

**РОССИЙСКАЯ АССОЦИАЦИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ
ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫМИ
ДОРОГАМИ «РАДОР»**

Т.В. Самодурова

**МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ЗИМНЕГО СОДЕРЖАНИЯ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**



МОСКВА 2003

ББК 39.311 : 26.23
УДК 625.768.6.004: 551.509.58

Самодурова Т.В. Метеорологическое обеспечение зимнего содержания автомобильных дорог/Ассоциация «РАДОР» - М.: ТИМР, 2003. 183с.

В книге изложены основы влияния погодно-климатических факторов на транспортно-эксплуатационные показатели автомобильных дорог в зимний период. Проанализирован опыт специализированного метеорологического обеспечения дорожных организаций за рубежом и в нашей стране, описаны современные технические средства для организации погодного мониторинга на дорогах, указаны основные направления развития системы метеорологического обеспечения дорожных организаций в России.

Предназначена для работников дорожных организаций, учащихся высших и средних дорожных учебных заведений, специалистов-метеорологов.

Рецензент — *А.В. Петров*, Почетный дорожник России

Настоящее издание не может быть полностью или частично воспроизведено, тиражировано и распространено без разрешений Ассоциации «РАДОР»

Ассоциация «РАДОР», 107061 г. Москва, ул. 9-я Рота, 16, стр. 3
т.: (095) 963-20-33, 963-27-22 т/ф: (095) 964-37-20



дор», 2003

E-mail: rador@home.relline.ru

ISBN 5-87010-001-1

© Ассоциация «Ра-

ВВЕДЕНИЕ

Рост интенсивности движения транспорта на современных дорогах обуславливает повышение требований к транспортно-эксплуатационному состоянию, уровню безопасности дорожного движения и пропускной способности дорог в различные сезоны года. Одним из самых сложных и ответственных в работе дорожных организаций является зимний период. Помимо основных расходов на ликвидацию скользкости и снежных отложений на автомобильных дорогах, экономика страны несет огромные потери за счет увеличения транспортной составляющей в стоимости товаров, услуг. Обеспечение эксплуатационной надежности автомобильных дорог, безопасности, бесперебойности и комфортности движения в зимний период - главная задача дорожно-эксплуатационных подразделений. В последнее десятилетие в дорожном хозяйстве России наблюдается тенденция к ужесточению требований к уровню содержания автомобильных дорог.

Федеральная целевая программа «Модернизация транспортной системы России (2002 - 2010 годы)» предусматривает в качестве одной из основных задач формирование и развитие на территории России международных транспортных коридоров с уровнем сервиса на дорогах, приближенным к европейскому. Решение этой задачи невозможно без перехода на предупреждение образования зимней скользкости, которое активно используется в мировой практике. Переход на такие технологии работ связан, прежде всего, с развитием специализированного дорожного метеорологического обеспечения.

В книге сделана попытка проанализировать опыт специализированного дорожного метеорологического обеспечения за рубежом и отразить состояние дел в России. Подобное издание является первым в этом направлении, естественно оно не лишено определенных недостатков и не претендует на полноту изложения материала.

Книга предназначена для работников дорожно-эксплуатационных организаций, может использоваться в качестве учебного пособия в центрах повышения квалификации, будет полезна студентам старших курсов, обучающихся по специальности «Автомобильные дороги и аэродромы», для более глубокого изучения современных проблем зимнего содержания дорог. Определенный интерес она представляет и для работников системы Росгидромета, позволяя более полно понять особенности дорожного метеообеспечения и пути взаимного решения этих сложных проблем.

Основная цель данной книги - донести до работников дорожных организаций и работников системы Росгидромета необходимость и важность проблемы развития специализированного метеорологического обеспечения, и, прежде всего, при зимнем содержании дорог.

Автор выражает большую благодарность директору Института радарной метеорологии д-ру техн. наук А. С. Солонину и руководителю проекта канд. техн. наук Т.А. Базловой за материалы, предоставленные для пятой главы книги, и помощь в ее написании.

Искреннюю благодарность за внимательное прочтение рукописи и очень ценные замечания по ее доработке автор выражает рецензенту - «Почетному дорожнику России» А.В. Петрову, который, будучи заместителем председателя Дорожного комитета Ленинградской обл., стоял у истоков развития дорожного метеообеспечения в России.

Издание данной книги является одним из этапов реализации программы работы Комиссии по содержанию, ремонту и развитию автомобильных дорог Российской ассоциации территориальных органов управления автомобильными дорогами «РАДОР», разработавшей «Концепцию метеорологического обеспечения дорожного хозяйства Российской Федерации». Указанная Концепция в августе 1999 г. согласована с Росгидрометом и утверждена Росавтодором.

Автор книги - руководитель временного творческого коллектива - выражает благодарность членам Комиссии и ее Рабочей группе по вопросам метеорологического обеспечения дорожного хозяйства за совместную работу при подготовке Концепции и данной публикации.

1. ОСНОВЫ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Физические процессы, протекающие в природной среде, оказывают большое влияние на все виды человеческой деятельности. Для систематических наблюдений за ними и обеспечения всех организаций информацией, прогнозами и предупреждениями об опасных явлениях природы создана гидрометеорологическая служба - система функционально объединенных организаций, осуществляющих деятельность в области гидрометеорологии.

Производственная деятельность дорожных организаций находится под воздействием непрерывно совершающихся в атмосфере физических процессов и явлений. Атмосферные явления в виде осадков, метелей, ветра, а также образующаяся на дорожном покрытии зимняя скользкость оказывают существенное влияние на условия движения по дорогам, скорость движения транспортных потоков и вероятность возникновения дорожно-транспортных происшествий. Они усложняют работу дорожно-эксплуатационной службы и воздействуют на эффективность работы дорожно-транспортного комплекса.

Совокупность всех атмосферных явлений в данном месте, в определенный момент или за короткий промежуток времени называется *погодой*.

Чтобы снизить воздействие опасных явлений погоды на производственную деятельность дорожных организаций, необходимо знать физическую природу и причины, вызывающие эти явления, заблаговременно их предвидеть.

С древних времен люди пытались наблюдать за атмосферными явлениями, объяснить их причины и научиться предсказывать. Была создана особая наука, изучающая физическое состояние атмосферы Земли и происходящие в ней явления, - *метеорология*.

Основная задача метеорологии - полное, глубокое и всестороннее изучение физического состояния и свойств атмосферы. Но это только одна из задач, решаемых в метеорологии. У этой науки есть и вторая, пожалуй, более важная для экономики государства задача - удовлетворение потребностей общества и отдельных отраслей экономики в метеорологических данных и прогнозах (предсказаниях) погоды.

Современная метеорология представляет собой очень сложную и обширную науку. Отдельные ее разделы выделились в самостоятельные области знаний. Отметим некоторые из них.

Синоптическая метеорология - учение о погоде и способах ее прогноза.

Климатология - наука о климате и причинах его образования.

Климат - статистический, многолетний режим погоды, установившийся в данном регионе. Особенности климата определяются поступлением солнечной радиации, процессами циркуляции и перемещения воздушных масс, рельефом местности и географическим положением района. В последнее время особенности климата определяются также степенью загрязненности атмосферы.

Гидрология - наука о физических процессах, совершающихся в водной оболочке земли. Для многих отраслей экономики при решении практических задач две науки (метеорология и гидрология) объединяют под одним названием - *гидрометеорология*, которая изучает режим выпадения осадков, свойства снежного покрова. Результаты гидрометеорологических исследований и наблюдений очень важны для дорожной отрасли, они используются при проектировании дорог, их содержании в неблагоприятные периоды года и в сложных погодных условиях.

1.2. ПРИХОД И РАСХОД ТЕПЛА В АТМОСФЕРЕ

Атмосфера представляет собой газообразную оболочку, окружающую земной шар, и в зависимости от характера происходящих в ней явлений условно разделяется на несколько слоев.

Нижний слой атмосферы называется *тропосферой*. Он непосредственно прилегает к земной поверхности, в нем сосредоточен почти весь водяной пар, находящийся в атмосфере. Верхняя граница этого слоя расположена, в среднем, на высоте 11 км. Температура воздуха в тропосфере падает с высотой. На верхней границе

она достигает значений от -60 до -70 °С. Восходящие и нисходящие воздушные потоки обуславливают непрерывное перемешивание воздушных масс. Внутри тропосферы выделяют *пограничный слой*, являющийся переходным между земной поверхностью и свободной атмосферой. На нижней границе этого слоя происходит обмен энергией (тепловой и кинетической) и обмен веществом (водой и атмосферными загрязнениями). Высота пограничного слоя составляет, в среднем, 1,5 км.

Большинство наблюдаемых метеорологических явлений, оказывающих влияние на работу дорожно-эксплуатационных организаций и условия движения, происходит в пограничном слое. В их числе выпадение осадков, ветровой и температурный режимы и т.д.

Основным источником тепла, получаемого поверхностью Земли и атмосферой, является солнечная радиация - энергия, которую приносят с собой лучи солнца. Прежде чем достичь земной поверхности, солнечная радиация проходит через атмосферу, испытывая при этом некоторые изменения. Она частично поглощается и рассеивается атмосферой, некоторое ее количество рассеивается облаками, следовательно, солнечная радиация доходит до земной поверхности ослабленной. В итоге, около 42 % энергии уходит обратно в мировое пространство, 14 % поглощается самой атмосферой и только 44 % доходит до Земли в виде прямого и рассеянного света.

Влияние погоды проявляется, прежде всего, на земной поверхности, а для дорог - на дорожном покрытии. В соответствии с законами термодинамики на поверхности тела энергия не может ни возникнуть, ни исчезнуть. Следовательно, сумма всех потоков энергии, приходящих к дорожному покрытию извне и изнутри дорожной конструкции должна быть равна нулю.

Потоки энергии, приходящие к поверхности (нисходящие) считаются положительными, а направленные от поверхности (восходящие) - отрицательными. На любой поверхности энергия из одной формы превращается в другую форму (лучистая энергия переходит в тепловую энергию) и происходит преобразование энергии.

