

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНТРАНС РОССИИ)
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
(РОСАВИАЦИЯ)
ФГБОУ ВО «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»**

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В АЭРОПОРТАХ

**Методические указания по изучению дисциплины
и выполнению контрольной работы**

Для студентов ФАИТОП и ЗФ

Санкт-Петербург

2017

Одобрено и рекомендовано к изданию
Учебно-методическим Советом Университета ГА

Ш87(03)

Обеспечение экологической безопасности в аэропортах:
Методические указания по изучению дисциплины и выполнению контрольной работы СПб ГУ ГА, Санкт-Петербург, 2017.

Издаются в соответствии с программой дисциплины «Обеспечение экологической безопасности в аэропортах». Содержат необходимые рекомендации по изучению основных тем дисциплины. Представлены контрольные вопросы и задачи, составляющие контрольную работу по дисциплине, даны методические указания по ее выполнению.

Предназначены для студентов ФАИТОП и ЗФ по профилям: ОрАД, АОВПиАР.

Составители: Д.Н. Арзаманов, к.т.н.

Н.О. Моисеева, к.т.н.

Рецензент: В.В. Черный, к.т.н., доц.

Общие методические указания

Обеспечение экологической безопасности представляет собой решение комплекса задач и реализацию механизмов предотвращения или минимизации негативного воздействия источников загрязнения на окружающую природную среду и здоровье населения, проживающего на прилегающих территориях, а также повышения защищенности важных и потенциально опасных объектов от угроз техногенного и природного характера.

Критически важными считаются объекты, нарушение или прекращение функционирования которых приводят:

- к потере управления экономикой страны, региона или муниципального образования;
- необратимому негативному изменению или разрушению страны в целом, региона или муниципального образования;
- существенному снижению на длительный период безопасности жизнедеятельности населения, проживающего на этих территориях.

К потенциально опасным относят объекты, на которых используют, производят, перерабатывают, хранят или транспортируют радиоактивные, пожароопасные и взрывоопасные, опасные химические и биологические вещества, а также гидротехнические объекты, создающие реальную угрозу возникновения источника чрезвычайной ситуации.

Обеспечение экологической безопасности населения и защищенности критически важных и потенциально опасных объектов предполагает повышение их защищенности от угроз техногенного и природного характера.

Целями освоения дисциплины «Обеспечение экологической безопасности в аэропортах» являются:

- приобрести знания о вкладе гражданской авиации в антропогенное загрязнение окружающей среды, видах загрязнений при авиатранспортных процессах;

- приобрести знания о методах, принципах, способах экологически безопасной эксплуатации авиационного транспорта, инфраструктуры, а также о современных системах очистки выбросов в окружающую среду авиапредприятий от загрязняющих веществ;
- развить риск-ориентированное мышление в вопросах экологической безопасности и сохранения окружающей природной среды;
- приобрести практические навыки использования компьютерных технологий сбора, хранения, обработки, анализа и представления информации об уровнях загрязненности атмосферного воздуха, водного бассейна и почв в интересах обеспечения экологической безопасности окружающей среды и населения, а также защищенности критически важных и потенциально опасных объектов при организации авиатранспортных процессов.

Для достижения поставленных целей в рамках освоения дисциплины студентами должны быть решены следующие задачи:

- овладеть основными понятиями и теоретическими сведениями курса;
- изучить основные виды загрязнений при авиатранспортных процессах;
- изучить основные методы, принципы, способы обеспечения экологической безопасности в аэропортах;
- овладеть навыками использования компьютерных технологий для сбора, хранения, обработки, анализа и представления информации для обеспечения экологической безопасности при организации авиатранспортных процессов.

Практические работы выполняются под руководством преподавателя в период обучения (для студентов ЗФ – в период сессии). Тематика практических занятий зависит от специализации и определяется преподавателем. Кроме выполнения практических работ, необходимо прослушать лекции по дисциплине (для ЗФ лекции читаются по наиболее

сложным для понимания разделам дисциплины). В процессе обучения преподаватели оказывают консультационную помощь обучаемым.

К дифференцированному зачету (экзамену) допускаются студенты, выполнившие практические и контрольную работы. Контрольную работу необходимо оформить заблаговременно и зарегистрировать на кафедре до дифференцированного зачета (экзамена).

Содержание разделов дисциплины

«Обеспечение экологической безопасности в аэропортах»

Раздел 1. Введение в дисциплину

Место дисциплины «Обеспечение экологической безопасности в аэропортах» среди социально-экономических и естественных дисциплин. Основные научные направления развития дисциплины. Понятия и термины дисциплины, краткие исторические сведения.

Раздел 2. Загрязнение атмосферного воздуха в зоне аэропорта.

Стационарные источники загрязнения атмосферного воздуха в зоне аэропорта. Производственные загрязнения воздуха. Вклад различных источников в загрязнение воздуха в зоне аэропорта. Загрязняющие вещества (ЗВ) выбрасываемые при работе авиационных двигателей (АД). Индексы эмиссии (*EI*) продуктов сгорания авиационного топлива. Эмиссия двигателей воздушных судов (ВС) в зоне аэропорта. Нормирование эмиссии авиационных двигателей. Загрязнение воздуха автотранспортом.

Раздел 3. Загрязнение водного бассейна и почвы в районе аэропорта.

Источники загрязнения водного бассейна в районе аэропорта. Источники загрязнения почвы. Основные загрязняющие вещества. Твердые бытовые отходы.

Раздел 4. Электромагнитное и шумовое загрязнение при авиатранспортном производстве.

Виды и источники электромагнитного излучения в зоне аэропорта, их характеристики. Влияние радиоволнового излучения в районе аэропорта на состояние окружающей природной среды и здоровье человека.

Раздел 5. Методы предотвращения и минимизации загрязнения окружающей среды при авиатранспортных процессах.

Сокращение эмиссии вредных веществ авиационными двигателями. Технические средства защиты атмосферы. Создание санитарно-защитных зон. Технические средства защиты водного бассейна. Утилизация и ликвидация промышленных отходов. Защита почв от загрязнений. Защита от шума. Защита от электромагнитного излучения.

Раздел 6. Загрязнение авиацией высоких слоев атмосферы.

Виды вредных выбросов в верхних слоях атмосферы. Разрушение озонового слоя. Воздействие авиации на стратосферный аэрозольный слой.

Раздел 7. Основы экологического права в области обеспечения экологической безопасности в аэропортах.

Понятие экологического права и формы его проявления в области обеспечения экологической безопасности в аэропортах. Материалы ИКАО.

Практические занятия (семинары)

Занятие 1. Эмиссия АД ВС в зоне аэропорта. Нормирование эмиссии АД. Расчет загрязнения воздуха автотранспортом.

Занятие 2. Расчет поверхностного стока с территории аэропорта.

Занятие 3. Методика определения уровня электромагнитного

загрязнения территории.

Занятие 4. Расчёт зоны шумового воздействия авиатранспорта.

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Рекомендуемая литература:

1. **Иванов, В.И.** Общая экология [Текст]: Тексты лекций / В.И. Иванов - Университет ГА: С.-Петербург, 2010. – 166 с.
2. **Аксенов И.Я., Аксенов В.И.** Транспорт и охрана окружающей среды. – М.: Транспорт, 1986.
3. **Асатуров М.Л.** Основы экологии. Ч. II. Антропогенные экологические процессы / Учебное пособие. – СПб.: АГА, 2002.
4. **Асатуров М.Л.** Стратосферный аэрозольный слой. – СПб.: ГУГА, 2006.
5. **Асатуров М.Л.** Загрязнение окружающей среды при авиатранспортных процессах: Учебное пособие / Университет ГА. С.-Петербург, 2010.
6. **Передельский Л.В.** Экология: учеб. / Л.В.Передельский, В.И.Коробкин, О.Е.Приходченко. – М.: Проспект, 2009. -512 с. – ISBN 978-5-392-00103-3

Интернет-ресурсы:

1. Российское образование. Федеральный образовательный портал[Электронный ресурс]: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА / — Электрон.дан. — Режим доступа:www.edu.ru— Загл. с экрана.

Теоретические вопросы и практические задачи контрольной работы

Вопрос 1. Аэропорт, как источник загрязнения окружающей среды

Вопрос 2. Загрязнение водного бассейна и почвы в районе аэропорта

Вопрос 3. Электромагнитное загрязнение при функционировании аэропортового комплекса

Задача №1. Расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Для выполнения расчётов понадобится программное обеспечение *Microsoft Excel* (электронные таблицы) или калькулятор. Порядок проведения расчётов указан в теоретическом материале.

При необходимости разделить суммарное время этапа «Руление» стандартного ВПЦ (принятое ИКАО равным 26 мин) считать, что перед взлётом ВС его АД работают 7 мин, а после посадки – 19 мин.

Варианты заданий:

Вариант 1

1. Рассчитать валовый выброс C_nH_m от 2-х маршевых двигателей самолёта Ту-154Б за стандартный ВПЦ.

2. Аэропорт принимает и отправляет 14 ВС типа Ту-204, каждый в месяц совершает по 20 рейсов. Необходимо определить по методике САЕР валовый выброс CO_2 , SO_2 , H_2O от всех маршевых двигателей всех ВС, если учесть, что один двигатель расходует за рейс 10 тонн топлива.

Вариант 2

1. Рассчитать валовый выброс NO_x от 4-х маршевых двигателей типа НК-86 самолёта Ил-86 на этапе снижения с высоты 900 м при температуре окружающей среды на аэродроме – минус 25⁰С.

2. В аэропорте 19 Ил-86 и 23 Ил-96 совершают стандартный ВПЦ. Необходимо рассчитать массу выбросов CH , NO_x , C_nH_m с поправкой на температуру в зоне аэропорта – минус 25⁰С.

Вариант 3

1. Рассчитать валовый выброс CO от 2-х маршевых двигателей типа НК-86 самолёта Ил-86 на этапе захода на посадку.

2. Самолёт Ту-134 совершает в аэропорту 40 стандартных ВПЦ.

Определить массу выбросов CH , NO_x , C_nH_m с поправкой на температуру в зоне аэропорта – минус $15^{\circ}C$, с учётом того, что каждый восьмой ВПЦ происходил с выполнением опробования двигателей в наземных условиях.

Вариант 4

1. Рассчитать суммарный валовый выброс CO , NO_x на этапе взлёта самолёта Ту-154М.

2. Аэропорт за один день марта принял и отправил в среднем 3 ВС типа Ту-204. Ту-204 совершает полёт по маршруту на расстояние 6300 км. Рассчитать валовый выброс CO_2 и SO_2 от всех маршевых двигателей за 21 день с учётом температуры окружающей среды плюс $5^{\circ}C$.

Вариант 5

1. Рассчитать суммарный валовый выброс CO , C_nH_m , NO_x от ВСУ самолёта Ту-154М за 21 стандартный ВПЦ.

2. ВС типа Ту-134 16 раз в месяц совершает полёт по маршруту на расстояние 3100 км и обратно. Рассчитать выброс углеводородов C_nH_m за 5 лет на этапах взлёта и малого газа без учёта температуры окружающей среды.

Вариант 6

1. Рассчитать суммарный валовый выброс CO , C_nH_m , NO_x самолёта Як-42 за 18 циклов опробования маршевых двигателей в наземных условиях.

2. ВС типа Ту-134 16 раз в месяц совершает полёт по маршруту на расстояние 3 100 км и обратно. Рассчитать выброс углеводородов C_nH_m за 5 лет на этапах взлёта и малого газа без учёта температуры окружающей среды.

Вариант 7

1. Рассчитать валовый выброс CO от самолёта Ан-24 за 11 стандартных ВПЦ и 15 циклов операций опробования маршевых двигателей в наземных условиях.

