

УДК: 693.3
OECD: 3.03

Обоснование рекомендаций по определению границы санитарно-защитной зоны приаэродромной территории аэродромов государственной авиации

Зинкин В.Н.^{1*}, Драган С.П.², Сливина Л.П.³, Дроздов С.В.⁴, Харитонов В.В.⁵

¹ Профессор консультант

² Заведующий отделом

³ Заведующая кафедрой

⁴ Научный сотрудник

⁵ Доцент Филиал «Взлёт» Московского авиационного института (государственного технического университета), г. Ахтубинск, Астраханская область, РФ

^{1,3} кафедра гигиены Волгоградский государственный медицинский университет, г. Волгоград, РФ

^{2,4} ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА, г. Москва, РФ

Аннотация

В соответствии с «Методикой установления (изменения) седьмой подзоны приаэродромной территории», разработанной Роспотребнадзором для аэродромов гражданской авиации, она не применяется для аэродромов государственной авиации. Согласно ей, границы санитарно-защитной зоны устанавливаются только по уровню шумового воздействия. Аэродромы государственной авиации имеют существенные отличия от аэродромов гражданской авиации по их эксплуатации и организации полетов. К вредным факторам, оказывающим влияние на население приаэродромной территории, относятся шумовое и электромагнитное воздействие, а также химическое загрязнение. Показаны особенности каждого из указанных факторов для аэродромов государственной авиации. При расчете уровня шумового воздействия надо учитывать тип воздушных судов, их летно-технические характеристики, организацию полетов. Электромагнитное воздействие зависит от количества радиотехнических станций на аэродроме и вне его, расчет проводится по самой мощной станции с учетом удаленности населенных пунктов. Химическое загрязнение приаэродромной территории обусловлено преимущественно продуктами сгорания авиационного топлива. Особое внимание необходимо обращать на зону траектории взлета и посадки воздушных судов, а также имеющих специальных зон. Рекомендации должны разрабатываться для конкретного аэродрома государственной авиации. Их надо обязательно согласовывать с территориальной администрацией, в чьем ведомстве находится территория аэродрома.

Ключевые слова: санитарно-защитная зона, аэродром, государственная авиация, воздушное судно, вредные факторы, нормирование.

Substantiation of recommendations for determining the boundar of sanitary protection zone of the aerodrome territory of airfields of state aviation

Zinkin V.N.^{1*}, Dragan S.P.², Slivina L.P.³, Drozdov S.V.⁴, Kharitonov V.V.⁵

¹ Professor Consultant

² Head of the Department

³ Head

⁴ Researcher⁵ Associate Professor Branch "Take-off" of the Moscow Aviation Institute (State Technical University), Akhtubinsk, Astrakhan region, Russia^{1,3} of the Department of Hygiene Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia^{2,4} of the A.I. Burnazyan SSC FMBC of the FMBA, Moscow, Russia**Abstract**

In accordance with the "Methodology for establishing (changing) the seventh subzone of the aerodrome territory" developed by Rospotrebnadzor for civil aviation airfields, it is not used for state aviation airfields. According to it, the boundaries of the sanitary protection zone are set only by the level of noise exposure. Airfields of state aviation have significant differences from airfields of civil aviation in their operation and organization of flights. Harmful factors affecting the population of the aerodrome area include noise and electromagnetic effects, as well as chemical pollution. The features of each of these factors for airfields of state aviation are shown. When calculating the noise level, it is necessary to take into account the type of aircraft, their flight characteristics, and the organization of flights. The electromagnetic impact depends on the number of radio engineering stations at the airfield and outside it, the calculation is carried out according to the most powerful station, taking into account the remoteness of settlements. Chemical pollution of the aerodrome area is caused mainly by the combustion products of aviation fuel. Special attention should be paid to the area of the trajectory of take-off and landing of aircraft, as well as the existing special zones. Recommendations should be developed for a specific aerodrome of state aviation. They must necessarily be coordinated with the territorial administration, in whose department the territory of the airfield is located.

Keywords: sanitary protection zone, airfield, state aviation, aircraft, harmful factors, rationing.

Введение

Санитарно-защитная зона (СЗЗ) – специальная территория с особым режимом использования, которая устанавливается вокруг объектов и производств, являющихся источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека. Она обеспечивает уменьшение воздействия загрязнения (химического, биологического, физического и др.) на атмосферный воздух и территорию до значений, установленных гигиеническими нормативами. По своему функциональному назначению она является защитным барьером, обеспечивающим уровень безопасности населения при эксплуатации объекта.

Эксплуатация аэропортов сопровождается шумовым и электромагнитным воздействием, а также химическим загрязнением атмосферного воздуха и территории, что создает риск здоровью населения приаэродромных территорий (ПАТ) [1–4]. Федеральным законодательством на ПАТ всех аэродромов устанавливается выделение семи подзон, в которых вводятся ограничения использования объектов недвижимости и осуществления деятельности. Особое внимание представляет седьмая подзоны, в которой предусмотрено выполнение требований законодательства в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения [5–8].

При определении седьмой подзоны для гражданской авиации учитываются такие факторы как типы эксплуатируемых ВС и их тактико-технические данные, особенности организации полетов (при взлете, посадке и других летных операциях в районе аэродрома и ПАТ), ландшафт аэродрома, график полетов ВС (с учетом дневного и ночного периода суток) и др. Для определения границ СЗЗ разработаны методические рекомендации [9], но они не распространяется на аэродромы государственной и экспериментальной авиации. Кроме того, этим документом границы СЗЗ устанавливаются только по шумовому воздействию, а в качестве критерия необходимо использовать эквивалентный уровень звука в дневное и ночное время.

Актуальность работы определяется отсутствием методики определения границ СЗЗ аэродромов государственной авиации, в которой должны быть учтены специфические особенности (организация полетов, типы ВС, конструктивные и летно-технические характеристики летательных аппаратов и др.) [10–12]. При этом надо учитывать, что аэродромы государственной авиации расположены на территории, законодательно принадлежащей местным органам самоуправления.

Цель: показать особенности организации полетов на аэродромах государственной авиации и эксплуатации аэродромов, которые необходимо учитывать при разработке методики определения седьмой подзоны ПАТ.

1. Особенности вредных факторов на аэродромах государственной авиации, влияющие на определение границ СЗЗ приаэродромной территории

С учетом рекомендаций и стандартов ИКАО в целях планирования землепользованием в районах аэродромов необходимо устанавливать зоны с различными уровнями загрязнения, в том числе и по уровню шума [13, 14]. Российская Федерация является членом этой международной организации, поэтому обязана выполнять данные требования. В соответствии с положениями федерального законодательства на ПАТ аэродромов должны быть выделены семь подзон, в которых устанавливаются ограничения использования объектов недвижимости и осуществления деятельности. В настоящее время установление (изменение) границ седьмой подзоны ПАТ должно проводиться согласно методическим рекомендациям [9]. В них определены порядок обоснования границ, проведения их верификации и производственного контроля в части оценки уровня авиационного шума.

При анализе этого документа [9] необходимо обратить внимание на следующее:

- согласно п.1.1 он «не применяется для установления (изменения) границ седьмой подзоны аэродромов **государственной** и экспериментальной авиации»;

- согласно п.3.1.2 границы СЗЗ устанавливаются только **по критериям уровня шума**: 1) эквивалентному скорректированному уровню дневного шума ($L_{\text{экв. д}}=55$ дБА) за период с 7.00 до 23.00; 2) эквивалентному скорректированному уровню ночного шума ($L_{\text{экв. н}}=45$ дБА) за период с 23.00 до 7.00; 3) эквивалентному средневзвешенному суточному шуму ($L_{\text{экв. дн}}$), который характеризует хроническое воздействие [15, 16];

- таблицей 1 п.3.4.3 предусмотрено, что при проведении мониторинга авиационного шума, должны быть использованы **ВС гражданской авиации**, на долю которых приходится не менее 80% взлетно-посадочных операций;

- документом **не предусмотрено установление границ СЗЗ по уровню электромагнитного воздействия и химического загрязнения.**

Ниже будут рассмотрены особенности шумового и электромагнитного воздействия, а также химического загрязнения при организации полетов на аэродромах государственной авиации, которые необходимо учитывать при разработке методики для установления границ седьмой подзоны ПАТ для данного типа аэродромов.