Таким образом, температура земной поверхности и дорожного покрытия формируется под влиянием довольно сложного теплового баланса. Приведем краткое описание составляющих теплового баланса.

Солнечное излучение - нисходящая коротковолновая радиация на верхней границе атмосферы, которая однозначно определяется широтой и долготой места и имеет ярко выраженный сезонный и суточный ход. В атмосфере она ослабляется за счет:

- поглощения и рассеяния облаками;
- поглощения и рассеяния атмосферным аэрозолем;
- поглощения атмосферными газами;
- отражения от подстилающей поверхности.

Степень ослабления солнечной радиации зависит от длины пути, который проходят солнечные лучи в атмосфере, т.е. от высоты солнца над горизонтом. Это является причиной изменений температурного режима в течение дня, количества тепла, поступающего в атмосферу и расходуемого на нагревание почвы, воздуха, испарение воды. Интенсивность солнечной радиации минимальна при восходе и заходе солнца и максимальна в полуденные часы, она зависит от степени прозрачности атмосферы, наличия в ней пыли, водяных паров, загрязняющих примесей. Прозрачность атмосферы улучшается с высотой.

Нисходящее длинноволновое излучение, источниками которого являются облака и атмосфера (излучение подоблачного слоя и излучение, пропущенное облаками).

Наиболее существенный эффект в изменение температуры дорожного покрытия в ночное время вносит облачность. При сплошной облачности дорога выхолаживается меньше, чем при ясном небе. Быстрое прояснение неба может привести к резкому падению температуры покрытия.

Восходящее длинноволновое излучение является, в основном, излучением самой поверхности дороги и определяется температурой и излучательной способностью дорожного покрытия. Излучательная способность зависит от материала дорожной конструкции и наличия на поверхности покрытия примесей в виде воды, льда, снега.

Поток явного тепла - это турбулентный поток тепла, характеризующий теплообмен между атмосферным воздухом и дорожным покрытием, зависящий в основном от скорости ветра. Так днем при усилении ветра температура поверхности понижается, а ночью повышается. Этот эффект тем более выражен, чем сильнее ветер.

Поток скрытого тепла - это поток тепла, которое выделяется или, наоборот, затрачивается при фазовых переходах воды.

При выпадении росы или отложении инея на поверхности дороги тепло выделяется, а при испарении воды или таянии снега тепло поглощается. В некоторых случаях эффект может быть существенным. Так например, обильный снегопад может быстро понизить температуру поверхности до 0 °С.

Потоки тепла от поверхности и к поверхности дорожного покрытия имеют противоположное направление. Днем, когда дорожное покрытие нагревается за счет солнечного излучения, поток тепла направлен вниз от поверхности в дорожную конструкцию и, таким образом, тепло отводится от поверхности. Ночью покрытие выхолаживается за счет длинноволнового излучения самой поверхности, а поток тепла снизу стремится компенсировать потери тепла и нагреть поверхность дороги. Для получения количественной оценки этой составляющей теплового баланса желательно иметь датчик, измеряющий температуру на определенной глубине. Необходимы также сведения о конструкции дорожной одежды и теплофизические характеристики дорожно-строительных материалов, используемых в конструкции.

Для мостов и путепроводов этот поток значительно менее существенен. Поскольку указанные искусственные сооружения не соприкасаются с грунтом, то теплообмен в них определяется температурой воздуха под мостом или путепроводом. Зимой температура воздуха обычно ниже, чем температура грунта, поэтому поверхность моста обычно холоднее, чем поверхность близлежащего участка автомобильных дорог. Это различие особенно явно выражено в начале зимнего сезона, когда под поверхностью дороги имеется резервуар тепла (за счет нагрева летом) с достаточно высокой теплоемкостью.

При этом температура поверхности искусственного сооружения может быть ниже на 2°С. Однако следует иметь в виду, что в течение продолжительного холодного периода температура грунта падает, и с приходом теплого воздуха поверхность моста или путепровода прогревается значительно быстрее, чем поверхность дороги.

В действительности температура дорожного покрытия определяется не только метеорологическими факторами. Очень важным фактором является движение транспорта, которое приводит к росту турбулентности, приходящей длинноволновой радиации (от проходящего транспорта к поверхности дороги), увеличению влажности воздуха в нижнем слое атмосферы. Эти эффекты способствуют

повышению температуры дорожного покрытия при интенсивном движении транспорта. Среди других факторов, влияющих на температуру поверхности дороги, можно назвать снегозащитные насаждения, расположенные вдоль дороги.

1.3. ОСНОВНЫЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ, ИХ ФИЗИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ, ПРОИЗВОДСТВО НАБЛЮДЕНИЙ

1.3.1. Температура почвы

Часть энергии солнечных лучей идет на нагревание почвы, так как почва поглощает энергию в больших количествах. При нагревании поверхности почвы часть тепла идет на нагревание прилегающего слоя воздуха, а другая распространяется вглубь почвы, нагревая нижележащие слои. В ночные часы, а зимой иногда и в дневные, происходит сильное охлаждение поверхности почвы, которая становится холоднее нижележащих слоев почвы и прилегающего слоя воздуха.

Не все виды почв прогреваются и охлаждаются одинаково. На температурный режим почв влияют такие их физические характеристики, как теплоемкость и теплопроводность.

Теплоемкость почвы определяется количеством тепла, необходимого на ее нагревание. Чем больше требуется тепла, тем больше теплоемкость почвы. Различают весовую и объемную теплоемкость. Весовая теплоемкость - количество тепла, необходимое для нагревания 1 г почвы на 1°C. Объемная теплоемкость - количество тепла, необходимое для нагревания 1 см³ почвы на 1°C. Теплоемкость зависит от содержания воздуха и влаги в почве. Влажные почвы имеют большую теплоемкость, они медленнее нагреваются и охлаждаются, чем сухие почвы или почвы, содержащие большое количество воздуха.

Теплопроводность почвы - это способность почвы проводить тепло из более нагретых нижних слоев в слои менее нагретые. Она также зависит от влажности почвы и содержания в ней воздуха. Чем больше влаги и меньше воздуха, тем больше теплопроводность почвы.

Температура почвы имеет суточные и годовые колебания.

Аналогичные по физической природе процессы происходят в конструкциях дорожных одежд. Они определяют ее температурный режим

в течение суток и в годовом цикле, влияют на температуру покрытия.

На сети метеорологических станций производят измерения температуры почвы на поверхности и на различной глубине с помощью специальных термометров. В программу наблюдений и измерений входят такие параметры, как глубина промерзания и оттаивания почвы.

Знание режимов промерзания и оттаивания земляного полотна очень важно для дорожной службы, так как позволяет более обоснованно определить период ограничения движения по дорогам большегрузных автомобилей в весенний период. Однако результаты измерений проводимых на метеостанциях, нельзя напрямую использовать для решения задач водно-теплового режима земляного полотна и дорожных одежд. Это объясняется тем, что грунт под дорожной одеждой промерзает и оттаивает раньше, чем грунт в естественном состоянии. На эти процессы влияют очистка дороги от снега в зимний период и особый тепловой режим дорожной одежды. Теплофизические свойства конструктивных слоев отличаются от аналогичных физических характеристик почвы.

1.3.2. Температура воздуха

Главный источник получаемого воздухом тепла - земная поверхность, нагреваемая солнечными лучами или охлаждаемая за счет собственного излучения. Температура воздуха - один из основных метеорологических параметров, определяющих погодные условия.

На температуру воздуха оказывает влияние поверхность, над которой он располагается (почва, вода, снег, лед). В зависимости от теплового состояния поверхности температура повышается или понижается.

Изменение температуры воздуха может происходить за счет передачи тепла от почвы путем *теплопроводности и лучеиспускания*. Воздух обладает низкой теплопроводностью, поэтому нагревается в большей степени за счет тепловых лучей, испускаемых земной поверхностью. Передача тепла происходит также за счет *тепловой конвекции* - переноса тепла поднимающимся вверх более теплым воздухом. Наряду с тепловой конвекцией в обмене

тепла большую роль играет и *динамическая конвекция* - перемещение воздуха, при котором образуются воздушные вихри, способствующие перемешиванию слоев воздуха с различной температурой и обеспечивающие теплообмен между воздухом и поверхностью земли.

Охлаждение воздуха может происходить за счет излучения тепла самими воздушными массами и при соприкосновении их с холодной земной поверхностью.

Температура воздуха имеет суточные и годовые колебания.

Она оказывает огромное влияние на производственные процессы в дорожных организациях при выполнении строительных и ремонтных работ, влияет на процессы содержания дорог. Существенное влияние температура воздуха оказывает на температурный режим дорожного покрытия и условия образования различных видов зимней скользкости.

За температурой воздуха ведутся постоянные наблюдения на метеостанциях с использованием различных термометров, расположенных на уровне 2 м от поверхности земли.

1.3.3. Влажность воздуха

Влажность воздуха является одной из наиболее важных характеристик погоды и климата. Она определяет количество атмосферных осадков, видимость, задерживает солнечную радиацию, тем самым изменяя температурный режим почв и воздуха. Данные о влажности воздуха имеют очень большое значение для прогноза погоды.

Вследствие испарения влаги с поверхности океанов, морей, рек, влажной почвы в атмосферу непрерывно поступает значительное количество водяного пара. Он частично сгущается, и тогда наблюдаются такие явления как облака, туманы, роса, иней. Образующиеся в результате сгущения водяного пара облака дают осадки в виде дождя, снега, града. Таким образом совершается непрерывный круговорот влаги в природе.

Главные причины переноса влаги - ветры и вертикальная конвекция воздуха. Ветром пар переносится в горизонтальном направлении на большие расстояния. Благодаря конвекции пар поднимается вверх.

Водяной пар обладает неким давлением, или упругостью, которое может быть измерено. С увеличением количества водяного пара упругость его возрастает, достигая предельного значения, при котором пар полностью насыщает пространство. Упругость насыщающего пара зависит от температуры. Чем выше температура, тем больше упругость насыщающего пара.

