентирующими органами или отдельными эксплуатантами аэропортов и воздушных судов. Важно также знать о юридических ограничениях и других международных, национальных и местных экологических нормативах, которые сами по себе могут определять подлежащий оптимизации основной экологический параметр, возможно, за счет других параметров.

8.2.6 Следует отметить, что документ ИКАО "Правила аэронавигационного обслуживания. Производство полетов воздушных судов" (PANS-OPS, Doc 8168) определяет принцип, согласно которому эксплуатанту воздушного судна следует разрабатывать не более двух приемов снижения шума для каждого типа самолета. В нем рекомендуется, чтобы один прием обеспечивал снижение шума в ближней зоне аэродрома, а другой – в удаленной зоне. Выполнение этого требования может также наложить ограничение на достижимый конечный результат.

8.2.7 Именно по изложенным выше причинам важно, чтобы все заинтересованные стороны – эксплуатанты воздушных судов и аэропортов, изготовители воздушных судов и двигателей, аэропорты, поставщики аэронавигационного обслуживания (ПАНО), директивные органы и представители нормативных органов – как можно раньше приняли участие в этом процессе оценки.

8.2.8 В последующих разделах приводится ряд примеров имеющихся взаимосвязей, соответственно, при выполнении наземных операций, на этапах вылета и прибытия. Однако эти примеры не являются окончательными или всеобъемлющими, и они не ставят своей целью рекомендовать какой-либо конкретный вариант смягчения последствий. Вместе с тем, они служат практическим руководством по типам имеющихся взаимосвязей, которые имеют место при применении определенных практических процедур, и их следует рассматривать в качестве составного элемента, характерного для всех таких процедур, которые используются в реальных, повседневных операциях.

### 8.3 ВЗАИМОСВЯЗИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ НАЗЕМНЫХ ОПЕРАЦИЙ

8.3.1 Имеется ряд различных процедур, которые используются при выполнении наземных операций, хотя применение некоторых из них может привести к возникновению сложных взаимосвязей и непредвиденным последствиям для других этапов полетного цикла. Несмотря на то, что на земле риск для безопасности полетов, обусловленный использованием различных методик, ниже, чем в воздухе, по соображениям безопасности, отказы систем, последствия FOD или воздействие реактивной струи, могут ограничить применение возможных процедур. Влияние неэкологических эксплуатационных факторов на сокращение времени подготовки к обратному рейсу и пропускную способность некоторых аэропортов при выполнении определенного типа операций в большей степени может зависеть от применения различных методик, а не различий в схемах полетов.

8.3.2 В таблице 8-1 приводится ряд примеров влияния различных методик/процедур на выполнение наземных операций и информация об их экологическом воздействии на уровень шума, расход топлива/эмиссию CO<sub>2</sub> и NO<sub>x</sub> (LAQ). В перспективе по мере поступления большего объема информации в таблицу можно внести дополнительную информацию о других видах эмиссии, таких как твердые частицы, CO и HC.

Таблица 8-1. Экологические взаимосвязи при выполнении наземных операций

Методика	Экологическое воздействие на:			Замечания
	Шум	Расход топлива/CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub> (LAQ)	
Использование стационарных источников электропитания и установок для предварительной подготовки воздуха вместо ВСУ	На перроне и на земле уровень шума уменьшается	Уменьшаются	Уменьшается	Потенциальное неблагоприятное воздействие на оперативную подготовку к обратному рейсу, особенно в тех случаях, когда используется ППВ
Заруливание не на всех работающих двигателях	Потенциально уменьшается, хотя эффект может быть сглажен в результате увеличения мощности оставшихся работающих двигателей	Уменьшаются, хотя эффект будет зависеть от увеличения режима тяги работающих двигателей	Уменьшается, хотя эффект будет зависеть от увеличения режима тяги работающих двигателей	До начала применения этой методики необходимо рассмотреть ряд аспектов обеспечения безопасности полетов. Эксплуатационные требования могут предусматривать обязательную работу ВСУ, что приведет к уменьшению положительного эффекта; кроме того, могут иметь место другие эксплуатационные соображения
Выруливание не на всех работающих двигателях	Потенциально уменьшается, хотя эффект может быть сглажен в результате увеличения мощности оставшихся работающих двигателей	Уменьшаются, хотя эффект будет зависеть от увеличения режима тяги работающих двигателей	Уменьшается, хотя эффект будет зависеть от увеличения режима тяги работающих двигателей	До начала применения этой методики необходимо рассмотреть большое количество вопросов обеспечения безопасности полетов. Эксплуатационные требования могут предусматривать обязательную работу ВСУ, что приведет к уменьшению положительного эффекта; кроме того, могут иметь место другие эксплуатационные соображения. По сравнению с заруливанием для этой методики характерно большее количество эксплуатационных ограничений и ограничений, обусловленных безопасностью полетов
Буксировка воздушных судов	Уменьшается	Уменьшаются	Потенциально уменьшается, но зависит от технических стандартов на буксировщики воздушных судов	В некоторых аэропортах загруженность РД может представлять большую проблему. Кроме того, некоторые воздушные суда могут не отвечать требованиям к прочности стойки носового колеса шасси. Будет уменьшено количество случаев FOD. На некоторых позициях запуска двигателей может возникнуть проблема обеспечения пожарной безопасности, а для ряда типов воздушных судов потребуются специальные буксировщики
Ожидание на земле	Увеличивается (примечание)	Увеличиваются (примечание)	Увеличивается (примечание)	Иногда требуется для обеспечения эффективного использования ВПП, однако при этом оно ограничивает пропускную способность, поэтому уменьшение времени ожидания на земле может оказать влияние на пропускную способность

*Примечание. Несмотря на то, что по сравнению с рулением без ожидания уровень шума, расход топлива/эмиссия CO<sub>2</sub> и NO<sub>x</sub> увеличатся, они будут ниже, чем альтернативное ожидание в воздухе (см. п. 8.5.6)*

### Использование вспомогательных силовых установок

8.3.3 При наличии на посадочной галерее/стоянке альтернативных источников электропитания использование бортовых ВСУ, как правило, рекомендуется ограничивать. Однако по соображениям безопасности полетов некоторые альтернативные варианты, перечисленные в таблице 8-1, предусматривают обязательную работу ВСУ или обеспечение ими необходимого резервирования некоторых систем, с тем чтобы иметь возможность реализации приведенной методики. Использование этой методики неизбежно приведет к увеличению времени работы ВСУ у посадочной галереи и, как следствие этого, экологическое воздействие некоторых из этих взаимосвязей станет совокупным. В этом случае для определения наилучшей практики уменьшения экологического воздействия цикла в целом необходимо тщательно проанализировать все достоинства и недостатки всего эксплуатационного цикла. Следует отметить, что на различных аэродромах это может привести к использованию различными типами воздушных судов различной практики.