2. ВС типа Ту-204 23 раз в месяц совершает полёт по маршруту на расстояние 6 900 км и обратно. Рассчитать выброс углеводородов C_nH_m за 4 месяца на этапах взлёта и набора высоты без учёта температуры окружающей среды.

Вариант 8

1. Рассчитать максимальный валовый выброс SO_x от самолётов Ан-24 за выполненные в 2005 г. 567 циклов операций опробования маршевых двигателей в наземных условиях при условии, что использовалось только топлива 1-й категории качества марки ТС-1.

2. ВС типа Ту-134 5 раз в неделю совершает полёт по маршруту на расстояние 3 700 км. Рассчитать годовой выброс на этапе захода на посадку оксидов азота NO_x за этот период с учётом температуры окружающей среды – плюс $35^{\circ}C$

Вариант 9

1. Рассчитать валовый выброс паров воды от самолётов Ту-204 за выполненные в 2004 г. 175 циклов операций опробования маршевых двигателей в наземных условиях.

2. Аэропорт за сутки принял и отправил 11 ВС типа Ил-76ТД в дневное время при температуре окружающей среды плюс $15^{\circ}C$ и 3 ВС типа Ил-86 в вечернее и ночное время при температуре окружающей среды плюс $5^{\circ}C$. Рассчитать валовый (суточный) выброс углеводородов C_nH_m маршевыми двигателями на этапе взлёта от всех ВС.

Вариант 0

1. Рассчитать валовый выброс CO от 1-го маршевого двигателя типа НК-86 самолёта Ил-86 на этапе руления при температуре окружающей среды на аэродроме – плюс $35^{\circ}C$.

2. ВС типа Ту-154М 123 раза за полгода совершает полёт по маршруту на расстояние 5 600 км и обратно. Рассчитать выброс углеводородов C_nH_m за этот период в зоне аэропорта с учётом температуры окружающей среды – плюс $5^{\circ}C$.

Пояснение к решению задачи №1

Количество выбросов ЗВ двигателями ВС изменяется с высотой. Для расчетов принято использовать следующие характерные высоты:

1. Уровень земной поверхности. На данном уровне выброс ЗВ происходит в результате выполнения следующих операций:

- опробование двигателей,
- запуск и остановка двигателей,
- руление перед взлётом и после посадки,
- опробование маршевых двигателей ВС в стационарных условиях,
- запуск вспомогательных силовых установок (ВСУ) ВС.

2. Приземный слой атмосферы от уровня земли до высоты 900 м. Выбросы ЗВ осуществляются в процессе набора высоты и снижения ВС.

3. Большие высоты – выше 900 м (и до (9000-12000) м – для обычных самолётов или до (19000-22000) м – для сверхзвуковых самолётов). На больших высотах выброс ЗВ происходит в результате набора высоты, крейсерского горизонтального полёта и снижения ВС.

Исходя из представленных уровней загрязнения атмосферы авиационными двигателями, принято выделять следующие четыре этапа полёта ВС:

- взлётно-посадочный цикл (ВПЦ) в зоне аэродрома (высоты от 0 до

900 м);

- набор высоты от 900 м и до эшелона крейсерского полёта;
- крейсерский горизонтальный полёт по маршруту на высотах эшелона;
- снижение с высоты эшелона крейсерского полёта до высоты зоны аэродрома (900 м).

Масса загрязняющего вещества (ЗВ), выброшенного в атмосферу АД в результате сгорания топлива, зависит от следующих показателей:

- режима и времени работы двигателя;
- удельного показателя образования этого вещества, отнесённого к единице количества используемого топлива;
- расхода топлива на соответствующем режиме работы АД.

Необходимо отметить, что в зоне аэродрома АД эксплуатируются в максимальном диапазоне изменения режимов работы для обеспечения тяговых характеристик, необходимых ВС для совершения операций ВПЦ.

Зона аэродрома (аэропорта) включает часть атмосферы над соответствующим участком земной поверхности условно ограниченной высотой 900 м от уровня земли или, по правилам ИКАО, 3000 футов (фут – единица длины в разных странах, в том числе в английской системе мер и в России до введения метрической системы; 1 фут = 12 дюймов = 0,3048 м). Это соответствует принятой в метеорологии средней толщине пограничного (приземного) слоя атмосферы. Считается, что вещества, выброшенные в атмосферу на больших высотах, как правило, уже не достигают уровня земной поверхности (не попадают в приземные слои) и не загрязняют воздух в районе аэропорта.

В качестве “стандартного цикла ИКАО”, который используется в международной практике для проведения различных испытаний и расчётов, связанных оцениванием уровня загрязнения атмосферы, был разработан условный взлётно-посадочный цикл, усреднённый по режимам работы авиадвигателей различных типов и конструкций при выполнении ВС операций

в зоне аэродрома (см. рис. 1.).



Рис. 1 – Стандартный взлётно-посадочный цикл ИКАО

При расчетах необходимо учитывать, что эксплуатационные параметры всех двигателей должны корректироваться по метеорологическим условиям в стандартной атмосфере. Такими условиями принято считать атмосферные условия на уровне моря:

- температура $T = 288 \text{ К}$ (15°C);
- атмосферное давление $P = 760 \text{ мм рт.ст.}$;
- абсолютная влажность $\rho = 6,29 \text{ г/кг}$;
- относительная влажность $\varphi = 60 \%$.

Каждому режиму работы АД соответствует определенная реактивная тяга или мощность. Так, при взлёте самолёта и наборе высоты (до 900 м) его двигатели практически всегда работают на 100 и 85 % от максимальной, располагаемой для взлёта тяги/мощности. Эта тяга/мощность носит название установленная взлётная тяга/мощность (F_{oo}) – утверждённая для данного типа или модели двигателя максимальная тяга/мощность, развиваемая на земле (в статических условиях) при условиях стандартной атмосферы на уровне моря и утверждённая для осуществления взлёта с ограничением периода непрерывного использования не более 5 минут. Для характеристики используемых режимов работы двигателей в стандартном ВПЦ, применяется понятие величины тяги, выражаемое в долях от взлётной тяги F_{oo} .

Для типичных операций ВПЦ, выполняемых воздушным судном (самолётом), которое оснащено наиболее широко применяемыми в современной гражданской авиации маршевыми газотурбинными двигателями, условно принимаются значения величин тяги двигателя, приведённые в табл. 1.

Таблица 1

Этапы ВПЦ и соответствующие им режимы работы АД в зоне аэродрома, принятые ИКАО в качестве стандартных

Этап взлётно-посадочного цикла	Дозвуковые самолёты	
	Величина тяги двигателя на этапе	Продолжительность этапа, мин
Взлёт	F_{oo}	0,7
Набор высоты	$0,85 F_{oo}$	2,2
Заход на посадку	$0,30 F_{oo}$	4,0
Руление (земной малый газ)	$0,07 F_{oo}$	26,0

При работе АД в атмосферу поступают разнообразные продукты сгорания топлива, многие из которых негативно влияют на окружающую среду и здоровье людей. Этот процесс называется эмиссией. Удельный показатель выброса загрязняющего вещества или "индекс эмиссии" (EI или "emission index"- перевод с английского языка, "emission" – выделение, излучение, распространение) – характеризует образование и последующий выброс в атмосферу каждого ЗВ, равен массе этого вещества, образовавшегося в авиадвигателе при сжигании единицы количества топлива. Размерность – грамм ЗВ на килограмм топлива.

Удельный показатель выброса EI для каждого ЗВ определяют для всех типов АД экспериментально, по принятой ИКАО стандартной методике, при заданных характеристиках топлива и при определённых атмосферных условиях (в пересчёте на СА).

В соответствии с действующими требованиями ИКАО регламентируется содержание в отработавших газах авиадвигателей оксида углерода (CO), несгоревших углеводородов (C_nH_m), оксидов азота (NO_x) и показатель (число)

дымности. Имеющиеся официальные сведения об удельных показателях выбросов EI нормируемых ЗВ для всех сертифицированных двигателей занесены в “Банк данных ИКАО по эмиссии выхлопных газов двигателей” [1] (см. Приложение 1).

Кроме того, для оценки выбросов в атмосферу ЗВ используются данные о значениях удельных показателей выбросов CO , C_nH_m , NO_x для основных типов отечественных маршевых авиадвигателей и ВСУ, приведенные в [2]. В них приведена более подробная градация режимов работы двигателей, причём удельные показатели выбросов отнесены к единице времени (см. Приложение 2).

Валовый выброс ЗВ (понятие «валовый выброс» некоего вещества означает – общее (суммарное) количество ЗВ, поступающего в атмосферу за определённый интервал времени (год, месяц, сутки, час) или за время некоего цикла, этапа и т.п.) авиадвигателем в атмосферу зависит не только от удельного показателя выброса соответствующего ЗВ, но и от топливной эффективности этого двигателя.

Масса каждого загрязняющего вещества M (кг), образовавшегося в авиадвигателе и выброшенного в атмосферу за полный ВПЦ, может быть рассчитана по следующей зависимости:

$$M = \sum EI_i \cdot G_{\text{топл.}i} \cdot \tau_i, \quad (1)$$

Применительно к первым задачам по вариантам в зависимости от рассматриваемых этапов ВПЦ суммирование происходит по режимам работы АД в зоне аэропорта (этапам ВПЦ). Необходимо также учитывать количество АД.

EI_i – удельный показатель выброса рассматриваемого загрязняющего вещества на i -м режиме работы двигателя;

$G_{\text{топл.}i}$ – расход топлива на i -м режиме работы двигателя;

τ_i – продолжительность i -го режима работы двигателя;

i – режим работы двигателя в зоне аэропорта (этап ВПЦ).

Время работы авиационного двигателя на каждом этапе ВПЦ представлены в Приложении 1.

Методология расчётного определения выбросов ЗВ при эксплуатации ВС предполагает несколько уровней сложности методик, зависящих от решаемых задач и используемой при этом исходной информации. В соответствии с этими уровнями созданы и используются в природоохранной деятельности гражданской авиации:

- оценочные методики;
- методики усреднённой оценки;
- методика детальной оценки.

Примером оценочной методики расчёта выбросов ЗВ является методика САЕР [3] по определению массы парниковых газов, выделяемых при работе авиадвигателей, в зависимости от количества сожжённого авиатоплива $G_{\text{топл}}$ (Приложения 3, 4, 5), которая (для случая применения стандартного авиакеросина) содержит следующие расчётные соотношения:

$$M_{CO_2} \text{ (кг)} = 3,15 \cdot G_{\text{топл}} \text{ (кг)}; \quad (2)$$

$$M_{H_2O} \text{ (кг)} = 1,23 \cdot G_{\text{топл}} \text{ (кг)}; \quad (3)$$

$$M_{SO_2} \text{ (кг)} = 0,0009 \cdot G_{\text{топл}} \text{ (кг)}. \quad (4)$$

Методики усреднённой оценки предполагают использование заранее рассчитанных и обобщённых показателей выбросов ЗВ как по отдельным ингредиентам, так и по их сумме. Атмосферный воздух в районе аэропорта загрязняется выбросами оксидов углерода, азота, серы (CO , NO_x , SO_x), несгоревших углеводородов (C_nH_m), дымом (включая сажу и иные частицы) от:

- маршевых двигателей при выполнении самолётами взлётно-посадочных операций до высоты 914 м;
- вспомогательных силовых установок;
- маршевых двигателей при их опробовании в процессе ТО ВС.

Выброс в атмосферу соединений серы зависит от массовой доли серы в

используемом топливе, а также от расхода топлива.

