

УДК 551.591:629.7

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИДИМОСТИ В АВИАЦИИ

Рехин Д.В.

Кировоградская летная академия
Национального авиационного университета

Безопасность имеет большое значение для авиации и обеспечение безопасности авиационных перевозок непосредственно связано с определением видимости в различных погодных условиях. Видимость показывает прозрачность воздуха в горизонтальном направлении и представляет собой максимальное расстояние, которое можно увидеть в атмосфере в заданное время. В данной работе приведены основные методы определения видимости в авиации. Проанализированы особенности методов определения видимости в авиации. Совершенствование методов определения видимости в авиации позволит получить достоверное значение метеорологической оптической дальности и повысить безопасность полетов.

Ключевые слова: видимость, методы, авиация, метеорология, безопасность.

Безопасность имеет большое значение для авиации и обеспечение безопасности авиационных перевозок непосредственно связано с определением видимости в различных погодных условиях. Видимость показывает прозрачность воздуха в горизонтальном направлении и представляет собой максимальное расстояние, которое можно увидеть в атмосфере в заданное время. Формирование атмосферных аэрозолей непосредственно влияет на видимость и связано с кинетикой образования гетерогенных систем, которая управляется двумя основными параметрами: температурой и давлением. **Предсказать видимость на основании анализа метеорологических данных достаточно трудно, поэтому в авиации применяется экспериментальный метод ее измерения, который основывается на оптическом принципе.**

Пропускание света атмосферным воздухом напрямую связано с метеорологией и может ухудшаться при воздействии ряда погодных факторов (в т.ч. атмосферных осадков):

- дождь;
- снег;
- пыль;
- туман;
- дым;
- смог и другие.

Однако несмотря на то, что определение видимости используется уже давно в авиации, публикации, посвященные методам ее определения практически полностью отсутствуют.

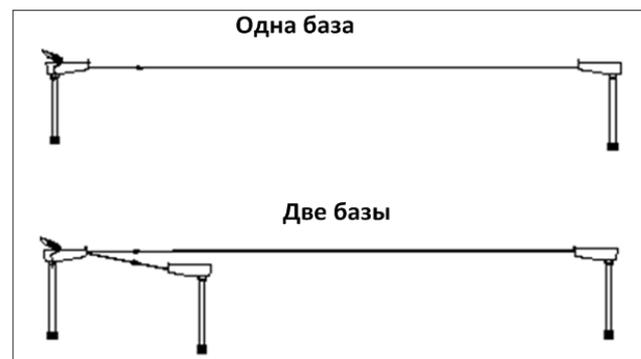
Целью данной работы является рассмотрение основных методов определения видимости и особенностей их практической реализации. Проанализированы основные достоинства и недостатки существующих способов определения видимости в авиации. Приведены схемы расположения блоков трансмиссометров.

Основной характеристикой, определяющей видимость в авиации, является метеорологическая дальность видимости, которая определяется, как наибольшее расстояние, с которого абсолютно черный объект размером более 20', проецирующийся на фон неба у горизонта, перестает быть видимым [1]. Для определения метеорологической оптической дальности (метеорологической дальности видимости) используются трансмиссометры (рисунок 1а). Основной измеряемой величиной, которая регистрируется

трансмиссометрами (от англ. Transmission) является коэффициент пропускания света прозрачной средой (воздухом). Ухудшение видимости приводит к снижению показателя пропускания (экстинкции) и в большем поглощении света воздушной атмосферной, в которой распределены дисперсные включения (пыль, капли дождя, частицы снега и т.п.).



а



б

Рис. 1. Трансмиссометр (а)
и расположение его блоков (б)

Оптическая дальность определяется длиной пути в атмосфере, которая необходима для ослабления светового потока коллимированного светового пучка до значения 0,05 от первоначальной величины.

