

Оптические свойства Атмосферы и их учёт при решении до- рожных задач Мельник А.С.

Белорусский национальный технический университет

Введение

Многообразие оптических явлений в атмосфере обусловлено различными причинами. К наиболее распространенным феноменам относятся молния и весьма живописные северное и южное полярные сияния. Кроме того, особенно интересны радуга, гало, паргелий (ложное солнце) и дуги, корона, нимбы и призраки Броккена, миражи, огни святого Эльма, светящиеся облака, зеленые и сумеречные лучи.

Виды оптических явлений Полярное сияние

Полярное сияние — поразительное явление свечения, наблюдаемое на небе, чаще всего в полярных областях. В Северном полушарии его называют также северным сиянием, а в высоких широтах Южного полушария - южным. Предполагается, что этот феномен существует также и в атмосферах других планет, например Венеры. Природа и происхождение полярных сияний — предмет интенсивных исследований, и в этой связи были разработаны многочисленные теории. Явление свечения, до некоторой степени близкое полярным сияниям, называемое «свечением ночного неба», можно наблюдать при помощи специальных приборов на любой широте. Полярные сияния имеют весьма разнообразные формы, включая проблески, пятна, однородные дуги и полосы, пульсирующие дуги и поверхности, всполохи, лучи, лучистые дуги, драпри и короны.

Свечение, как правило, начинается в виде сплошной дуги, которая является одной из самых обычных форм и не имеет лучистой структуры. Яркость может быть довольно постоянной во времени или же пульсировать с периодом менее минуты. Период яркости сияния, увеличивается, однородная форма часто распадается на лучи, лучистые дуги, драпри или короны, в которых лучи как бы сходятся к вершине. Всполохи в форме быстро движущихся вверх волн света часто венчаются короной.

Расчеты, выполненные на основе множества фотонаблюдений на Аляске, в Канаде и, особенно в Норвегии, показывают, что около 94 % полярных сияний приурочено к высотам от 90 до 130 км над земной поверхностью, хотя для разных форм полярных сияний характерно свое собственное высотное положение. Максимальная до сих пор зарегистрированная высота появления полярного сияния — около 1130 км, минимальная — 60 км.

Радуга

Радуга — самое красивое атмосферное явление. Обычно это огромная арка, состоящая из разноцветных полос, наблюдаемая, когда Солнце освещает лишь часть небосвода, а воздух насыщен каплями воды, например во время дождя. Разноцветные дуги располагаются в последовательности спектра (красная, оранжевая, желтая, зеленая, голубая, синяя, фиолетовая), однако цвета почти никогда не бывают чистыми, поскольку полосы взаимно перекрываются. Как правило, физические характеристики радуг существенно различаются, поэтому и по внешнему виду они весьма разнообразны. Их общей чертой является то, что центр дуги всегда располагается на прямой, проведенной от Солнца к наблюдателю. Главная радуга представляет собой дугу, состоящую из наиболее ярких цветов — красного на внешней стороне и фиолетового — на внутренней. Иногда видна только одна дуга, но часто с внешней стороны основной радуги появляется побочная. Она имеет не столь яркие цвета, как первая, а красная и фиолетовая полосы в ней меняются местами: красная располагается с внутренней стороны.

Образование главной радуги объясняется двойным преломлением и однократным внутренним отражением лучей солнечного света. Проникая внутрь капли воды, луч света преломляется и разлагается, как при прохождении сквозь призму. Затем он достигает противоположной поверхности капли, отражается от нее и выходит из капли наружу. При этом луч света, прежде чем достичь наблюдателя, преломляется вторично. Исходный белый луч разлагается на лучи разных цветов с углом расхождения 2° . При образовании побочной радуги происходит двойное преломление и двойное отражение солнечных лучей. В этом случае свет преломляется, проникая внутрь капли через ее нижнюю часть, и отражается от внутренней поверхности капли. В определенной точке свет преломляется, выходя из капли в сторону наблюдателя.