Таким образом, влажность воздуха определяется содержанием в воздухе водяного пара. Для характеристики влажности используются следующие величины:

- *упругость водяного пара*, содержащегося в воздухе. Эта величина называется абсолютной влажностью и измеряется в миллиметрах ртутного столба;

- *количество водяного пара*, выраженное в миллиметрах и численно равное количеству пара в граммах в 1 м^3 воздуха;

- *относительная влажность воздуха* - отношение упругости водяного пара, фактически содержащегося в воздухе к упругости, которую имел бы водяной пар, если бы он насыщал пространство при той же температуре. Этот показатель дает объективную оценку степени влажности воздуха. Относительная влажность выражается в процентах и показывает, насколько близок влажный воздух к насыщению;

- *дефицит влажности* - недостаток насыщения. При относительной влажности 100 % дефицит влажности равен нулю;

- *точка росы* - температура, при которой содержащийся в воздухе водяной пар достигает насыщения.

Как и все метеорологические параметры, влажность имеет ярко выраженные суточные и годовые изменения.

Наблюдения за влажностью воздуха проводятся на всех метеостанциях во все сроки. Определяются абсолютная и относительная влажность воздуха, дефицит влажности и точка росы.

Все указанные величины влажности оказывают существенное влияние на формирование скользкости на дорожных покрытиях в зимний период. Сопоставление температуры дорожного покрытия с точкой росы используется при прогнозировании скользкости, динамика относительной влажности воздуха дает информацию о возможном изменении погодных условий.

Для измерения используют специальные приборы.

1.3.4. Конденсация водяного пара в атмосфере, гидрометеоры

Если температура воздуха снижается до точки росы, то содержащийся в воздухе водяной пар достигает полного насыщения. Если понижение температуры будет продолжаться, то пар станет перенасыщенным и некоторая его часть окажется в избытке, в результате чего пар сгущается и переходит в воду - конденсируется.

Из-за этого физического явления в атмосфере образуются облака или туман, выпадают осадки, а на поверхности земли и на разных предметах образуются роса или изморозь. Все эти явления называются в метеорологии *гидрометеорами*.

Облака характеризуются большим разнообразием видов и форм и могут сказать опытному наблюдателю очень многое о предстоящих изменениях погоды. Однако для производственных процессов многих отраслей экономики важнее понять физическую сущность образования гидрометеоров на наземных предметах. В связи с этим дадим краткое описание некоторых гидрометеоров и условий их образования.

Роса - жидкий осадок в виде мелких капель воды, который образуется на почве, поверхности растений и наземных предметах при температуре воздуха выше 0°C .

Иней - белые кристаллы, покрывающие поверхность наземных предметов. Это явление возникает в тех случаях, когда температура предметов опускается ниже 0°C .

Образование инея происходит не при замерзании капель воды, а непосредственно из водяного пара в результате выделения его в виде твердых кристаллов. Иней появляется в ясные ночи, а зимой - и днем, в тихую погоду или при слабом ветре.

Твердый налет - полупрозрачный, беловатого цвета тонкий слой из мелких ледяных кристаллов, образующийся на наветренной стороне предметов, имеющих большую массу и гладкую поверхность. Причина образования твердого налета - соприкосновение влажного воздуха с холодными предметами и переход водяного пара в твердое состояние с осаджением на предметы. Твердый налет образуется при потеплении после длительных морозов.

Гололед - слой льда, образующегося на любых предметах при отрицательной температуре воздуха. Причина образования гололеда - намерзание

на предметах капель переохлажденных дождя или мороси. Переохлажденные осадки находятся в жидкой фазе, но имеют отрицательную температуру. Термодинамическое состояние таких частиц очень неустойчиво, и при соприкосновении с предметами они мгновенно замерзают, т.е. переходят в твердое состояние. Чем мельче капли влаги и ниже температура воздуха, тем менее плотным и прозрачным является слой гололеда. Образование гололеда наиболее вероятно при температурах воздуха от 0 до -3°C и при наличии ветра. В метеорологии термином гололед обозначается именно этот вид атмосферного явления.

Термин «гололед» не следует путать с термином «гололедица».

Гололедица - это лед на поверхности земли, причинами образования которого могут быть:

- замерзание мокрого снега, дождя или мороси при соприкосновении с сильно охлажденной поверхностью земли;

- замерзание слоя воды на поверхности земли в результате наступления похолодания после оттепели или после выпадения дождя.

Зернистая изморозь - снеговидная форма обледенения в виде рыхлого матово-белого осадка. Образуется при намерзании на предметы капель переохлажденного тумана. Появлению этого вида атмосферного явления благоприятствуют небольшой мороз (от -2 до -7°C), густой туман и ветер.

Кристаллическая изморозь - пушистый слой кристаллов льда, нарастающих на тонких предметах в туманную погоду при штиле или слабом ветре. Образуется при сублимации водяного пара - физическом процессе перехода пара в твердое состояние, минуя жидкую фазу. Легко осыпается при ветре или небольшом встряхивании предметов. Температура воздуха при образовании кристаллической изморози ниже -15°C .

Наблюдения за наземными гидрометеорами производятся визуально, без приборов, на глаз. При этом определяется вид гидрометеора, его интенсивность, время появления и исчезновения.

Кроме визуальных наблюдений на метеорологических станциях, проводятся инструментальные наблюдения за обледенением проводов на специальном гололедном станке.

Условия производства наблюдений за отложением гололеда необходимо знать работникам дорожных организаций, так как при запросах такой информации на метеостанциях они нередко считают, что наблюдение за гололедом ведется на дорожных покрытиях,

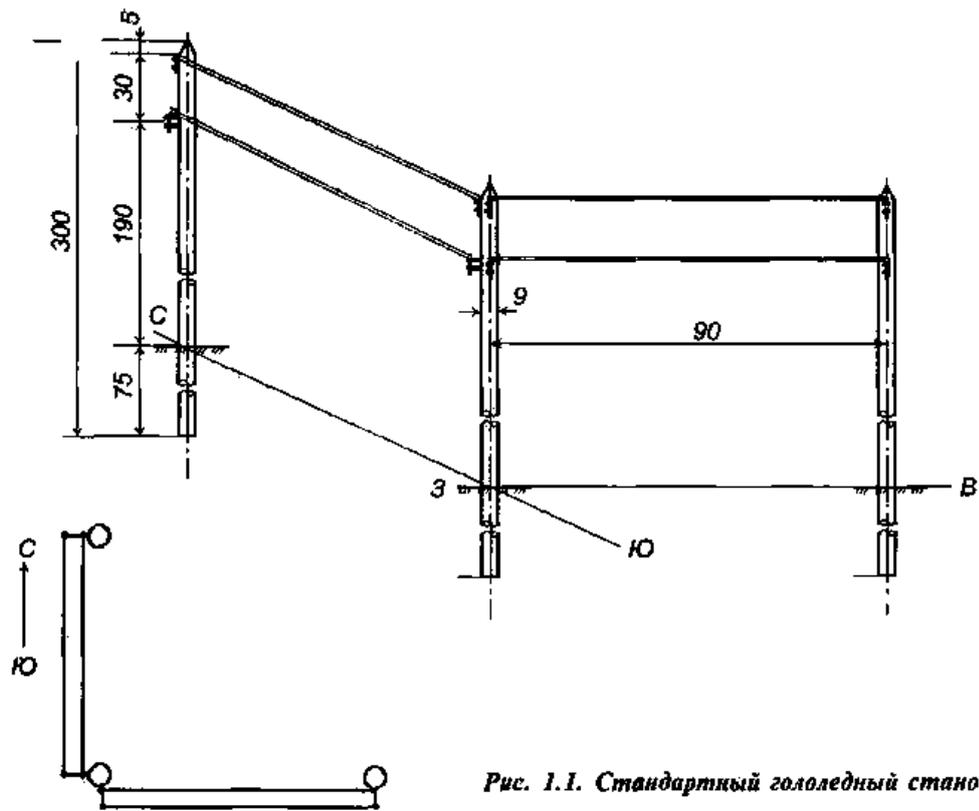


Рис. 1.1. Стандартный гололедный станок

и это приводит к ошибкам в решении многих производственных задач, а также при расследовании причин дорожно-транспортных происшествий.

Стандартный гололедный станок состоит из трех столбов, которые вкапываются на расстоянии 90 см друг от друга (рис. 1.1). Натянутые провода при этом образуют прямой угол. Одна сторона угла имеет направление с севера на юг, другая - с востока на запад. Между столбами подвешиваются по два провода диаметром 5 мм. Нижние провода расположены на высоте 1,9 м над землей, а верхние - на высоте 2,2 м. Нижние провода при наблюдениях не снимаются, они служат для измерения размера отложений и определения процесса нарастания льда. Верхние провода - съемные; они снимаются для взвешивания ледяных отложений. При снятии проводов для взвешивания, их заменяют двумя запасными. Для записи наблюдений за обледенением проводов имеется специальный журнал.

1.3.5. Туманы, атмосферные осадки

Туман - явление конденсации водяного пара в слое атмосферы, прилегающем к земной поверхности. Основная причина образования тумана - охлаждение нижнего влажного слоя воздуха, соприкасающегося с холодной подстилающей поверхностью. Различают несколько типов туманов.

Радиационные туманы возникают в результате ночного охлаждения поверхности земли и приземного влажного слоя воздуха при тихой ясной погоде. Они наблюдаются над влажной поверхностью в виде белой пелены.

Адвективные туманы возникают в результате перемещения теплого влажного воздуха над охлажденной земной поверхностью. Зимой возникновение таких туманов возможно при перемещении теплого влажного воздуха с моря на более холодную сушу. Осенью или вначале зимы такие туманы появляются над реками, болотами или озерами. Они прекращаются только после замерзания рек или озер.

Таким образом, туманы могут возникать по разным причинам. Если в их основе лежат крупномасштабные процессы перемещения воздушных масс, то туманы равномерно покрывают большие площади и участки дорог значительной протяженности. При радиационном выхолаживании возможно образование тумана на отдельных участках дороги. При этом опасны не только участки дорог, проходящие по пониженным участкам рельефа, но и те участки, где имеются источники водяного пара (сырые луга, заболоченные участки и т.д.). Так как туманы очень сильно ухудшают видимость на дорогах, то на участках его возможного появления устанавливают специальные дорожные знаки.