## 8.4 ВЗАИМОСВЯЗИ НА ЭТАПЕ ВЫЛЕТА

8.4.1 Этап взлета может быть сложным и состоять из ряда участков, на которых изменяется скорость, конфигурация воздушного судна и режимы работы двигателей. Кроме того, имеется ряд параметров, варьирование которыми позволяет изменять шумовое воздействие, расход топлива и эмиссию, а также оказывать влияние на затраты, связанные с техническим обслуживанием, и на использование воздушного пространства, что еще больше усложняет этот этап.

8.4.2 В таблице 8-2 приводится ряд примеров методик/приемов выполнения взлета и набора высоты и их воздействия на окружающую среду с точки зрения уровня шума, расхода топлива/эмиссии CO<sub>2</sub> и NO<sub>x</sub> (LAQ).

### Важность взлетного веса, ограничиваемого летно-техническими характеристиками (PLTOW)

8.4.3 Взлетный вес, ограничиваемый летно-техническими характеристиками (PLTOW) для выполнения какого-либо конкретного полета, представляет собой максимальный вес, с которым можно взлетать в преобладающих на конкретный момент времени условиях и который ограничивается лишь располагаемой длиной ВПП и требованиями к параметрам набора высоты; это означает, что любые ограничивающие факторы, обусловленные сертифицированной массой конструкции, включая максимальный взлетный вес (MTOW) и максимальный посадочный вес (MLW), не учитываются.

8.4.4 Большинство эксплуатационных приемов, затрагивающих взлетную конфигурацию воздушного судна, оказывают влияние на PLTOW при выполнении взлета с любой конкретной ВПП и в конкретных метеорологических условиях. На PLTOW могут также оказать влияние изменения каких-либо характеристик длины используемой ВПП, например выбор промежуточной позиции для старта при взлете или сокращение располагаемых дистанций из-за выполнения работ.

8.4.5 PLTOW является важным параметром для оценки воздействия эмиссии NO<sub>x</sub>, поскольку разница между фактическим взлетным весом воздушного судна и PLTOW в значительной степени определяет максимально возможное уменьшение располагаемой тяги при взлете. В значительной степени это обусловлено взаимосвязью между эмиссией NO<sub>x</sub> и фактически используемым режимом взлетной мощности, что оказывает влияние на количество выбросов NO<sub>x</sub> (увеличение мощности может привести к значительно большему увеличению объема выбросов NO<sub>x</sub>). Однако следует отметить, что такая зависимость не обязательно характерна для эмиссии CO и HC, в отношении которых уменьшение режима мощности в некоторой степени может иметь отрицательный эффект.

8.4.6 С другой стороны, несмотря на то, что воздействие на шум носит сложный характер и увеличение режима мощности приведет к увеличению уровней шума при разбеге на земле вблизи аэропорта, после взлета увеличение расстояния от ВПП, обусловленное более высокими градиентами набора высоты, как правило, компенсирует любое увеличение шума в источнике, а уровни шума под траекторией полета обычно уменьшаются. Однако воздействие на зоны шумового загрязнения может увеличиться, поскольку близость земли будет оказывать меньшее влияние на характеристики бокового затухания источника шума, высота которого увеличивается<sup>4</sup>.

8.4.7 Влияние на расход топлива и эмиссию двуокиси углерода будет незначительным и в зависимости от конкретных условий и рассматриваемого типа воздушного судна оно может быть либо положительным, либо отрицательным. В этой связи их оценка должна проводиться с учетом конкретных обстоятельств.

<sup>4</sup> *Руководство по рекомендуемому методу расчета контуров шума вокруг аэропортов* (Doc 9911), Международная организация гражданской авиации (ИКАО), 2018 год.

Таблица 8-2. Экологическое воздействие различных методик вылета

Методика	Экологическое воздействие на:			Замечания
	Шум	Расход топлива/CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub> (LAQ)	
Увеличение взлетной мощности	Уровень шума под траекторией полета уменьшается, однако зона шумового загрязнения может увеличиться	Несколько уменьшаются или увеличиваются (примечание 1)	С увеличением режима мощности эмиссия NO <sub>x</sub> увеличивается	Неблагоприятное влияние на расходы, связанные с техническим обслуживанием двигателей (примечание 2).
Уменьшение угла установки закрылков при взлете	Уровень шума уменьшается, если улучшается аэродинамическое качество; зависит от характеристик воздушного судна и ВПП	Могут несколько уменьшиться	Может увеличиться или уменьшиться (примечание 3)	При определенных условиях для некоторых типов воздушных судов не исключена возможность удара хвостовой частью о ВПП (примечание 4).
Уменьшение высоты начала разгона	Уровень шума увеличивается после прохождения точки, соответствующей высоте начала разгона, однако в дальнейшем он может уменьшиться	Уменьшаются	Изменяется незначительно или не изменяется (примечание 5)	Фактические изменения зависят от разницы между выбранной высотой начала разгона и стандартной практикой авиакомпаний (примечание 4).
Задержка уборки закрылков до достижения предписанной высоты при наборе высоты	Вблизи аэропорта уровень шума уменьшается, но в дальнейшем – увеличивается	Увеличиваются	Изменяется незначительно или не изменяется (примечание 5)	(Примечание 4)
Увеличение высоты дросселирования	На некотором расстоянии вблизи аэропорта уровень шума увеличивается, однако в дальнейшем – уменьшается	Незначительно увеличиваются или уменьшаются в зависимости от порядка уборки закрылков	Изменяется незначительно или не изменяется (примечание 5)	(Примечание 4)
Набор высоты с разгоном в определенной последовательности (уменьшение мощности, уборка закрылков с последующим ускорением)	Под траекторией полета после прохождения обычной точки начала разгона уровень шума уменьшается	Увеличиваются	Изменяется незначительно или не изменяется (примечание 5)	Воздушные суда, выполняющие полеты в конфигурации с большим лобовым сопротивлением при работе двигателей на пониженном режиме мощности могут вызвать обеспокоенность у органов, регламентирующих безопасность полетов (примечание 4).
Увеличение V-скоростей (VR, V2 и скорости набора высоты)	Вблизи аэропорта уровень шума несколько увеличивается, но в дальнейшем – уменьшается	Изменяются незначительно/несколько увеличиваются	Может увеличиться или уменьшиться (примечание 3)	Неприменимо для некоторых типов воздушных судов и некоторых эксплуатантов в зависимости от стандартных методик взлета. Также зависит от ограничений летно-технических характеристик при взлете (примечание 4).
Увеличение режима мощности при наборе высоты	После дросселирования вблизи аэропорта уровень шума увеличивается, но в дальнейшем – уменьшается	Изменяются незначительно/несколько увеличиваются	Изменяется незначительно или не изменяется (примечание 5)	Неблагоприятное влияние на расходы, связанные с техническим обслуживанием двигателей (примечание 4).
Новые системы управления режимом мощности (например, "управление уровнем шума" с помощью FMS)	Уменьшается в конкретных точках, признанных чувствительными к воздействию шума	Зависит от схемы, воздушного судна, рецептора шума и характеристик аэропорта	Изменяется незначительно или не изменяется (примечание 5)	В настоящее время осуществима лишь с системами FMS нового поколения, установленными на новых типах воздушных судов, например, A380, B787, A350.