В этом случае количество загрязняющего вещества (или суммы ЗВ), поступающего в атмосферу в зоне конкретного аэродрома от всех воздушных судов в течение определённого периода времени (за сутки, месяц, сезон, год) для каждого ЗВ могут быть рассчитаны по формуле:

$$M^{АП} = \sum M^{ВПЦ}_t \cdot N^{ВПЦ}_t + \sum M^{ОП}_t \cdot N^{ОП}_t, \quad (5)$$

где $M^{ВПЦ}_t$ – количество нормируемого ЗВ, выбрасываемое ВС типа "Т" за стандартный ВПЦ;

$M^{ОП}_t$ – количество нормируемого ЗВ, выбрасываемое за цикл опробования двигателей ВС типа "Т";

$N^{ВПЦ}_t$ – количество ВПЦ, совершённых всеми ВС типа "Т" за рассматриваемый период времени;

$N^{ОП}_t$ – количество циклов опробования двигателей за рассматриваемый период времени (определяется по регламенту технического обслуживания ВС типа "Т" и наработки ВС, приписанных к данной авиационно-технической базе);

t – индекс ВС соответствующего типа.

Суммарные значения выбросов от всех маршевых двигателей и от ВСУ одного ВС указанного типа за стандартный ВПЦ приведены в Приложении 2. Для отдельной оценки выбросов маршевых авиадвигателей при опробовании при стандартных атмосферных условиях следует пользоваться данными Приложения 3, на земле – Приложения 4, для отдельной оценки выбросов ВСУ – Приложения 5.

Количество загрязняющего вещества от воздушных судов типа "Т", поступающее в атмосферу на крейсерских высотах (более 900 м) может быть рассчитано для каждого ЗВ по формуле:

$$M_T^{КрВ} = 0,001 \cdot EI_T^{КрВ} \cdot (G_{T \text{ топл. } \Sigma} - G_{T \text{ топл. } \text{ВПЦ}}), \quad (6)$$

где $EI_T^{КрВ}$ – удельный показатель выброса ЗВ для "крейсерских" условий

полёта ВС типа "Т", г/кг топлива;

$G_{T \text{ топл. } \Sigma}; G_{T \text{ топл. }}^{\text{ВПЦ}}$ – расходы топлива двигателями ВС типа "Т" за весь полёт и за ВПЦ в базовом и конечном аэропорте, кг.

Выбросы соединений серы в атмосферу с отработавшими газами прямо пропорциональны содержанию серы в топливе, поэтому для определения удельного показателя выброса оксидов серы (г/кг топлива) на всех режимах работы авиадвигателей используют следующую формулу:

$$EI_{SO_x} = 20 \cdot S, \quad (7)$$

где S – общее содержание серы в топливе в соответствии с паспортными данными топлива (см. Приложение 6).

При определении выбросов ЗВ ВС ГА по оценочной методике и по методикам усреднённой оценки в качестве исходных данных рекомендуется использовать материалы [4] (см. Приложение 7).

Методы усреднённой оценки выбросов ЗВ авиадвигателями используют средние для двигателя данного типа показатели удельного образования и выброса ЗВ в атмосферу, а также осреднённые показатели режимов работы двигателей. Однако двигатели одного и того же типа имеют “экземплярный” разброс удельных показателей выброса ЗВ, обусловленный фактическими отклонениями в пределах установленных допусков:

- геометрических размеров конкретных экземпляров;
- в настройке системы автоматического регулирования.

Наиболее точные расчёты могут быть выполнены по методикам детальной оценки, когда используются индивидуальные удельные показатели выбросов для конкретного экземпляра ВС. При таком подходе необходимо использовать данные о фактической длительности режимов работы двигателей в условиях конкретного аэропорта, а также учитывать атмосферные условия (давление, температура и влажность воздуха) во время полёта. Расчёты при детальных оценках выбросов ведут с использованием ЭВМ и специальных

расчётных программ.

Для расчёта количества ЗВ, выброшенных в атмосферу конкретным экземпляром ВС при полёте на крейсерских высотах, используется формула:

$$M_3 = \int_0^{t_n} EI_3 \cdot G_{m \text{ топл.}} \cdot \partial t, \quad (8)$$

где EI_3 – удельный показатель выброса ЗВ данного экземпляра двигателя на режимах полёта ВС на высотах более 914 м;

$G_{m \text{ топл.}}$ – расход топлива двигателем экземпляра "э" на соответствующих режимах полёта ВС, кг;

t – текущее время полёта;

t_n – время полёта на высотах более 914 м.

Для детальной оценки выбросов ЗВ в зоне аэродрома, по методике [5] необходимо знание таких характеристик как:

- технические характеристики конкретного двигателя (дроссельные характеристики, параметр форсирования и объём жаровой трубы камеры сгорания, частота вращения ротора и др.);
- атмосферные (метеорологические) условия в зоне аэропорта;
- качества используемого топлива;
- прочих конкретных данных.

Для учёта фактической температуры окружающей среды расчёт ведут по формуле:

$$M_t^{3B} = M_{CA}^{3B} \cdot k_t, \quad (9)$$

где M_{CA}^{3B} и M_t^{3B} – количество (масса) ЗВ, выброшенного в атмосферу при стандартной температуре СА (15°C) и при фактической температуре окружающей среды t соответственно;

k_t – поправочный коэффициент, учитывающий температуру окружающей среды t (см. Приложение 8).

Рекомендуемая литература:

1. Банк данных ИКАО по эмиссии выхлопных газов двигателей. *Doc 9646–AN/943*. Изд. 1. -Монреаль: ИКАО, 1995. – 152 с.
2. Отраслевые методические указания по расчёту вредных выбросов от авиационных двигателей. Министерство авиационной промышленности СССР, 1989 г.
3. Market – based measures report from WG5 to the fifth meeting of the Committee on Aviation Environmental Protection. Paper CAEP/5-IP/22, 2001.
4. Указания ДВТ Минтранса России от 10.04.96 № ДВ-45/И "Об утверждении нормативов расхода топлива и технических скоростей на эксплуатацию воздушных судов".
5. Методика расчёта выбросов загрязняющих веществ в атмосферу двигателями основных типов воздушных судов гражданской авиации. ГосНИИ ГА, 1991.

Задача №2. Расчет эквивалентных уровней звука на местности при различных операциях самолётов ГА.

Варианты заданий

Общее условие: Аэропорт использует одну полосу, взлёты с которой производятся в пяти направлениях (прямо и с двумя разворотами вправо и влево), а посадки совершаются согласно схеме захода на посадку. Трассы обозначены на рис.2, распределение интенсивности движения по времени суток и указанным трассам приведены в табл. 2.

Требуется определить пригодность территории в окрестностях расчётной точки к застройке по условиям шума. Расчётная точка выбирается в зависимости от варианта (см. табл. 3). При измерении параметра l начало отсчёта условно берётся от посадочного торца ВПП (см. рис. 2).

Таблица 2

Исходные данные для расчётов

Этап полёта	№ трассы	Тип самолёта	Группа самолётов	Среднее количество полётов	
				днём	ночью
Взлёт	1	Ту-154, Ту-134	Пр	3	1
		Ил-18	Шр	4	-
	2	Ил-86	Пр	4	-
		Ту-154, Ту-134	Пр	80	10
	3	Ил-86	Пр	8	1
Ту-154		Пр	20	5	
4	Ту-154, Ту-134	Пр	10	4	
	Як-42	Шр	8	2	
5	Як-40	IVр	13	5	
Снижение на посадку	6	Ил-86	Пр	11	2
		Ту-154, Ту-134	Пр	116	17
		Ил-18	Шр	4	-
		Як-42	Шр	8	2
		Як-40	IVр	13	5

Таблица 3

Выбор расчётной точки по последней цифре шифра

Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
№ точки	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

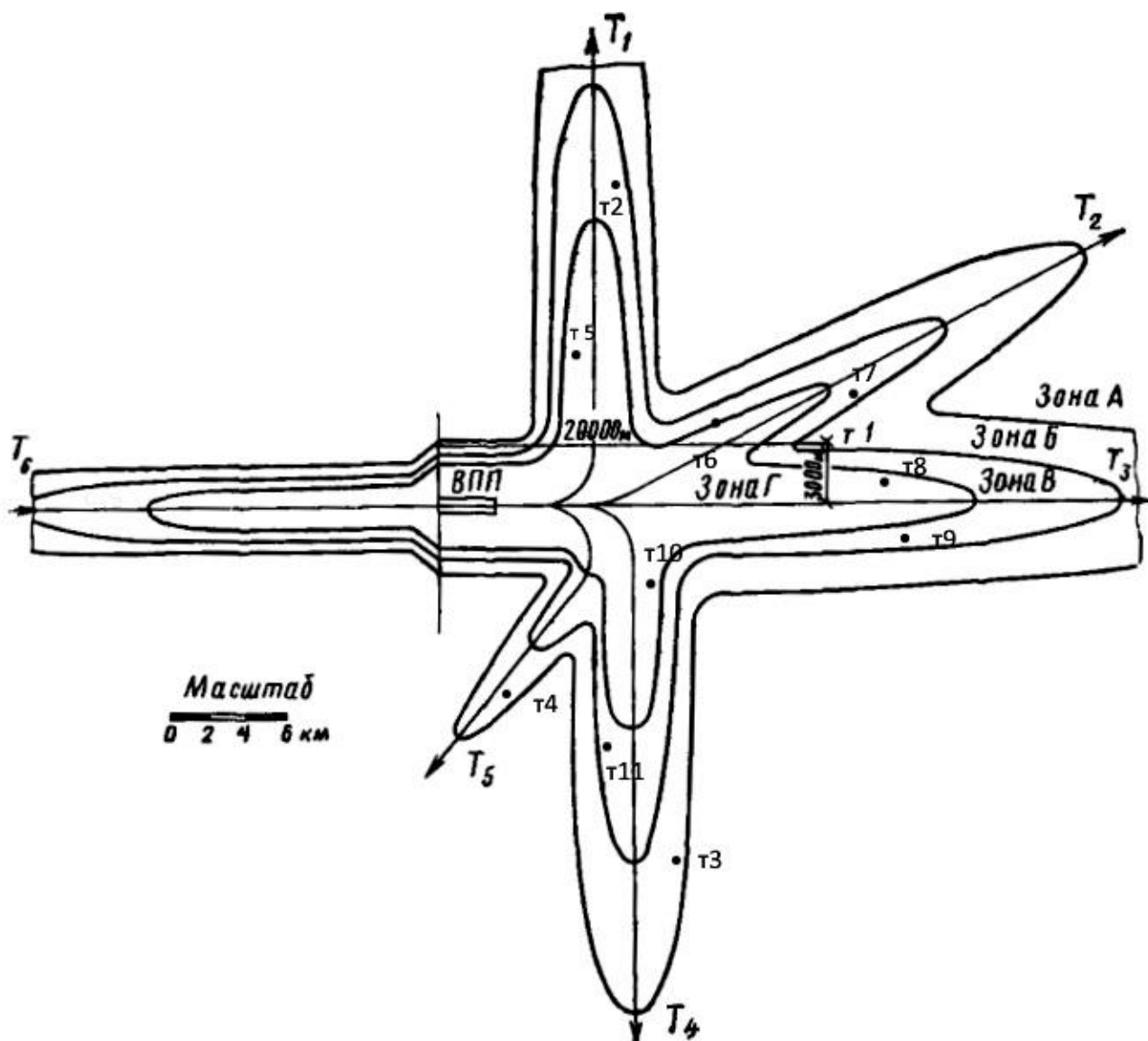


Рис. 2 – Схема расположения аэропорта, воздушных трасс и расчётных точек

Пояснение к решению задачи №2

1) Определить координаты расчётной точки относительно заданной трассы. Опустить из расчётной точки на каждую из проекций трассы перпендикуляр и измерить его длину и учитывая масштаб рисунка определить координаты точки (см. рис. 2 пример для точки 1). Например, координатами точки 1 относительно трассы Т3 являются: $l=20$ км $b=3$ км. Относительно других трасс, при взлётах с разворотами, её координаты определяются непосредственными измерениями по рис. 2, опуская из точки 1 на каждую из

проекций трасс перпендикуляр, измерив длину которого определяют координату b . Размер l определяется расстоянием (с учётом масштаба) от посадочного торца ВПП до точки пересечения перпендикуляра с проекцией трассы.

