

Основы прогнозирования погоды и учёт прогноза в деятельности дорожных организаций

Конопляник М.М.

Белорусский национальный технический университет

Введение

В данном реферате рассмотрены общие сведения о прогнозе погоды, виды прогнозов по заблаговременности периода и в зависимости о целей прогнозирования. Рассмотрены также некоторые аспекты основы прогнозирования погоды, концепции применения статистических методов для построения прогнозов погоды, статистическая оценка прогнозов. Также рассмотрен учёт прогноза в деятельности дорожных организаций.

Общие сведения

Прогноз погоды — научно обоснованное предположение о будущем состоянии погоды в определённом пункте или регионе на определённый период. Составляется (разрабатывается) государственными или коммерческими метеорологическими службами на основе методов метеорологии.

Прогнозы делятся по заблаговременности периода, на который даётся прогноз:

- сверхкраткосрочные (СКПП) — до 12 часов;
- краткосрочные (КПП) — от 12 до 36 часов;

среднесрочные (СПП) — от 36 часов до 10 суток;
долгосрочные (ДПП) — от 10 суток до сезона (3 месяца);
сверхдолгосрочные (СДПП) — более чем на 3 месяца (год, несколько лет).

Оправдываемость прогнозов тем ниже, чем выше заблаговременность. Оправдываемость СКПП составляет приблизительно 95-96 %, КПП 85-95 %, СПП 65-80 %, ДПП 60-65 %, СДПП — около 50 %.[1]

Прогнозы погоды делятся по типам в зависимости от целей, для которых они разработаны:

прогнозы общего пользования (публикуемые в СМИ и на интернет-сайтах) содержат краткую информацию об облачности, атмосферных осадках, атмосферных явлениях, ветре, температуре, влажности воздуха и атмосферном давлении;

авиационные прогнозы содержат детальную характеристику ветра, видимости, атмосферных явлений, облачности, температуры воздуха;

морские и речные прогнозы содержат детальную характеристику ветра, волнения, атмосферных явлений, температуры воздуха;

сельскохозяйственные (агрометеорологические) прогнозы содержат детальную характеристику атмосферных осадков и температуры воздуха.

Основы прогнозирования погоды

Для прогнозирования состояния погоды необходимо знать текущее состояние атмосферы, а для этого нужны метеорологические наблюдения. Также выходные данные моделей численного прогноза погоды используются как входные данные для оценки состояния атмосферы и будущих событий. Вся эта информация объединяется с прогнозами погоды на основе метеорологических технологий и распространяется через публичные средства связи и другие каналы распределения информации лицам, нуждающимся в этой информации для принятия решений.

Основа прогноза погоды на несколько дней вперед — предсказание поля атмосферного давления. Правильный его прогноз уже обеспечивает на 60—70% успешность прогноза в целом. Поля дав-

ления от поверхности Земли до высоты 9 км прогнозируются по уравнениям гидродинамики и вычисляются на ЭВМ. Машина считает также поля вертикальных движений воздуха — это важно для прогноза осадков и облачности. Для циклонов, например, характерны восходящие движения воздуха, которые при определенных условиях могут привести к конденсации влаги, формированию и образованию осадков. В антициклонах, наоборот, вертикальные движения воздуха нисходящие, поэтому облачность «размывается» и наступают прояснения. В связи с этим тепло Земли в ночные часы уходит в атмосферу и прилегающие к ней слои воздуха охлаждаются. Вертикальные движения воздуха вычисляются теоретически, приборов для их измерения нет.[2]



Рис.1 Зарождение циклона (снимок из космоса)

