

# ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОРИДОР ДЛЯ АВИАЦИИ



**Виталий НЕСТЕРУК,**  
кандидат  
географических наук

Коллективом исследователей, в который вошли сотрудники Белорусского государственного педагогического университета имени М. Танка и гимназии № 23 г. Минска Н.И. Никитина, В.М. Шинкарев, В.А. Кравченко, А.С. Сосновская, Е.Д. Васильев, А.В. Шинкарев, Д.Г. Никитин, а также автор этой статьи, изучены физические, химические, аэродинамические аспекты воздействия авиации на окружающую среду и здоровье населения. Предлагается также экологически чистый метод борьбы с заморозками с помощью вертолета.

**Интенсивное развитие воздушного транспорта не могло не сказаться на экологии окружающей среды. На счету авиации сегодня около 10 % химических загрязнений, поступающих при сжигании всех углеводородных топлив. Причем концентрация вредных выбросов увеличивается в четыре-пять раз каждые пять лет. Серьезным вызовом стало не только загрязнение воздушного бассейна, но и резкое возрастание шумового воздействия постоянно совершенствующейся современной техники. Очевидно, что каждая из перечисленных проблем имеет свою специфику и требует индивидуального подхода к защите здоровья населения.**

Современные самолеты и вертолеты относятся к передвижным источникам выброса вредных веществ в атмосферу [1, с. 6–95]. При эксплуатации воздушных судов использование жидкого топлива в камерах сгорания двигателей сопровождается образованием различных продуктов сжигания [2, с. 30–31; 5, с. 27–28]. Выхлопные газы содержат углекислый газ, водяной пар, продукты неполного сгорания – угарный газ, водород, копоть, оксиды серы и азота, другие химические элементы.

Измерение концентрации вредных веществ в приземном слое в районе аэропортов (аэродромов) показало, что основными химическими загрязнителями являются оксиды азота, серы и углерода. Исследования почв и поверхностных вод указывают на существенное загрязнение углеводородами, в том числе канцерогенными, различными высокотоксичными веществами, вырабатываемыми аккумуляторными зарядными установками, цехами покраски, а также свинцом, цинком, никелем и другими агрессивными субстанциями.

Для определения вредных эмиссионных характеристик авиационных двигателей были произведены экспериментальные исследования, которые показали, что загрязнение атмосферы зависит в основном от работы силовой установки. Выброс продуктов неполного сгорания происходит при малой тяге двигателей, а оксидов азота – на максимальных режимах. Поэтому значительное загрязнение воз-

духа последним отмечается по маршруту следования воздушных судов.

Следует отметить, что выхлопные газы двигателей летательных аппаратов вносят свой «вклад» и в образование озоновых дыр. В верхнюю тропосферу и нижнюю стратосферу выбрасывается огромное количество водяных паров. Установлено, что в настоящее время ежедневно в эти слои атмосферы «внедряется» от 10 до 30 т водяных паров. Оксиды азота вступают в реакцию с озоном стратосферы, что приводит к разрушению этого слоя, защищающего биосферу от жесткого ультрафиолетового солнечного излучения.

В свою очередь увеличение влагосодержания воздушных масс способствует появлению облаков, а у земли при низких отрицательных температурах – возникновению тумана (смога). Поступающий из двигателя самолета водяной пар под влиянием турбулентного обмена перемешивается с окружающим воздухом, что приводит при низких температурах и высокой влажности к конденсации и сублимации водяного пара. При наличии слоев инверсий поднимающийся объем водяного пара растекается, способствуя образованию обширной пелены из облаков слоистообразной формы. Первоначально облачный след имеет ширину несколько сот метров, но, растекаясь, увеличивается до нескольких километров. Таким образом, водяной пар, выбрасываемый в атмосферу, может увеличивать количество перистых облаков и их вертикальную мощность.

Такое изменение перистых облаков происходит, как правило, при интенсивных полетах и приводит к изменению традиционного режима солнечной радиации. Так, днем при наличии сплошной облачности, занимающей обширное пространство, следует ожидать снижения притока солнечного тепла и понижения температуры в приземном слое, а ночью – уменьшения уходя длинноволновой радиации в мировое пространство от подстилающей поверхности. По данным численного моделирования, увеличение количества перистых облаков приводит к росту температуры воздуха.