2. Шум

Выделение 7-й подзоны по уровню шумового воздействия на население ПАТ осуществляется по границам с учетом зоны действия допустимого шума при выполнении полетных заданий в соответствии с инструкцией по производству полетов на аэродромах государственной авиации [17, 18].

Согласно [9] при расчете границ уровня шума ПАТ учитываются ВС, которые

на 80% обеспечивают годовую загрузку летной деятельности аэродрома. Кардинальным отличием государственной авиации от гражданской являются типы ВС, что обусловлено обеспечением обороноспособности страны. В настоящее время государственная авиация имеет следующие типы ВС: истребители, истребители-бомбардировщики, фронтовые бомбардировщики, стратегические, военно-транспортные и вертолеты. В большинстве случаев каждый тип ВС базируется на отдельном аэродроме, что обусловлено спецификой учебно-боевой деятельности. Загруженность аэродромов государственной авиации нестационарная и зависит от предназначения авиационного подразделения: боевое дежурство, учебно-летная подготовка, летно-испытательная и др.

Организация полетов на аэродромах государственной авиации отличается от регламентированных процедур в гражданской авиации. Так, схемы вход-выход на аэродромах государственной авиации и схемы построения захода на посадку имеют свою специфику. В испытательных целях в районе аэродрома могут проводиться полеты на режимах работы двигателей отличных от дроссельных режимов работы двигателей на посадке. На аэродромах, выполняющих испытательные полеты, не существует жестких процедур взлета и захода на посадку. На этих аэродромах используются трассы для полетов не стационарного характера, которые зависят от оперативно-тактических задач на летную смену. В районе ПАТ могут быть зоны пилотирования, а над аэродромом предусмотрена зона для отработки демонстрационного пилотажа. Перечисленные особенности организации полетов надо учитывать при определении границ СЗЗ 7-й подзоны аэродромов государственной авиации [3, 11, 19, 20].

Для расчета границ 7-й подзоны аэродромов государственной авиации необходимо учитывать следующие факторы: акустические характеристики основных источников шума ВС, компоновка двигателей, траектория и скорость полета ВС, особенности распространения звука в атмосфере и вблизи поверхности земли, метеоусловия.

Основным источником генерации шума являются силовые установки ВС, которые включают: вентилятор, компрессор, реактивную струю с общей камерой смешения или отдельным выхлопом, турбину, внутренние источники шума, камеру сгорания. Кроме того, необходимо учитывать шум от планера. Уровень шума от каждого источника характеризуется спектральными компонентами в 24 третьоктавных частотных полосах и учитывается для ряда конкретных точек положения ВС на траектории полета. Необходимо учитывать и диаграмму направленности для каждого источника шума.

При расчете влияния компоновки двигателя на уровень шума на местности следует учитывать его расположение: на фюзеляже, над крылом, под крылом и смешанная компоновка. В зависимости от этого происходит экранирование шума. В каждом отдельном случае акустическая эффективность экранирования совершенно разная и в общем случае зависит от конкретного числа Френеля. Влияние компоновки реактивных струй может приводить как к ослаблению, так и усилению шума на местности.

Целесообразно учитывать при расчетах уровня шума на местности влияние скорости ВС. При обтекании ВС встречным потоком формируется шум, уровень которого зависит от скорости полета. Ее величина определяет уровень шума на местности.

Генерируемый ВС шум распространяется сферически, его интенсивность убывает обратно пропорционально квадрату расстояния от источника. Ослабление уровня шума от источника до точки на местности (при расстояниях больше опорного) или усиление (при расстояниях меньше опорного) может быть выражено:

$$\Delta L = 10 \cdot Lg(R/R_{оп}) \text{ дБ}, \quad (1)$$

где $R_{оп}$ - некоторое фиксированное расстояние (в наших расчетах далее принято

$R_{\text{оп}} = 1000 \text{ м}$), R – расстояние от источника (ВС) до контрольной точки на местности.

При расчетах уровня шума от ВС, распространяющего в спокойной однородной атмосфере, следует учитывать поглощение звука, обусловленное вязкостью и зависящее только от частоты, а также внутримолекулярное затухание, которое зависит и от частоты, и от состояния атмосферы (температура, влажность, давление). Для учета такого рода поглощения звука имеются подробные таблицы и расчетные формулы. Другим фактором, влияющим на уровень шума на местности, является рефракция звука вблизи поверхности земли за счет наличия градиента скорости ветра и температуры в приземном слое атмосферы. Если звук распространяется против ветра, то на поверхности образуется зона акустической тени (фронт звуковой волны изгибается вверх), в противном случае, уровень шума может даже увеличиваться (при распространении по ветру). Помимо рефракции звуковой волны имеет место интерференция, когда уровень шума определяется взаимодействием прямой и отраженной от земли волны, а уровень отраженной волны – импедансом земной поверхности, который зависит от множества факторов (сезонность, грунт и т.д.). Благодаря интерференции спектр шума изменяется по сравнению с распространением в свободном поле. На изменение спектра влияет и доплеровское смещение частоты: при приближении ВС к наблюдателю частота слышимого звука уменьшается, оставаясь выше частоты излучения, а при удалении воспринимаемая частота становится меньше частоты излучения от неподвижного источника.

В методических рекомендациях [9] по определению границ СЗЗ аэродромов гражданской авиации имеется запрет (п. 1.1) на использование их для аэродромов государственной авиации. В первую очередь, это можно объяснить существенными различиями в летно-технических характеристиках эксплуатируемых типов ВС. Для подтверждения этого в таблице 1 приведены основные технические параметры, влияющие на образование авиационного шума при выполнении полета.

Таблица 1

Технические параметры, влияющие на генерацию авиационного шума при выполнении полета

Технические параметры	Типы воздушных судов				
	Гражданская авиация	Государственная авиация			
		ИА+ИБА	ФБА	ДА	ВТА
Тяговооруженность летательного аппарата (усл. ед.)	0.16 – 0,37	0.74 – 1,1	0.55 – 0,58	0.40 – 0,47	0.34 – 0,45
Контурность двигателей (усл.ед.)	4.4 – 8.5	0.5 – 0.59	0.53 – 0.57	1.4 – 1.45	4.0 – 4.5
Крейсерская скорость (км/ч)	700 – 900	>1000	900 – 1200	>800	600 – 900

Примечание (типы авиации): ИА - истребительная; ИБА - истребительно-бомбардировочная; ФБА - фронтовая бомбардировочная; ДА - дальняя; ВТА - военно-транспортная.