2) Определить приведенные максимальные уровни звука для расчетной точки используя данные приведенные на рис. 3-4. Например, для точки 1 получаем следующие данные (см. табл. 3):

Таблица 4

Значения приведенных максимальных уровней звука для расчетной точки 1 по отношению к различным трассам полёта

Этап полёта	№ трассы	Координаты точки относительно проекции трассы, км		L'_A , дБА
		l	b	
Взлёт	1	9	12	-
	2	19	2,5	70
	3	20	3	69
	4	10,5	11	-
	5	8	13	-

Из табл. 4 видно, что уровни авиационного шума в расчётной точке 1 определяются пролётом самолётов только по трассам 2 и 3.

3) Определить эквивалентный уровень звука отдельно для каждой трассы в расчётной точке 1 по формулам (2-4). Значения приведенного количества пролётов N определить по формуле $N = n_i \cdot K_i$. Расчёты удобно представить в виде таблицы. Пример расчётов для точки 1 представлен в табл. 5. Эквивалентный уровень звука в точке 1 определяется путём энергетического суммирования эквивалентных уровней $L_{Aj экв}$ для трасс 2 и 3. L_A определяется для трасс путём прибавления к значениям L'_A поправки Δ_1 из табл. 6.

Таблица 5

Сводная таблица расчётов для точки 1

Этап полёта, время суток	№ трассы	Группа самолётов	Количество пролётов n_i	K_i	$n_i \cdot K_i$	N	Δ_1	L'_A , дБа	$L_{A_{j экв}}$, дБа	$L_{A_{экв}}$, дБа	L_A , дБа
Взлёт День: 7:00-23:00	2	Ир	4	2,2	8,8	88,8	+5	70	55,7	57	75
		Пр	80	1	80						
	3	Ир	8	2,2	17,6	37,6	+5	69	51,3		74
		Пр	20	1	20						
Взлёт День: 7:00-23:00	2	Пр	10	1	10	10	0	70	49,2	51	70
	3	Ир	1	2,2	2,2	7,2	+5	69	47,1		74
		Пр	5	1	5						

4) Сопоставить полученные значения максимальных и эквивалентных уровней в расчётной точке для дневного и ночного времени с допустимыми значениями, приведенными в табл. 9 и табл. 10. Сделать вывод о том, к какой зоне пригодности к застройке относится территория, на которой расположена расчётная точка.

Методика определения максимальных уровней звука при пролёте самолётов и опробовании двигателей

По характеристикам шума, создаваемого при пролёте, взлёте, наборе высоты, снижении на посадку и полёте в зоне ожидания, пассажирские самолёты подразделяются на 5 групп (см. табл. 6).

Максимальные уровни звука на местности при пролёте самолётов каждой из групп определяются прибавлением к значениям приведенных максимальных уровней звука L'_A поправки Δ_1 по табл. 5.

Таблица 6

Характеристики шума, создаваемого при различных этапах ВПП

Группа	Тип самолёта	Δ_1 , дБА	K_i	
			При взлёте, наборе высоты	При посадке, полёте в зоне ожидания
I	Реактивные Ил-86	+5	2,2	1,7
	Винтовые Ан-22		1,1	1,1
II	Реактивные Ил-62, Ил-62М, Ил-76Т, Ту-154, Ту-134	0	1	0,75
	Винтовые Ан-22		0,5	0,5
III	Реактивные Як-42	-5	0,45	0,35
	Винтовые Ан-12, Ил-18		0,23	0,23
IV	Реактивные Як-40	-10	0,2	0,15
	Винтовые Ан-24, Ан-26, Ил-14		0,1	0,1
V	Реактивные	-15	0,1	0,07
	Винтовые Ан-28, Л-410		0,05	0,05

Приведенные максимальные уровни звука L'_A определяются для взлёта, набора высоты, снижения на посадку и полёта в зоне ожидания по рис.2. и рис.3.

По характеристикам шума, создаваемого при опробовании двигателей, самолёты ГА подразделяются на 6 групп, указанных в табл. 7.

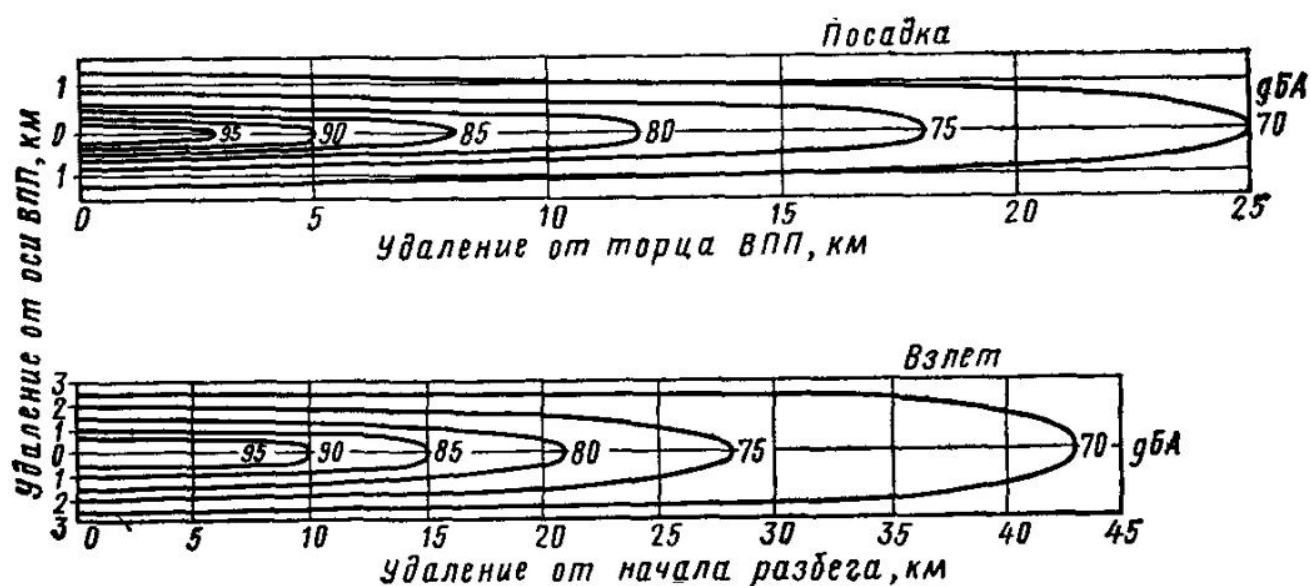


Рис. 3 – Кривые приведенных максимальных уровней звука на местности при взлёте и посадке самолётов.

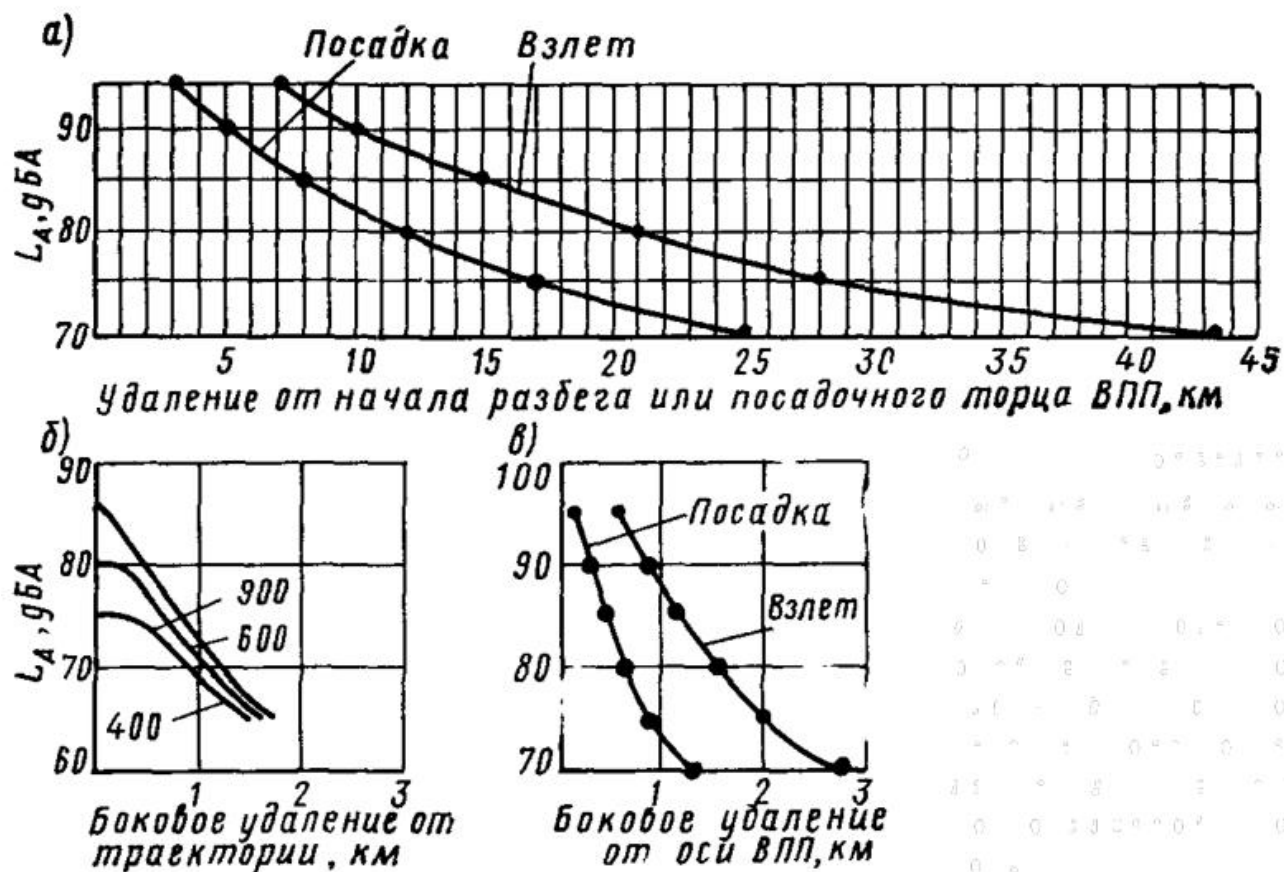


Рис. 4 – Приведенные максимальные уровни звука на местности:

а – под траекторией взлёта и посадки;

б – при полёте в зоне ожидания;

в – у ВПП

Максимальные уровни звука на местности при опробовании двигателей самолётов определяются прибавлением к значениям приведенных уровней звука поправки Δ_2 по табл. 7.

Таблица 7

Характеристики шума, создаваемого при опробовании двигателей самолётами

Класс двигателя	Группа	Тип самолёта	Δ_2 , дБА	K_i'
Реактивные (ТРДД)	I	Ил-86, Ту-134 Ил-76, Ил-62 Ту-154	0	1
	II	Як-42	-3	0,5
	III	Як-40	-10	0,1
Винтовые (ТВД)	IV	Ил-18, Ан-12 Ан-22	0	1
	V	Ан-24, Ан-26	-5	0,3
	VI	Л-410, Ан-28	-7	0,2

Приведенные уровни звука при опробовании двигателей определяются по рис. 5а. для реактивных самолётов и рис. 5б для винтовых самолётов.

Методика расчёта эквивалентного уровня звука на местности

В соответствие с требованиями ГОСТ, нормируемыми параметрами авиационного шума на местности являются эквивалентный уровень звука $L_{Аэкв}$, дБА и максимальный уровень звука L_A , дБА, оба параметра соответственно для дневного (7:00-23:00) и ночного времени (23:00-7:00).