Методика	Экологическое воздействие на:			Замечания
	Шум	Расход топлива/CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub> (LAQ)	
Использование предпочтительных по шуму маршрутов (NPR)	Шумовое воздействие на население вблизи аэропорта уменьшается	Как правило, увеличиваются по причине пролета дополнительного расстояния по линии пути и требований к выполнению разворотов на небольших высотах	Незначительно увеличивается в зависимости от схемы NPR (примечание 5)	NPR разрабатываются с целью избежать районов с высокой плотностью населения, поэтому численность населения, подвергаемого воздействию шума, должна быть меньшей; однако общий уровень шумового воздействия может быть большим.
Использование предпочтительных по шуму ВПП	Шумовое воздействие на население вблизи аэропорта уменьшается	Увеличиваются или уменьшаются в зависимости от схемы конкретного аэропорта и местных условий	Увеличиваются или уменьшаются в зависимости от схемы конкретного аэропорта и местных условий	Использование предпочтительных по шуму ВПП призвано избежать районов с высокой плотностью населения, поэтому численность населения, подвергаемого воздействию шума, должна быть меньшей. Однако общий уровень шумового воздействия может быть большим.

## Примечания.

- Несмотря на то, что на больших режимах мощности расход топлива выше, время работы на этих режимах будет меньшим, что приведет к незначительным различиям, которые могут быть положительными или отрицательными и для всех видов эмиссии не будут одинаковыми.
- Существующие юридические ограничения препятствуют использованию эксплуатационных приемов снижения шума при вылете (NADP) на высотах менее 800 футов AAL (ИКАО, 2006 год).
- Это отрицательно скажется на PLTOW (см. пп. 8.4.3–8.4.7), что, в свою очередь, повлияет на режим взлетной тяги и образуемую эмиссию NO<sub>x</sub>.
- Будет оказывать влияние на траекторию и скорость полета, поэтому органам УВД для обеспечения безопасной и эффективной организации потоков необходимо знать о последствиях использования этих процедур. Может также оказать влияние на использование NPR, на которых применяются требования к выполнению разворотов на малых высотах.
- Различия в уровнях эмиссии на высотах более 1000 футов AGL будут оказывать незначительное влияние на изменение концентраций на уровне земли.

## 8.5 ВЗАИМОСВЯЗИ НА ЭТАПЕ ПРИБЫТИЯ

8.5.1 В отличие от вылетов большинство схем прибытия не связано или почти не связано с принятием компромиссных решений относительно различных видов экологического воздействия. Однако могут иметь место последствия для других, не связанных с окружающей средой параметров, особенно в тех случаях, когда рассматривается порядок организации воздушного пространства. Кроме того, для этих схем может потребоваться установка конкретного оборудования или навигационных средств, способствующих выполнению снижения и полета по траектории захода на посадку, однако на них может также распространяться действие конкретных нормативных положений, которые могут замедлить процесс принятия этих схем.

8.5.2 В таблице 8-3 приводится ряд примеров экологического воздействия, обусловленного использованием различных методик/схем прибытия, на уровень шума, расход топлива/эмиссию CO<sub>2</sub> и NO<sub>x</sub> (LAQ).

### Соображения, касающиеся использования реверса тяги

8.5.3 Как правило, при выполнении посадок на сухую ВПП реверс тяги использовать не требуется, хотя его наличие является целесообразной мерой предосторожности, связанной с обеспечением безопасности полетов. В результате при посадке малый газ на режиме реверса устанавливается почти повсеместно, если летно-технические характеристики или другие соображения (например, состояние поверхности ВПП) не обуславливают необходимости установки более высокого реверсивного режима. Применение ряда методик прибытия может привести к увеличению потребности в использовании реверса тяги, включая увеличение пропускной способности ВПП за счет сокращения времени ее занятия.

Таблица 8-3. Экологическое воздействие различных методик захода на посадку

Методика	Экологическое воздействие на:				Замечания
	Шум	Расход топлива/CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub> (LAQ)		
Производство полетов в режиме непрерывного снижения (CDO) <sup>5</sup>	Уменьшается до входа в глиссаду ILS	Уменьшаются	Изменяется незначительно или не изменяется (примечание 1)	Вначале необходимо согласовать и разработать процедуры. Наибольшие выгоды будут получены в том случае, когда выполнение методики начинается на больших высотах с использованием более совершенного навигационного оборудования. Могут оказать влияние на пропускную способность (примечание 2)	
Специально разработанные схемы прибытия	Уменьшается до входа в глиссаду ILS	Уменьшаются	Изменяется незначительно или не изменяется (примечание 1)	Аналогично CDO, однако специально разработанный для конкретного полета с учетом ограничений всех известных летно-технических характеристик воздушного судна, воздушного движения, воздушного пространства, метеорологических условий, пролета препятствий и экологических ограничений, которые могут возникнуть в процессе прибытия	
Снижение режима мощности/лобового сопротивления (LP/LD)	Уменьшается в непосредственной близости от порога ВПП	Уменьшаются (примечание 3)	Уменьшается незначительно (примечание 3)	На некоторых аэродромах разработанные ИКАО критерии стабилизированного захода на посадку могут служить сдерживающим фактором для некоторых типов. Могут оказать влияние на пропускную способность в условиях применения различных требований к скорости воздушных судов (примечание 2, примечание 4)	
Заход на посадку по криволинейным траекториям	Уменьшается воздействие на население вблизи аэропорта; однако общий уровень создаваемого шума может быть большим	Могут увеличиться в зависимости от разницы раз-вернутых линий пути	Изменяется незначительно или не изменяется (примечание 1)	Вначале необходимо согласовать и разработать процедуры. Для оказания содействия в осуществлении контроля за траекторией полета может потребоваться более совершенное навигационное оборудование (примечание 4)	
Смещенная точка приземления	Уменьшается – большая степень уменьшения достигается в непосредственной близости от границы аэропорта	Не изменяется (примечание 3)	Уменьшается в районах, подвергаемых воздействию за пределами аэропорта (примечание 3)	Применение может также ограничиваться ударными нагрузочными характеристиками несущей поверхности местной ВПП (примечание 2, примечание 4)	

## Примечания.

- <sup>1</sup> Разница в эмиссии на высотах более 1000 фут AGL будет оказывать незначительное влияние на изменения концентрации на уровне земли.
- <sup>2</sup> Соображения безопасности полетов могут препятствовать уменьшению углов выпуска закрылков на коротких, мокрых или загрязненных ВПП.
- <sup>3</sup> Более широкое применение реверса тяги в результате использования этой методики может уменьшить достигаемый с ее помощью эффект.
- <sup>4</sup> Может потребовать использование специально модифицированных воздушных судов, внесение изменений в наземное оборудование или использование дополнительного наземного оборудования.