Тяговооружённость - отношение тяги ВС к весу ВС, точнее, силы тяги к силе тяжести. Это один из важнейших параметров, определяющих летно-технические характеристики ВС. Различают тяговооружённость как двигателя, так и летательного аппарата, во втором случае соотносят тягу от всех двигателей. От тяговооруженности зависят максимальная скорость ВС, время набора высоты (скороподъемность) и разгона

до заданной скорости, максимальная высота полета, длина разбега, а также его маневренные характеристики. Важной характеристикой самолета является стартовая тяговооруженность - отношение взлетной тяги силовой установки к его взлетному весу (см. табл. 1). Стартовая тяговооруженность истребителей и истребителей-бомбардировщиков самая высокая и составляла 0,74-1,1 усл. ед., а у военно-транспортных ВС – она минимальная (0,35-0,4 усл. ед.). Величина этого параметра практически всех типов ВС государственной авиации выше, чем у ВС гражданской авиации (0,16-0,37 усл. ед.). Тяговооруженность оказывает существенное влияние на шумность ВС, особенно при взлете, за счет большой мощности работы двигателя, использования форсажных режимов работы двигателей, быстрого набора скорости и высоты полета. Шум при взлете большинства ВС достигает максимальных значений и уменьшается пропорционально набору высоты полета.

У ВС гражданской авиации величина контурности двигателей существенно выше по сравнению с ВС государственной авиации. Степень двухконтурности - параметр турбореактивного двигателя (ТРД), показывающий отношение расхода воздуха через внешний контур двигателя к расходу воздуха через внутренний контур. Чем больше величина этого параметра, тем больший коэффициент полезного действия двигателя можно получить. ТРД обычно делятся на две категории: с высокой степенью двухконтурности (или турбовентиляторные) и ТРД с низкой степенью двухконтурности. Меньшая степень двухконтурности обеспечивает большую скорость реактивной струи, которая необходима для достижения высоких скоростей полета. Она увеличивает удельный расход топлива. Большая степень двухконтурности обеспечивает меньшую скорость реактивной струи, истекающей из сопла. Это уменьшает удельный расход топлива, но также уменьшает максимальную скорость и увеличивает вес двигателя. Ещё одно преимущество ТРД перед реактивными двигателями с малой степенью двухконтурности заключается в том, что холодный воздух из внешнего контура, смешиваясь с горячими газами из турбины, снижает давление на выходе из сопла. Поэтому повышение контурности способствует уменьшению шумности двигателя за счет уменьшения скорости выброса газодинамических потоков из сопла и температуры реактивной струи, что снижает скорость расширения газовых потоков в атмосфере.

Из представленных выше данных следует, что ВС государственной авиации более шумные, поэтому при выборе критериев определения границ седьмой подзоны по уровню шума надо руководствоваться не только величиной $L_{\text{ЭКВ.}}$, но и максимальным уровнем шума ($L_{\text{Амакс.}}$) в соответствии с [3, 15]. В табл. 2 приведены уровни звука, которыми рекомендуем использовать при определении границ 7-й подзоны ПАТ.

Таблица 2

Уровни звука, которыми надо руководствоваться при определении границ 7-й подзоны ПАТ для аэродромов государственной авиации

Уровень звука	Дневное время (с 7.00 до 23.00)	Ночное время (с 23.00 до 7.00)
$L_{\text{ЭКВ.}}$, дБА	55	45
$L_{\text{Амакс.}}$, дБА	75	65

Из табл. 2 следует, что эксплуатации аэродромов государственной авиации на ПАТ эквивалентные ($L_{\text{АЭКВ.}}$) и максимальные ($L_{\text{Амакс.}}$) уровни авиационного шума не должны превышать значений в дневное время соответственно 55 и 75 дБА и в ночное время соответственно 45 и 65 дБА ночью. В дневное время допускается превышение $L_{\text{Амакс.}}$ на величину до 10 дБА при менее 10 пролетов в один день. При пролетах сверхзвуковых

самолетов превышение $L_{A\text{макс}}$ допускается на 10 дБА и $L_{A\text{экв}}$ – на 5 дБА в течение не более двух суток одной недели.

Ниже в качестве обоснования подхода для расчета границ СЗЗ по уровню шума приводим результаты исследований, выполненных на аэродром государственной авиации, на котором базируется смешанный тип ВС (ИА, ФБА, ВТА и др.). Измерения параметров авиационного шума на местности осуществлялись в соответствии с рекомендациями [15], для этой цели использовались поверенные шумомеры Brüel & Kjær Type 2250 с микрофонами 4193, обладающими круговой диаграммой направленности. Метеоусловия при проведении измерений составили: температура воздуха $230\text{С} \div 290\text{С}$; влажность – $(36 \div 61)\%$; атмосферное давление – $760,2 \div 761,0$ мм рт. ст.; скорость ветра – $(1 \div 3)$ м/с. При измерениях уровня шума использовали данные о типе ВС, его скорости и высоте пролета над измерительной точкой. Разнородные первичные результаты измерений были обработаны и приведены к одному расстоянию от источника шума (от ВС) до контрольной точки измерения, равному 1000 м в соответствии с выражением (1), где $\Delta L = L_{A\text{оп}} - L_{A\text{изм}}$, дБА.

В таблице 3 представлены усредненные значения нормируемых показателей авиационного шума на различных этапах полета ВС (взлет, пролет над аэродромом и посадка), расчет которых проведен к расстоянию 1000 м.

Таблица 3

Усредненные значения нормируемых показателей авиационного шума на местности (расчет на 1000 м)

Тип ВС	Средние значения, дБА					
	взлет		пролет		посадка	
	L_{ASmax}	$L_{A\text{экв}}$	L_{ASmax}	$L_{A\text{экв}}$	L_{ASmax}	$L_{A\text{экв}}$
Су-57	88,1	76,2	68,6	60,0	68,3	56,5
Су-25	84,4	73,8	80,2	67,9	-	-
Су-34	82,5	69,0	-	-	48,9	47,1
Ту-134	73,9	66,8	-	-	-	-
МиГ-31	73,9	65,4	81,9	70,5	51,2	49,3
МиГ-29	-	-	-	-	61,5	50,8
Су-35	76,4	65,3	70,6	60,3	53,5	50,1
Ми-8	63,8	53,5	55,3	50,2	56,0	50,5
АН-48	-	-	68,5	58,9	-	-
АН-26	-	-	67,7	55,9	-	-
АН-72	-	-	60,0	55,3	-	-

С учетом графика полетов аэродрома государственной авиации за полугодие был проведен расчет $L_{A\text{экв}}$ и $L_{A\text{макс}}$ для дневного и ночного периода времени проведен. В табл. 4 приведено общее количество вылетов ВС с аэродрома государственной авиации за этот период.

Таблица 4

Общее количество вылетов ВС с аэродрома государственной авиации за полугодие

Тип ВС	Кол-во вылетов	№ группы
Су-24	14	1
Су-25	60	3
Су-27	34	2
Су-30	54	2
Су-34	132	2
Су-35	15	2
Су-57	130	2
МиГ-29	2	2
МиГ-31	108	1
Ту-134	132	3
Ан-12	15	3
Ан-26	40	4
Ан-72	95	4
Ми-8	276	4
Итого вылетов	1107	

Из табл. 4 следует, что за полугодие анализируемого периода происходило 8,5 вылетов в сутки, в том числе ночных 1,3. Количество вылетов в разные месяцы и дни недели может существенно меняться, чёткого расписания вылетов на аэродромах государственной авиации нет. Небольшое количество вылетов, свидетельствует о том, что определяющим параметром, влияющим на размеры границ СЗЗ, будет величина максимального уровня звука для дневного и ночного времени. Для определения среднедневной и ночной акустической нагрузки целесообразно все типы ВС сгруппировать по группам, приблизительно равной акустической мощности. Используя данные табл. 1, предпринята попытка ранжировать усредненные данные нормируемых акустических показателей в зависимости от общей тяги (кгс). На рис. 1 представлен график распределения L_{ASmax} (дБА) в зависимости от общей тяги двигателей ВС (кгс).