Итак, карта будущего поля атмосферного давления и вертикальных движений воздуха есть. Теперь надо составить прогноз положения и постепенного развития атмосферных фронтов. Это сделать нелегко, т.к. атмосферные фронты — это узкие переходные зоны между воздушными массами. Они отличаются друг от друга вертикальным и горизонтальным строением, условиями и явлениями погоды и множеством других характеристик. Обычно фронты связаны с областями низкого давления. Их горизонтальная протяженность измеряется тысячами километров, они прослеживаются от Земли до высоты 8—10 км. В зависимости от вертикального строения, особенностей перемещения и условий погоды фронты бывают теплыми и холодными. Холодные, как правило, движутся быстрее. Когда они догоняют теплый фронт, то смыкаются с ним, и образуется так называемый фронт окклюзии. У каждого из этих фронтов свои, присущие лишь ему условия и явления погоды, хотя в каждом конкретном случае, в зависимости от сезона года и физико-географических особенностей местности, влияние фронта может проявиться по-разному. На синоптических картах четко выраженные атмосферные фронты прослеживаются в полях температуры, ветра, в изменении приземного давления и явлениях погоды. Но не всегда все эти факторы срабатывают сразу, а выделить преобладающий фактор трудно. Здесь очень помогают данные об облачности, получаемые с метеорологических спутников Земли, но и облачность порой нельзя считать главным фактором.

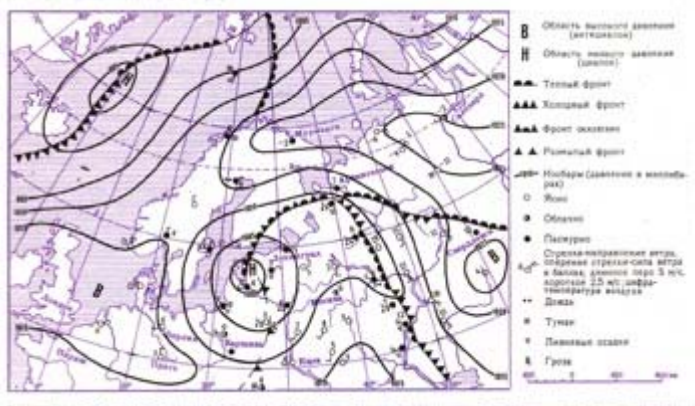


Рис.2 Наземная синоптическая карта погоды

Нелегко рассчитать и будущее положение атмосферных вихрей. Еще в 30-е годы было установлено, что циклоны, антициклоны и атмосферные фронты у поверхности Земли перемещаются в том же направлении и с такой же скоростью, что и ветер на высотах 3—5 км. Применение этого правила дает успех в расчетах 70—75%. А это значит, что указать будущее положение циклонов, антициклонов и атмосферных фронтов с точностью 20—30 км от пункта, для которого составляется прогноз погоды, невозможно. Отсюда следует, что любой прогноз погоды несет в себе неточность.

Кроме прогноза атмосферных вихрей и фронтов предсказывают также отдельно каждый из элементов погоды: ветер, температуру, облачность, осадки, туман, метели, гололед.

В обычных прогнозах говорится лишь о горизонтальной составляющей ветра. Воздух движется горизонтально в основном под действием силы барического градиента (т. е. изменения давления на единицу расстояния), который рассчитывают непосредственно по полю давления. Наибольшие барические градиенты давления наблюдаются в циклонах. В отдельных же районах страны ветры могут усиливаться и при малых барических градиентах за счет особенностей рельефа — узких долин, мысов и т. д. Ветер, его направление и скорость — это единственное явление погоды, которое описывают теоретически. Однако в одном и том же районе и при одних и тех же барических градиентах скорость ветра может быть разной. На нее влияют распределение температуры и ветра с высотой, контраст температуры по горизонтали, сезон года и в зависимости от, этого характер подстилающей поверхности. Даже незначительная ошибка в определении одного из факторов может привести к серьезному просчету при установлении скорости ветра. А ошибки неизбежны! Допустим, предполагают, что температура воздуха в данном районе будет такая-то, а пока ветер достигнет этого места, она сильно изменится за счет таких причин, которые учесть очень трудно, как, например, трансформация и вертикальные движения воздуха. И все же ветер — один из элементов погоды, который прогнозируется лучше остальных (исключая температуру воздуха).