Атмосферные осадки, выпадающие из облаков на земную поверхность, делятся на три типа: обложные, ливневые и морозящие.

Обложные осадки выпадают непрерывно или с короткими перерывами, в течение длительного времени без резких колебаний в их интенсивности.

Ливневые осадки отличаются внезапностью их начала и окончания, кратковременностью и резкими колебаниями интенсивности.

Морозящие осадки - это выпадение очень мелких капель воды или мелких снежных крупинок.

Кроме этого, для каждого из указанных типов различают осадки по видам: твердые и жидкие,

К *твердым осадкам* в метеорологии относят: обложной снег, ливневой снег, обложной мокрый снег, ливневой мокрый снег, снежную крупу, снежные зерна, ледяную крупу, град, ледяной дождь.

К *жидким осадкам* относят: обложной дождь, ливневый дождь, морось.

Осадки оказывают большое влияние на работу дорожно-транспортного комплекса, особенно в зимнее время.

Наблюдения за осадками производят визуально и с помощью специальных приборов.

Визуально определяют вид осадков, время их начала и окончания. Определение количества осадков и их интенсивности производят с помощью специальных приборов.

1.3.6. Снежный покров

Зимой осадки выпадают преимущественно в виде снега, а на поверхности земли образуется снежный покров. Толщина снежного покрова очень изменчива и зависит от рельефа местности, ветра, наличия различных преград.

Снежный покров характеризуется таким показателем, как плотность. *Плотность снега* - отношение объема воды, получающегося от растаявшего снега, к объему этого снега до таяния. Она не остается постоянной в течение зимнего периода. Свежевыпавший снег очень рыхлый и имеет малую плотность. Со временем снег уплотняется и становится более плотным и прочным. Уплотнение происходит под действием собственного веса, под воздействием ветра и метелей, а также при изменении температуры воздуха (смена оттепелей и морозов).

На большей части территории нашей страны в зимний период образуется устойчивый снежный покров, который сохраняется в течение длительного времени. Распределение снежного покрова, его высота и плотность, продолжительность залегания и условия таяния играют большую роль для многих отраслей экономики, в том числе и для дорожно-эксплуатационных организаций.

Несмотря на положительное значение снежного покрова, например, для сельского хозяйства, он может играть и отрицательную роль. Особенно негативное воздействие оказывают связанные

с наличием снежного покрова снежные заносы на автомобильных дорогах.

Изучение снежного покрова имеет большое практическое значение. Для этих целей проводят специальные наблюдения на метеорологических станциях: определяют наличие и характер залегания снежного покрова, измеряют его высоту и плотность. Наблюдения за наличием снежного покрова и измерение его высоты проводятся ежедневно на постоянных участках. Специальная снегомерная съемка и определение плотности снежного покрова производятся периодически.

Высоту снежного покрова измеряют на определенных участках с помощью снегомерных реек. Три рейки устанавливают в начале зимнего периода на расстоянии 10 м одна от другой в виде равностороннего треугольника. На лицевой стороне рейки нанесена шкала в сантиметрах. Отсчеты по рейкам производят ежедневно. Наблюдения проводят на двух участках - защищенном и открытом. Защищенный участок доступен ослабленному действию ветра, открытый - свободному действию ветра.

Для определения плотности снежного покрова берут образец снега с помощью специального цилиндра - снегомера. Цилиндр погружают в снег, определяют высоту снежного покрова по шкале цилиндра, производят его взвешивание. Плотность определяется расчетом.

Для изучения распределения снега производят специальные снегомерные съемки на значительной площади и в большом количестве точек. Съемку проводят на трех участках. Участки выбирают на открытом месте (среди поля), в лесу (под кронами деревьев) и на лесной поляне. Эти участки остаются постоянными и на них в различных точках измеряют высоту снежного покрова и его плотность.

1.3.7. Атмосферное давление воздуха

Так как воздух имеет определенные вес, то он оказывает давление на поверхность земли. Этот факт был доказан «опытом Торичелли», известным из школьного курса физики. Результаты этого опыта показали также, что давление воздуха можно определять по длине ртутного столба. Величина давления может быть выражена высотой ртутного столба в миллиметрах. Давление воздуха изменяется с высотой. Так как метеорологические станции расположены

на разной высоте, то для сопоставления результатов измерения атмосферного давления их приводят к уровню моря по специальным таблицам. Для прогноза погоды используются именно «приведенное» давление.

Атмосферное давление изменяется по территории земного шара. Чтобы получить картину распределения атмосферного давления по территории в определенный момент времени, строят специальные карты. На них соединяют линиями места с одинаковым давлением. Такие линии одинакового давления называются *изобарами*. Изобары имеют замкнутую круговую форму, они замыкают области двух противоположных типов: *повышенного* и *пониженного* давления.

Области повышенного давления с замкнутыми изобарами называются *барическими максимумами* (антициклонами), области пониженного давления - *барическими минимумами* (циклонами).

Характер изменения атмосферного давления за определенный промежуток времени называется *барической тенденцией*. Это разность между показаниями атмосферного давления, измеренного в различные сроки наблюдения. Барическая тенденция имеет очень важное значение для прогноза погоды. Сведения о ней и об атмосферном давлении включаются во все сводки, поступающие с сети метеорологических станций.

1.3.8. Ветер

Атмосфера никогда не бывает в состоянии покоя. Воздух постоянно перемещается как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении. Движение воздуха в горизонтальном направлении называется *ветром*. Непосредственной силой, которая приводит воздух в движение и вызывает ветер, является разность давления воздуха, создающаяся у земной поверхности.

Ветровой режим характеризуется такими показателями, как скорость ветра, сила и направление, откуда дует ветер. Скорость выражается длиной пути в метрах, проходимой воздухом за 1с. О *силе ветра* судят по его скорости и возможных последствиях его действия на земной поверхности. Для визуальной оценки силы ветра используется условная 12-балльная шкала Бофорта.

Направление ветра фиксируется азимутом или румбом. Для обозначения направления используют 8 румбов (сектор шириной 45°) или 16 румбов (сектор шириной 22,5°). Сокращенная запись

направлений ветра осуществляется с помощью начальных букв четырех сторон света.

Для 8 румбов приняты обозначения: С - север, СВ - северо-восток, В - восток, ЮВ - юго-восток, Ю - юг, ЮЗ - юго-запад, З - запад, СЗ - северо-запад.

Если принято 16 направлений ветра, то к этим обозначениям добавляются еще восемь промежуточных румбов (ССВ - север-северо-восток, ВСВ - восток-северо-восток, ВЮВ - восток-юго-восток, ЮЮВ - юг-юго-восток, ЮЮЗ - юг-юго-запад, ЗЮЗ - запад-юго-запад, ЗСЗ - запад-северо-запад и ССЗ - север-северо-запад).

Скорость и направление ветра постоянно изменяются. Поэтому под направлением и скоростью ветра понимают средние значения этих показателей за определенный промежуток времени (2 мин). Наблюдения состоят в определении скорости и направления ветра. На метеостанциях эти наблюдения производятся с помощью специальных приборов.

1.4. Организация метеорологических наблюдений в России

Метеорология как наука зародилась в России в середине XVIII века и началась с производства систематических наблюдений за атмосферными явлениями. Для решения основных задач метеорологии - изучения свойств и физического состояния атмосферы, составления прогнозов погоды и обслуживания ими различных потребителей - необходимы систематические наблюдения за метеорологическими элементами и их изменением во времени и в пространстве.

Для этих целей на территории каждого государства, в том числе и в России, создана широко разветвленная сеть наблюдательных метеорологических пунктов. На них ведутся регулярные наблюдения, необходимые для разработки прогнозов погоды. С помощью специальных приборов в точно установленные сроки производятся наблюдения за температурой и влажностью воздуха, атмосферным давлением, скоростью и направлением ветра, атмосферными осадками, облачностью, снежным покровом, видимостью, температурой почвы, солнечной радиацией и т.д.

Сроками наблюдений называют точно установленные моменты времени, с наступлением которых на всех станциях производятся метеорологические наблюдения.

Для разработки достоверных прогнозов необходимо, чтобы наблюдения на метеостанциях производились по строго регламентированным правилам и по специальной программе.

Качество метеорологических наблюдений должно отвечать строго установленным требованиям: репрезентативность, непрерывность, достоверность, однородность и сравнимость результатов наблюдений.

Репрезентативными называют такие данные, которые характерны не только для места производства наблюдений, но и для обширного района, в котором находится метеостанция. Выполнение этого требования достигается соблюдением определенных правил при выборе места размещения метеостанции. Вблизи метеостанции не должно быть близко расположенных строений, водоемов, резких переломов рельефа, которые могут влиять на изменение метеорологических параметров, т.е. завьисить или занизить их значения.

Автомобильная дорога и движущиеся по ней транспортные средства влияют на изменение метеорологических факторов. Для соблюдения требования репрезентативности наблюдений метеостанции располагаются *вдалеке от автомобильных дорог*. В связи с этим на метеостанциях нет возможности организовать наблюдения за состоянием дорожного покрытия в зависимости от изменения метеорологических параметров.

Наблюдения должны быть *непрерывными*. Пропуск наблюдения приводит к снижению качества прогнозов, потере точности при расчете средних значений метеорологических параметров. Для обеспечения непрерывности наблюдения проводятся не только в указанные сроки, но и между сроками. При этом отмечается начало и окончание атмосферных явлений.

Достоверность данных предусматривает высокую квалификацию наблюдателя, наличие исправных, поверенных приборов. Наблюдатель обязан отмечать только то, что видел сам, не допускается замены результатов измерений по приборам какими-либо вычислениями.

Чтобы изучать атмосферные явления и их развитие в пространстве и во времени, анализируется большое количество результатов измерений, проведенных на сети метеостанций. Эти данные должны быть *однородными во времени*. Соблюдение этого условия позволяет сравнивать между собой многолетние ряды данных, полученные в одно и то же время в различных точках территории.

Однородность зависит от того, насколько одинаковыми сохраняются условия проведения наблюдений в течение длительного периода времени, от однотипности используемых приборов, которые должны обладать необходимой и одинаковой точностью.