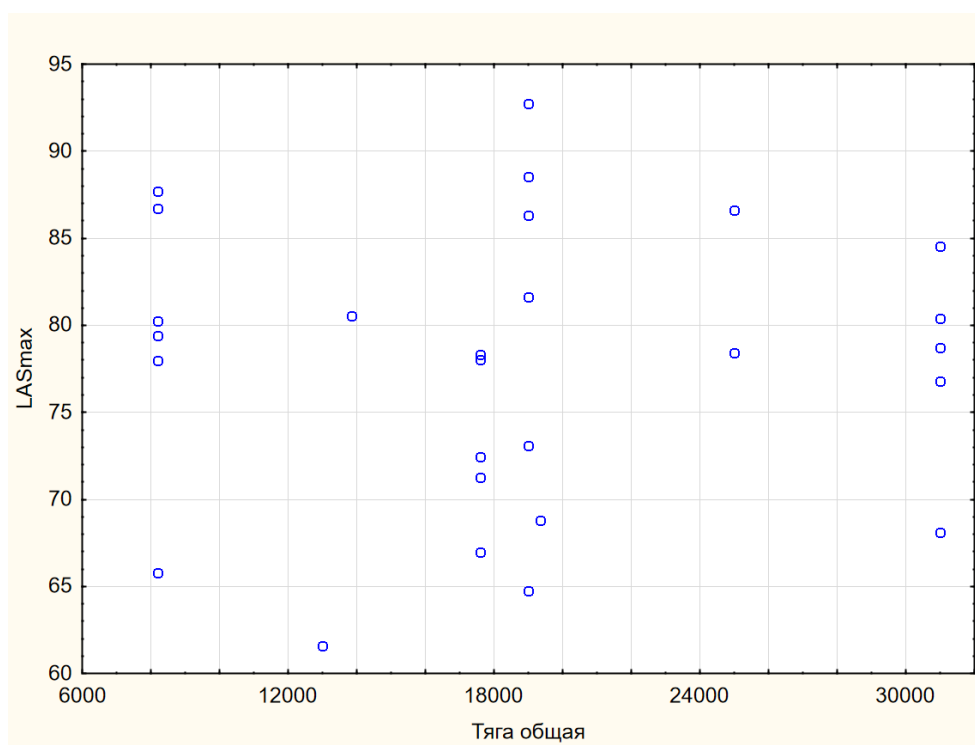


Рис. 1. Диаграмма рассеяния максимального уровня звука L_{ASmax} в зависимости от общей тяги двигателей ВС

Представленное распределение свидетельствует, что L_{ASmax} (а также и $L_{A_{ЭКВ}}$) от параметра тяги не зависит, коэффициент корреляции составил $r=0,02$. Методом экспертной оценки авиационными специалистами было предложено провести ранжирование ВС по уровню генерируемого шума. Оценку давали каждому типу ВС в относительных единицах по отношению к максимальной акустической мощности МиГ-31, которую оценили, как 1,0. Результаты представлены в табл. 5.

Таблица 5

Ранжирование ВС эксплуатируемых на аэродроме государственной авиации с помощью метода экспертной оценки

Ранжировка ВС (экспертная оценка)		№ Группы	Диапазон мощности	Поправка	
Тип ВС	Ранг			5	6
1	2	3	4	5	6
Ту-22	0,995	1	11%	0	0 дБ
Су-24	0,89				
Су-27	0,72				
Су-34	0,7	2	12%	0,677	-3 дБ
Су-30	0,69				
Су-57	0,68				
Су-35	0,67				
МиГ-29	0,6				
Ту-134	0,52	3	5%	0,497	-6 дБ
Ан-12	0,5				
Су-25	0,47				
Ан-26	0,37	4	11%	0,32	-10 дБ
Ан-72	0,34				
Ми-8	0,26				

Все типы ВС объединены в 4 группы (см. табл. 5). Величина ранга представлена в столбце 2 табл. 5. Критерием границы группы была взята разница между максимальным и минимальным значением ранга не более 12% (см. столбец 4). Для каждой группы рассчитано среднее значение ранга (см. столбец 5) и определена поправка к эквивалентному и максимальному уровню звука (см. столбец 6).

Далее, для каждой группы, с учетом поправки, приведенной в столбце 6 табл.5, рассчитаны эквивалентные и максимальные значения уровня звука, приведенные к 1000 м от ВС. Результаты расчетов приведены в табл. 6.

Таблица 6

Усредненные значения максимального и эквивалентного уровня звука на расстоянии 1000 м от ВС для всех групп, эксплуатируемых на аэродроме государственной авиации

Группа	L_{ASmax} , дБА	$L_{AЭКВ}$, дБА
1	81,9	70,5
2	78,9	67,5
3	75,9	64,5
4	71,9	60,5

На основании количества вылетов (см. табл. 4) и объединения ВС по группам (см. табл. 6) составлен среднедневной и средненочной график полетов ВС на аэродроме государственной авиации, который представлен в табл. 7.

Таблица 7

Рекомендуемый среднедневной и средненочной график полетов ВС на аэродроме государственной авиации

Кол-во вылетов ВС по группам		Вылет за день	Вылет за ночь
№ группы	Кол-во вылетов		
1	122	1	1
2	367	3	1
3	207	2	1
4	411	3	1
Всего:	1107	9	4

Итак, в среднем за день осуществляются полет одного ВС из 1-й группы, три полета ВС из группы 2 (см. табл.7), 2 полета ВС из группы 3 и три полета ВС из группы 4. Всего 9 среднедневных полетов. При ночных полетах летают по одному из каждой группы, то есть всего 4 полета. Поэтому величина 9 среднедневных была выбрана при установлении границ СЗЗ с учетом требований ГОСТ 22283-2014 [15].

Используя среднесуточный и средненочной график вылетов ВС всех 4-х групп на аэродроме, определили $L_{A_{ЭКВ}}$ в соответствии с уравнением:

$$L_{ЭКВ,Т,оп} = 10 \cdot Lg \left[\frac{1}{T} \left(\sum_{i=1}^{N_1} 10^{0.1 \cdot L_{A_{ЭКВ}гр1}} + \sum_{i=1}^{N_2} 10^{0.1 \cdot L_{A_{ЭКВ}гр2}} + \sum_{i=1}^{N_3} 10^{0.1 \cdot L_{A_{ЭКВ}гр3}} + \sum_{i=1}^{N_4} 10^{0.1 \cdot L_{A_{ЭКВ}гр4}} \right) \right] \quad (2)$$

где N_1, N_2, N_3, N_4 - количество вылетов ВС групп 1, 2, 3 и 4 соответственно (см. табл. 7), $L_{A_{ЭКВ}гр1}, L_{A_{ЭКВ}гр2}, L_{A_{ЭКВ}гр3}, L_{A_{ЭКВ}гр4}$ - усредненные значения эквивалентного уровня звука на расстоянии 1000 м от ВС для соответствующих групп (см. табл. 6), $T=50$ с.

Для расчета $L_{A_{ЭКВ}}$ в дневное время была определена сумма от пролета 9 ВС всех четырех групп с учетом длительности каждого пролета. По результатам измерений длительность шума составила 50 с (стандартное отклонение 19,4 с). В последующем определили $L_{A_{ЭКВ}}$ с учетом длительности дневного времени, то есть за 16 ч ($T_0= 57600$ с), используя уравнение:

$$L_{A_{ЭКВ}, день} = L_{A_{ЭКВ}, Т} + 10Lg(T/T_0) \text{ дБ}, \quad (3)$$

где T - суммарное время всех пролетов за день, $T_0= 28800$ с – продолжительность ночного времени при расчете эквивалентного уровня звука.