Особенно трудно предсказать осадки, гололед, изморозь. Они определяются многими факторами, которые находятся в непрерывном движении и в тесной взаимозависимости. Выделяют лишь главные факторы, влияющие на осадки. Так, для обложных осадков необходим точный учет температуры, влажности и вертикальных движений воздуха. Прогноз грозы, ливней, града, шквала зависит еще и от скорости восходящего потока воздуха, распределения скорости ветра с высотой, энергии неустойчивости атмосферы и т. д. Прогнозировать все эти явления — одна из труднейших задач синоптической метеорологии. Ведь достаточно, чтобы влажность у Земли увеличилась всего на 10%, как при прочих благоприятных условиях образуются кучево-дождевые облака. А небольшое повышение температуры на высотах может или совсем размыть облачность, или способствовать возникновению только кучевых облаков.

Сейчас информацию об облаках получают и с помощью радиолокаторов. Один радиолокатор охватывает площадь 270 тыс. км². Для визуальных наблюдений за этой территорией потребовалось бы 300 метеостанций! С помощью радиолокатора в радиусе 300 км можно обнаружить ливневые и градовые облака, а следовательно, на ближайшие несколько часов давать прогнозы с большей точностью. [3]

Для прогноза гололеда и изморози надо сначала предсказать туманы и морось (морозящие осадки), переохлажденный дождь, мокрый снег, при которых они возникают. Кроме того, необходимо знать микроструктуру и водность облаков, размеры капель. Естественно, что прогноз величины отложения гололеда и изморози пока оставляет желать лучшего!

До сих пор разговор шел о краткосрочных прогнозах погоды. Однако сейчас составляются и долгосрочные — на 4—6 дней, на месяц и сезон. Проблема долгосрочного прогноза погоды — одна из труднейших не только в метеорологии, но и во всей геофизической науке в целом. Прогнозы погоды на 4—6 дней основаны на так называемом синоптическом периоде. По статистическим данным, атмосферные процессы за 4—6 дней протекают однотипно на достаточно большой территории, например в Европе и Западной Сибири. За это время в отдельных районах на прогнозируемой территории погода может изменяться, но, как правило, основные пути перемещения или траектории циклонов и антициклонов не пересекаются.

Смена синоптических периодов сопровождается крупными изменениями атмосферных процессов и погоды. Чтобы предсказать погоду на месяц, находят различные статистические связи между крупными атмосферными процессами прошедшей и будущей циркуляции атмосферы, протекающей на всем Северном полушарии. На этой основе подбирают карты-аналоги за прошлые годы, когда наиболее яркие черты атмосферных процессов в предшествующие месяцы протекали аналогично текущему году.

Построение схемы прогноза на основе дискриминантного анализа

Для прогноза метеорологических величин и явлений погоды широко применяются методы параметрического и непараметрического дискриминантного анализа.

Дискриминантные схемы прогноза не указывают непосредственно на количественные оценки метеорологической величины, а дают возможность оценить наличие явления или его отсутствие, например, будет или нет резкое похолодание, произойдет или нет усиление ветра до той или иной градации и др. Такие прогнозы называются альтернативными. Удобно использовать данный подход при прогнозировании явлений погоды, которые трудно выразить количественно – грозы, туманы, гололед и др.

На первом этапе важно выявить синоптические ситуации, метеорологические условия, благоприятствующие наличию или отсутствию данного явления. По сочетанию объясняющих переменных требуется решить, к какому классу можно отнести данное событие.

В зависимости от способа классификации, различают параметрические (локальные) и непараметрические (интегральные) методы дискриминантного анализа.

В параметрическом дискриминантном анализе принимается, что рассматриваемые объекты извлекаются из нормальных генеральных совокупностей. При значительных отклонениях закона распределения случайной величины от нормального предпочтительнее использование непараметрического дискриминантного анализа.