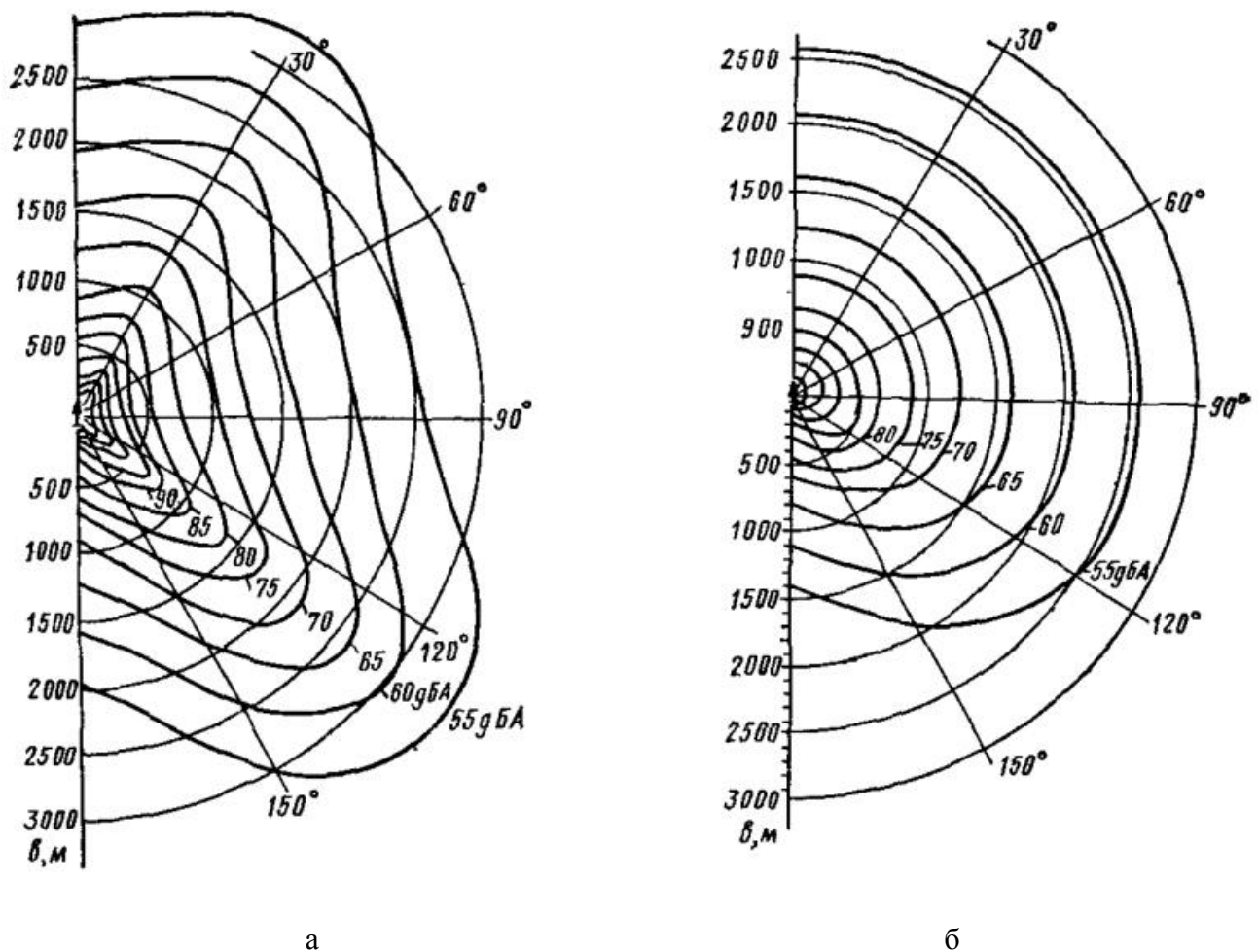


Рис. 5 – Кривые равных приведенных уровней звука на местности при опробовании двигателей:

- а – реактивных самолётов (ТРДД)
- б – винтовых самолётов (ТВД)

Эквивалентный уровень звука определяется по формуле:

$$L_{A\text{экв}} = 10 \lg \left(\frac{1}{T \cdot \sum \tau_{ij} \cdot 10^{0,1 \cdot L_{Aij}}} \right), \quad (1)$$

где: L_{Aij} - максимальный уровень звука при пролёте самолёта группы i по трассе j или уровень звука при опробовании двигателей самолёта группы i на месте опробования j , дБА;

τ_{ij} - время воздействия шума при пролёте самолёта группы i по трассе j или при опробовании двигателей самолёта группы i на месте опробования j , с;

T - общая продолжительность периода (день или ночь), с.

За время воздействия шума при пролёте принимается половина времени, в течение которого уровень шума превышает значение $(L_A - 10)$, дБА.

Эквивалентный уровень звука на местности при пролёте самолётов в общем виде выражается формулой (1). При пролёте ряда самолётов по трассе эквивалентный уровень звука в некоторой точке на местности определяется из выражений:

для дня:

$$L_{A j \text{ экв}} = 0,7 L'_A + 10 \lg N - 12,8 \quad [\text{дБА}], \quad (2)$$

для ночи

$$L_{A j \text{ экв}} = 0,7 L'_A + 10 \lg N - 9,8 \quad [\text{дБА}], \quad (3)$$

где: L'_A - приведенный максимальный уровень звука в данной точке при пролёте, определяемый по рис.2-3;

N - приведенное количество пролётов по трассе:

$$N = \sum_{i=1}^5 K_i \cdot n_i, \quad (4)$$

где: n_i - количество пролётов самолётов группы i ;

K_i - коэффициент группы, определяемой по табл.5.

В точке на местности, расположенной вблизи нескольких трасс пролёта

самолётов, эквивалентный уровень звука определяется энергетическим суммированием эквивалентных уровней от каждой из трасс. Для этого к большему из рассчитанных по формулам (2) и (3) эквивалентных уровней от каждой из трасс последовательно прибавляются поправки, определенные ниже (см. табл. 8) в зависимости от разности между суммируемыми уровнями. При разности между суммируемыми уровнями более 10 дБА меньший из уровней не учитывается.

Таблица 8

Поправки к большему уровню звука

Разность суммируемых уровней, дБА	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Поправка к большему уровню, дБА	3	2,5	2,1	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,5	0,4

Эквивалентный уровень звука в некоторой точке на местности при опробовании двигателей самолётов на месте опробования j определяется по формулам:

для дня:

$$L_{A j \text{ экв}} = L_A'' + 10 \lg t - 29,8 \quad [\text{дБА}], \quad (5)$$

для ночи

$$L_{A j \text{ экв}} = L_A'' + 10 \lg t - 26,8 \quad [\text{дБА}], \quad (6)$$

где: L_A'' - приведенный уровень звука в данной точке при опробовании двигателей на месте опробования j , определяемый по рис. 4, дБА;

t - приведенное время опробования двигателей на месте опробования j , мин.

$$t = \sum K_i' \cdot t_i, \quad (7)$$

где: t_i - время опробования двигателей самолётов группы i , мин;

K_i' - коэффициент группы i , определяемой по табл. 7.

Примечание. *Принимается, что на каждом месте опробования производится опробование двигателей самолётов одного класса (ТРДД или ТВД). Если на одном месте опробования производится опробование двигателей самолётов обоих классов, расчёт следует проводить для каждого из классов самолётов отдельно как для двух мест опробования.*

Эквивалентный уровень звука в точке на местности при опробовании двигателей определяется энергетическим суммированием эквивалентных уровней звука от каждого места опробования. Для этого к большему из рассчитанных по формулам (5) и (6) уровней от каждой из мест опробования последовательно прибавляются поправки, в зависимости от разности между суммируемыми уровнями (см. табл. 8).

Если на нескольких близко расположенных мест опробования производится опробование двигателей самолётов одного класса и при этом самолёты одинаково ориентированы, эти места опробования можно считать одним общим источником шума. В этом случае приведенное время опробования t определяется как суммарное для всей группы мест опробования, а приведенный уровень звука при опробовании L_A'' определяется относительно геометрического центра данной группы мест опробования.

В зависимости от величин $L_{A \text{ экв}}$ и L_A устанавливаются четыре зоны, определяющие пригодность территории в окрестностях аэропорта к застройке из условий шума (см. табл.8 и табл.9).

В зоне A уровни авиационного шума соответствуют требованиям санитарных норм для территории жилой застройки. В зонах B и B требуется использование повышенной звукоизоляции наружных конструкций жилых зданий. В зоне Γ запрещается строительство жилых и административных зданий.

Таблица 9

Зоны пригодности территории к застройке из условий шума

Время суток	Допустимые уровни шума в зонах, дБА			
	А	Б	В	Г
День	$L_{A \text{ экв}} \leq 60$ При пролётах $L_{A \text{ экв}} \leq 55$ При опробовании двигателей $L_A \leq 80$	$61 \leq L_{A \text{ экв}} \leq 65$ $81 \leq L_A \leq 85$	$61 \leq L_{A \text{ экв}} \leq 65$ $81 \leq L_A \leq 85$	$L_{A \text{ экв}} > 65$ $L_A > 85$
Ночь	$L_{A \text{ экв}} \leq 50$ При пролётах $L_{A \text{ экв}} \leq 45$ При опробовании двигателей $L_A \leq 70$	$51 \leq L_{A \text{ экв}} \leq 55$ $71 \leq L_A \leq 75$	$56 \leq L_{A \text{ экв}} \leq 60$ $76 \leq L_A \leq 80$	$L_{A \text{ экв}} > 60$ $L_A > 80$

Таблица 10

Требования к звукоизоляции конструкций жилых зданий

Назначение	Строительство зданий в зонах			
	А	Б	В	Г
Жилые здания, детские дошкольные учреждения	Разрешается	Разрешается с повышенной звукоизоляцией ограждений, обеспечивающей снижение шума: $\Delta L_a = 25 \text{ дБА}$	с повышенной наружных ограждающей обеспечивающей снижение шума: $\Delta L_a = 30 \text{ дБА}$	Запрещается
Поликлиники	Разрешается в части зоны с уровнями в дневное время $L_{A \text{ экв}} \leq 55 \text{ дБА}$ без ограничения $L_{A \text{ экв}} = 56-60 \text{ дБА}$ с повышенной звукоизоляцией, обеспечивающей $\Delta L_a = 25 \text{ дБА}$.	Разрешается с повышенной звукоизоляцией, обеспечивающей снижение шума: $\Delta L_a = 30 \text{ дБА}$		Запрещается
Школы и другие учебные заведения	Разрешается	Разрешается с повышенной звукоизоляцией, обеспечивающей снижение шума: $\Delta L_a = 25 \text{ дБА}$		Запрещается

Продолжение таблицы 10

Назначение	Строительство зданий в зонах			
	А	Б	В	Г
Гостиницы, общежития	Разрешается	Разрешается с повышенной звукоизоляцией, обеспечивающей снижение шума: $\Delta L_a=20$ дБА	$\Delta L_a=25$ дБА	Запрещается
Административные здания, проектные и научно-исследовательские организации	Разрешается	Разрешается	Разрешается	Разрешается при обеспечении необходимой звукоизоляции

Рекомендуемая литература:

1. ГОСТ 22283-2014 Шум авиационный. Допустимые уровни шума на территории жилой застройки и методы его измерения. – М.: Стандартинформ, 2015. – 13с.

2. Рекомендации по установлению зон ограничения жилой застройки в окрестностях аэропортов гражданской авиации из условий шума / НИИСФ.- М.: Стройиздат, 1987. -32с.