Для соблюдения всех указанных выше требований большое внимание уделяется выбору места размещения метеостанции или метеопоста. Наблюдения на метеорологических станциях и постах производятся в непосредственной близости от земной поверхности и называются *наземными метеорологическими наблюдениями*.

Метеорологическое обеспечение потребителей возможно только на основе достоверной информации о состоянии природной среды. Для получения таких данных производятся наблюдения, в результате которых получают *первичную метеорологическую информацию*.

Система получения первичной метеорологической информации включает в себя:

- сеть наземных метеорологических и аэрологических станций;
- сеть судовых наблюдений, якорных и дрейфующих гидрометеорологических станций;
- сеть метеорологических радиолокационных станций;
- космическую метеорологическую систему;
- систему авиационной разведки погоды.

Основу наземной подсистемы получения информации составляет наблюдательная *сеть метеорологических станций и постов*, которые различаются программой наблюдений и сроками проведения измерений. Объем и содержание работ на метеорологических станциях и постах определяются типовой программой наблюдений, в зависимости от разряда, присвоенного станции или посту. Порядок наблюдений, методика обработки и правила записи результатов устанавливаются специальными наставлениями и руководствами.

Все метеорологические станции входят в сеть синоптических станций (кроме наземных в нее входят станции на акваториях океанов, островах, судах погоды). Наблюдения на всей синоптической сети идут синхронно в восемь сроков наблюдения (основные сроки - 00, 06, 12, 18 ч и дополнительные - 03, 09, 15, 21 ч по гринвичскому среднему времени). Наблюдения за атмосферными явлениями производятся непрерывно. Часть синоптических станций в России входит в международную синоптическую сеть. На метеорологических постах измерения производятся в единые

синхронные два срока наблюдения: утренний - ближайший к 8 ч поясного декретного (зимнего) времени и вечерний - ближайший к 20 ч.

Приземные метеорологические наблюдения включают измерение указанных выше метеорологических величин, характеризующих состояние и развитие физических процессов в атмосфере, а также определение основных характеристик метеорологических явлений (наличие, продолжительность, интенсивность и степень опасности для народного хозяйства).

На метеорологических постах наблюдения и измерения проводятся по специальным программам. Их объем значительно меньше, чем на метеорологических станциях.

Часть атмосферных явлений относят к категории особо опасных - стихийных гидрометеорологических явлений (СГЯ). Наблюдения за ними производятся как на метеостанциях, так и на метеорологических постах. При их возникновении производится оповещение обслуживаемых организаций.

СГЯ - это такое метеорологическое явление, которое по своей интенсивности, продолжительности и площади распространения наносит значительный материальный ущерб народному хозяйству и населению. К ним относятся сильный ветер, метели, интенсивные осадки и т.д. Критерии СГЯ приведены в табл. 1.1.

В настоящее время ведутся интенсивные работы по созданию автоматических и полуавтоматических синоптических станций для получения метеорологической информации из труднодоступных районов (горы, пустыни, малонаселенные территории).

Основными недостатками системы метеорологических наблюдений являются:

- пространственная дискретность и недостаточная плотность метеостанций;

- временная дискретность (имеется вероятность пропуска резкого изменения погодных условий между сроками наблюдения).

Эти недостатки особенно существенны для метеорологического обеспечения зимнего содержания дорог, где требуется повышенная пространственная и временная детализация первичной информации и прогнозов.

Метеорологические радиолокационные станции непрерывно определяют характеристики зон облачности и осадков, направление ветра. Эффективный радиус обнаружения составляет около 150 км.

Таблица 1.1.

Критерии стихийных гидрометеорологических явлений, за которыми производятся наблюдения

Стихийное гидрометеорологическое явление	Измеряемый параметр	Заключение параметра	Продолжительность
Сильный ветер	Максимальная скорость ветра	Более 30-35 м/с	Любая
Метель всех видов	Средняя скорость ветра	» 15-25 м/с	Более 12 ч
Пыльная буря	То же	» 15 м/с	То же
Шквал	Максимальная скорость ветра	» 30 м/с	Любая
Обильный дождь, снегопад	Количество осадков	Твердые - более 20 мм	Не более 12 ч
		Жидкие и смешанные - более 50 мм	То же
		Дождь - более 30 мм (для селеопасных районов)	»
		Более 80 мм	»
Град	Диаметр градин	Более 20 мм	Любая
Гололед	Диаметр отложений на проводах	Более 20 мм	То же
Сложные отложения, налипание мокрого снега	То же	Более 35 мм	То же
Туман	Видимость	Менее 50 м	Более 12 ч
Заморозок	Температура воздуха	Менее 0°С	Любая

Метеорологическая космическая система - метеорологические искусственные спутники Земли, расположенные на различных орбитах и оборудованные специальной обзорно-измерительной аппаратурой. С их помощью можно определять:

- распределение облачности;
- распределение ледяного и снежного покрова;
- вертикальное распределение температуры воздуха и относительной влажности;

- положение зон осадков и их интенсивность;
- радиационный баланс системы Земля - атмосфера;
- температуру подстилающей поверхности и верхней границы облаков.

Полученную в результате наблюдений первичную информацию используют для разработки прогнозов, построения синоптических карт и т.д.

1.5. ПОГОДА И СПОСОБЫ ЕЕ ПРЕДСКАЗАНИЯ

Погода определяется сочетанием метеорологических элементов, в основном, значениями температуры, влажности и давления воздуха, скоростью и направлением ветра, осадками, облачностью и прозрачностью атмосферы.

Сочетание метеорологических элементов может быть различным, оно непрерывно меняется со временем. Вследствие этого физическое состояние атмосферы, т.е. погода, характеризуется изменчивостью, разнообразием и непостоянством. Наиболее значительные изменения погоды вызываются суточным и годовым ходом метеорологических элементов и непрерывным перемещением различных воздушных масс в циклонах и антициклонах.

Воздушные массы перемещаются как одно целое в виде больших течений атмосферы. Каждая воздушная масса имеет определенные физические свойства - температуру, влажность, при перемещении из одних районов в другие эти свойства меняются. Воздушные массы являются носителями определенных погодных условий, их смена приводит к изменению погоды.

Воздушные массы подразделяются на теплые и холодные.

Теплая воздушная масса движется из теплых районов в холодные, и ее приход вызывает потепление. Для нее характерно образование туманов, слабые осадки в виде мелкого дождя, мороси, снежной крупы.

Холодная воздушная масса движется из холодных районов в теплые, и ее приход вызывает похолодание. Так как эта масса холоднее земной поверхности, то при соприкосновении с ней она нагревается. В связи с этим появляются облака с ливневыми осадками и грозами.

Между двумя воздушными массами, обладающими различными свойствами, находится сравнительно тонкий промежуточный слой воздуха, в котором происходит быстрый переход от свойств

одной воздушной массы к свойствам другой. Поверхность раздела между различными воздушными массами называется *фронтом*, а линия пересечения этой поверхности с землей - *линией фронта*. При прохождении фронта наблюдается изменение погоды - колебания температуры, влажности воздуха, ветра.

Фронты бывают теплые и холодные.

Теплый фронт образуется при натекании теплого воздуха на холодный. Поднимаясь по поверхности холодного фронта, теплый воздух охлаждается, в нем образуется система облаков, из которой выпадают продолжительные и интенсивные осадки. Ширина зоны осадков впереди линии теплого фронта может достигать 400 км для снега и 300 км для дождя. Одним из признаков приближения теплого фронта является понижение атмосферного давления и усиление ветра. Давление понижается тем сильнее, чем больше разность между температурами теплого и холодного фронтов. Схема перемещения теплого фронта приведена на рис. 1.2.

Холодный фронт возникает при условиях противоположного характера. Холодный воздух, как более плотный и тяжелый, подтекает под теплый в виде тупого клина, вытесняя теплый воздух вверх. Вытесненный воздух охлаждается, вызывает конденсацию водяного пара. При прохождении фронта наблюдаются ливневые осадки, выпадающие в сравнительно узкой полосе. Перед холодным фронтом давление падает, ветер усиливается и становится порывистым,

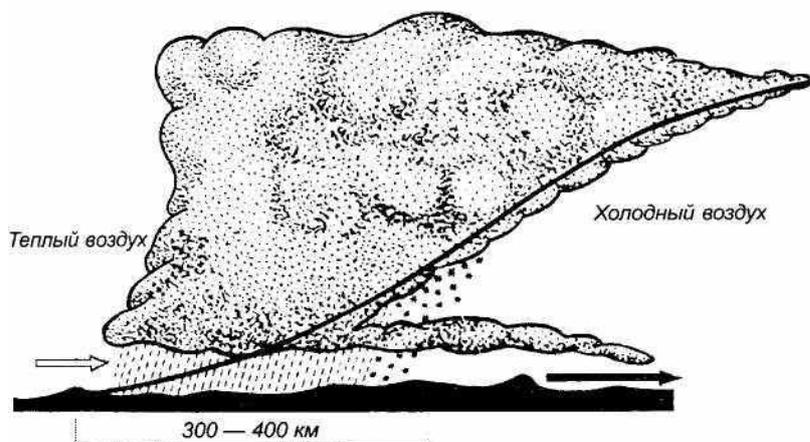


Рис. 1.2. Схема перемещения теплого фронта

изменяет свое направление. За фронтом давление сильно возрастает, ветер ослабевает, небо становится безоблачным. Схема перемещения холодного фронта приведена на рис. 1.3.

Фронты - явление непрерывно изменяющееся, они могут исчезать, появляться, изменять свою форму и положение. На разделе двух воздушных масс образуется *циклон - область пониженного давления*, схема которого приведена на рис. 1.4.

В начале своего развития циклон имеет два фронта: теплый в юго-восточной части и холодный - в юго-западной. Оба фронта сходятся в центре циклона, между ними располагается теплый сектор. Движение циклона обычно происходит вдоль изобар теплого воздуха, т.е. в восточном направлении. Изменение погоды зависит от того, в какой части циклона находится данная местность.

Если южнее центра циклона, то происходит смена погоды: сначала - при прохождении теплого фронта, потом теплого сектора циклона, затем прохождения холодного фронта. Если пункт находится севернее центра циклона, то изменение погоды проходит без резких колебаний метеорологических элементов. Скорость движения циклона в среднем составляет 30-40 км/ч.