На восходе и закате Солнца наблюдатель видит радугу в виде дуга, равной половине окружности, так как ось радуги параллельна горизонту. Если Солнце располагается выше над горизонтом, дуга радуги меньше половины окружности. Когда Солнце поднимается выше 42° над горизонтом, радуга исчезает. Везде, кроме высоких широт, радуга не может появиться в полдень, когда Солнце стоит слишком высоко. Когда дождь или водяная пыль образуют радугу, полный оптический эффект достигается за счет суммарного воздействия всех капелек воды, пересекающих поверхность конуса радуги с наблюдателем в вершине. Роль каждой капли мимолетна. Поверхность конуса радуги состоит из нескольких слоев. Быстро пересекая их и проходя при этом через серию критических точек, каждая капля мгновенно разлагает солнечный луч на весь спектр в строго определенной последовательности — от красного до фиолетового цвета. Множество капель таким же образом пересекает поверхность конуса, так что радуга представляется наблюдателю непрерывной как вдоль, так и поперек ее дуги.

Гало

Гало — белые или радужные световые дуги и окружности вокруг диска Солнца или Луны. Они возникают вследствие преломления или отражения света находящимися в атмосфере кристаллами льда или снега. Кристаллы, формирующие гало, располагаются на поверхности воображаемого конуса с осью, направленной от наблюдателя (из вершины конуса) к Солнцу. При некоторых условиях атмосфера бывает насыщена мелкими кристаллами, многие грани которых образуют прямой угол с плоскостью, проходящей через Солнце, наблюдателя и эти кристаллы. Такие грани отражают поступающие лучи света с отклонением на 22° , образуя красноватое с внутренней стороны гало, но оно может состоять и из всех цветов спектра. Реже встречается гало с угловым радиусом 46° , располагающееся концентрически вокруг 22° -градусного гало. Его внутренняя сторона тоже имеет красноватый оттенок. Причиной этого также является преломление света, происходящее в этом случае на образующих прямые углы гранях кристаллов. Как 46° -градусные, так и 22° -градусные гало, как правило, имеют наибольшую яркость в верхней и нижней частях кольца. Изредка встречающееся 90° -градусное гало представляет собой слабо светящееся, почти бес-

цветное кольцо, имеющее общий центр с двумя другими гало. Если оно окрашено, то имеет красный цвет на внешней стороне кольца.

Миражи

Миражи — оптический эффект, обусловленный преломлением света при прохождении через слои воздуха разной плотности и выражающийся в возникновении мнимого изображения. Удаленные объекты при этом могут оказаться поднятыми или опущенными относительно их действительного положения, а также могут быть искажены и приобрести неправильные, фантастические формы. Миражи часто наблюдаются в условиях жаркого климата, например над песчаными равнинами. Обычны нижние миражи, когда удаленная, почти ровная поверхность пустыни приобретает вид открытой воды, особенно если смотреть с небольшого возвышения или просто находиться выше слоя нагретого воздуха. Подобная иллюзия обычно возникает на нагретой асфальтированной дороге, которая далеко впереди выглядит как водная поверхность. В действительности эта поверхность является отражением неба. Ниже уровня глаз в этой «воде» могут появиться объекты, обычно перевернутые. Над нагретой поверхностью суши формируется «воздушный слоеный пирог», причем ближайший к земле слой — самый нагретый и настолько разрежен, что световые волны, проходя через него, искажаются, так как скорость их распространения меняется в зависимости от плотности среды. Верхние миражи менее распространены и более живописны по сравнению с нижними. Удаленные объекты (часто находящиеся за морским горизонтом) вырисовываются на небе в перевернутом положении, а иногда выше появляется еще и прямое изображение того же объекта. Это явление типично для холодных регионов, особенно при значительной температурной инверсии, когда над более холодным слоем находится более теплый слой воздуха. Данный оптический эффект проявляется в результате сложных закономерностей распространения фронта световых волн в слоях воздуха с неоднородной плотностью. Время от времени возникают очень необычные миражи, особенно в полярных регионах. Когда миражи возникают на суше, деревья и другие компоненты ландшафта перевернуты.