Основной физической величиной, которая определяется при помощи трансмиссометра, является коэффициент пропускания (изменяется в пределах 0-100%), который и показывает метеорологическую оптическую дальность. В общем виде, пропускание света определяется экспоненциальной зависимостью, которую называют формулой Кошмидера, представляющей следствие классического закона Бугера-Ламберта:

$$I = I_0 \cdot \exp(-x \cdot a), \quad (1)$$

где I – интенсивность прошедшего через прозрачную среду света, I_0 – исходная интенсивность света, x – расстояние, вдоль которого проходит свет, a – коэффициент ослабления. За рубежом, метеорологическая оптическая дальность имеет международное обозначение MOR и определяется как $3/a$. Данная величина определяется с учетом порога контрастной чувствительности глаза, который составляет 0,05. Трансмиссометр проводит измерение определенного среднего значения объема воздуха (горизонтальный цилиндрический объем воздуха) между передатчиком и приемником. Световой поток генерируется газоразрядной лампой в импульсном режиме. Система для измерения видимости устанавливается вдоль аэропортов, чтобы обеспечить контроль безопасности при взлете и посадке.

Величина метеорологической оптической дальности может варьироваться в диапазоне 10-50 км. Величину коэффициента ослабления в литературе часто называют коэффициентом экстинкции. Именно этот коэффициент является основной величиной, определение которой реализуется в авиационных приборах измерения видимости (метеорологической оптической дальности).

Прибор состоит из двух основных блоков – излучателя и приемника, которые установлены на определенном расстоянии друг от друга. Такое расстояние также называют базой. Существуют однобазовые (одноконечные) и двухбазовые или двухконечные трансмиссометры (рисунок 16). В однобазовом приборе на одном конце находится излучатель, на другом – приемник. Часто приборы измеряют метеорологическую оптическую дальность для случаев, если ее значение ниже величины базы. В этом случае свет регистрируется вторым приемником. В двухбазовом приборе один конец измерительной базы выполнен приемоизлучающим, а на втором конце расположен приемник света и отражатель. Расстояние, на котором определяется видимость, зависит от длины базы и может достигать до 50 величин длины базы. Стоит отметить, что для определения метеорологической оптической дальности используются как двухбазовые (Mitras), так и однобазовые приборы (ФИ-1), хотя также существуют и смешанные приборы (ФИ-3, ФИ-2). Для повышения сходимости результатом определения MOR часто в блок отражателя устанавливается дополнительный приемник. Такая схема позволяет работать в условиях низкой прозрачности атмосферы.

Наибольшее распространение получили двухбазовые приборы. Повышение чувствительности измерения потребовало размещения между приемником и передатчиком еще одного приемника (или отражателя), но на короткой базе. Современные трансмиссометры позволяют определять дальность в диапазоне 10-10000 м в автоматическом режиме при длинах базы до 200 м (длина короткой базы современных приборов составляет 10-20 м). Точность измерения MOR в значительной степени зависит от длины базы (рисунок 2) и снижается с увеличением базы [2].

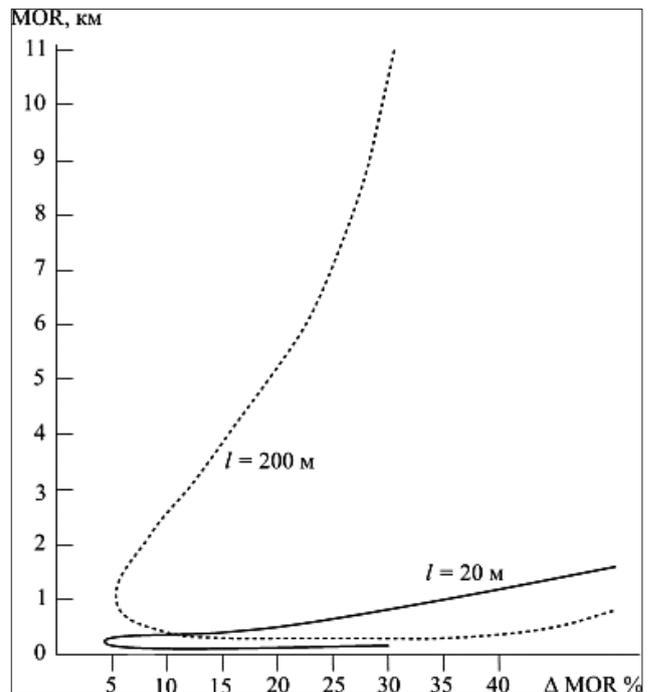


Рис. 2. Взаимосвязь между погрешностью определения MOR и длиной измерительной базы [2]

В качестве источника света, который используется для определения MOR, применяют источники с узким и широким спектральным диапазоном в видимой области света. В последнее время от источников с узким спектральным диапазоном (лазеры, светодиоды) стараются отказываться, поскольку некоторые погодные явления приводят к возникновению ошибок в измерениях. К широкодиапазонным источникам света относятся белые светодиодные излучатели. Свет генерируется в атмосферу через окно, которое требует тщательного контроля загрязненности, поскольку осаждение пыли и грязи на стекло прибора будет вносить значительную погрешность в результаты измерений.