Вместе с циклоном перемещаются и фронты, причем с разной скоростью. Холодный фронт движется быстрее, следовательно, со временем теп-

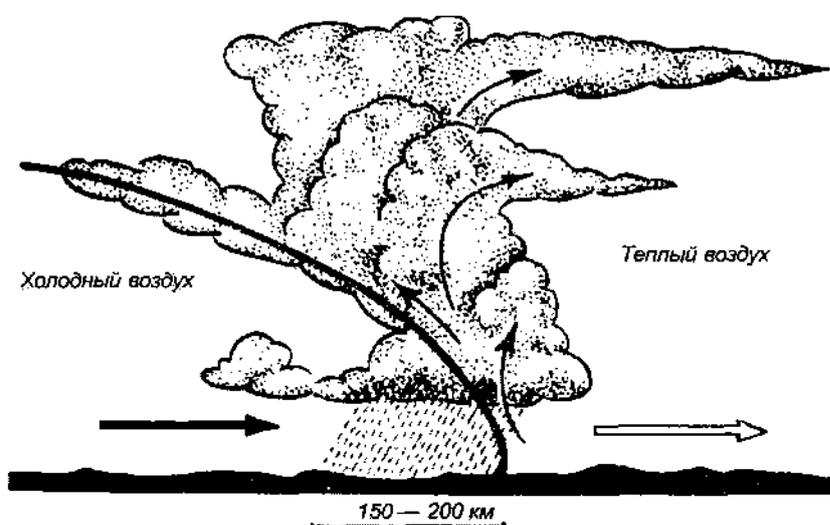


Рис. 1.3. Схема перемещения холодного фронта

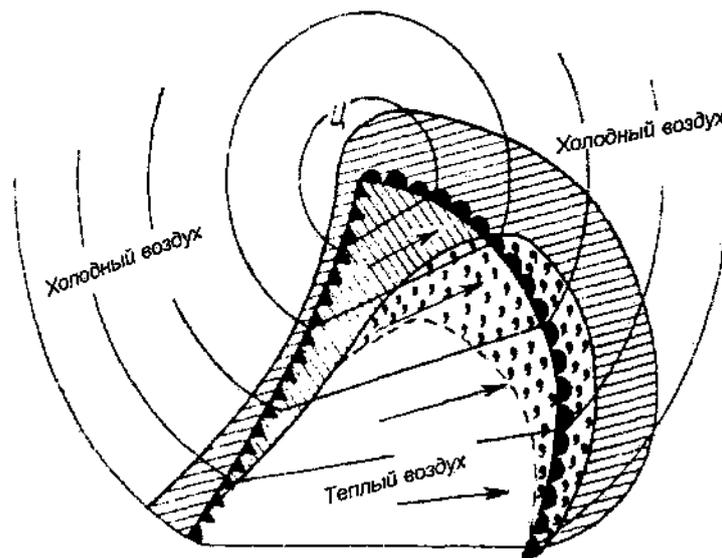


Рис. 1.4. Схема циклона

лый сектор циклона становится все уже, и фронты смыкаются, после чего циклон затухает. Обычно наблюдается не один, а серия циклонов, развитие и перемещение которых необходимо отслеживать для прогноза погодных условий.

Антициклон - область повышенного давления. Антициклоны обычно развиваются в однородной воздушной массе и не имеют фронтов. Погода в антициклоне безоблачная, без осадков и определяется воздушной массой холодной или теплой, из которой он сформировался. Зимой возможны сильные морозы. Перемещаются антициклоны медленнее - со скоростью 25 км/ч.

Следовательно, для прогноза погоды необходимо знать, какая воздушная масса занимает территорию, какая придет ей на смену, насколько близок фронт, с какой скоростью он перемещается, в какой части движущегося циклона оказывается территория, для которой составляется прогноз.

Чтобы знать изменения погоды, необходимо оценить состояние погоды в данный момент на возможно большем пространстве. Такую картину дают *синоптические карты*, фрагмент которой представлен на рис. 1.5.

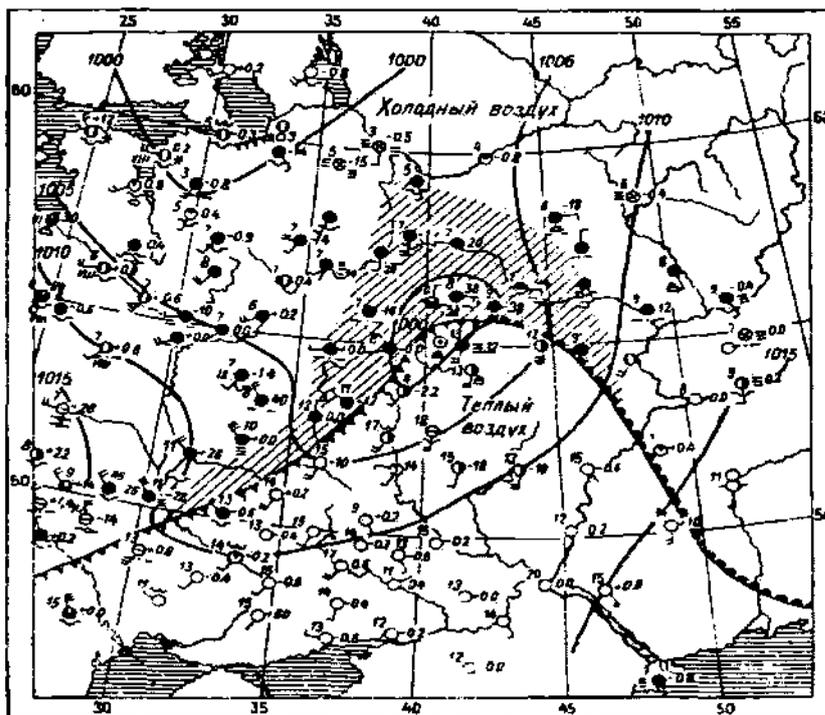


Рис. 1.5. Фрагмент синоптической карты

Синоптическая карта, или карта погоды - географическая карта, на которой условными цифрами и значками показано состояние погоды, наблюдающейся на сети метеостанций.

Карта составляется по данным телеграмм с информацией о результатах измерений, которые поступают с наблюдательной сети и в которых зашифрованы сведения о погоде с помощью метеорологического кода. Все сведения в виде условных цифр и знаков наносятся около точки, изображающей на карте местоположение метеостанции.

Специалисты легко читают эти карты и выясняют географическое происхождение воздушных масс, расположение фронтов, зон осадков, устанавливают положение циклонов и антициклонов, которые можно обнаружить на карте по замкнутым изобарам.

Такие карты составляются в Гидрометцентре России несколько раз в сутки. Анализ нескольких карт позволяет синоптику выяснить

пути перемещения воздушных масс, фронтов, циклонов и антициклонов и прогнозировать их перемещение и видоизменение. В соответствии с перемещением воздушных масс и фронтов предсказывают изменение погоды, т.е. составляют прогноз.

Этот метод предсказания погоды называется *синоптическим*.

Кроме синоптического, для прогноза используются еще гидродинамический и физико-статистический методы.

Анализ этих методов приведен в табл. 1.2.

Таблица 1.2.

Анализ используемых в метеорологии методов прогноза

Метод прогноза	Характеристики метода			
	Назначение	Область применения	Достоинства	Недостатки
Синоптический	Определение с помощью синоптических карт положения и перемещения атмосферных фронтов. Прогноз погодных условий с учетом влияния местных факторов	Прогноз метеорологических параметров и опасных явлений для региона	Учитывает влияние региональных особенностей; наиболее отработанный метод	Требует наличия высококвалифицированных синоптиков, не лишен субъективизма
Гидродинамический	Интегрирование уравнений термо- и гидродинамики воздушных масс, расчет полей основных метеорологических параметров.	Прогноз крупномасштабных процессов, составление синоптических карт	Лишен субъективизма, обладает высокой точностью	Требует мощных ЭВМ, метеорологической информации с обширных территорий и спутников погоды
Физико-статистический	Прогнозирование погодных явлений с помощью математических моделей, построенных по статистическому архиву метеоданных	Прогноз отдельных метеорологических параметров и опасных явлений	Возможно введение в модель факторов, зависящих от метеопараметров; простота использования	Требует переработки большого объема статистической информации

При выборе метода для специализированных прогнозов руководствуются классификацией В. Беера, которая различает погодообразующие процессы трех различных масштабов и области их действия.

В *области макроклимата* распределение метеорологических элементов определяется общей циркуляцией атмосферы и учитывается синоптическими и гидродинамическими прогнозами.

В *мезоклиматической области* на характер распределения метеорологических параметров оказывают влияние признаки местного характера, к которым относятся рельеф местности, наличие водоемов и т.д. Третья область - *микроклимат*; в ней распределение метеорологических величин определяется факторами, действующими в непосредственной близости от поверхности обмена, и зависит от физических свойств этой поверхности. Влияние особенностей мезо- и микроклимата в большей степени учитывают физико-статистические методы прогноза.

Погодные условия зависят от условий на поверхности раздела земля - воздух. Влияние особенностей подстилающей поверхности заметно повышается по мере уменьшения масштаба климата. Уменьшение горизонтального и вертикального масштабов позволяет выявить различия, которые незаметны при большем масштабе.

Значения метеорологических параметров в непосредственной близости от дорожного покрытия определяются его радиационным балансом. Температура дорожного покрытия может существенно отличаться от той температуры, которая измеряется на высоте 2 м на метеостанциях. В связи с этим существующее метеорологическое обеспечение, основанное на наземных наблюдениях, синоптических и гидродинамических прогнозах, не позволяет в полной мере решать задачи зимнего содержания дорог. Для этого используются результаты измерений автоматических дорожных метеостанций и на их основе специализированные прогнозы скользкости.

1.6. ОРГАНИЗАЦИЯ СБОРА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГНОЗОВ ПОГОДЫ И ДОВЕДЕНИЕ ИХ ДО ПОТРЕБИТЕЛЯ

Решение таких задач как организация метеорологических наблюдений, сбор, обработка и распространение метеорологической информации и прогнозов входят в компетенцию Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет).