Оптические свойства туманов

Оптические свойства туманов сходны с оптическими свойствами облаков. Солнечный свет хорошо отражается от слоя тумана. Отра-

женный свет составляет около 80 % падающего, т.е. альbedo (коэффициент отражения) туманов, как и облаков, весьма велико. При высоком положении Солнца альbedo уменьшается (однако количественная сторона этого процесса мало исследована).

Часть падающих лучей поглощается туманом. При этом проявляется избирательный характер поглощения: капельки воды, как и водяной пар, хорошо поглощают длинные световые волны (инфракрасные, или тепловые, лучи). Сами капельки тумана также излучают длинные волны в соответствии со своей температурой; с этим связано уменьшение ночного охлаждения почвы и приземного слоя воздуха при наличии облаков или тумана.

Ухудшение видимости предметов в тумане связано, в основном, с рассеянием света. Мелкие частицы тумана (радиусом меньше 0,0005 мм) наиболее сильно рассеивают короткие световые волны (синие лучи), меньше рассеивают длинные волны (красные и инфракрасные лучи). Именно поэтому туманная дымка, когда капельки очень малы, имеет синеватую окраску. В обычных туманах, когда радиус капелек превышает 0,001 мм, световые волны всех длин рассеиваются практически одинаково. Во всех случаях степень рассеяния света, а следовательно, и степень ухудшения видимости предметов, пропорциональны числу капелек или ледяных кристаллов в единице объема. В свою очередь, число капелек в тумане тем больше, чем меньше их радиус и чем больше водность тумана. Поэтому справедлива следующая приближенная формула для оценки видимости L в тумане:

$$L = 2,5 \times (rm/a), \text{ м,}$$

где rm – средний радиус капелек тумана в микронах;

a – водность тумана в граммах на 1 м^3 .

Из этой формулы следует, что при одинаковой видимости при низких температурах размеры капелек в туманах с меньшей водностью меньше, чем в туманах с большей водностью.

При наличии яркого источника света в тумане могут наблюдаться оптические явления, обусловленные особой формой рассеяния света – *дифракцией*. Так, вокруг уличных фонарей при сильном тумане часто наблюдаются радужные венцы. При расположении ту-

мана на некотором расстоянии от наблюдателя в виде четко очерченной туманной массы в отдельных случаях наблюдаются *глюрии* – тени от предметов, окруженные радужными венцами, а иногда и белые радуги. Это явление особенно характерно для горных районов. В ледяных туманах возможно образование кругов вокруг Солнца и Луны.

Учёт погодно-климатических факторов в практике решения дорожных задач

1. Температура воздуха – выбор и обоснование проектных решений и мероприятий, обеспечивающих требуемый технический уровень дороги, удобство и безопасность движения в течение всего срока её эксплуатации; обоснование технологии производства дорожных работ с использованием различных материалов; организация строительства дорог; расчёт температурного режима дорожных конструкций; прогнозирование и оценка эксплуатируемого состояния дорожных одежд; технологические расчёты, связанные с проектированием теплоизоляционных слоёв, защитных покрытий, битумохранилищ, пропарочных камер, других сооружений и установок.

2. Влажность воздуха – оценка состояния погоды; прогнозирование льдообразования и скользкости на дороге; защита гидрофильных материалов от увлажнения.

3. Солнечная радиация – расчёт температуры дорожного покрытия; проектирование составов органоминеральных смесей; расчёты испарения; определение альбедо для различных материалов; расчёт энергетической освещённости.

4. Атмосферное давление – расчёт мощности двигателей внутреннего сгорания; прогнозирование погоды; оценка давления в приборах и установках; проектирование мероприятий по защите людей, работающих в экстремальных условиях.

5. Атмосферные осадки – определение объёмов ливневого и снегового оттоков; организация строительных работ; проектирование противозащитных мероприятий; определение длительности различных состояний покрытия; расчёт отверстий искусственных сооружений, обеспечение отвода поверхностных вод.

6. Гололедица – борьба с зимней скользкостью; выбор оптимального режима движения автомобиля; расчёт теплообогрева дорожной одежды; регулирование теплотехнических свойств покры-

тия; устройство гидрофобной поверхности покрытия, устройство шероховатой поверхности; планирование оснащённости дорожной службы противолёдными средствами; проектирование баз хранения противогололёдных материалов и систем сигнализации о гололёде.