Удельные показатели выбросов ЗВ для отечественных авиадвигателей, распространённых в практике отечественной ГА, в соответствии с «Банком данных ИКАО по эмиссии выхлопных газов двигателей, 1995»

РЕЖИМ	ТЯГА, %F ₀₀	ВРЕМЯ, минуты	РАСХОД ТОПЛИ- ВА, кг/с	ИНДЕКСЫ ЭМИССИИ (г/кг)			РАСХОД ТОПЛИ- ВА, кг/с	ИНДЕКСЫ ЭМИССИИ (г/кг)		
				HC	CO	NO _x		HC	CO	NO _x
Авиадвигатели АО «Авиадвигатель» (г. Пермь)										
Название двигателя			Д-30 (2-й серии)				Д-30КП-2			
ВЗЛЁТ	100	0,7	1,150	0,12	2,7	19,1	1,67	0,7	2,2	16,5
НАБОР ВЫСОТЫ	85	2,2	0,975	0,14	3,2	16,3	1,42	0,8	2,8	13,5
ЗАХОД НА ПОСАДКУ	30	4,0	0,350	1,50	14,5	7,0	0,49	2,7	15,4	6,3
МАЛЫЙ ГАЗ	7	26,0	0,130	43,60	60,3	3,6	0,210	13,3	62,4	3,3
Название двигателя			Д-30КУ				Д-30КУ-154			
ВЗЛЁТ	100	0,7	1,520	0,3	2,8	16,3	1,420	0,4	3,0	14,5
НАБОР ВЫСОТЫ	85	2,2	1,300	0,4	3,7	12,6	1,100	0,5	3,6	11,6
ЗАХОД НА ПОСАДКУ	30	4,0	0,500	1,2	11,8	5,1	0,420	1,9	18,2	5,1
МАЛЫЙ ГАЗ	7	26,0	0,215	10,5	54,0	2,7	0,207	12,7	77,7	2,9
Название двигателя			ПС-90А							
ВЗЛЁТ	100	0,7	1,739	0,12	0,35	37,0				
НАБОР ВЫСОТЫ	85	2,2	1,431	0,12	0,40	31,5				
ЗАХОД НА ПОСАДКУ	30	4,0	0,489	0,20	0,90	11,8				
МАЛЫЙ ГАЗ	7	26,0	0,178	0,30	6,90	5,8				
Куйбышевское конструкторское бюро двигателей (г. Куйбышев)										
Название двигателя			НК-8-2У				НК-86			
ВЗЛЁТ	100	0,7	1,75	0,45	5,5	13,9	2,40	0,5	3,9	12,8
НАБОР ВЫСОТЫ	85	2,2	1,17	0,55	6,0	12,9	1,60	0,6	4,2	12,1
ЗАХОД НА ПОСАДКУ	30	4,0	0,58	5,00	21,0	5,4	0,58	1,2	9,3	5,1
МАЛЫЙ ГАЗ	7	26,0	0,24	103,8	116,0	2,7	0,21	52,0	54,4	2,7
Название двигателя			НК-86А				НК-86МА			
ВЗЛЁТ	100	0,7	2,050	0,2	1,8	15,7	2,050	0,16	1,55	13,0
НАБОР ВЫСОТЫ	85	2,2	1,70	0,2	2,2	12,4	1,700	0,13	1,90	9,4
ЗАХОД НА ПОСАДКУ	30	4,0	0,60	2,2	7,8	5,8	0,600	0,30	5,90	3,9
МАЛЫЙ ГАЗ	7	26,0	0,235	15,3	38,0	3,1	0,235	4,60	29,80	2,3
Авиадвигатели КБ «Прогресс» (г. Запорожье)										
Название двигателя			Д-36							
ВЗЛЁТ	100	0,7	0,634	0	0,5	26				
НАБОР ВЫСОТЫ	85	2,2	0,533	0	0,4	22				
ЗАХОД НА ПОСАДКУ	30	4,0	0,211	0	2,7	9				
МАЛЫЙ ГАЗ	7	26,0	-	5,4	20,7	5,5				

Продолжение Приложения 1

Удельные показатели выбросов ЗВ для отечественных авиадвигателей, распространённых в практике отечественной ГА, в соответствии с «Банком данных ИКАО по эмиссии выхлопных газов двигателей, 1995»

РЕЖИМ	ТЯГА, %F ₀₀	ВРЕМЯ, минуты	РАСХОД ТОПЛИ- ВА, кг/с	ИНДЕКСЫ ЭМИССИИ (г/кг)			РАСХОД ТОПЛИ- ВА, кг/с	ИНДЕКСЫ ЭМИССИИ (г/кг)		
				HC	CO	NO _x		HC	CO	NO _x
Авиадвигатели фирмы "CFM International"										
Название двигателя			CFM56-3C1				CFM56-35A1			
ВЗЛЁТ	100	0,7	1,154	0,03	0,9	20,7	1,051	0,23	0,9	24,6
НАБОР ВЫСОТЫ	85	2,2	0,954	0,04	0,9	17,8	0,862	0,23	0,9	19,6
ЗАХОД НА ПОСАДКУ	30	4,0	0,336	0,07	3,1	9,1	0,291	0,40	2,5	8,0
МАЛЫЙ ГАЗ	7	26,0	0,124	1,42	26,8	4,3	0,1011	1,4	17,6	4,0
Название двигателя			CFM56-35A3				CFM56-5C2			
ВЗЛЁТ	100	0,7	1,131	0,2	0,9	26,4	1,308	0,008	0,93	32,6
НАБОР ВЫСОТЫ	85	2,2	0,925	0,2	0,9	21,1	1,076	0,008	0,80	25,8
ЗАХОД НА ПОСАДКУ	30	4,0	0,307	0,3	2,4	8,3	0,3558	0,082	1,75	10,0
МАЛЫЙ ГАЗ	7	26,0	0,1044	1,3	16,2	4,1	0,1175	5,68	34,0	4,19
Название двигателя			CFM56-5C3							
ВЗЛЁТ	100	0,7	1,373	0,008	0,98	34,7				
НАБОР ВЫСОТЫ	85	2,2	1,131	0,008	0,82	27,1				
ЗАХОД НА ПОСАДКУ	30	4,0	0,370	0,074	1,57	10,4				
МАЛЫЙ ГАЗ	7	26,0	0,1203	5,35	32,6	4,26				
Авиадвигатели фирмы "General Electric"										
Название двигателя			CF6-80C2A3							
ВЗЛЁТ	100	0,7	2,457	0,08	0,59	34,44				
НАБОР ВЫСОТЫ	85	2,2	2,003	0,10	0,57	25,45				
ЗАХОД НА ПОСАДКУ	30	4,0	0,649	0,21	2,15	10,01				
МАЛЫЙ ГАЗ	7	26,0	0,202	9,21	42,18	3,96				
Авиадвигатели фирмы "Pratt and Whitney"										
Название двигателя			PW2037				PW2040			
ВЗЛЁТ	100	0,7	1,538	0,05	0,40	31,1	1,761	0,026	0,4	34,3
НАБОР ВЫСОТЫ	85	2,2	1,266	0,06	0,41	24,8	1,448	0,035	0,4	27,3
ЗАХОД НА ПОСАДКУ	30	4,0	0,399	0,21	2,30	10,3	0,493	0,18	2,0	10,6
МАЛЫЙ ГАЗ	7	26,0	0,141	2,26	23,10	4,4	0,155	2,25	25,1	4,2
Авиадвигатели фирмы "Rolls Royce Ltd"										
Название двигателя			RB211-535C				RB211-535E4			
ВЗЛЁТ	100	0,7	1,80	0,25	0,70	33,71	1,86	0,69	1,01	52,7
НАБОР ВЫСОТЫ	85	2,2	1,47	0,14	0,27	24,89	1,51	0,94	1,23	36,2
ЗАХОД НА ПОСАДКУ	30	4,0	0,54	0,44	0,48	6,37	0,57	1,33	1,71	7,5
МАЛЫЙ ГАЗ	7	26,0	0,20	1,44	18,79	3,44	0,19	2,85	15,44	4,3

Интенсивность выброса в атмосферу ЗВ для некоторых отечественных авиадвигателей и вспомогательных силовых установок по данным МАП-89

Тип двигателя	Режим работы двигателя	Эмиссия, кг/час		
		СО	СН	NOx
Д-30	Взлётный	5,5	1,8	80,0
	Номинальный	5,5	1,4	50,0
	0,88 номинала	5,5	1,4	40,0
	0,7 номинала	6,0	1,4	25,0
	0,6 номинала	6,0	1,4	20,0
	0,53 номинала	6,0	1,4	15,0
	Малый газ	17,0	2,9	2,5
Д-36	Взлётный	0,2	0,5	98,0
	Номинальный	0,2	0,4	59,0
	0,7 номинала	0,8	0,8	29,0
	0,6 номинала	0,8	0,8	21,0
	0,4 номинала	1,3	1,0	10,5
	Малый газ	7,0	1,2	1,2
Д-30КУ	Взлётный	6,0	2,5	89,0
	Номинальный	7,5	2,3	61,0
	0,9 номинала	8,8	2,5	53,0
	0,7 номинала	10,0	2,5	37,0
	0,6 номинала	11,0	2,2	30,0
	0,42 номинала	16,0	2,8	16,0
	Малый газ	47,5	8,2	2,1
Д-30КП	Взлётный	6,5	2,6	95,0
	Номинальный	7,5	2,3	61,0
	0,9 номинала	8,8	2,5	53,0
	0,7 номинала	10,0	2,5	37,0
	0,6 номинала	11,0	2,2	30,0
	0,42 номинала	16,0	2,8	16,0
	Малый газ	47,5	8,2	2,1
НК-8-2У	Взлётный	12,2	3,7	104,0
	Номинальный	10,2	4,1	76,0
	0,85 номинала	17,5	4,3	58,0
	0,7 номинала	18,0	4,7	43,0
	0,6 номинала	18,0	5,6	34,0
	0,4 номинала	19,0	6,5	18,0
	Малый газ	33,5	33,5	2,5

НК-8-4	Взлётный	12,5	4,0	110,0
	Номинальный	11,0	4,5	85,0
	0,85 номинала	19,0	4,5	65,0
	0,7 номинала	19,0	5,0	50,0
	0,6 номинала	19,0	6,0	40,0
	0,4 номинала	20,0	6,7	20,0
	Малый газ	31,5	31,5	3,0
АИ-25	Взлётный	7,9	0,2	9,2
	Номинальный	10,4	0,2	4,5
	0,85 номинала	13,0	0,3	3,4
	0,7 номинала	13,8	0,5	2,5
	0,6 номинала	14,5	0,6	2,0
	0,4 номинала	16,0	0,8	1,2
	Малый газ	29,5	6,0	0,3
АИ-25 с бездымной камерой сгорания	Взлётный	3,1	0,2	9,5
	Номинальный	4,5	0,2	6,0
	0,85 номинала	4,7	0,3	4,8
	0,7 номинала	4,6	0,5	3,7
	0,6 номинала	4,7	0,6	3,0
	0,4 номинала	4,9	0,8	1,8
	Малый газ	16,8	3,0	0,4
ТВ2-117А	Взлётный	2,65	0,5	3,5
	Номинальный	2,4	0,5	2,5
	Малый газ	3,5	1,5	0,5
Д-25В	Взлётный	2,0	0,5	12,5
	Номинальный	2,5	0,5	10,0
	Малый газ	3,5	1,0	2,0
ГТД-350	Взлётный	0,2	-	1,5
	Номинальный	0,2	-	1,0
	Малый газ	0,3	-	0,25
ТВД-10	Взлётный	0,3	-	3,0
	Номинальный	0,3	-	2,5
	Малый газ	0,3	-	0,5