8.5.4 Как правило, вместо реверса тяги можно более интенсивно использовать торможение колес, что приведет к уменьшению уровня шума и эмиссии двигателей (хотя, эмиссия ТЧ может увеличиться) и уменьшению затрат, связанных с потреблением топлива. Однако при этом необходимо учитывать затраты, связанные с более интенсивным использованием тормозов и износом покрышек при использовании такой методики<sup>6</sup>. Кроме того, несмотря на то, что настоящий документ не ставит своей целью рассмотрение этого вопроса, по сравнению с

<sup>5</sup> EUROCONTROL, *Continuous Descent Approach — Implementation Guidance Information*, EUROCONTROL, May 2008.

<sup>6</sup> *Эксплуатационные возможности уменьшения расхода топлива и эмиссии* (Дос 10013), Международная организация гражданской авиации (ИКАО), 2014 год.

авиационными двигателями износ тормозов и покрышек может значительно повысить местную концентрацию частиц, поэтому в тех случаях, когда предлагается интенсивно использовать торможение колес, эти аспекты следует учитывать при анализе влияния операций воздушных судов на местное качество воздуха.

### Комментарий относительно ожидания

8.5.5 В аэропорту необходимость ожидания может быть обусловлена рядом причин, например для обеспечения эффективного использования ВПП, если это является фактором, ограничивающим пропускную способность. В этом случае ожидание в воздухе необходимо в целях создания "резерва" воздушных судов, подпитывающего прибывающий поток, а ожидание на земле обеспечивает постоянную максимальную частоту вылетов с ВПП потока воздушных судов.

8.5.6 При использовании одной ВПП или выполнении смешанных операций может возникнуть конфликт между воздушными судами, ожидающими вылета, и воздушными судами, находящимися в воздухе и ожидающими посадки, особенно в пиковые периоды суток или в тех случаях, когда аэропорт работает на пределе или близко к пределу своих возможностей. В этом случае, когда ожидание неизбежно, то, несмотря на целесообразность максимально возможного уменьшения времени ожидания, однозначно необходимо принимать компромиссные решения:

- a) Ожидание на земле уменьшает уровень шума и расход топлива/эмиссию CO<sub>2</sub>, поэтому всегда гораздо целесообразнее задерживать вылеты на земле и давать разрешения на посадку воздушным судам, находящимся в зоне ожидания. Однако в результате воздействие на местное качество воздуха будет максимальным.
- b) Фактически ожидание в воздухе не имеет отношения к качеству воздуха на уровне земли, поскольку оно выполняется на эшелонах, намного превышающих 1000 фут, где воздействие на местное качество воздуха будет минимальным, если таковое вообще имеет место, однако воздействие на уровень шума и расход топлива/эмиссию CO<sub>2</sub> значительно увеличится.

## 8.6 КОНКРЕТНЫЕ ПРИМЕРЫ. ЦИРКУЛЯР 317 ИКАО

8.6.1 В настоящем разделе приводятся несколько примеров, основанных на результатах анализов, проведенных членами PГ2 CAEP ИКАО, с использованием ряда различных типов воздушных судов в неконкретном аэропорту без эксплуатационных ограничений. Изменения оценивались в отношении:

- a) эмиссии NO<sub>x</sub> на высотах 1000 фут и 3000 фут;
- b) общей массы выбросов CO<sub>2</sub> (и, таким образом, расхода топлива) до общей точки после окончания набора высоты (следует иметь в виду, что расход топлива до высоты 3000 фут зависит от типа и протяженности участка и что он изменяется в диапазоне от около 2,5 % (для рейсов очень большой протяженности) до почти 25 % (для рейсов очень малой протяженности) от общего объема расходуемого топлива при полете по участку);
- c) максимальной разницы уровней шума в ближней зоне и максимальной разницы уровней шума в удаленной зоне совместно с точкой перехода (расстояние от точки отпуска тормозов), в которой меняется знак разницы уровня шума;
- d) количества схем для восьми различных типов воздушных судов.

8.6.2 Эта информация призвана дать лишь общее представление о типах взаимосвязей, которые могут возникнуть при выполнении фактических полетов, и ее не следует рассматривать в качестве репрезентативной для всех воздушных судов, даже такого же типа, эксплуатируемых во всех аэропортах.

8.6.3 Полная информация о результатах этого исследования опубликована в циркуляре 317, а в настоящем документе для иллюстрации возможных типов компромиссных решений приводится сводная информация об экологических взаимосвязях при использовании трех методик.

8.6.4 Рис. 8-1–8-6 иллюстрируют последствия трех различных видов эксплуатационных изменений при выполнении полетов на восьми типах воздушных судов. Идентификатор (ID) воздушного судна, используемый на рисунках, соответствует идентификатору, указанному в таблице 8-4.

### **Влияние высоты дросселирования**

8.6.5 Влияние высоты дросселирования можно проиллюстрировать результатами анализа сравнения дросселирования с режима взлетной тяги до режима максимальной тяги, ограничиваемой градиентом набора высоты (MCLT), выполненного на высоте 1500 фут, с дросселированием, инициированным на высоте 800 фут.

8.6.6 Результаты свидетельствуют о том, что на малых высотах эмиссия  $\text{NO}_x$  в целом возрастает, а расход топлива и эмиссия  $\text{CO}_2$  несколько уменьшаются. Уровень шума в ближней зоне также увеличивается, а уровень шума в удаленной зоне уменьшается после точки перехода, которая находится относительно близко от аэропорта. См. рис. 8-1–8-2.

### **Влияние последовательности дросселирования**

8.6.7 Влияние различных последовательностей дросселирования иллюстрируется на рис. 8-3 и 8-4, согласно которым базовая процедура заключается в начале разгона и уборке закрылков на высоте 800 фут с последующим дросселированием до MCLT после завершения уборки закрылков. Альтернативная процедура предусматривает дросселирование до MCLT на высоте 800 фут до начала разгона и уборки закрылков.