При применении как параметрического, так и непараметрического дискриминантного анализа положительные результаты следует

ожидать, когда выбранные предсказатели хорошо отражают физическую сущность развития явлений погоды.

В качестве предикторов выбираются объясняющие переменные, которые наиболее ярко проявляют себя в случае наличия и отсутствия явления. Таким образом необходимо оценить расстояния между классами.

Вектор X считается отнесённым к реализации (например, наличие явления) при $U \geq 0$, и к реализации (например, отсутствие явления) при $U < 0$. Задача, таким образом, сводится к определению коэффициентов, минимизирующих вероятность ошибочной классификации с использованием метода наименьших квадратов.

В случае двух объясняющих переменных разделение на классы может быть представлено графически, что очень наглядно демонстрирует прогностические возможности выбранных предикторов.

Нередко оценка полученных уравнений показывает, что одни уравнения более целесообразно использовать для прогноза класса наличия явления, другие – для класса его отсутствия.

Повышение качества прогнозов на основе линейного дискриминантного анализа может быть достигнуто, если для разделения синоптических ситуаций использовать одновременно две дискриминантные функции и альтернативные прогнозы давать с учетом сочетания знаков этих функций.

Тогда если две схемы (или более) указывают на наличие или отсутствие явления, прогнозировать тот или иной класс можно с большей уверенностью.[4]

Связь метеорологических параметров A и B при наличии (точки) и отсутствии (звездочки) явления (разделение хорошее)

Для уточнения величины прогнозируемого явления применяется приём сочетания дискриминантного и регрессионного анализов. После использования решающего правила, позволяющего отнести синоптическую ситуацию к тому или иному классу, рассчитывается ожидаемая величина явления (например, сильного ветра) с помощью уравнений множественной линейной регрессии, которые строятся отдельно для выборок наличия или отсутствия явления. В случае сложных синоптических ситуаций, когда вероятность осуществления классов близка, ожидаемая величина явления рассчитывается по общей выборке без разделения ситуаций.

Концепции применения статистических методов для построения способов прогноза погоды

Современные методы статистического анализа и прогноза погоды и опасных ее явлений допускают применение двух концепций - использования статистик "идеального" прогноза (Perfect Prognosis Methods – PP) и прогнозов конкретных гидродинамических моделей (Model Output Statistics Methods – MOS).

Данные концепции идентичны по используемому статистическому аппарату и различаются способами формирования обучающих выборок.

Концепция PP предполагает получение устойчивых оценок диагностических (синхронных и асинхронных) связей между рассматриваемыми элементами или явлениями погоды и значениями ряда характеристик атмосферы, определяемым по фактическим данным на архивном материале.

Выявленные диагностические соотношения, например, в виде уравнений регрессии, переносятся на связи между элементами погоды и прогностическими переменными, которые снимаются с прогностических карт, построенных с помощью той или иной гидродинамической модели.

Неоспоримы достоинства PP-концепции:

- Уравнения регрессии строятся на основе архивных данных за большой период метеорологических наблюдений;
- Качество прогнозов элементов и явлений погоды автоматически повышается при улучшении качества используемых гидродинамических моделей;
- Не требуется пересчета уравнений регрессии при внедрении в практику новой гидродинамической модели.

При применении концепции PP для отбора предикторов используется сравнительно большая географическая область вокруг пункта, для которого составляются прогностические уравнения регрессии.

Недостатки PP-концепции:

- Основным методическим недостатком PP-концепции является то, что в ней не учитываются ошибки конкретной гидродинамической модели, из которой при оперативном использовании берутся

значения предикторов. Уравнения регрессии построены на фактическом материале (идеальный прогноз), а при оперативном использовании полученные связи в «чистом» виде переносятся на прогностические поля, из которых выбираются необходимые предикторы для прогноза метеорологических величин и явлений погоды. При этом мы допускаем, что прогностические поля отражают те же особенности пространственно-временного распределения метеорологических величин и условий циркуляции, что и фактические. На самом деле прогностические модели, лежащие в основе прогноза полей метеорологических величин, не могут учесть всего разнообразия процессов, их формирующих.