Современные приборы снабжены кожухами для защиты от осадков. Помимо этого, приборы должны быть снабжены воздуходувками для создания воздушной завесы в случае воздействия пыли и осадков, которые отклоняются под действием ветра. Основным требованием, при создании таких воздушных устройств, является то, что работа воздушного устройства не должна вносить ошибки в измерения. Специфическим требованием к созданию современных приборов определения видимости (метеорологической оптической дальности) является диапазон рабочих

температур, который составляет от -50 до $+50^{\circ}\text{C}$, включающий работу при относительной влажности воздуха до 100%.

В современных трансмиссометрах помимо непрерывного режима генерации излучения также используется импульсный режим генерации, в котором ксеноновая лампа генерирует излучение, для того, чтобы идентифицировать вклад люминесценции (потери энергии оптического излучения на люминесценцию). Взвешенные частицы, находящиеся в воздухе снижают интенсивность света, полученного приемником, и дают возможность уточнить значение коэффициента экстинкции.

Классическая схема трансмиссометра типа приемник-передатчик показана на рисунке 3а. В наиболее частом исполнении приемник и передатчик разнесены между собой. Несколько реже применяется схема, в которой приемник и передатчик расположены в одном корпусе, а видимость оценивается по интенсивности сигнала, пришедшего от отражателя, расположенного в другом отдельном корпусе.

Перспективным подходом для определения метеорологической оптической дальности является использование не только датчиков, определяющих пропускание воздухом волн в видимом диапазоне, но и использование датчиков рассеяния света (рисунок 3б и 3в).

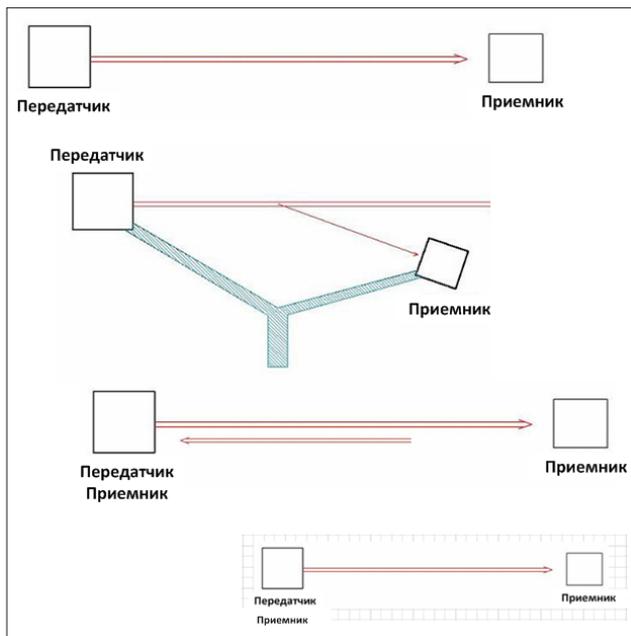


Рис. 3. Схемы получения сигнала при определении видимости:

а – схема с пропусканием; б – схема с прямым рассеянием; в – схема с обратным рассеянием, совмещенная со схемой пропускания

Именно обратное рассеяние света (рисунок 3в) показало свою высокую эффективность в определении видимости при снегопаде и дожде. Однако, такие приборы пока что не получили широкого распространения, хотя результаты обработки спектров обратного рассеяния показали высокие перспективы использования метода в будущем. Помимо обратного рассеяния, высокую информативность имеет схема определения

видимости по прямому рассеянию (рисунок 3б). В схеме прямого рассеяния расстояние между пучками приемника и передатчика составляет $20-50^{\circ}\text{C}$. Сам приемник и передатчик расположены на одной стойке. Такая схема является более компактной, поскольку базовое расстояние между приемником и передатчиком достаточно невелико. Расстояние между приемником и передатчиком составляет 1-2 м. Однако, в большинстве случаев, используется комбинация схемы прямого рассеяния, расположенной на одном конце участка взлетно-посадочной полосы (рисунок 1б), со схемой пропускания (рисунок 1а) на другом конце. Сравнение параметров пропускания и рассеяния дает более высокую точность и быстроту оценки быстро меняющихся погодных условий, изменение которых приводит к резкому снижению видимости.