На сегодняшний день Росгидромет представляет собой сложную многофункциональную систему, основными элементами которой являются научно-исследовательские учреждения, Гидрометцентр России (ГМЦ), территориальные управления (УГМС) и региональные центры (ЦГМС) по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Запросы потребителей в гидрометеорологической информации могут удовлетворяться на всех уровнях системы Росгидромета.

Для обеспечения необходимой погодной информацией различных потребителей, в число которых входят и дорожные организации, выполняется комплекс работ, в состав которых входят:

- своевременное предупреждение об опасных явлениях (ОЯ) и особо опасных - стихийных гидрометеорологических явлениях (СГЯ), перечень которых приведен в табл. 1.1;
- обеспечение прогностической и фактической информацией;
- консультации и выдача рекомендаций по использованию гидрометеорологической информации;
- предоставление по запросам любых режимно-справочных материалов.

Для обеспечения потребителей прогнозами погоды разработана система сбора, передачи, обработки гидрометеорологической информации и доведения ее до потребителей. Схематично информационный обмен в системе Росгидромета представлен на рис. 1.6.

На сети синоптических станций и постов собирается первичная информация о состоянии атмосферы, которая передается по каналам связи для анализа и расчета прогнозов на все уровни системы: Гидрометцентр (ГМЦ), УГМС, ЦГМС.

В Гидрометцентре собираются данные наблюдений со всего земного шара, анализируются карты погоды. Дважды в сутки Гидрометцентр России рассчитывает поля давления, температуры, влажности, ветра и т.д. на различных высотах, на основе которых рассчитываются прогнозы на сроки от 48 до 84 ч. Результаты расчетов по факсимильной связи передаются в УГМС, в зону ответственности которых входят несколько региональных ЦГМС.

УГМС разрабатывает и уточняет прогнозы на 2-3 суток для всех регионов, находящихся в зоне их ответственности.

Эти прогнозы передаются в ЦГМС, где они детализируются и уточняются с учетом местных особенностей погоды. Срок таких прогнозов - 1 сут, они распространяются в пределах региона, который обслуживает ЦГМС (как правило, это отдельная область).

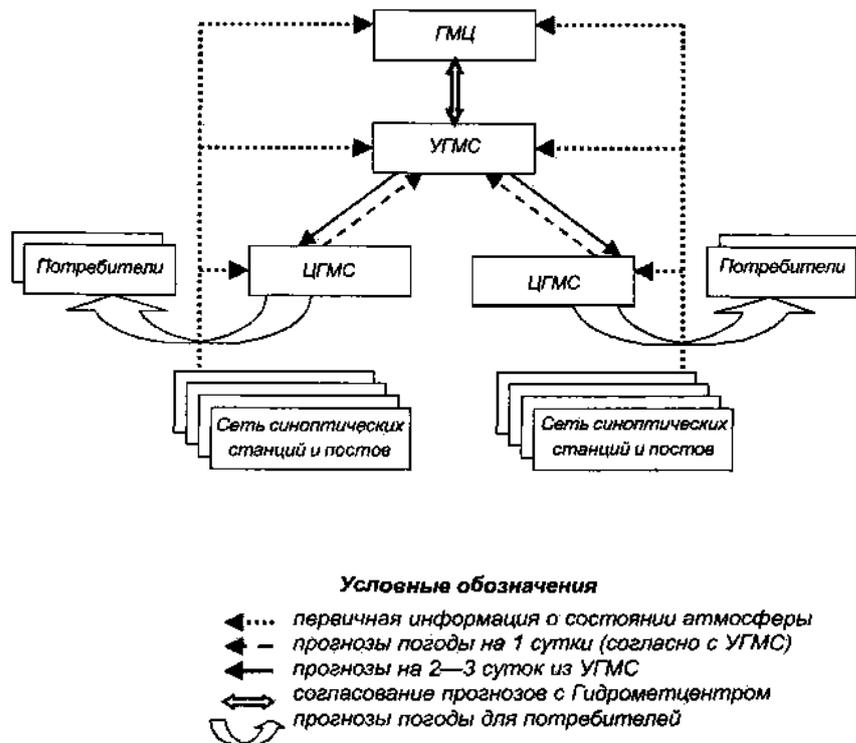


Рис. 1.6. Схема сбора данных, составления, согласования и распространения прогнозов погоды

При разработке прогнозов производится их согласование между ЦГМС и УГМС, а также между УГМС и Гидрометцентром.

На основе прогнозов погоды общего назначения разрабатываются специализированные прогнозы погоды для различных потребителей. В них отражается та погодная информация, которая оказывает наиболее существенное влияние на производственную деятельность потребителя.

Таким образом, дорожные организация могут получать всю необходимую погодную информацию и прогнозы в ЦГМС, с которыми они заключают договора на информационное обслуживание.

2. ВЛИЯНИЕ ПОГОДЫ И КЛИМАТА НА ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ДОРОЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ, БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ, ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИДОРОЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

2.1. ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

Автомобильные дороги представляют собой сложные инженерно-транспортные сооружения, предназначенные для обеспечения удобного и безопасного движения автомобилей с расчетными скоростями и установленными нагрузками.

Автомобильная дорога как транспортное сооружение характеризуется рядом *транспортно-эксплуатационных показателей*. К ним относятся:

- геометрические параметры - ширина проезжей части и краевых укрепленных полос, общая и укрепленная ширина обочин, продольные уклоны, радиусы кривых в плане и продольном профиле, уклоны виражей и расстояние видимости;

- прочность и состояние дорожной одежды проезжей части и обочин;

- ровность и сцепление колеса автомобиля с покрытием проезжей части и обочин;

- состояние земляного полотна;

- состояние и работоспособность водоотвода;

- габариты, грузоподъемность и состояние мостов, путепроводов и других искусственных сооружений;

- состояние элементов инженерного оборудования и обустройства дороги.

Повышение требований к автомобильным дорогам со стороны их пользователей приводит к необходимости более полного учета потребительских свойств дорог при их содержании.

Потребительские свойства дороги - совокупность ее транспортно-эксплуатационных показателей, влияющих на эффективность

работы автомобильного транспорта, безопасность движения и отражающих интересы пользователей дорог.

К потребительским свойствам дороги относятся :

- обеспечение непрерывности проезда в любые периоды года;
- обеспечение необходимой скорости, пропускной способности и уровня загрузки;
- безопасность и удобство движения;
- допустимые габариты, осевые нагрузки и общая масса автомобилей;
- экологическая безопасность.

Транспортно-эксплуатационные показатели и потребительские свойства автомобильных дорог меняются по сезонам года. Наиболее сложным для участников движения и службы содержания дорог является зимний период, когда под воздействием неблагоприятных погодных-климатических факторов изменяются расстояние видимости, сцепные качества покрытий, а также состояние инженерного оборудования и обустройства.

Обеспечение высоких потребительских свойств дороги в любой период года и при любых погодных условиях - основная задача дорожно-эксплуатационной службы.

При решении задач содержания автомобильных дорог их следует рассматривать как элемент сложной системы ВАДС (Водитель - Автомобиль - Дорога - Среда), состоящей из четырех подсистем (рис. 2.1).

Система ВАДС является открытой, т.е. зависит от погодных условий и функционирует под воздействием метеорологических параметров, описанных в главе 1.

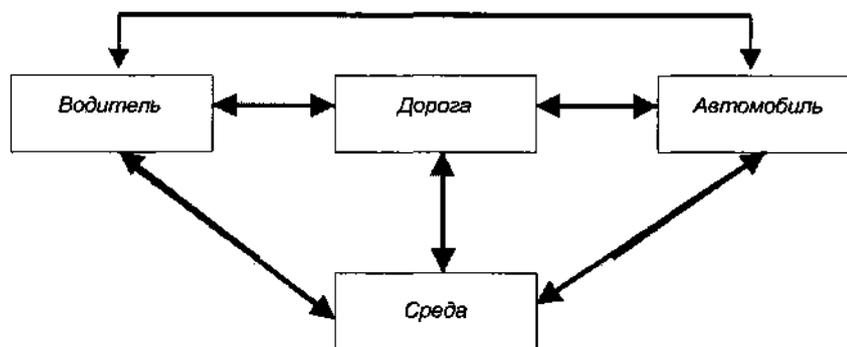


Рис. 2.1. Структурная схема комплекса ВАДС

2.2. ВЛИЯНИЕ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ СВОЙСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В течение всего срока службы дорога находится под постоянным воздействием транспортных средств и внешней среды. Она подвержена активному воздействию многочисленных природных факторов (замерзание и оттаивание грунтов земляного полотна, сезонные изменения их водно-теплового режима, снежные заносы, обледенение и т.д.) Эти особенности работы автомобильных дорог учитывают уже при их проектировании, чтобы построенные дороги обеспечивали потребителей безопасным круглогодичным проездом с расчетными скоростями движения в течение длительного времени. Погодно-климатические факторы оказывают существенное влияние на надежность и безопасность функционирования автомобильной дороги. Наибольшее влияние они проявляют в зимний период, когда к метеорологическим условиям, неблагоприятным для движения в другие сезоны года, добавляются снежные заносы и зимняя скользкость, отрицательная температура воздуха.

К климатическим условиям, оказывающим влияние на потребительские свойства дорог, относятся амплитуда колебания температуры, ее максимальное и минимальное значения, количество осадков, условия их испарения, направление и скорость ветра, мощность снегового покрова, глубина промерзания грунта и т.д. Они ограничивают продолжительность строительного сезона и требуют специальных технологий производства работ, как по ремонту, так и по содержанию дорог для поддержания их потребительских свойств.

Воздействие сезонного изменения климатических факторов приводит к снижению прочности дорожных конструкций в весенний период и, как следствие, к ограничению осевых нагрузок для проходящих автомобилей.

Постоянное воздействие на дорогу оказывают атмосферные явления в виде выпадающих осадков, метелей, туманов, гололедных отложений. В результате воздействия этих факторов происходит постепенное разрушение конструктивных элементов дороги.