8.6.8 Результаты свидетельствуют о том, что в целом эмиссия  $\text{NO}_x$  уменьшается, а эмиссия  $\text{CO}_2$  несколько увеличивается (менее чем на 1 %). Уровень шума в ближней зоне уменьшается, а уровень шума в удаленной зоне увеличивается после прохождения точки перехода, которая и в этом случае находится относительно близко от аэропорта.

### **Высота уборки закрылков**

8.6.9 Влияние высоты уборки закрылков иллюстрируется на рис. 8-5 и 8-6, согласно которым базовая процедура заключается в выполнении дросселирования до MCLT на высоте 800 фут и задержке разгона и начала уборки закрылков до достижения высоты 3000 фут. Альтернативная процедура заключается в дросселировании до MCLT и начале разгона и уборки закрылков на высоте 800 фут.

8.6.10 Результаты свидетельствуют о том, что в целом эмиссия  $\text{NO}_x$  значительно увеличивается, а эмиссия  $\text{CO}_2$  несколько уменьшается. Уровень шума в ближней зоне увеличивается, а уровень шума в удаленной зоне уменьшается после прохождения точки перехода, которая находится относительно далеко от аэропорта.

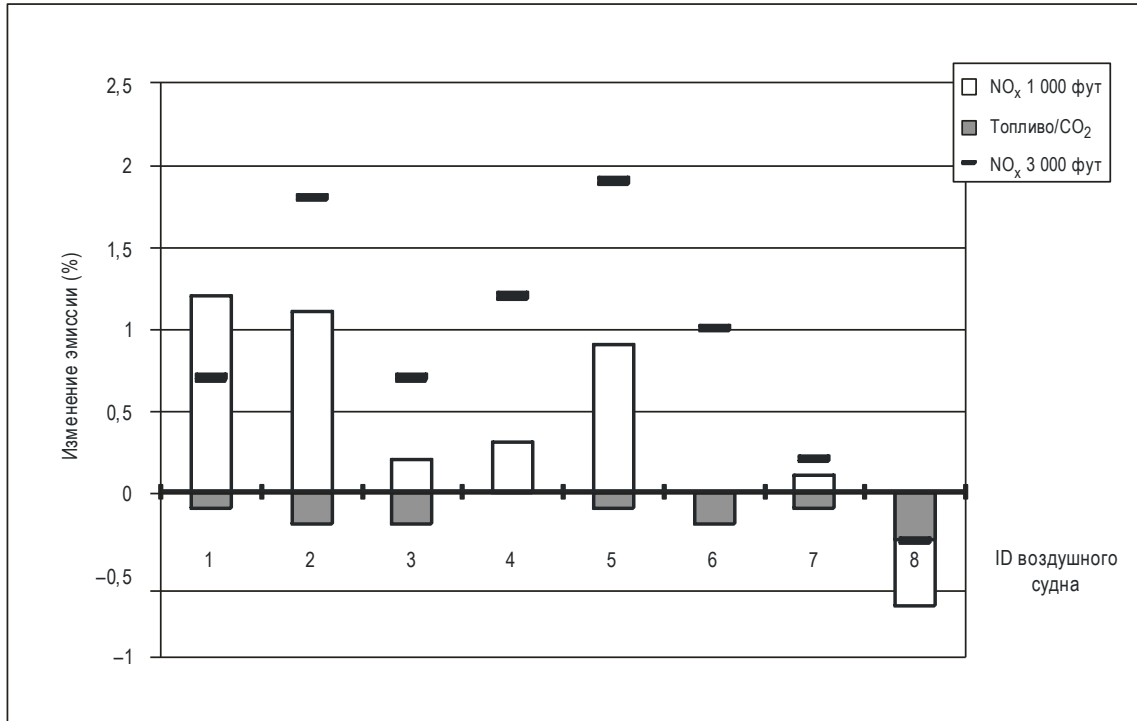


Рис. 8-1. Влияние различных высот дросселирования на эмиссионное воздействие

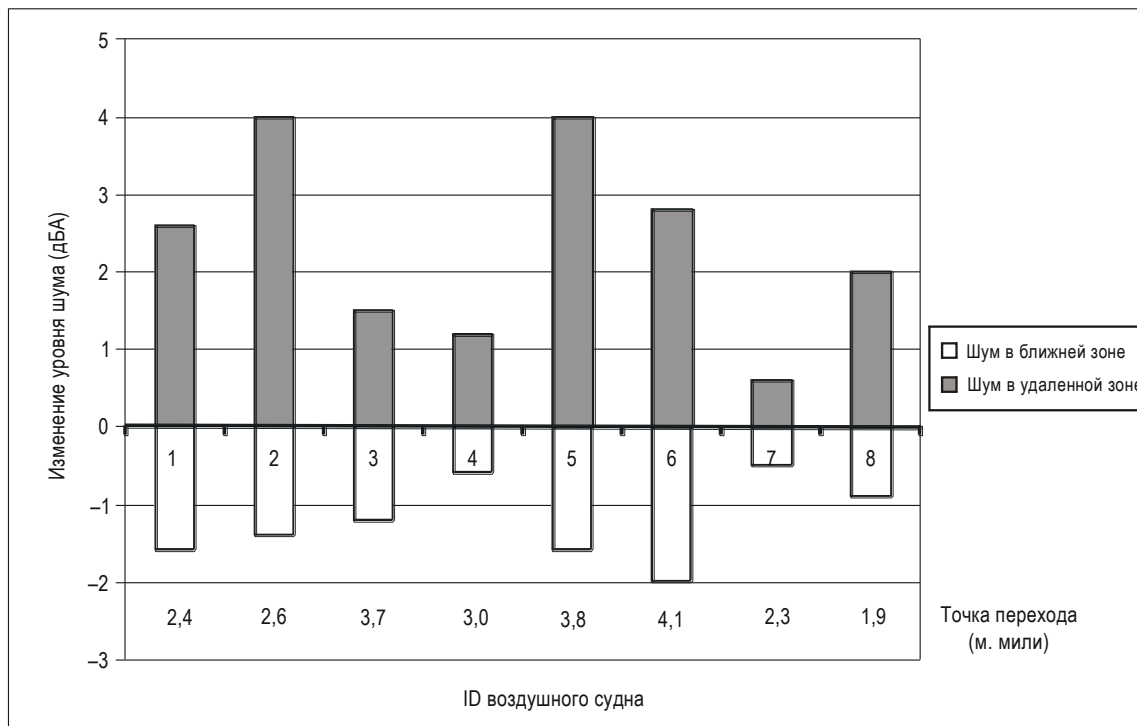


Рис. 8-2. Влияние различных высот дросселирования на шумовое воздействие

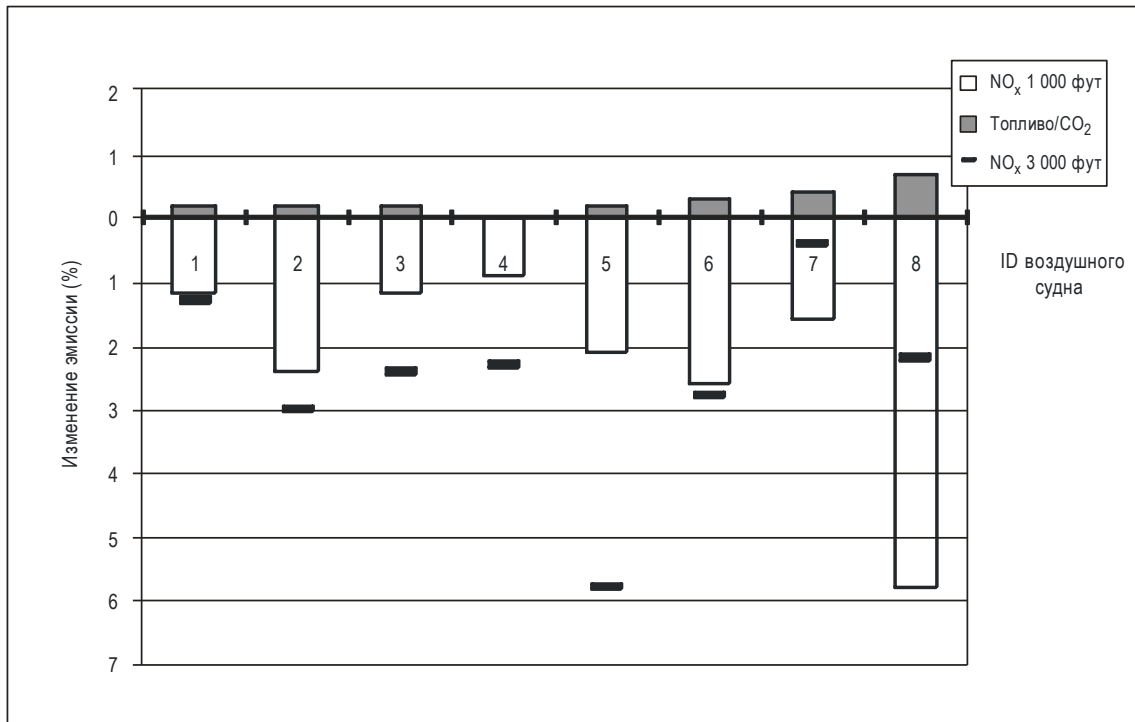


Рис. 8-3. Влияние различной последовательности дросселирования на эмиссионное воздействие

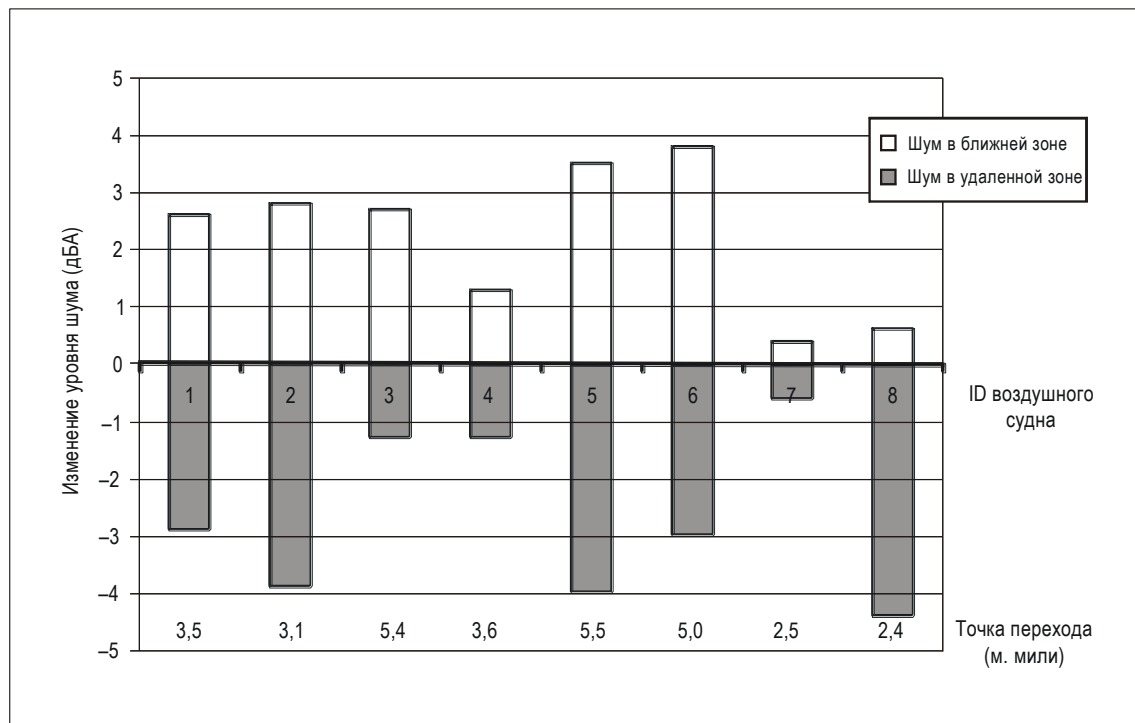


Рис. 8-4. Влияние различной последовательности дросселирования на шумовое воздействие