На основании выражения (1) рассчитали расстояния для дневного и ночного времени с учетом ПДУ $L_{A_{ЭКВ}}$ и $L_{A_{макс}}$ (см. табл. 2) для территории жилой застройки при пролете 9 ВС за день и 4 ВС за ночь. Для расчета безопасных расстояний по критерию не превышения $L_{A_{макс}}$ использованы результаты измерения при пролете МиГ-31. Высота полетов ВС составляет 1000 м над уровнем земли. Результаты расчетов безопасных расстояний приведены в табл. 8.

Таблица 8

Безопасные расстояния на территории жилой застройки при пролете ВС государственного аэродрома по критерию не превышения ПДУ эквивалентного и максимального звука в соответствии с требованиями законодательства

Безопасное расстояние от ВС, м	ПДУ по $L_{A_{\max}}$ (ГОСТ 22283-2014)		Безопасное расстояние от глиссады, м
	День	Ночь	
2213	75,0	-	1974
6998	-	65,0	6927
При менее 10 вылетов с превышением максимального уровня звука			
700	85	-	1974

Из табл. 8 следует, что безопасные расстояния от глиссады для $L_{A_{\max}}$ составляют 1974 м и 6927 м соответственно для дня и ночи. При количестве вылетов менее 10 безопасное расстояние для дневного времени будет соблюдено при высоте полета более 700 м, а для ночного времени – оно не изменится и составит 6927 м.

На основании результатов измерений и соответствующих расчетов на карту ПАТ наносят линии равных $L_{A_{\max}}$ и $L_{A_{\text{экв}}}$ (см. табл. 2), что будет соответствовать границе СЗЗ шумового воздействия. Не реже одного раза в год необходимо проводить проверку границ уровней звука. При выборе точек измерения надо исключить наличие препятствий для прохождения акустических волн. Требуется проводить измерение не менее трех раз в каждой точке за пятиминутный интервал времени.

Для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия по уровню шума на ПАТ государственной авиации необходимо [21–25]:

- разработать методику определения границ 7-й подзоны по уровню шума ПАТ аэродромов государственной авиации;
- запретить полеты ночью ВС на режимах работы двигателей, при которых уровни звука превышают допустимые на ПАТ;
- использовать шумозащитные экраны, стеклопакеты в жилых помещениях и т.д.;
- организовать мониторинг уровня шума на ПАТ.

3. Электромагнитное воздействие

При определении 7-й подзоны электромагнитного воздействия на население ПАТ необходимо руководствоваться перечнем средств радиотехнического обеспечения полетов ВС и авиационной электросвязи, наличие которых определяется инструкцией по производству полетов в районе аэродрома государственной авиации. При расчете СЗЗ надо учитывать следующие факторы: место дислокации передающей антенны; диаграмма направленности передающей антенны, а также ее боковых лепестков; диаграмма сканирующей антенны с учетом горизонтальных и вертикальных углов наклона; высота расположения и подъема антенны; мощность станции; ландшафт прилегающей территории [26–31].

Граница СЗЗ электромагнитного воздействия определяется по уровню электромагнитного поля, который соответствует требованиям санитарных правил и норм с учетом методик расчета интенсивности электромагнитного излучения радиочастот [32–34]. ПДУ зависят от частотных характеристик источников излучения, которые приведены в СанПиН [35]. Для нормирования электромагнитного излучения используются величина плотности потока энергии Вт/м². В табл. 9 приведены ПДУ электромагнитной энергии

радиочастотного диапазона для территории жилой застройки и мест массового отдыха.

Таблица 9

ПДУ электромагнитной энергии радиочастотного диапазона для территории жилой застройки и мест массового отдыха

Диапазон частот	30 кГц-300 кГц	0,3 - 3 МГц	3-30 МГц	30-300 МГц	300МГц-300 ГГц
Предельно допустимые уровни ЭМИ РЧ	25,0 В/м	15,0 В/м	10,0 В/м	3,0 В/м	10,0 мкВт/см ² 25 мкВт/см ^{2*}

Примечание: * – для случаев облучения от антенн, работающих в режиме кругового обзора или сканирования.

Особенностью аэродромных радиотехнических средств (РТС) является наличие главного и боковых лепестков диаграммы направленности антенны, что необходимо учитывать при расчете границ СЗЗ [32, 36]. Для аэродромов государственной авиации характерно наличие большого количества РТС (от 10 шт. и более) различной мощности. Для расчета границ СЗЗ государственной авиации на начальном этапе надо провести систематизацию действующих РТС на территории аэродрома и вне его. Существенное влияния при определении СЗЗ оказывает ландшафт аэродрома и ПАТ. При наличии однотипных РТС (основные и резервные), расположенных рядом, в расчет берется одна РТС с усредненными координатами. Определение границы 7-й подзоны проводится по наиболее мощной РТС [4].

Как правило, наиболее мощные РТС работают практически с круговым обзором (до 360°) при узкой диаграмме направленности (от долей до единиц градусов) и высокой частоте импульсов (от 200 до 1000 шт.). Одновременное воздействие импульсов двух и более РТС в одной точке на ПАТ крайне низкая. Кроме того, надо учитывать наличие приводных радиостанций, которые расположены вне территории аэродрома в створе взлетно-посадочной полосы. Для них тоже должны быть определены СЗЗ, но в большинстве случаев площади этих зон незначительные.

Для подтверждения правильности расчета СЗЗ на ее границы в контрольных точках проводят измерения уровней электромагнитного поля в контрольных точках. При определении точек необходимо учитывать ландшафт и отсутствие препятствий, влияющих на распространение радиоволн. Измерения в выбранных точках необходимо проводить с соблюдением следующих условий: не менее 3 раз с определением величины максимальной напряженности и плотности потока энергии электромагнитного поля, за пятиминутный интервал, при работе ближайшей РТС с максимальной мощностью.

Таким образом, особенностями электромагнитного воздействия аэродромов государственной авиации являются:

- большое количество РТС,
- наличие мощных РТС,
- периодически внедрение новых РТС или их модификация,
- размещение РТС вне аэродромной территории.

Считаем, что на аэродромах государственной требуется ежегодное уточнение границы 7-й подзоны электромагнитного воздействия на население ПАТ. Критерием зон безопасности по этому фактору являются требования СанПин 2.1.2.2645-10 [37] и СанПин 2.1.8/2.2.4.2302-07 [38].

4. Химическое загрязнение

При определении границы 7-й подзоны по концентрации загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферном воздухе осуществляется с учетом типов эксплуатации ВС на данном аэродроме и их тактико-технические данные, особенности организации полетов (при взлете, посадке и других летных операциях в районе аэродрома и ПАТ), графика полетов ВС (в дневное и ночное время), ландшафта и климатических параметров района дислокации аэродрома. Необходимо оценить загазованность ПАТ с составлением карты рассеивания ЗВ при выбросе их в атмосферу через сопло двигателей после проведения измерений вдоль стандартных маршрутов полета в зоне взлета и посадки ВС.

Формирование уровней концентраций ЗВ в ПАТ осуществляется под воздействием факторов, включающих интенсивность циклов «взлет–посадка», скорость при взлете и посадке, тип ВС, параметры взлетной полосы; факторов, влияющих на перенос и рассеивание ЗВ в пространстве: направление и скорость ветра, температура и влажность воздуха, состояние погоды и атмосферы, вид и высота близлежащей застройки, ширина ПАТ [39–43].

Анализ выбросов ЗВ в атмосферу проводится с учётом фонового загрязнения для веществ, уровень загрязнения которых на границе жилой или рекреационной зоны превышает 0,1 предельно допустимой концентрации (ПДК) согласно СанПиНу 2.1.6.1032-01, ГН 2.1.6.3492-17, ГН 2.2.5.3532-18 [44–46].