Помимо вышеуказанных методов существует метод нефелометрии. Такие приборы позволяют анализировать рассеянные пучки света в более широком диапазоне ($0-120^{\circ}$). Широкий угол «обзора» дает возможность получения более полной картины о MOR, что не достигается приборами, работающими на анализе коэффициента пропускания. Типичным примером такого рода приборов является нефелометр «Пеленг СЛ-03».

Если рассматривать теоретическую сторону, то метод нефелометрии основывается на анализе интенсивности светового потока, который рассеивается частицами атмосферных аэрозолей. Интенсивность рассеянного излучения пропорциональна концентрации взвешенных частиц в воздухе. Как правило, работа метеорологических нефелометров основана на анализе сигнала рассеяния света, полученного при прохождении излучения через воздушную среду, во всех направлениях относительно пучка света.



Рис. 4. Внешний вид нефелометра FD12P

Современные нефелометры помимо датчика MOR также содержат датчик осадков. Такие датчики являются дополнительными, и их принцип основывается на генерации сигнала, пропорционального попавшей на емкостной датчик воды.

Основным источником света в метеорологических нефелометрах является инфракрасный светодиод (длина волны 850 нм). Излучатель передает излучение через воздушную среду и рассеяние света в прямом направлении регистрируется приемником обратного рассеяния. Если рассматривать современные приборы, такие как FD12P (рисунок 4), то их точность составляет

$\pm 10\%$ (расстояние 10-10000 м) и $\pm 20\%$ (расстояние 10-50 км).

Таким образом, современные методы оценки видимости основы в авиации основные не только на измерении излучения, прошедшего через атмосферу, но и сконцентрированы на анализе рассеянного излучения в прямом и обратном направлении, что позволяет получить достоверное значение метеорологической оптической дальности и повысить безопасность полетов. Применение новых технологий анализа оптического спектра рассеяния атмосферных аэрозолей (пылей, туманов и т.п.) будет способствовать более прецизионной оценке метеорологических условий.

Список литературы:

1. Поздняков В. А. Практическая авиационная метеорология / В. А. Поздняков. – Екатеринбург: Уральский УТЦ ГА. – 2010. – 133 с.
2. РД 52.21.680 – 2006. Руководство по определению дальности видимости на ВПП (RVR).
3. Galati G., Dalmasso I., Pavan G., Brogi G. Fog Detection Using Airport Radar // Radar Symposium, 2006. IRS 2006. International. – P. 1-4.

Рехін Д.В.

Кіровоградська льотна академія
Національного авіаційного університету

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ВИДИМОСТІ В АВІАЦІЇ

Анотація

Безпека має велике значення для авіації і забезпечення безпеки авіаційних перевезень, безпосередньо зв'язано з визначенням видимості в різних погодних умовах. Видимість показує прозорість повітря в горизонтальному напрямленні і являє собою максимальну відстань, яку можливо побачити в атмосфері в заданий час. В даній роботі приведені основні методи визначення видимості в авіації. Проаналізовані основні методи визначення видимості в авіації. Удосконалення методів визначення видимості в авіації дасть змогу отримати достовірні значення метеорологічної оптичної дальності і збільшить безпеку польотів.

Ключові слова: видимість, методи, авіація, метеорологія, безпека.

Rekhin D.V.

Kirovograd Flight Academy of the National Aviation University

METHODS OF VISIBILITY DETERMINATION IN AVIATION

Summary

Safety is of great importance for aviation and ensuring the safety of air transportations, directly related to the definition of visibility in different weather conditions. Visibility shows transparency in the forward and backward directions. In this paper, the main methods for determining visibility in aviation were presented. The features of methods for determining the visibility in aviation are analyzed. Improving the methods for determining visibility in aviation will make it possible to obtain a reliable value for the meteorological optical range and to improve the flight safety.

Keywords: visibility, methods, aviation, meteorology, security.