Этот процесс можно сравнить с процессом разработки дизайнером модели нарядного платья из тонкого шелка, а на практике модель сошьют по той же выкройке, но из грубой льняной ткани – модель одна и та же, но конечный результат будет отличным от модельного, разработанного автором.

По мере совершенствования гидродинамических моделей прогностические поля всё более приближаются к фактическим, но всё же между ними остаются более или менее существенные различия.[5]

Поэтому для уменьшения методической ошибки в уравнения регрессии можно ввести коэффициенты, учитывающие несоответствие прогностических и фактических полей метеорологических величин.

Второй путь – это использование для построения прогностических моделей концепции MOS.

Концепция MOS предполагает отбор предикторов и построение уравнений регрессии непосредственно для связей между фактически наблюдавшимися явлениями погоды и прогностическими значениями параметров атмосферы из конкретной гидродинамической модели.

Достоинства MOS-концепции:

При оперативном использовании построенные уравнения регрессии применяются в сочетании с теми же гидродинамическими моделями, на которых производилось обучение.

Здесь исключается замеченный выше методический недостаток РР-концепции. Уравнения регрессии, построенные в соответствии с

MOS-концепцией, действительно наилучшим образом используют прогностическую способность конкретных гидродинамических моделей.

В этом основное достоинство MOS-концепции по сравнению с РР-концепцией, которое останется решающим до тех пор, пока гидродинамические прогнозы не станут практически достоверными.

- Качество прогнозов на основе концепции MOS тем выше, чем выше качество прогностических моделей, чем больше полнота и разнообразие получаемых из моделей метеорологических величин и явлений погоды и чем больше архивы прогностических гидродинамических полей, что позволяет построить зависимости для различных пунктов прогнозирования и для разных сезонов года.

Недостатками MOS-концепции являются:

- Качество прогнозов каждый раз ухудшается, когда в гидродинамические модели происходят перестройки, в том числе, и улучшающие модель. MOS-концепции желательно использовать полностью отработанные гидродинамические модели.

Для построения уравнений регрессии требуется архив прогностических карт, построенных на основе конкретных гидродинамических моделей, что требует известного времени функционирования уже разработанной модели.

Специально проведенные исследования показывают перспективу данного направления для прогноза ветра, температуры воздуха и других элементов и явлений погоды, в том числе, опасных. Качество прогнозов при использовании MOS-концепции выше на 10-15%.

В рамках концепции MOS в США созданы методики прогноза максимальной и минимальной температур воздуха, вероятности выпадения осадков, ветра, ливней, общей облачности, видимости, опасных и стихийных явлений погоды и др. Многие явления и элементы погоды прогнозируются на основе оперативной шестиуровневой модели полей давления и геопотенциала (Shuman F.G., Hovermale D.B. An Operational Six-Layer Primitive Equation Model – PE), которая в оперативной практике с 1967 г. В основе PE использована система полных уравнений в квазистатическом приближении с применением σ -системы координат для стереографической проекции.

Статистическая оценка прогнозов

Полученные методики прогноза (методические прогнозы) проверяются на зависимой и независимой выборках. Оценка успешности прогнозов погоды позволяет установить, насколько методические прогнозы отвечают требованиям, предъявляемым к прогнозу элементов погоды.

Зависимая (обучающая) выборка – это выборка, объясняющие переменные (предикторы) которой использованы для построения прогностических зависимостей – уравнений регрессии, дискриминантных функций. Независимая выборка по содержанию переменных ничем принципиально не отличается от зависимой, но объясняющие переменные здесь не используются для построения решающих правил.