7. Ветер – проектирование дороги с учётом форм рельефа и расчёта на скорость ветра; проектирование ветрозащитных насаждений и ограждений; назначение ширины полосы движения с учётом отклонения автомобиля; расчёт устойчивого движения автомобиля; размещение АБЗ, ЦБЗ и других предприятий с учётом “розы ветров”; расчёт сопротивления движению; определение объёмов снегоприноса; расчёт инженерных сооружений; учёт ветровой нагрузки на мосты; проверка устойчивости сооружений; проектирование контактных сетей воздушных линий электропередачи и связи.

8. Метель – проектирование дороги с учётом влияния на неё снеготранспорта, высоты насыпи и глубины выемок, форм рельефа, растительности, скорости и направления ветра, наличия инженерного оборудования; проектирование снегозащитных полос и ограждений; снегозадерживающих и снегопериодических заборов; организация борьбы со снежными заносами и работ по зимнему содержанию дорог; обеспечение потребности в ресурсах и оснащённости дорожной службы для предотвращения заносов.

9. Туман – определение дальности метеовидимости; выбор оптимальной скорости движения автомобилей; проектирование дороги с учётом влияния рельефа, ландшафта и растительности на частоту образования тумана; устройство специального искусственного освещения и разметки.

10. Температура почвы – выбор технических средств для производства земляных работ; организация работ по строительству, ремонту и содержанию дорог; производство работ по озеленению и уходу за снегозащитными и декоративными насаждениями; укрепление откосов путём посева трав и одерновки.

11. Промерзания грунта – расчёты водно-теплового режима земляного полотна; теплотехнические расчёты конструктивных слоёв дорожной одежды и земляного полотна; проектирование теплоизоляционных прослоек определение количества циклов “замораживания-оттаивания”; определение оптимальных сроков производства земляных работ.

12. Солнечное сияние – расчёт продолжительности солнечного сияния; определение времени восхода солнца, определение времени захода солнца; разработка графика работы предприятия; подсчёт расхода электроэнергии на освещение рабочих мест и дорог.

13. Снежный покров – определение высоты снегозаносимых насыпей; проектирование снегозащитных полос и ограждений; разработка мероприятий по борьбе со снежными лавинами; организация зимнего содержания автомобильных дорог.

14. Облачность – организация работ по строительству, ремонту и содержанию автомобильных дорог; оценка погодных условий; расчёты видимости на дороге; определение дальности метеорологической видимости.

15. Грозы – учёт при производстве дорожных работ; проектирование молниеотводов.

16. Град – защита свежеуложенных цементобетонных покрытий; проектирование наружной осветительной арматуры; организация строительного производства.

17. Пыльные бури – проектирование защитных сооружений; организация содержания дорог; регулирование движения.

18. Испарение – решение задач тепломассопереноса и сушки материалов; определение физических параметров атмосферы.

19. Конденсация – анализ образования осадков и туманов, увлажнение поверхности дороги, защита гигроскопических материалов от влаги.

Средства защиты глаз человека, сидящего за рулем от ослепления

Применительно к машинным зеркалам заднего вида можно классифицировать и выделить в три группы:

- Оптические (спектральные) средства защиты;
- Электрооптические средства защиты;
- Механические средства защиты.

Механическое противоослепляющее устройство

Зеркало с механическим средством защиты от ослепления предполагает изменение коэффициента отражения путем механических перемещений разных узлов. Самое простое средство - переключение положения "ночь - день" в зеркалах, которые имеют клино-

видные оптические элементы. Иная конструкция предполагает наличие в зеркале отражателя с пониженным коэффициентом отражения, он устанавливается вместо или перед основным оптическим элементом. Управление подобным зеркалом осуществляется при помощи электромеханического привода или вручную.

Работа и устройство зеркала с оптическим клиновидным элементом

При нормальном положении зеркала человек видит отражение от зеркальной поверхности; в противоослепляющем изображение будет передаваться от наружной поверхности стекла. Так как стекло зеркала имеет форму клина, данные отражения находятся под разными углами. Сам водитель чаще всего вручную выполняет переключение положений. Есть такие конструкции зеркал, где предусмотрен измеритель освещенности, который обнаруживает источник яркого света, и электромеханический привод, который по сигналу измерителя переводит зеркало из обычного положения в противоослепляющее.