Загрязнение нижней стратосферы выше тропопаузы (высоты более 9–11 км) влияет на физико-химический состав стратосферного воздуха. Частицы, выброшенные на высоте 14 км, пребывают в стратосфере до одного месяца, а на высоте 22 км – до двух лет. Это приводит к уменьшению плотности атмосферного озона и соответственно сказывается на погодных условиях и климате Земли, вызывает стихийные бедствия. Истощение озонового слоя является также негативным фактором для экологии животного и растительного мира, здоровья человека.

### АЭРОПОРТ – НЕ ТОЛЬКО ЗАЛ ОЖИДАНИЯ

С экологической точки зрения современный аэропорт (аэродром) можно рассматривать еще и как комплекс, излучающий электромагнитную энергию, оказывающую вредное воздействие на окружающую среду и человека. К источникам излучения следует отнести радары, средства связи [1, с. 6–95]. Наибольшей биологической активностью обладают волны дециметрового, сантиметрового и особенно миллиметрового диапазона. Медико-биологические исследования влияния СВЧ-облучения на живые организмы показали, что оно способно нарушать (угнетать) деятельность центральной нервной системы, разрушать белковые молекулы, содержащиеся в крови, изменять функции

эндокринных органов человека. Отрицательные воздействия электромагнитных излучений усиливаются шумовым фактором [1, с. 6–95].

С годами увеличение грузоподъемности воздушных судов и интенсивности полетов привели еще и к повышению уровня шумности в зонах расположения аэропортов (аэродромов). Проблема защиты людей от этого вредного воздействия решается путем осуществления целого комплекса мероприятий. Основное внимание уделяется вопросам снижения шума, создания малошумных двигателей и выбору рациональной конструкции летательного аппарата в отношении акустики, применения силовой установки, глушителей шума и специальных материалов для его снижения в салоне. И здесь важная роль принадлежит рациональной организации воздушного движения, которая включает выбор траекторий взлета и посадки, размещение аэропортов вдали от населенных пунктов.

Как известно, шумность пассажирских самолетов и вертолетов ограничивается стандартами Международной организации гражданской авиации (ИКАО), а допустимый шум в салоне – национальными стандартами, которые постоянно ужесточаются. Бесспорно, авиационный шум оказывает негативное влияние на организм человека. Причем длительное воздействие может привести не только к снижению остроты слуха, но и в отдельных случаях к полной глухоте. Как выяснили специалисты, в первые недели работы в шумных условиях человек быстро утомляется, обостряется слух на высоких частотах, затем вырабатывается привычка к шуму и чувствительность к высоким частотам падает. Так начинается процесс постепенного ухудшения слуха.

Исследования показывают, что при интенсивности шума в 135–140 дБ возникают вибрации в мягких тканях носа и горла, а также в костях черепа и зубах. При воздействии более 140 дБ начинают вибрировать грудная клетка, мышцы рук и ног, процесс сопровождается появлением боли в ушах, голове, крайней

### НЕСТЕРУК Виталий Николаевич.

Окончил авиационное училище в Серпухове (Россия), Ленинградский гидрометеорологический институт.

Трудовую деятельность начал в 1955 году старшим синоптиком по метеорологическому и орнитологическому обеспечению авиации. Работал в воинских авиационных частях Московского и Закавказского округов, а также на территории ГДР. В 1974–1985 годах возглавлял научно-исследовательскую лабораторию метеорологического и экологического обеспечения ВВС. С 1987 по 2002 год – старший преподаватель кафедры физической географии Белорусского государственного педагогического университета имени М. Танка, лектор Академии управления при Президенте Республики Беларусь. Полковник ВВС в отставке. В настоящее время – заведующий кафедрой координации научно-исследовательских работ в гимназии № 23 г. Минска. Сфера научных интересов: исследование экологических проблем энергетики, промышленности и транспорта. Автор более 200 публикаций научно-исследовательского характера, трех монографий, изданных в стране и за рубежом.

усталости и раздражительности. При уровне более 160 дБ может произойти разрыв барабанных перепонок. Губительное действие оказывает шум как на центральную нервную систему, так и вегетативную систему человека, вызывая множество заболеваний.