Разработка синоптико-статистических способов прогноза метеорологических величин и явлений погоды

Статистические методы прогноза погоды заключаются в анализе эмпирического материала, накопленного службой погоды, с целью выявления статистическим путем закономерностей в развитии атмосферных процессов. Статистические методы базируются в основном на теории распознавания образов, корреляционном, дискриминантном и регрессионном анализах.

Основными этапами при разработке статистического способа прогноза погоды являются:

- Исследование пространственно-временного распределения метеорологической величины, что рассмотрено в предыдущем разделе. Данная процедура позволяет наметить объект исследования (например, прогнозировать либо модуль скорости ветра, либо направление и скорость, либо меридиональную и зональную составляющие), оценить условия формирования выбранного объекта, его связи с метеорологическими параметрами и циркуляционными характеристиками, оценить имеющиеся возможности по использованию архивов и т.п.

- Выбор предикторов для диагноза (анализа) и прогноза заданной характеристики погоды.
- Формирование обучающей выборки метеорологических величин и установление наличия (отсутствия) статистически значимых связей между переменными и отбор наиболее информативных предикторов для прогноза.
- Построение схемы прогноза.
- Проверка полученных закономерностей на независимом и оперативном материале.

Учёт прогноза погоды в дорожных организациях

Состояние дорог и их транспортно-эксплуатационные характеристики, режим и безопасность движения автомобилей в значительной степени зависят от погодно-климатических условий, особенно в весенне-осенний и зимний периоды. Влияние погодно-климатических факторов ощущается на любой дороге, однако степень их воздействия во многом зависит от технического совершенства дороги, тщательности ее содержания и уровня организации движения.

При оценке безопасности движения приняты следующие основные понятия и определения.

Условия движения - это та реальная обстановка на дороге, в которой движется отдельно взятый автомобиль или поток автомобилей в данный момент времени.

Метеорологические условия - это комплекс погодно-климатических факторов, характеризующих состояние окружающей среды.

Метеорологические условия (состояние окружающей среды) оказывают существенное влияние на состояние дорог и условия движения. Их воздействие на переменные параметры и характеристики дорог подразделяются на воздействия с немедленным откликом и воздействия с накопленным откликом. К воздействиям с немедленным откликом относится влияние ветра, тумана, осадков и гололеда. К воздействиям с накопленным откликом относятся влияние температуры и влажности воздуха и осадков на ровность (пучи-

нообразование, снежные отложения), скользкость покрытия, состояние обочин, видимость (снежные отложения) и др.

Состояние метеорологических условий определяет длительность последствий отдельных метеорологических явлений (просыхание покрытия и обочин, таяние выпавшего снега и др.).

С точки зрения условий движения автомобилей к зимнему периоду относится период с момента устойчивого перехода средне суточной температуры воздуха через 0°C при понижении ее осенью и при повышении зимой.

К переходным периодам относятся весенний и осенний периоды года. Весенним переходным периодом считается период с момента устойчивого перехода средней суточной температуры через 0°C до аналогичного перехода через 15°C при дальнейшем ее повышении. Осенним переходным периодом считается период с момента устойчивого перехода среднесуточной температуры через 15°C до момента ее перехода через 0°C .

При проектировании и реконструкции дорог в районах с продолжительным зимним периодом (более 125 дней в году) особое внимание должно быть обращено на снегозаносимость и снегозащиту дорог. Высота насыпей и глубина выемок должна приниматься в соответствии с требованиями СНиП II-Д.5-72, исходя из максимальной высоты снежного покрова.

В зимний период эксплуатации дорог для обеспечения безопасности и удобства движения необходимо на основании прогнозов погоды проводить профилактическую россыпь соли и патрульную снегоочистку дорог.

В зонах с продолжительным зимним периодом следует отказаться от установки надолб и предохранительных столбиков над трубами, на высоких насыпях, кривых малых радиусов и тому подобных местах, с целью устранения образования снежных валов и значительного сужения проезжей части. Вместо них рекомендуется устраивать ограждения или предусматривать более пологие откосы (1:4 и более).