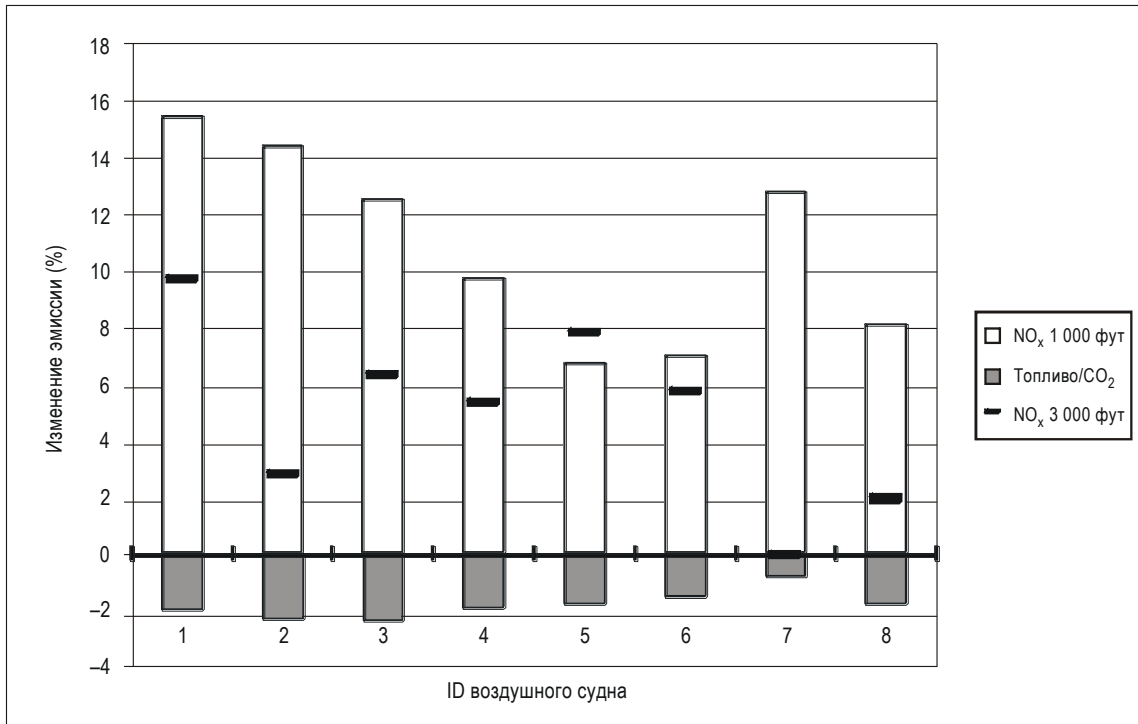


Рис. 8-5. Влияние различных высот уборки закрылков на эмиссионное воздействие

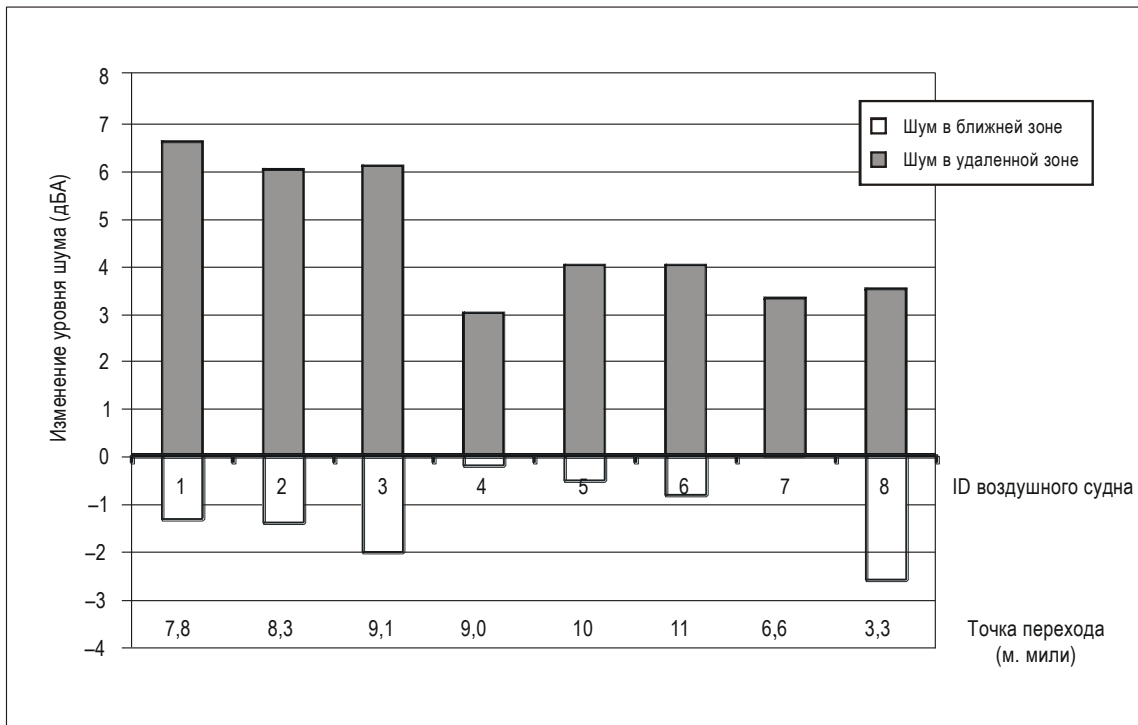


Рис. 8-6. Влияние различных высот уборки закрылков на шумовое воздействие

**Таблица 8-4. Типы воздушных судов, использовавшиеся при проведении исследования, результаты которого изложены в циркуляре 317 (ID относится к ID воздушного судна, указанного на рис. 8-1–8-6)**

ID	Тип воздушного судна
1.	Аэробус A-320-214, CFM56-5B4/P Взлетный вес 77 000 кг Взлетная тяга, уменьшенная на 12 %
2.	Боинг 737-700, CFM56-7B24 Взлетный вес 70 000 кг Взлетная тяга, уменьшенная на 10 %
3.	Аэробус A-330-223, PW4168A Взлетный вес 233 000 кг Взлетная тяга, уменьшенная на 12 %
4.	Аэробус A-340-642, Trent 556 Взлетный вес 368 000 кг Взлетная тяга, уменьшенная на 12 %
5.	Боинг 767-400, CF6-80C2B8F Взлетный вес 204 000 кг Взлетная тяга, уменьшенная на 10 %
6.	Боинг 777-300, Trent 892 Взлетный вес 300 000 кг Взлетная тяга, уменьшенная на 10 %
7.	Бомбардье CRJ900ER, CF4-8C5 Взлетный вес 37 000 кг Взлетная тяга, уменьшенная на 10 %
8.	Дассо Фалькон 2000EX, PW308C Взлетный вес 19 000 кг Полная взлетная тяга

## СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

BACK Aviation Solutions (BACK), *Aviation Link: User's Guide*, Edition 16, June 2005.

Baughcum, S.L. et al., *Scheduled Civil Aircraft Emissions Inventories for 1976 and 1984: Database Development and Analysis*, NASA CR 4700, April 1996.

Department for Transport (United Kingdom), *Project for the Sustainable Development of Heathrow: Air Quality Technical Report*, 19 July 2006.

Directive 2004/26/EC of the European Parliament and of the Council of 21 April 2004 amending Directive 97/68/EC on the approximation of the laws of the Member States relating to measures against the emission of gaseous and particulate pollutants from internal combustion engines to be installed in non-road mobile machinery, *Official Journal* L146, 2004, Brussels.

ECAC, AIRMOD Technical Sub Group, *Methodology for Computing Noise Contours Around Civil Airports*, January 2006.

EMEP/EEA *air pollutant emission inventory guidebook 2013*. Technical report No 12/2013; August 2013, <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013> (по состоянию на июнь 2020 года).

Energy and Environmental Analysis, Inc., *Air Pollution Mitigation Measures for Airports and Associated Activity*, Arlington, VA, Emission Factors for GSE Engines (in grams per BHP-hr), May 1994.