### «ВЕНТИЛЯТОР» ДЛЯ РАЗГОНА ТУМАНА

В последнее время становятся все более популярными для получения электрической энергии ветряные электродвигатели. Винт вертолета также представляет собой мобильный вентилятор с силовой установкой. Оказалось, с его помощью мы можем решать некоторые экологические проблемы. Одна из них – рассеяние тумана.

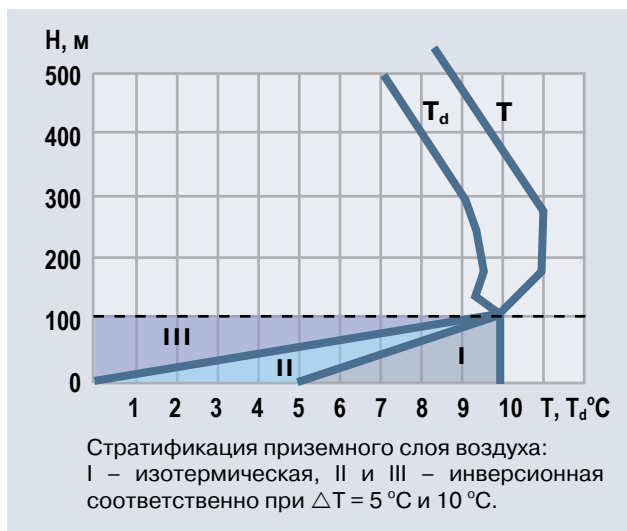
Густой туман часто служит серьезным препятствием для обеспечения безопасной посадки самолетов. Используется несколько способов его рассеяния: от тепловых до динамических. Наш коллектив исследователей предлагает решить данную проблему с помощью вертолета. Согласно расчетам, новый способ эффективен при рассеянии радиационных туманов небольшой толщины [3, с. 196–232; 4, с. 66–78; 5, с. 30–31]. Произведе-

но численное моделирование рассеяния тумана толщиной 100 м при трех стратификациях приземного слоя воздуха (рис. 1).

Исследовалось влияние высоты полета вертолета на время рассеяния тумана. На рисунках 2 а–в представлены картины воздушных потоков при зависании вертолета на разных высотах. В первом случае (рис. 2а) нисходящие потоки достигают подстилающей поверхности ослабленными и работа летательного аппарата по рассеянию тумана неэффективна. Во втором случае (рис. 2в), наоборот, возникают очень сильные отраженные восходящие потоки и уже в них могут образовываться столбы тумана. В принципе это оправдано физически, поскольку при работе несущего винта в режиме зависания возникают восходящие потоки. Естественно, что при подъеме влажного воздуха будет наблюдаться конденсация водяного пара. Это может привести к переходу тумана в низкую облачность высотой 30–70 м, что недостаточно для осуществления полетов. Наиболее оптимальный вариант высоты зависания вертолета (120 м) для рассеяния тумана представлен на рисунке 2б. На нем видно, что интенсивные нисходящие потоки достигают подстилающей поверхности, а восходящие значительно ослаблены. Свою роль здесь играют и горизонтальные потоки: они вызывают перемещение и столкновение частиц, которые в итоге могут укрупняться и выпадать.

Безусловно, высота 120 м не всегда оптимальна. Во многом она будет зависеть от аэродинамики вертолета (его типа, мощности двигателей и диаметра несущего винта), метеорологических параметров атмосферы (величины, интенсивности и высоты инверсии; толщины, интенсивности и водности тумана; влажности над задерживающим слоем), рельефа и состояния подстилающей поверхности. Чем вертолет тяжелее и чем больше диаметр его несущего винта, тем большей будет оптимальная высота зависания для рассеяния тумана (см. таблицу). Для современных тяжелых вертолетов она

Рисунок 1. Начальные профили температуры (Т) и точки росы (Т<sub>д</sub>)



составляет 150–200 м. Чем меньше величина и интенсивность инверсии, высота ее расположения, водность тумана и влажность над задерживающим слоем, тем эффективней будет рассеяние тумана вертолетом, потому что при инверсии зона просветления в тумане получается наибольшей. Влажная подстилающая поверхность будет уменьшать эту эффективность и даже может привести к обратному результату. В пониженных формах рельефа рассеяние затрудняется, а на выпуклых – облегчается. Для успеха рассеяния толщина инверсии должна быть меньше оптимальной высоты зависания.