При взлете шлейф ЗВ перемещается за ВС с сохранением концентраций в конусе отработавших газов. Рассеивание по высоте конуса отработавших газов за счет высокой турбулентности струи заканчивается на расстоянии порядка 20 м от сопла двигателя. Замеры концентраций перпендикулярно оси взлетной полосы показали, что на расстоянии 50–55 м от кромки взлетной полосы наблюдаются фоновые концентрации ЗВ. Процесс рассеивания последних в атмосфере осуществляется за счет перемещения их вместе с потоками воздуха с учетом воздействия вертикальной составляющей диффузионной скорости. С увеличением скорости ветра увеличивается и расстояние, на которое они разносятся. В основном ПАТ загрязняются по направлению оси взлетной полосы [47].

Принято считать, что основным источником химического загрязнения на аэродроме является топливо, используемое для работы силовых установок ВС. В настоящее время в авиации используются два вида топлива: авиационный бензин и авиационный керосин. Предпочтение отдается последнему. Авиационные керосины это смесь парафиновых, нафтеновых и ароматических углеводородов с содержанием последних до 20–22%. Они обладают общетоксическим, наркотическим действием, а их пары вызывают раздражение слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей. Токсическими свойствами обладают и продукты, образующиеся при сгорании авиационного керосина: окись углерода CO (угарный газ), окислы азота NO_x , углеводороды C_nH_{2n+2} , двуокись углерода (O_2). Наибольшее количество оксида углерода и углеводородных соединений в окружающую среду поступает при работе двигателей во время взлёта и при посадке, а в процессе полёта образуется максимальное количество оксидов азота. Для повышения октанового числа авиационного топлива используются антидетонаторы (тетроэтилсвинец, этилбромид и др.), которые имеют сильную токсичность. Это надо учитывать при организации исследований химического загрязнения воздуха и территории ПАТ.

На ВС государственной авиации для улучшения тактико-технических характеристик полета используются и другие виды топлива с различными добавками, которые могут иметь повышенную токсичность и агрессивность.

На аэродромах государственной авиации целенаправленно выделяются

специальные зоны с повышенным содержанием ЗВ:

- зона аварийного слива авиационного топлива и зона сброса топливных баков, которые требуют повышенного контроля концентрации ЗВ как на территории данной зоны, так и на прилегающей ПАТ;

- зона (полигон) применения оружия, поэтому территория может быть загрязнена взрывчатыми веществами и продуктами их взрыва.

Таким образом, на аэродромах гражданской авиации химическое загрязнение ПАТ имеет место по направлению оси взлетной полосы и площадь их невелика, которая перекрывается границами зоны шума. На аэродромах государственной авиации химическое загрязнение имеет более широкое распространение. Поэтому определение ЗВ атмосферного воздуха и ПАТ требует включения в документ, которым будет предусмотрено определение границы СЗЗ 7-й подзоны. В качестве критерия выброса ЗВ веществ в атмосферу на границе жилой или рекреационной зоны надо использоваться уровень концентрации химических вредных веществ для населения, который не должен превышает 0,1 ПДК [44–46].

Заключение

При разработке методических рекомендаций по расчету границ СЗЗ гражданской авиации учитываются такие факторы как типы эксплуатируемых ВС и их тактико-технические данные, особенности организации полетов, ландшафт аэродрома, график полетов ВС (с учетом дневного и ночного периода суток) и др. В гражданской авиации создана база данных, в основу которой были положены многолетние широкомасштабные зарубежные и отечественные исследования, и разработано программное обеспечение. В государственной авиации в настоящее время этих данных нет. Поэтому считаем, что для расчета границ СЗЗ аэродромов государственной авиации целесообразно задачу упростить и использовать инженерные методические подходы с учетом интегральных и усредненных акустических характеристик ВС, так как решить оперативно аналогичную задачу достаточно трудоемко.

Из представленных выше данных видно, что в государственной авиации имеются специфические факторы, влияющие на уровень шума на местности. Предлагаем при определении СЗЗ шумового воздействия этих аэродромов в качестве основных критериальных параметров использовать максимальный и эквивалентный уровни звука. С помощью них можно построить линии равных уровней громкости для границы 7-й подзоны ПАТ. Кроме того, эти параметры надо использовать при выборе мероприятий по санитарно-эпидемиологическому благополучию населения по шуму.

При определении границ СЗЗ аэродромов государственной авиации, кроме шумового воздействия, необходимо проводить исследования электромагнитного воздействия и уровня химического загрязнения.

Наличие вредных факторов на аэродромах государственной авиации (шум, электромагнитное излучение, загрязняющие вещества) требует организации систематического контроля. Рекомендации по санитарно-эпидемиологическому благополучию населения, проживающего на ПАТ, должны разрабатываться для конкретного аэродрома государственной авиации и согласовываться с территориальной администрацией и филиалом Роспотребнадзора, то есть организациями в чьем ведомстве находятся территория аэродрома и прилегающая к нему территория.

Список литературы

1. Солдатов С.К., Зинкин В.Н., Богомолов А.В., и др. Фундаментальные и прикладные аспекты авиационной медицинской акустики. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2019. – 216 с.
2. Зинкин В.Н., Шешегов П.М. Современные проблемы шума в авиации // Проблемы безопасности полетов. – 2014. – № 5. – С. 3-25.
3. Драган С.П., Дроздов С.В., Солдатов С.К. и др. Обоснование методических подходов к определению границ санитарно-защитных зон приаэродромной территории по уровню шумового воздействия // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2021. – Т. 55, № 5. – С. 85-93.
4. Солдатов С.К., Зеленин А.Н., Драган С.П. и др. Методика определения зоны запрета размещения объектов на приаэродромных территориях по уровню электромагнитного воздействия на население и опыт ее применения // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2021. – Т. 55, № 6. – С. 75-81.
5. СанПиН 1.23685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».
6. Зинкин В.Н., Богомолов А.В., Ахметзянов И.М., Шешегов П.М. Экологические аспекты безопасности жизнедеятельности населения, подвергающегося действию авиационного шума // Теоретическая и прикладная экология. – 2011. – № 3. – С. 97-101.
7. Зинкин В.Н., Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А., Солдатов С.К. Медико-социальные аспекты экологической безопасности населения, подвергающегося действию авиационного шума // Экология промышленного производства. – 2011. – № 2. – С. 9-14.
8. Солдатов С.К., Зинкин В.Н., Кукушкин Ю.А. и др. Анализ антропоэкологической опасности шума, образующегося при заходе самолета на посадку // Экология промышленного производства. – 2013. – № 4 (84). – С. 76-81.
9. Методика установления (изменения) седьмой подзоны приаэродромной территории: Методические рекомендации МР 2.5/ 4.3.0258-21. – М., 2021. – 28 с.
10. Богомолов А.В., Зинкин В.Н., Драган С.П., Солдатов С.К. Антропоэкологические аспекты безопасности эксплуатации аэродромов, аэропортов и авиационных предприятий // Национальная безопасность / nota bene. – 2016. – № 1 (42). – С. 56-62.
11. Зинкин В.Н., Солдатов С.К., Драган С.П., Пирожков М.В. Моделирование аэродинамического при заходе самолета на посадку // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. – 2013. – № 11. – С. 53-60.
12. Зинкин В.Н., Солдатов С.К., Драган С.П. и др. Авиационный шум и проблемы безопасности полетов // Проблемы безопасности полетов. – 2013. – № 5. – С. 3-12.
13. ICAO Doc 9501 AN/929. Том 1. Методики сертификации воздушных судов по шуму.
14. Liu S., Sparrow V., Makino Y. Establishing Noise Standards for Civil Supersonic Aircraft: Status Report // ICAO Environmental Report. – 2013. – Pp. 73-79.
15. ГОСТ 22283-2014 Шум авиационный. Допустимые уровни шума на территории жилой застройки и методы его измерения.
16. Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума: Методические рекомендации МР 2.1.10. 0059-12.
17. Воздушный кодекс Российской Федерации от 19.03.1997 № 60-ФЗ (ред. от 02.07.2021).
18. Федеральные авиационные правила. Приказ Минтранса России от 12.01.2022 № 10.
19. Dragan S.P., Bogomolov A.V., Zinkin V.N. Methodical support of monitoring the acoustic safety of flight personnel // AIP Conference Proceedings. – 2019. – Pp. 122-127. –

DOI: 10.1063/1.5121944.