Смысл зеркал с электрооптическими средствами защиты глаз против ослепления

Такие зеркала оснащаются оптическими элементами с переменной отражающей способностью, к примеру, на жидких кристаллах или на электрохромных стеклах.

Зеркала, которые оснащены переменной отражающей способностью, весьма эффективно защищают глаза водителя от ослепления и при этом сохраняют максимальный уровень об информации о дороге. Но у этих типов противоослепляющих зеркал - высокая стоимость - в силу дороговизны электрохромных жидкостей и жидких кристаллов или сложной технологии покрытия.

Устройство зеркала с переменной прозрачностью на жидких кристаллах

В своем составе зеркало имеет жидкокристаллический материал, который заключен между двумя слоями стекла с использованием прозрачных электродов, а также электронной схемы управления и измерителя освещенности.

В обычных условиях жидкокристаллический слой отражает свет, который на него падает с высоким отражательным коэффициентом. Когда измерителем обнаруживается слепящий свет, на жидкокристаллический слой схемой управления подается разность потенциалов. Это приведет к изменению ориентации кристаллов в слое и, следовательно, увеличению его прозрачности. Часть света, который попал на зеркало, в результате проходит сквозь слой и совокупная яркость изображения понижается. Этим и обеспечивается защита от ослепления.

Устройство электрохромного зеркала

Есть два типа электрохромных зеркал: зеркала на основе тонких электрохромных твердых пленок и на основе электрохромных жидкостей на стекле.

В виде зеркал на основе электрохромных жидкостей между двумя стеклянными пластинами пространство заполнено особой жидкостью, которая прозрачна в обычном состоянии и темнеет под действием тока. На наружную пластину наносится прозрачный электрод, а внутренняя пластинка оснащается отражающим металлическим слоем. Когда обнаруживается опасность ослепления, к жидкости передается поток электрического тока - под его воздействием жидкость темнеет и поглощает немного света. От этого и происходит защита от ослепления.

Но самыми распространенными оказались противоослепляющие зеркала на основе оксида вольфрама - твердого электрохромного материала. В конструкции подобных зеркал нет никаких жидкостей.

Спектральные или оптические средства защиты от ослепления

Такие средства основываются на соотношении спектральных характеристик ламп излучения, которые используются в фарах автомобиля, спектров отражения зеркал с новейшим покрытием и спектральной чувствительности зрения человека. Спектральные средства защиты - оптимальное решение проблемы ослепления с точки зрения соотношения результат/цена. Они обеспечивают довольно эффективную защиту при минимальной цене. Помимо этого, спектрально селективная оптика может исключить из конструкции зеркал механические узлы и дорогостоящие материалы.

Работа спектральных средств защиты

Спектральные средства защиты работают по принципу специального подбора спектра отражения зеркала. Подобное зеркало приобретает некоторый цветовой оттенок - тон. Как правило, тон зеркал бывает, синий, зелено-голубой или голубой. Есть зеркала, которые имеют розовый оттенок. Зеркала желто-золотистого тона - это оригинальная разработка компании В«ПолитехВ».

Заключение

Разнообразие оптических явлений велико, так же, как и их влияние на решение дорожных задач. В зависимости от вида оптического явления, выбирают определённые меры. Нельзя забывать, что природа – могучая сила, с которой стоит считаться.

Список литературы

1. Леонович, И.И. Дорожная климатология: учебник/ И.И. Леонович.-Мн.: БНТУ, 2005.-485с.
2. Метеорология и климатология энциклопедия <http://students.russianplanet.ru>
3. Хромов С. П. Метеорология и климатология для географических факультетов. — Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1964. — С. 30. — 500 с.
4. Леонович, И.И. Дорожная климатология: учебное пособие для студентов специальности 29.10 – “Строительство автомобильных дорог и аэродромов”/ И.И. Леонович.-Мн.: БНТУ, 1994.-500с.