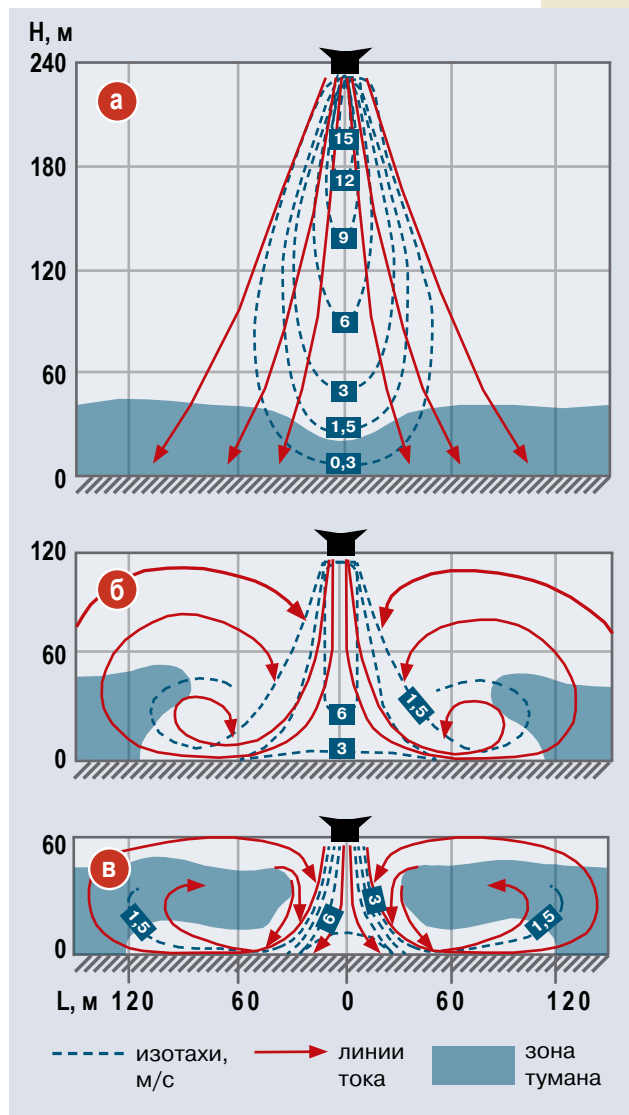
Как показало выполненное нами численное моделирование [3, с. 196–232], полет вертолета необходимо выполнять выше зоны действия инверсии. Только в этом случае сухой воздух при перемещении вниз за счет адиабатического нагрева удаляется от состояния насыщения и, перемешиваясь с насыщенным воздухом, способствует рассеянию тумана.

Когда оптимальная высота зависания оказывается меньше толщины инверсии и полет выполняется под ее верхней границей, рассеяние тумана маловероятно. В этом случае вниз будет перекачиваться влажный воздух, который при перемещении за счет сжатия также будет удаляться от состояния насыщения. При перемешивании его с перенасыщенным слоем тумана эффект во многом будет зависеть от термогигрометрических характеристик смешиваемых масс воздуха. Во всех случаях для рассеяния тумана толщина его слоя должна быть значительно меньше оптимальной высоты полета.

### КАК ВЕРТОЛЕТ БОРЕТСЯ С ЗАМОРОЗКАМИ

Вымерзание является наиболее распространенным видом повреждения озимых, за счет которого в отдельные годы погибают посевы на тысячах гектаров. Следует иметь в виду, что у большинства сортов озимой пшеницы критическая температура вымерзания (при отсутствии

**Рисунок 2. Характеристика воздушного потока от вертолета в режиме зависания на высотах 240 м (а), 120 м (б), 60 м (в).**



снежного покрова) находится в пределах от  $-16$  до  $-18$  °C, у ржи она составляет  $-22$ ... $-24$  °C, у озимого ячменя  $-13$ ... $-16$  °C. Однако при интенсивных оттепелях, которые в последние годы учащаются из-за общего потепления климата, критическая температура для озимых значительно повышается, и растения уже погибают при более высоких температурах. Что и говорить, температурный режим зачастую оказывается не совсем благоприятным для развития сельскохозяйственных