Продолжение приложения 2

АИ-24Т	Взлётный	6,5	0,2	7,5
	Номинальный	7,0	0,2	5,5
	0,85 номинала	10,0	0,2	4,0
	0,7 номинала	13,0	0,3	3,0
	0,6 номинала	15,0	0,5	2,5
	0,4 номинала	17,0	0,7	2,0
	Малый газ	20,0	1,0	1,5
АИ-20	Взлётный	25,0	1,5	0,5
	Номинальный	9,0	0,2	12,5
	0,85 номинала	10,5	0,2	7,5
	0,7 номинала	17,0	0,4	6,0
	0,6 номинала	22,0	0,7	5,5
	0,4 номинала	24,0	0,9	4,5
	Малый газ	28,0	1,2	3,0
АШ-82В	Взлётный	50,0	7,5	1,0
	Номинальный	600,0	12,5	3,5
	Малый газ	450,0	10,0	2,0
АШ-62ИР	Взлётный	75,0	3,0	0,1
	Номинальный	300,0	6,5	2,0
	Малый газ	250,0	5,0	1,0
М-14	Взлётный	40,0	1,5	0,1
	Номинальный	90,0	2,0	0,5
	Малый газ	75,0	1,5	0,4
ТА-6	Номинальный	15,0	0,5	0,1
	Холостой ход	4,6	0,5	1,25
ТА-8	Полная нагрузка	6,0	1,5	0,75
	Холостой ход	2,5	0,3	0,5
ТА-12	Номинальный	3,5	1,0	0,3
	Холостой ход	5,0	0,75	2,5
АИ-9	Номинальный	6,0	1,5	1,5
	Холостой ход	1,0	0,2	0,3
ВСУ-10	Номинальный	2,5	0,75	0,2
	Холостой ход	0,3	-	1,0
ВСУ-10	Номинальный	0,3	-	1,0
	Холостой ход	0,3	-	1,5

Приложение 3

Масса ЗВ, выбрасываемых отечественными воздушными судами за один стандартный ВПЦ при стандартных атмосферных условиях

Тип ВС	C _n H _m	СО	NO _x	Сумма выбросов
Ил - 86	90,0	60,6	25,3	175,9
Ил - 62М	16,2	89,8	17,6	123,6
Ту - 154Б	309,0	109,1	17,9	436,0
Ту - 154М	12,2	67,4	13,2	92,8
Ту - 134	3,4	12,3	8,9	24,6
Ту - 204/214	0,28	4,3	23,3	27,8
Ил - 76Т/ТД	15,8	90,6	19,0	125,4
Ил - 96 - 300	0,56	8,5	46,6	55,7
Як - 42	2,29	9,33	10,8	22,4
Як - 40	12,0	57,3	1,59	70,9
Ан - 24	0,86	4,32	1,96	7,14
Ан - 26	1,12	4,62	2,14	7,88

Приложение 4

Масса ЗВ, выбрасываемых за цикл операций опробования маршевых двигателей отечественных воздушных судов в наземных условиях

Тип двигателя	Тип ВС	Количество выброса за цикл для вещества, кг			Масса сожжённого топлива, кг
		C _n H _m	СО	NO _x	
НК-8-2у	Ту - 154Б	1,909	8,948	4,787	391
НК-86	Ил - 86	3,623	3,199	6,088	522
Д-30	Ту - 134	0,475	1,692	4,167	267
Д-30КУ	Ил - 62М	1,140	6,277	3,641	389
Д-30КП	Ил - 76Т/ТД	1,260	6,970	3,772	404
Д-30КУ-154	Ту - 154М	1,284	7,069	4,074	436
Д-36	Як - 42	0,137	0,673	4,311	227
ПС-90А	Ту - 204/214; Ил - 96 - 300	0,084	0,733	15,421	551
АИ-25	Як - 40	0,575	2,612	0,327	54
АИ-24 2сер.	Ан - 24РВ/24Б	1,134	0,746	0,422	98
АИ-24Т/24ВТ	Ан - 26; Ан - 30; Ан - 24Б	0,174	0,788	0,465	100

Таблица 6.2

Нормы расхода авиатоплива для самолётов *Ил-96-300* в зависимости от продолжительности полёта по расписанию, кг

Часы	минуты											
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
0	-	-	1970	2549	3134	3725	4321	4922	5527	6136	6748	7363
1	7981	8602	9226	9853	10483	11116	11752	12391	13033	13678	14326	14777
2	15630	16288	16948	17611	18277	18946	19618	20293	20971	21652	22336	23023
3	23713	24406	25102	25801	26503	27208	27916	28627	29341	30058	30778	31501
4	32227	32956	33688	34423	35161	35902	36646	37393	38143	38896	39652	40411
5	41173	41938	42706	43477	44251	45028	45808	46591	47377	48166	48958	49753
6	50548	51342	52135	52927	53717	54505	55291	56075	56856	57624	58389	59150
7	59907	60660	61408	62151	62889	63621	64347	65067	65781	66489	67191	67846
8	68494	69135	69768	70393	71010	71618	72217	72806	73000	73000	73000	73000
9	73000	73000	73000	73000	73000	73000	73000	73000	73000	73000	73000	73000
10	73000	73000	73000	73000	73000	73000	73000	73102	73572	74041	74509	74976
11	75442	75907	76371	76834	77296	77757	78217	78676	79134	79591	80047	80502
12	80956	81409	81861	82312	82762	83211	83659	84106	84552	84997	85440	85881
13	86320	86757	87192	87625	88056	88485	88912	89337	89760	90181	90600	91017
14	91432	91845	92256	92665	93072	93477	93880	94281	94680	95077	95472	95865
15	96256	96645	97032	97417	97800	98181	98560	98937	99312	99685	100056	100425

Таблица 6.3

Технические скорости для расчёта продолжительности полёта по расписанию на различные расстояния для самолёта *Ту-154М*, км/ч

км	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
0	-	330	410	478	528	572	610	642	668	688
1000	702	712	722	732	742	750	758	764	770	775
2000	779	783	787	790	793	796	799	801	803	805
3000	807	809	811	813	815	817	818	819	820	821
4000	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831
5000	832	833	834	835	836	837	838	839	839	840
6000	840	840	841	841	841	842	842	842	842	843

Таблица 6.6

Нормы расхода авиатоплива для самолётов Ту-204 в зависимости от продолжительности полёта по расписанию, кг

Часы	минуты											
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
0	-	-	1660	2020	2380	2740	3100	3470	3840	4210	4580	4960
1	5340	5720	6100	6480	6860	7240	7620	8010	8400	8790	9180	9570
2	9960	10360	10760	11160	11560	11970	12380	12790	13200	13620	14040	14460
3	14880	15300	15720	16140	16560	16970	17380	17790	18200	18600	19000	19400
4	19800	20190	20580	20970	21360	21740	22120	22500	22880	23250	23620	23990
5	24360	24720	25080	25430	25780	26120	26460	26800	27140	27470	27800	28120
6	28440	28760	29080	29390	29700	30010	30320	30620	30920	31220	31520	31820
7	32120	32420	32720	33020	33320	33620	33920	34220	34520	34820	35120	35420

Таблица 6.7

Технические скорости для расчёта продолжительности полёта по расписанию на различные расстояния для самолёта Ту-134, км/ч

км	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
0	-	335	445	522	560	594	620	641	658	671
1000	681	689	696	701	706	709	712	715	718	720
2000	722	724	725	726	727	728	728	729	729	730
3000	730	730	731	732	732	732	733	734	734	734

Таблица 6.8

Нормы расхода авиатоплива для самолётов Ту-134 в зависимости от продолжительности полёта по расписанию, кг

Часы	минуты											
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
0	-	501	670	856	1153	1444	1729	2000	2240	2470	2690	2910
1	3130	3350	3570	3790	3990	4190	4390	4590	4790	4990	5180	5370
2	5560	5750	5940	6130	6320	6510	6700	6890	7080	7270	7455	7640
3	7824	8011	8198	8375	8572	8760	8947	9134	9322	9509	9697	9885
4	10072	10259	10446	10633	10820	11105	11190	11375	11560	11745	11930	12110

Таблица 6.9

**Технические скорости для расчёта продолжительности полёта
по расписанию на различные расстояния для самолёта *Ил-86*, км/ч**

км	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
0	-	270	404	493	553	599	633	659	680	696
1000	708	717	725	732	739	746	752	757	762	767
2000	771	774	777	780	783	786	788	790	792	794
3000	796	798	800	801	802	803	804	805	806	807
4000	808	809	810	811	812	813	813	814	814	815
5000	815	816	817	817	818	818	818	819	819	820
6000	820	820	821	821	821	822	822	822	823	823
7000	823	823	824	824	824	824	824	824	824	825
8000	825	825	825	825	825	825	-	-	-	-

Таблица 6.10

**Нормы расхода авиатоплива для самолётов *Ил-86* в зависимости
от продолжительности полёта по расписанию, кг**

Часы	минуты											
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
0	-	-	3360	4140	4920	5700	6480	7270	8060	8850	9640	10440
1	11240	12040	12840	13650	14460	15270	16080	16900	17720	18540	19370	20200
2	21040	21880	22720	23570	24420	25270	26120	26970	27820	28670	29520	30368
3	31214	32058	32900	33740	34578	35414	36248	37080	37910	38738	39563	40384
4	41201	42014	42824	43632	44440	45198	45955	46713	47470	48228	48985	49692
5	50399	51106	51813	52520	53227	53934	54641	55348	56055	56737	57419	58100
6	58782	59464	60146	60827	61509	62166	62822	63479	64135	64792	65448	66105
7	66761	67418	68074	68731	69387	70044	70700	71306	71912	72518	73124	73730
8	74336	74942	75548	76154	76760	77316	77871	78427	78982	79538	80093	80648
9	81204	81760	82315	82871	83426	83982	84537	85093	85648	86204	86759	87264
10	87769	88274	88779	89284	89789	-	-	-	-	-	-	-

Основные характеристики отечественных воздушных судов, по данным Авиационного сертификационного центра ГосНИИ ГА (2002 г.)

ОАО "АК им. С.В. ИЛЬЮШИНА"											
ТИП ВОЗДУШНОГО СУДНА	Ил-103	Ил-100	Ил-18Д	Ил-114	Ил-114-100	Ил-62М	Ил-86	Ил-96-300	Ил-96Т	Ил-76ТД	Ил-76ТФ
Двигатель: тип	Ю-360ТС	НК-123	АИ-20М	ТВ7-117	РВ-127С	Д-30КУ	НК-86	ПС-90А	РВ-2337	Д-30КП	ПС-90А
количество, шт.	1	2	4	2	2	4	4	4	4	4	4
Количество пассажиров, чел.	4	12	100	64	64	168	350	300	-	-	-
Коммерческая нагрузка (макс), т	0,27	1,20	13,50	6,50	6,50	23,00	42,00	40,00	92,00	50,00	52,00
Практическая дальность полета при максимальной коммерческой нагрузке, км	900	678	3839	284	520	7970	3300	8000	5200	3700	4530
Крейсерская скорость, км/ч	200	350	617	478	460	830	870	828	850-870	775-830	780-800
Расход топлива: кг/ч	29	137	2060	589	575	6620	9900	6700	9046	8600	8820
г/пас.км (г/ткм)	47,6	33,5	34,8	20,8	21,2	46,6	34,5	26,0	(110,7)	(200)	(192)
ОАО "ТУПОЛЕВ"											
ТИП ВОЗДУШНОГО СУДНА	Ту-134Б	Ту-154Б	Ту-154М	Ту-204-100	Ту-204-120	Ту-214	Ту-204-300	Ту-334-100	Ту-334-200	Ту-324	Ту-414
Двигатель: тип	Д-30 3 серии	НК-8-2У	Д-30КУ-154	ПС-90А	РВ/211-535Е	ПС-90А	ПС-90А	Д-436Т1	Д-436Т2	АИ-22; CF-34	BR710-48
количество, шт.	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2
Количество пассажиров, чел.	76	169	180	210	210	210	140	102	126	52	72
Коммерческая нагрузка (макс), т	8,20	18,0	18,0	20,65	21,00	25,20	18,00	12,00	15,00	5,50	8,00
Практическая дальность полета при максимальной коммерческой нагрузке, км	2095	2780	3900	4400	4300	4340	6400	1756	985	1970	2820
Крейсерская скорость, км/ч	775	850	850	807	807	824	820	800	800	807	850
Расход топлива: кг/ч	2486	6428	5256	3460	3422	3681	2995	2660	2004	961	1572
г/пас.км (г/ткм)	43,4	40,0	31,0	19,6	19,1	20,9	21,4	24,6	24,1	23,6	26,3