EUROCONTROL, <http://www.eurocontrol.int> (по состоянию на июнь 2020 года).

EUROCONTROL Experimental Centre (EEC), *User Manual for the Base of Aircraft Data (BADA)*, Revision 3.6, EEC Note No. 10/04, Project ACE-C-E2, 2004.

European Co-operation in the Field of Scientific and Technical Research, *New developments in emission estimation from transport*, Report from the Joint Dissemination Conference COST346 – ARTEMIS — PARTICULATES, 2004.

European Environment Agency, *TERM Report 2003 for EU Countries and Accessing Countries*, 2003.

Federal Aviation Administration, Office of Aviation Policy and Plans, *Official Airline Guide*, [www.faa.gov](http://www.faa.gov) (по состоянию на июнь 2020 года).

Federal Aviation Administration, Office of Aviation Policy and Plans, *Terminal Area Forecast (TAF)*, <https://aspm.faa.gov/main/taf.asp> (по состоянию на июнь 2020 года).

Federal Aviation Administration, Office of Environment and Energy, *Aviation Emissions and Air Quality Handbook*, Version 3, Update 1, FAA-AEE-2014-12, 2015, [http://www.faa.gov/regulations\\_policies/policy\\_guidance/envir\\_policy/airquality\\_handbook/media/Air\\_Quality\\_Handbook\\_Appendices.pdf](http://www.faa.gov/regulations_policies/policy_guidance/envir_policy/airquality_handbook/media/Air_Quality_Handbook_Appendices.pdf) (по состоянию на июнь 2020 года).

Federal Aviation Administration, Office of Environment and Energy, *Emissions and Dispersion Modeling System (EDMS) User's Manual*, FAA-AEE-07-01 (Rev. 10 – 06/07/13), June 2013, [http://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/apl/research/models/edms\\_model/media/EDMS\\_5.1.4\\_User\\_Manual.pdf](http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/apl/research/models/edms_model/media/EDMS_5.1.4_User_Manual.pdf) (по состоянию на июнь 2020 г.).

Federal Aviation Administration, Olmstead, Jeffery R., *Integrated Noise Model (INM) Technical Manual, Version 6.0*. January 2002 FAA-AEE-08-01, [https://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/apl/](https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/apl/) (по состоянию на июнь 2020 года).

*Federal Register*, Vol. 38, No 136, Part II, "Control of Air Pollution from Aircraft and Aircraft Engines; Emission Standards and Test Procedures for Aircraft — Final Rule," July 17, 1973, pp 19088–19103.

Flughafen Zürich AG, *Aircraft Ground Handling Emissions: Methodology and Emission Factors Zurich Airport*, April 2014, [https://www.zurich-airport.com/~media/flughafenzh/dokumente/das\\_unternehmen/laerm\\_politik\\_und\\_umwelt/luft/2014\\_gse\\_emissionmeth\\_zrh.pdf](https://www.zurich-airport.com/~media/flughafenzh/dokumente/das_unternehmen/laerm_politik_und_umwelt/luft/2014_gse_emissionmeth_zrh.pdf) (по состоянию на июнь 2020 года).

Forecasting and Economic Analysis Support Group, *Steering Group Meeting Report of the FESG/CAEP6 Traffic and Fleet Forecast*, FESG CAEP-SG20031-IP/8, October 2003.

Grandi, F., *The MAGENTA Modelling System-Software and Data Structures-Data Management Software Utilities*, Wyle Laboratories, Washington, D.C., 2005.

INFRAS: *Handbook Emission Factors for Road Transport, Version 2.1*, Bern, 2004, [www.hbefa.net](http://www.hbefa.net) (по состоянию на июнь 2020 года).

Janicke Consulting, "LASPORT: A program system for the calculation of airport-induced pollutant emissions and concentrations in the atmosphere", <http://www.janicke.de/en/lasport.html> (по состоянию на июнь 2020 года).

JP Airline Fleets, *JP Fleets International, Aviation Database*, BUCHair U.K. Ltd., December 2004.

Lecht, D.L., *The DLR Fuel Flow Method and its Characteristics Compared to Other NO<sub>x</sub> Correlation Methods*, 2005.

*Logiciel IMPACT — Guide Utilisateur*, ADEME Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie, 1997.

MEET Project, *Project Report SE/491/98, Methodology for Calculating Transport Emissions and Energy Consumption*, Transport Research Laboratory, 1999.

MEET Project, *Road Traffic Composition*, Aristotle University of Technology, 1998.

Society of Automotive Engineers, Aerospace Information Report 1845, *Procedure for the Calculation of Aeroplane Noise in the Vicinity of Airports*, Warrandale, PA, March 1986.

UN Economic Commission for Europe, *Annual Bulletin of Transport Statistics for Europe and North America*, 2004.

United States Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics, *Airline On-Time Performance Data*, 2005.

United States Environmental Protection Agency, Modeling and Inventories, NONROAD, <http://www.epa.gov/otag/nonrdmdl.htm> (по состоянию на июнь 2020 года).

United States Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, *Fugitive Dust Background Document and Technical Information Document for Best Available Control Measures*, 1992.

United States Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, *Median Life, Annual Activity, and Load Factor Values for Nonroad Engine Emissions Modelling*; 2004.

United States Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, *Nonroad Engine and Vehicle Emission Study — Report*, 1991.

United States Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, *User's Guide for the Nonroad Emissions Model Draft NONROAD 2002*, 2002.

United States Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards, *Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources (AP-42)*, Fifth Edition and Supplements, 1995 (with supplements through 2004).

United States Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards, *Procedures for Emission Inventory Preparation*, Volume IV: *Mobile Sources*, 1992.

United States Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards, *User's Guide to Tanks, Storage Tank Emissions Calculation Software*, Version 4.0, 1999.

United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Final Report — *Evaluation of Emissions from Paving Asphalts*, 1994.

United States Environmental Protection Agency, *Spatial Allocation*.

United States Environmental Protection Agency, *Technical Support for Development of Airport Ground Support Equipment Emission Reductions*, EPA420-R-99-007, May 1999.

United States Environmental Protection Agency, Technology Transfer Network, *Factor Information Retrieval Data System*, <http://cfpub.epa.gov/oarweb/index.cfm?action=fire.main> (по состоянию на июнь 2020 года).

United States Environmental Protection Agency, *Temporal Allocation*.

United States Environmental Protection Agency, Wilcox, R. S., United States EPA, Letter to J. Draper, FAA, November 22, 2000.

Xie, S. et al., "On-Road Remote Sensing of Vehicle Exhaust Emissions in Auckland New Zealand," *Clean Air and Environmental Quality*, Volume 39, No. 4, November 2005.

— КОНЕЦ —





ISBN 978-92-9265-300-2



9

789292

653002