**Радиус просветленной зоны как функция высоты зависания для вертолетов разной мощности (массы). Начальная толщина тумана – 95 м, время зависания – 5 минут**

Высота зависания, м	370	290	210	130	90
Радиус просветленной зоны (м) для вертолета:					
массой 8,6 т	0	45	115	170	105
массой 16 т	50	100	175	165	125

культур. Обычно похолодание связано с образованием приземной инверсии за счет радиационного выхолаживания. В большей степени это характерно для районов Полесья, где расположены осушенные болота. Понижение температуры на торфяниках нередко приводят к гибели растений.

Защита сельскохозяйственных культур от подобных условий является актуальной задачей рационального природопользования и имеет большое практическое значение.

Исследование воздействия воздушных судов на окружающую среду позволило установить, что их можно использовать для борьбы с заморозками и вымораживанием посевов. Учитывая новизну нашего предложения, остановимся на нем более подробно.

Вертолетный способ борьбы с заморозками имеет ряд преимуществ. Во-первых, он высоко мобилен, мало зависит от перемены направления и скорости ветра и позволяет ликвидировать понижение температуры на больших площадях. Во-вторых, этот способ оказывается экологически значительно более чистым, чем дымовые завесы. Как известно, традиционные методы борьбы с заморозками – окуривание и задымление – приводят к тому, что в воздух вводится большое количество аэрозолей, копоти, дыма и других вредных веществ. Более того, эффективность проводимых мероприятий в значительной степени зависит от изменчивости ветра. При малых барических градиентах, характерных для заморозков, часто меняются скорость и направление ветра, а это ведет к загрязнению территории канце-

рогенными веществами, нежелательным экологическим последствиям.

Путем математического моделирования и проведения экспериментов по перемещению воздушных судов в различных физико-географических условиях мы выяснили: если полеты осуществлять на малой скорости, то это приведет к изменению температурного режима в нижних слоях атмосферы.

Как это осуществить практически? Вертолет в режиме зависания возмущает слой толщиной 300–400 м, а по горизонтали – зону, размеры которой в 10 раз больше диаметра несущего винта. В верхней части возмущенного слоя в случае инверсии происходит понижение температуры, а в нижней – ее повышение. Чем интенсивнее инверсия, тем возможно большее повышение температуры у поверхности земли. Этот факт представляется весьма значимым для предотвращения заморозков. Размер обработанной территории зависит от типа и количества вертолетов, времени и режима их работы. Для увеличения площади целесообразно применять несколько летательных аппаратов и полет выполнять «змейкой». Рекомендуется использование тяжелых вертолетов с косым обтеканием несущего винта при влажности более 85 % и температуре ниже –15 °С. В таком случае за вертолетом образуется облачность, которая уменьшает выхолаживание и приводит к повышению температуры воздуха в приземном слое на 8–10 °С. Данный метод борьбы с вымерзанием сельскохозяйственных культур может быть особенно эффективен в малоснежные зимы.

Пока вертолетный способ борьбы с заморозками в практике вертолетной авиации только начинает применяться. Однако в недалеком будущем могут выявиться новые неожиданные возможности использования авиации в народном хозяйстве страны, что потребует дальнейшего развития научного направления, связанного с изучением непреднамеренных и целенаправленных воздействий современных летательных аппаратов на окружающую природную среду. ■

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Методические указания по определению уровней электромагнитного поля средств управления воздушным движением гражданской авиации. ВЧ-, ОВЧ-, УВЧ- и СВЧ-диапазонов. Министерство здравоохранения СССР, 1988.
2. Нестерук, В.Н. Продукты сгорания и туман / В.Н. Нестерук // Авиация и космонавтика. – 1971. – № 7.
3. Мазуров, Г.И. Метеорологические условия и полеты вертолетов / Г.И. Мазуров, В.Н. Нестерук. СПб, 1992.
4. Мазуров, Г.И. Физико-метеорологические условия образования облачных следов за вертолетами / Г.И. Мазуров, В.Н. Нестерук // Труды ГМНЦ. – 1982.
5. Нестерук, В.Н. Туман на аэродроме / В.Н. Нестерук // Техника и вооружение. 1973. – № 1.