20. Bogomolov A.V., Dragan S.P., Zinkin V.N., Alekhin M.D. Acoustic Factor Environmental Safety Monitoring Information System // Proceedings of 22nd International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM 2019). – SPb., 2019. – Pp. 215-218. – DOI: 10.1109/SCM.2019.8903729.

21. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом / Под ред. Н.И. Иванова. – М., 2008. – 424 с.

22. Картышев О.А. Системы контроля шума как средство предупреждения отклонения воздушных судов от установленных маршрутов в районе аэродрома // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2007. – № 123. – С. 125-135.

23. Картышев О.А., Николайкин Н.И. Критерии оценки авиационного шума для зонирования приаэродромной территории аэропортов и обоснования защитных мероприятий // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2017. – Т. 20, № 3. – С. 30-40.

24. Зинкин В.Н., Рыженков С.П., Солдатов С.К. и др. Гигиеническая обстановка на территориях примыкающих к глиссаде аэродрома // Здоровье населения и среда обитания. – 2014. – № 6 (255). – С. 38-40.

25. Zaporozhets O., Tokarev V., Attenborough K. Aircraft Noise: Assessment, Prediction, and Control. – Abingdon: SPON Press, 2011. – 432 p.

26. Redlarski G., Lewczuk B., Żak A. et al. The influence of electromagnetic pollution on living organisms: historical trends and forecasting changes // Biomed. Res. Int. – 2015. – Pp. 1-18. – DOI: 10.1155/2015/234098.

27. Егоров В.В., Мусин Р.М., Тасейко О.В., Потылицына Е.Н. Негативное влияние радио и электрооборудования на здоровье технического персонала аэропорта // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2015. – Т. 2, № 11. – С. 32-33.

28. Kaszuba-Zwońska J., Gremba J., Gałdzińska-Calik B. et al. Electromagnetic field induced biological effects in humans // Przegl. Lek. – 2015. – Vol. 72, № 11. – Pp. 636-641.

29. Liao W., Nagai K., Wang J. An evaluation method of electromagnetic interference on bio-sensor used for wearable robot control // IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. – 2020. – Vol. 62, № 1. – Pp. 36-42. – DOI: 10.1109/TEMC.2019.2896974.

30. Надежкина Е.В., Тушанина О.В. Электромагнитное воздействие от ракетно-космической деятельности и авиационного комплекса // Проблемы региональной экологии. – 2019. – № 4. – С. 22-24.

31. Мусин Р.М., Потылицына Е.Н. Влияние радиоэлектрооборудования на здоровье технического персонала аэропорта // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2016. – Т. 1, № 12. – С. 877-879.

32. Шандала М.Г., Зуев В.Г., Ушаков И.Б., Попов В.И. Справочник по электромагнитной безопасности работающих и населения. – Воронеж, 1998. – 82 с.

33. Пальцев Ю.П., Походзей Л.В. Рубцова Н.Б. и др. Современные принципы и средства защиты работников от неблагоприятного воздействия электромагнитных полей радиочастотного диапазона // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 5. – С. 451-455.

34. Рубцова Н.Б., Токарский А.Ю., Перов С.Ю. Оптимизация принципов совершенствования защиты работающих и населения от электромагнитных полей различных частотных диапазонов // Медицина труда и промышленная экология. – 2017. – № 9. – С. 164-165.

35. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ). Санитарные правила и нормы.

36. Mou J. Research on the design of electromagnetic environment EMC evaluation system for aviation station // 11th Int. Conf. on Mechanical and Aerospace Engineering (ICMAE). – Athens, Greece, 2020. – Pp. 272-275. – DOI: 10.1109/ICMAE50897.2020.9178897.
37. СанПиН 2.1.2.2645-10 Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях.
38. СанПиН 2.1.8/2.2.4.2302-07 Гигиенические требования к размещению и эксплуатации радиотехнических объектов.
39. Голубева А.О., Ларичкин В.В., Коротаева Т.А. Численный расчет рассеивания загрязняющих веществ от эксплуатации самолетов на прилегающих к аэропортам и аэродромам территориях // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2014. – № 1 (22). – С. 52-61.
40. Картышев О.А. Анализ методик расчета выбросов загрязняющих веществ двигателями воздушных судов гражданской авиации // Научный вестник Государственного научно-исследовательского института гражданской авиации. – 2011. – № 1 (312). – С. 102-107.
41. Большунов Ю.А., Мельников Б.Н., Николайкин Н.И. Оценка рисков здоровью населения и лётного состава гражданской авиации при воздействии шума и выбросов загрязняющих веществ // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2013. – № 192. – С. 63-72.
42. Картышев О.А., Медведев Ю.В. Расчет концентраций загрязняющих веществ от аэропортового комплекса // Безопасность в техносфере. – 2010. – № 2. – С. 6-9.
43. Дмитриева Т.М. Оценка выбросов в атмосферу загрязняющих веществ и парниковых газов самолетами гражданской авиации России // Метеорология и гидрология. – 2014. – № 9. – С. 41-48.
44. СанПиН 2.1.6.1032-01 Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест.
45. ГН 2.2.5.3532-18 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны".
46. ГН 2.1.6.3492-17 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений".
47. Картышев О.А. Метод расчета границ жилой застройки в районе аэропорта по критерию "выбросы загрязняющих веществ авиадвигателями" // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2007. – № 123. – С. 105-112.

References

1. Soldatov S.K., Zinkin V.N., Bogomolov A.V., et al. Fundamental and applied aspects of aviation medical acoustics. – M.: FIZMATLIT, 2019. – 216 p.
2. Zinkin V.N., Sheshegov P.M. Modern problems of noise in aviation // Problems of flight safety. – 2014. – No. 5. – pp. 3-25.
3. Dragan S.P., Drozdov S.V., Soldatov S.K., etc. Substantiation of methodological approaches to determining the boundaries of sanitary protection zones of the aerodrome territory by the level of noise exposure // Aerospace and environmental medicine. – 2021. – Vol. 55, No. 5. – Pp. 85-93.
4. Soldatov S.K., Zelenin A.N., Dragan S.P., etc. Methodology for determining the zone of prohibition of the placement of objects on aerodrome territories by the level of electromagnetic impact on the population and the experience of its application // Aerospace and environmental medicine. – 2021. – Vol. 55, No. 6. – Pp. 75-81.