АНТК "АНТОНОВ"											
ТИП ВОЗДУШНОГО СУДНА	Ан-2	Ан-3Т	Ан-24	Ан-28	Ан-38-200	Ан-74ТК-300	Ан-140-100	Ан-148	Ан-70Т	Ан-124-100	Ан-225
Двигатель: тип	АШ-62	ТВД-20	АИ-24	ТВД-10	ТВД-20	Д-36-4А	ТВ3-117	Д-36-5АФ	Д-27	Д-18Т	Д-18Т
количество, шт.	1	1	2	2	2	2	2	2	4	47	6
Количество пассажиров, чел.	12	12	48	17	27	52	52	70			
Коммерческая нагрузка (макс), т	1,50	1,80	5,00	1,75	2,50	10,00	6,00	8,70	47,00	120,00	200,00
Практическая дальность полета при максимальной коммерческой нагрузке, км	410	69	807	515	819	940	1741	1630	1350	4500	4500
Крейсерская скорость, км/ч	184	210	440	325	340	650	475	820	750	750-850	700-850
Расход топлива: кг/ч	114,0	180,0	728	299,0	393	1719	606	1634	3997	15187	19919
г/пас.км (г/ткм)	61,3	76,0	36,0	57,3	45,3	48,5	24,7	29,3	(111)	(161,5)	(136,5)
ОАО "ОКБ им. А.С. ЯКОВЛЕВА"											
ТИП ВОЗДУШНОГО СУДНА	Як-18Т	Як-112	Як-58	Як-48	Як-48(адм)	Як-40	Як-42	Як-242	Як-42Д	Як-42-90	Як-54
Двигатель: тип	М-14П	Ю-540	М-14ПТ	АИ-22-1	АИ-22	АИ-25	Д-36	ПС90-А12	Д-36	Д-36	М-14П
количество, шт.	1	1	1	2	2	3	3	2	3	3	1
Количество пассажиров, чел.	3	3/4	5	33	8/4	32	120	156	120	90	2(пилота)
Коммерческая нагрузка (макс), т	0,27	0,36	0,45	3,55	1,73	3,24	13,00	18,00	12,82	13,00	-
Практическая дальность полета при максимальной коммерческой нагрузке, км	220	400	1000	1122	3700	1159	1060	1600	1828	2200	-
Крейсерская скорость, км/ч	180	193	230	800	800	504	700	800	700	700	310
Расход топлива: кг/ч	34	23	53	1302	1027	1059	3100	2850	2902	2629	-
г/пас.км (г/ткм)	65,7	37,5	46,1	46,9	-	69,9	35,0	21,0	34,5	41,7	-

Продолжение Приложения 7

ОАО "МВЗ им. М.Л.МИЛЯ"											
ТИП ВОЗДУШНОГО СУДНА	Ми-2	Ми-6А	Ми-8Т	Ми-8 МТВ	Ми-171/ 172	Ми-10К	Ми-26Т	Ми-34С	Ми-38	Ми-52-1	Ми-54
Двигатель: тип	ГТД-350	Д-25В	ТВ2-117А	ТВ3-117ВМ	ТВ3-117ВМ	Д-25В	Д-136	М14-В26	РВ-127S/Т	ВА3-426В	ВК-800
количество, шт.	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2
Количество пассажиров, чел.	7-8	-	24-26	24-26	26	28	82	3	29-30	3	12
Коммерческая нагрузка (макс), т	700/800	8000/12000	3000/4000	4000/ 4000	4000	3000/10100	20000/20000	381	5000/7000	350	1300/1500
Практическая дальность полета при максимальной коммерческой нагрузке, км	135	33	50	310	300	50/410	464	0	395	269	252
Крейсерская скорость, км/ч	180	235	205	215	215	200-220	235	180	250-260	160	260
Расход топлива: кг/ч	232	2300	608	658	605	2573	2552	68	784	37	301
кг/ткм	2,18	0,92	0,84	0,81	1,11	1,60	0,54	1,46	0,67	0,66	1,11

	ТАНТК им. Г.М. Бериева				ЭМЗ им. Мясищева	НПО "АВИА"	ГКНПЦ им. ХРУНИЧЕВА		Техно-авиа	ОКБ "СУХОЙ"	РСК "МиГ"
ТИП ВОЗДУШНОГО СУДНА	Бе-103	Бе-200	Бе-12-200	Бе-32К	М-101Т "Гжель"	Акорд 201	Т-411	Т-440 Меркурий	СМ-92 Финист	С-80	МиГ-110
Двигатель: тип	Ю-360S4	Д-436ТП	АН-20Д	РТ6А-65В	М-601F	Ю-360 TS7В	М-14П	РТ6А-135А	М-14П	ТВ7-117С	GE-CT7-9В
количество, шт.	2	2	2	2	1	2	1	2	1	2	2
Количество пассажиров, чел.	5	-	-	16	7	6	3/4	6/10	6	48	30
Коммерческая нагрузка (макс), т	0,39	7,50	6,00	1,90	0,63	0,85	0,30	1,27	0,60	4,80	3,30
Практическая дальность полета при максимальной коммерческой нагрузке, км	590	970	1500	150	955	0	238	1252	760	1421	536
Крейсерская скорость, км/ч	220	550	460	370	360	222	170	550	180	500	400
Расход топлива: кг/ч	43	4471	2146	220	113	41	44	202	37	477	342
г/пас.км (г/ткм)	-	-	-	39,0	45,6	33,0	79,6	52,0	35,7	20,9	26,2

Приложение 8

Ориентировочные значения поправочных коэффициентов для ЗВ на различных этапах ВПЦ для ВС типа ИЛ-96

Компоненты эмиссии и этап взлётно-посадочного цикла		Значения поправочного коэффициента при температуре, °С								
		-45	-35	-25	-15	-5	5	15	25	35
СО	Руление	2,15	2,15	1,88	1,61	1,36	1,15	1,00	0,85	0,79
	Всего за цикл	2,20	2,20	1,89	1,63	1,40	1,17	1,00	0,86	0,80
СН	Руление	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Всего за цикл	1,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
NOx	Руление	0,60	0,64	0,72	0,76	0,84	0,92	1,00	1,08	1,16
	Всего за цикл	0,38	0,45	0,53	0,62	0,73	0,85	1,00	1,16	1,31
	Снижение с высоты 900 м	0,52	0,57	0,63	0,71	0,69	0,89	1,00	1,13	1,11
	Всего за цикл	0,44	0,50	0,57	0,66	0,76	0,87	1,00	1,14	1,24

ИЛ-86

Компоненты эмиссии и этап взлётно-посадочного цикла		Значения поправочного коэффициента при температуре, °С								
		-45	-35	-25	-15	-5	5	15	25	35
СО	Руление	1,62	1,52	1,42	1,32	1,21	1,10	1,00	0,90	0,81
	Всего за цикл	1,56	1,46	1,36	1,26	1,15	1,09	1,00	0,91	0,82
СН	Руление	2,87	2,53	2,18	1,84	1,53	1,25	1,00	0,79	0,61
	Всего за цикл	2,83	2,49	2,15	1,82	1,51	1,24	1,00	0,79	0,62
NOx	Руление	0,71	0,75	0,79	0,83	0,89	0,94	1,00	1,06	1,15
	Всего за цикл	0,55	0,62	0,69	0,76	0,83	0,92	1,00	1,03	1,03
	Снижение с высоты 900 м	0,66	0,72	0,77	0,83	0,89	0,96	1,00	0,95	0,90
	Всего за цикл	0,59	0,65	0,72	0,78	0,85	0,93	1,00	1,01	1,01

ИЛ-76ТД

Компоненты эмиссии и этап взлётно-посадочного цикла		Значения поправочного коэффициента при температуре, 0С								
		-45	-35	-25	-15	-5	5	15	25	35
CO	Руление	1,40	1,33	1,27	1,20	1,13	1,06	1,00	0,93	0,87
	Всего за цикл	1,47	1,38	1,30	1,22	1,15	1,07	1,00	0,94	0,88
CH	Руление	1,40	1,34	1,26	1,20	1,13	1,07	1,00	0,93	0,87
	Всего за цикл	1,47	1,38	1,30	1,22	1,14	1,07	1,00	0,94	0,88
NOx	Руление	0,71	0,74	0,81	0,84	0,87	0,94	1,00	1,06	1,10
	Всего за цикл	0,57	0,64	0,70	0,77	0,85	0,93	1,00	1,05	1,05
	Снижение с высоты 900 м	0,54	0,61	0,69	0,76	0,86	0,95	1,00	0,93	0,87
	Всего за цикл	0,58	0,64	0,71	0,78	0,86	0,94	1,00	0,99	0,98

ТУ-154

Компоненты эмиссии и этап взлётно-посадочного цикла		Значения поправочного коэффициента при температуре, 0С								
		-45	-35	-25	-15	-5	5	15	25	35
CO	Руление	1,40	1,33	1,27	1,20	1,13	1,06	1,00	0,93	0,87
	Всего за цикл	1,47	1,38	1,30	1,22	1,15	1,07	1,00	0,94	0,88
CH	Руление	1,40	1,34	1,26	1,20	1,13	1,07	1,00	0,93	0,87
	Всего за цикл	1,47	1,38	1,30	1,22	1,14	1,07	1,00	0,94	0,88
NOx	Руление	0,71	0,74	0,81	0,84	0,87	0,94	1,00	1,06	1,10
	Всего за цикл	0,57	0,64	0,70	0,77	0,85	0,93	1,00	1,05	1,05
	Снижение с высоты 900 м	0,54	0,61	0,69	0,76	0,86	0,95	1,00	0,93	0,87
	Всего за цикл	0,58	0,64	0,71	0,78	0,86	0,94	1,00	0,99	0,98

ТУ-134

Компоненты эмиссии и этап взлётно-посадочного цикла		Значения поправочного коэффициента при температуре, 0С								
		-45	-35	-25	-15	-5	5	15	25	35
CO	Руление	1,35	1,28	1,22	1,15	1,10	1,05	1,00	0,95	0,90
	Всего за цикл	1,44	1,35	1,27	1,19	1,12	1,06	1,00	0,95	0,95
CH	Руление	1,85	1,66	1,49	1,32	1,22	1,10	1,00	0,90	0,82
	Всего за цикл	1,90	1,71	1,52	1,37	1,23	1,11	1,00	0,91	0,82
NOx	Руление	0,69	0,75	0,88	0,88	0,94	0,94	1,00	1,06	1,13
	Всего за цикл	0,44	0,51	0,58	0,67	0,76	0,87	1,00	0,95	0,87
	Снижение с высоты 900 м	0,51	0,56	0,63	0,72	0,79	0,88	1,00	1,00	0,95
	Всего за цикл	0,50	0,56	0,63	0,71	0,80	0,89	1,00	0,99	0,94

Требования к качеству топлив для реактивных двигателей

Наименование показателей	Нормы по маркам	
	ТС – 1 ГОСТ 10227–62	РТ ГОСТ 16564–71
1. Плотность при 20 °С, г/см ³ , не менее	0,775 ¹ (0,780)	0,775
2. Теплота сгорания низшая, кДж/кг	42 900 ¹ (43 120)	43 120
3. Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, °С, не ниже	28	28
4. Температура начала кристаллизации, °С, не выше	Минус 60	Минус 60
5. Массовая доля ароматических углеводородов, %, не более	22	18,5
6. Массовая доля фактических смол, мг на 100 см ³ топлива, не более	5 ¹ (3)	4,0
7. Массовая доля серы, %, не более	0,25 ¹ (0,20)	0,1
8. Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,005 ¹ (0,003)	0,001