В целях уменьшения снежных отложений в зоне влияния ограждений их рекомендуется устанавливать на расстоянии 0,7 м от бровки земляного полотна на участках дорог с высотой насыпи до 3 и 1,5 м - на участках дорог с насыпями большей высоты.

Высота просвета между низом ограждения и поверхностью обочины во всех случаях должна быть равна 0,4 м.

В зонах с продолжительным зимним периодом на пересечениях необходимо отказаться от устройства возвышающихся островков с бордюрами. Рекомендуется окаймлять направляющие островки краевой полосой шириной 0,30 м, устраиваемой заподлицо с покрытием, или осуществлять регулирование движения только разметкой. Рекомендуются также съёмные направляющие устройства из железобетона, металла, пластических масс, дерева, которые могут легко убираться на зимний период.

Для районов с продолжительным зимним периодом не следует проектировать ответвления и пересечения в одном уровне на участках спусков и подъёмов с уклоном более 2 %, чтобы предотвратить дорожно-транспортные происшествия из-за образования ледяных полос наката в местах интенсивного торможения перед пересечением.

Для облегчения снегоочистки дорог следует предусматривать установку опор дорожных знаков, километровых знаков и других элементов на присыпных островках за бровкой земляного полотна. Для этих же целей целесообразно устанавливать съёмные ориентирующие столбики, столбики с отгибами за бровкой земляного полотна и съёмные ориентирующие вешки в районах с большой высотой снежных отложений.

Для зон с продолжительным зимним периодом следует проектировать мелкозернистые и среднезернистые поверхностные обработки. Для зон с большим количеством осадков в виде дождя рекомендуется устраивать среднезернистые и крупнозернистые поверхностные обработки. Для остальных зон допускаются все виды шероховатых поверхностных обработок.

На дорожно-эксплуатационную службу возлагаются большие задачи по обеспечению безопасности движения в сложных погодных условиях. Дорожно-эксплуатационная служба должна осуществлять все мероприятия, если они не выполнены при строительстве дороги.

Для предотвращения ухудшения движения в сложных погодных условиях дорожная служба должна своевременно проводить постоянные, временные и кратковременные мероприятия по повышению безопасности движения.

В зимний и весенне-осенний период эксплуатации дорог, в связи с изменившимися условиями движения, следует снимать лишние дорожные знаки на нефункционирующих пересечениях и ответвлениях и устанавливать недостающие в местах дополнительно появившихся сужений проезжей части, образования гололеда и т.п.

Для установления мест снятия лишних и установки недостающих знаков следует руководствоваться данными сезонных графиков коэффициентов аварийности.

Для регулирования движения в сложных погодных условиях (во время гололеда, тумана и т.п.) необходимо своевременно включать знаки со сменной информацией, информирующие водителей об условиях движения. При отсутствии знаков со сменной информацией их необходимо устанавливать силами дорожно-эксплуатационной службы на наиболее опасных для движения участках.

Дорожно-эксплуатационная служба должна регулярно информировать водителей и население о состоянии проезда по автомобильным дорогам в неблагоприятные периоды года через местную печать, радио и телевидение.

Заключение

В результате рассмотрения данной темы реферата можно сделать вывод, что учёт прогноза погоды является очень важным в проектировании, строительстве и эксплуатации дорог для обеспечения безопасности движения.

Список литературы

1. Н.А. Дашко. Курс лекций по синоптической метеорологии. М., 1999.
2. Леонович, И.И. Дорожная климатология: учебник/ И.И. Леонович.-Мн.: БНТУ, 2005.-485с.
3. Источник <http://elib.bsu.by/handle/123456789/9937>
4. Леонович, И.И. Содержание и ремонт автомобильных дорог. В 2 ч.-Мн.: БНТУ, 2003.
5. Васильев, А.А. Проектирование дорог с учетом влияния климата на условия движения. - М.: Транспорт, 1986.