5. SanPiN 1.23685-21 "Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans".
6. Zinkin V.N., Bogomolov A.V., Akhmetzyanov I.M., Sheshegov P.M. Ecological aspects of life safety of the population exposed to aviation noise // Theoretical and applied ecology. – 2011. – No.3. – Pp. 97-101.
7. Zinkin V.N., Bogomolov A.V., Kukushkin Yu.A., Soldatov S.K. Medical and social aspects of environmental safety of the population exposed to aviation noise // Ecology of industrial production. – 2011. – No.2. – Pp. 9-14.
8. Soldatov S.K., Zinkin V.N., Kukushkin Yu.A. et al. Analysis of the anthropoecological danger of noise generated during the landing of the aircraft // Ecology of industrial production. – 2013. – № 4 (84). – Pp. 76-81.
9. Methodology for establishing (changing) the seventh subzone of the aerodrome territory: Methodological recommendations of the MR 2.5/ 4.3.0258-21 . – M., 2021. – 28 p.
10. Bogomolov A.V., Zinkin V.N., Dragan S.P., Soldatov S.K. Anthropoecological aspects of the safety of the operation of airfields, airports and aviation enterprises // National Security / nota bene. – 2016. – № 1 (42). – Pp. 56-62.
11. Zinkin V.N., Soldatov S.K., Dragan S.P., Pirozhkov M.V. Modeling of aerodynamic during landing approach // Flight. All-Russian Scientific and Technical Journal. – 2013. – No. 11. – Pp. 53-60.
12. Zinkin V.N., Soldatov S.K., Dragan S.P., etc. Aviation noise and flight safety problems // Problems of flight safety. – 2013. – No.5. – Pp. 3-12.
13. ICAO Doc 9501 AN/929. Volume 1. Methods of aircraft noise certification.
14. Liu S., Sparrow V., Makino Y. Establishing Noise Standards for Civil Supersonic Aircraft: Status Report // ICAO Environmental Report. – 2013. – Pp. 73-79.
15. GOST 22283-2014 Aviation noise. Permissible noise levels in residential buildings and methods of its measurement.
16. Assessment of the risk to public health from exposure to traffic noise: Methodological recommendations MP 2.1.10. 0059-12.
17. The Air Code of the Russian Federation of 19.03.1997 No.60-FZ (ed. of 02.07.2021).
18. Federal Aviation Regulations. Order of the Ministry of Transport of Russia dated 12.01.2022 No.10.
19. Dragan S.P., Bogomolov A.V., Zinkin V.N. Methodological support of monitoring the acoustic safety of flight personnel // AIP Conference Proceedings. – 2019. – Pp. 122-127. – DOI: 10.1063/1.5121944.
20. Bogomolov A.V., Dragan S.P., Zinkin V.N., Alekhin M.D. Acoustic Factor Environmental Safety Monitoring Information System // Proceedings of the 22nd International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM 2019). – SPb., 2019. – Pp. 215-218. – DOI: 10.1109/SCM.2019.8903729.
21. Engineering acoustics. Theory and practice of noise control / Edited by N.I. Ivanov. – M., 2008. – 424 p.
22. Kartyshev O.A. Noise control systems as a means of preventing aircraft deviation from established routes near the airfield // Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation. – 2007. – No. 123. – Pp. 125-135.
23. Kartyshev O.A., Nikolaikin N.I. Criteria for assessing aviation noise for zoning the aerodrome territory of airports and justification of protective measures // Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation. – 2017. – Vol. 20, No. 3. – Pp. 30-40.
24. Zinkin V.N., Ryzhenkov S.P., Soldatov S.K., etc. Hygienic situation in the territories

adjacent to the glide path of the airfield // Public health and habitat. – 2014. – № 6 (255). – Pp. 38-40.

25. Zaporozhets O., Tokarev V., Attenborough K. Aircraft Noise: Assessment, Prediction, and Control. – Abingdon: SPON Press, 2011. – 432 p.

26. Redlarski G., Lewczuk B., Żak A. et al. The influence of electromagnetic pollution on living organisms: historical trends and forecasting changes // Biomed. Res. Int. – 2015. – Pp. 1-18. – DOI: 10.1155/2015/234098.

27. Egorov V.V., Musin R.M., Taseyko O.V., Potylitsyna E.N. Negative influence of radio and electrical equipment for the health of airport technical personnel // Actual problems of aviation and cosmonautics. – 2015. – Vol. 2, No. 11. – Pp. 32-33.

28. Kaszuba-Zwońska J., Gremba J., Gałdzińska-Calik B. et al. Electromagnetic field induced biological effects in humans // Przegl. Lek. – 2015. – Vol. 72, № 11. – Pp. 636-641.

29. Liao W., Nagai K., Wang J. An evaluation method of electromagnetic interference on bio-sensor used for wearable robot control // IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. – 2020. – Vol. 62, № 1. – Pp. 36-42. – DOI: 10.1109/TEMC.2019.2896974.

30. Nadezhkina E.V., Tushanina O.V. Electromagnetic impact from rocket and space activities and aviation complex // Problems of regional ecology. – 2019. – No. 4. – pp. 22-24.

31. Musin R.M., Potylitsyna E.N. The influence of radio-electrical equipment on the health of airport technical personnel // Actual problems of aviation and cosmonautics. – 2016. – Vol. 1, No. 12. – Pp. 877-879.

32. Shandala M.G., Zuev V.G., Ushakov I.B., Popov V.I. Handbook on electromagnetic safety of workers and the public. – Voronezh, 1998. – 82 p.

33. Fingers Yu.P., Pokhodzey L.V. Rubtsova N.B. et al. Modern principles and means of protecting workers from the adverse effects of electromagnetic fields of the radio frequency range // Hygiene and sanitation. – 2017. – Vol. 96, No. 5. – Pp. 451-455.

34. Rubtsova N.B., Tokarsky A.Yu., Perov S.Yu. Optimization of the principles of improving the protection of workers and the population from electromagnetic fields of various frequency ranges // Labor medicine and industrial ecology. – 2017. – No. 9. – Pp. 164-165.

35. SanPiN 2.2.4/2.1.8.055-96 . Electromagnetic radiation of the radio frequency range (EMR RF). Sanitary rules and regulations.

36. Mou J. Research on the design of electromagnetic environment EMC evaluation system for aviation station // 11th Int. Conf. on Mechanical and Aerospace Engineering (ICMAE). – Athens, Greece, 2020. – Pp. 272-275. – DOI: 10.1109/ICMAE50897.2020.9178897.

37. SanPiN 2.1.2.2645-10 Sanitary and epidemiological requirements for living conditions in residential buildings and premises.

38. SanPiN 2.1.8/2.2.4.2302-07 Hygienic requirements for the placement and operation of radio engineering facilities.

39. Golubeva A.O., Larichkin V.V., Korotaeva T.A. Numerical calculation of the dispersion of pollutants from aircraft operation in territories adjacent to airports and airfields // Reports of the Academy of Sciences of the Higher School of the Russian Federation. – 2014. – № 1 (22). – Pp. 52-61.

40. Kartyshev O.A. Analysis of methods for calculating emissions of pollutants by engines of civil aviation aircraft // Scientific Bulletin of the State Research Institute of Civil Aviation. – 2011. – № 1 (312). – Pp. 102-107.

41. Bolshunov Yu.A., Melnikov B.N., Nikolaikin N.I. Assessment of risks to public health and flight personnel of civil aviation under the influence of noise and emissions of pollutants // Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation. – 2013. – No. 192. – Pp. 63-72.

42. Kartyshev O.A., Medvedev Yu.V. Calculation of concentrations of pollutants from

the airport complex // Safety in the technosphere. – 2010. – No. 2. – Pp. 6-9.

43. Dmitrieva T.M. Assessment of emissions of pollutants and greenhouse gases into the atmosphere by Russian civil aviation aircraft // Meteorology and hydrology. – 2014. – No. 9. – Pp. 41-48.

44. SanPiN 2.1.6.1032-01 Hygienic requirements for ensuring the quality of atmospheric air in populated areas.

45. GN 2.2.5.3532-18 "Maximum permissible concentrations (MPC) of harmful substances in the air of the working area".

46. GN 2.1.6.3492-17 "Maximum permissible concentrations (MPC) of pollutants in the atmospheric air of urban and rural settlements".

47. Kartyshev O.A. Method of calculating the boundaries of residential development in the airport area according to the criterion "emissions of pollutants by aircraft engines" // Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation. – 2007. – No. 123. – Pp. 105-112.