Температурный режим характеризуется среднемесячными и экстремальными (максимальными и минимальными) значениями температуры воздуха, датами и частотой перехода температуры воздуха через различные пределы изменения. Он определяет продолжительность

различных сезонов года в районе прохождения дороги, технологические процессы по ремонту и содержанию дорог, условия и частоту образования различных видов зимней скользкости, состояние снежного покрова и заносимость дорог метелевым снегом. Если в районе прохождения дороги наблюдается устойчивая отрицательная температура воздуха в зимний период, то там снижается вероятность обледенения дорожных покрытий, однако снег становится более сухим и подвижным, он легко переносится ветром, следовательно, повышается вероятность снежных заносов. В районах с частыми переходами температуры воздуха через 0°C повышается вероятность образования скользкости на покрытии. Температурный режим оказывает воздействие на все потребительские свойства автомобильной дороги.

На режимы движения автомобиля оказывает влияние и ветер; причем наиболее опасно сочетание высокой скорости ветра и скользкого покрытия, что может привести к потере устойчивости автомобиля при движении его по открытым участкам дороги. *Ветровой режим* в основном определяет характер переноса снега при метелях.

Среди *осадков в зимний период* можно отметить снегопады, метели, туманы, жидкие осадки, приводящие к образованию гололедных явлений. Режим выпадения осадков определяет такие процессы, как снежные заносы, снежные и гололедные отложения на дорожных покрытиях, а также дальность видимости.

Негативное влияние снежных заносов на потребительские свойства дорог проявляется в уменьшении их пропускной способности из-за снижения скорости движения транспортных средств. Если дорога заносится снегом, то на ней могут возникнуть заторы и перерывы в движении, изменяется ширина проезжей части, снижается коэффициент сцепления колеса с дорожным покрытием.

Осадки в зимний период часто приводят к образованию различных видов зимней скользкости, снижению коэффициента сцепления. Основная опасность при движении на скользком обледеневшем покрытии состоит в том, что из-за различий в дорожных условиях скользкость может появиться не на всем протяжении дороги, а на отдельных ее участках. При этом водитель не всегда быстро перестраивается на новые режимы движения.

Скользкость и снежные заносы приводят к значительному снижению скорости движения одиночных автомобилей и транспортных потоков,

следовательно, к снижению пропускной способности дорог, увеличению стоимости перевозок.

Выпадение осадков, образование туманов приводят к ограничению видимости. Это также влечет за собой снижение скорости движения транспортного потока и уменьшение пропускной способности дороги, ухудшается восприятие водителем обстановки пути.

В связи с ростом интенсивности движения на дорогах России *проблема обеспечения безопасности движения* привлекает к себе все большее внимание. В последнее десятилетие одним из основных принципов обеспечения безопасности движения стал приоритет жизни и здоровья граждан, участвующих в дорожном движении, над экономическими результатами хозяйственной деятельности. С учетом этого принципа разрабатываются и утверждаются современные нормативные документы, осуществляются проектирование, строительство и реконструкция автомобильных дорог, а также их ремонт и содержание. При проведении любых мероприятий на автомобильной дороге не допускается снижение уровня безопасности движения.

Погодно-климатические факторы оказывают непосредственное влияние на безопасность движения, однако основные элементы плана, продольного и поперечных профилей автомобильных дорог проектируют исходя из условий движения автомобилей в эталонных погодных условиях (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Эталонные погодные условия

Наименование параметров	Значения параметров
Период года	Лето
Температура воздуха, °С	20
Относительная влажность воздуха, %	50
Интенсивность осадков, мм/мин	0
Скорость ветра, м/с	0
Метеорологическая дальность видимости, м	Более 750
Атмосферное давление, МПа	1013

Отклонение погодных условий от эталонных значений, а также их изменение по сезонам года приводит к снижению безопасности движения.

По времени воздействия погодно-климатические факторы могут быть длительными (снежный покров, отрицательная температура воздуха) или кратковременными (туман, зимняя скользкость). Именно кратковременные погодно-климатические факторы оказывают наибольшее влияние на количество и тяжесть дорожно-транспортных происшествий (ДТП). На скользком покрытии увеличивается тормозной путь, возникает угроза заноса автомобиля, что повышает вероятность возникновения ДТП.

Как показывает анализ, от 12 до 15% от общего количества ДТП происходят из-за неблагоприятных дорожных условий. Из этого количества около 50% ДТП происходят в зимний период и имеют основной причиной влияние метеорологических условий, приводящих к снижению сцепных качеств дорожных покрытий и ограничению видимости.

Оценку безопасности движения делают на основе учета и анализа ДТП, произошедших на обслуживаемом участке дороги. Правила, регламентирующие учет дорожно-транспортных происшествий, предписывают отмечать их причины, на которые влияют погодные условия:

- низкие сцепные качества покрытия;
- сужение проезжей части при наличии снега на дорожном покрытии (если ширина полностью очищенной проезжей части меньше значений, регламентируемых нормативными документами);
- наличие снежных валов на пересечениях в одном уровне в зоне треугольника видимости;
- ограничение видимости по метеоусловиям.

Для оценки общего состояния аварийности на обслуживаемой сети дорог строят *сезонные графики коэффициентов аварийности*. Они позволяют учесть влияние погодно-климатических факторов на безопасность движения и оценить изменение условий движения в различные сезоны года. Сезонные графики коэффициентов аварийности строят для летнего, зимнего и переходного периодов года. При этом учитывается влияние погодных условий на изменение следующих дорожных факторов:

- сезонные колебания интенсивности и состава движения;

- эффективно используемую ширину проезжей части в связи с образованием снежных отложений;
- уменьшение ширины обочин за счет образования снежных отложений на обочинах;
- ограничение видимости на кривых в плане снежными валами, образующимися на обочинах при очистке дороги от снега;
- ограничение видимости на прямых участках из-за снегопадов, туманов и метелей;
- уменьшение ширины проезжей части мостов по сравнению с проезжей частью дороги из-за снежных отложений и насосов грязи у бордюра или тротуара;
- изменение видимости на пересечениях в одном уровне из-за снеговых валов на обочинах и у снегозащитных насаждений;
- изменение используемого числа полос движения на проезжей части из-за снежных отложений и грязных обочин на дорогах;
- изменение коэффициента сцепления на скользком покрытии.

График сезонных коэффициентов аварийности является основным рабочим документом для оценки условий безопасности движения по дороге в различные периоды года, на основании которого разрабатываются конкретные мероприятия по повышению безопасности движения и сроки их проведения на разных участках.

Для повышения безопасности движения в зимний период предусматривается комплекс мероприятий по защите дорог от снежных заносов, как при проектировании, так и при их содержании. Для обеспечения безопасности движения в сложных погодных условиях дорожная служба проводит работы в соответствии с нормативными требованиями к уровню содержания.

Кроме того, могут быть предусмотрены специальные мероприятия:

- своевременная информация водителей о состоянии проезда по дорогам;
- средства дополнительной информации водителей о рекомендуемых режимах движения в сложных погодных условиях (знаки со сменной информацией, информационные табло, временные дорожные знаки, устанавливаемые в зимний период).

Для организации таких работ нормативные документы обязывают дорожно-эксплуатационные организации регулярно и

своевременно получать прогнозы погоды. По экспертным оценкам зарубежных специалистов, развитая система погодного мониторинга на дорогах снижает уровень аварийности на 10-15%.

Проходящие по автомобильным дорогам транспортные средства являются одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха, почв, поверхностных и грунтовых вод на прилегающих к ним территориях. Развитие сети автодорог и рост интенсивности движения вызывают увеличение загрязнения окружающей среды, что делает актуальным решение задач *экологической безопасности* и снижения воздействия автотранспорта на среду обитания человека.

Ежегодные транспортные выбросы в атмосферу России составляют около 35 млн. т вредных веществ и 58% от этого количества приходится на автомобильный транспорт, передвигающийся по дорогам. Загрязнение атмосферного воздуха на 40% зависит от состояния дорожного покрытия и организации движения. Оно существенно изменяет качественный состав атмосферного воздуха, что влечет за собой ухудшение микроклимата в придорожной полосе. Глобальный парниковый эффект, существенно влияющий на изменение климата планеты, во многом формируется за счет функционирования дорожно-транспортной инфраструктуры.

Основную массу загрязняющих воздух веществ составляют отработавшие газы транспортных средств, движущихся по дороге. К числу наиболее токсичных веществ, выделяемых с отработавшими газами, относятся окись углерода, окислы азота, сажа, свинец и его соединения.

Отрицательное воздействие отработавших газов на окружающую среду зависит, в основном, от состава транспортного потока, интенсивности и скорости движения, а также от геометрических параметров дороги и скорости ветра. При оценке выбросов транспортных средств необходимо учитывать условия движения, которые определяются состоянием дорожного покрытия, формирующимся, в том числе, и под воздействием погодноклиматических факторов. Установлено, что несоответствие состояния дороги техническим характеристикам автомобилей может на треть увеличить объем вредных выбросов за счет снижения скорости движения, изменения режимов движения и перерасхода топлива.

Существующие в настоящее время методы расчета и оценки воздействия автомобильной дороги на окружающую среду учитывают среднегодовые показатели, относящиеся к дорожным и транспортным факторам,

что не в полной мере отражает динамику поступления загрязняющих веществ в окружающее пространство и условия их распространения. Количество загрязняющих веществ нестабильно и колеблется в значительных пределах по времени суток, дням недели, периодам года.

Наиболее благоприятный режим движения транспорта создается при эталонных условиях погоды (см. табл. 2.1). Эти погодные условия можно считать также наиболее благоприятными с позиций оценки загрязнения окружающей среды придорожной полосы. В данных условиях выбросы при движении транспортных средств минимальны, при изменении погоды наблюдается их увеличение.

Особенно существенные различия по сравнению с эталонными условиями движения автомобилей наблюдаются в зимний период.

Наиболее значительное влияние, как на загрязнение, так и на самоочищение природной среды оказывают метеорологические факторы:

- скорость и направление ветра;
- температура воздуха;
- атмосферные осадки;
- относительная влажность воздуха;
- атмосферное давление.

Это влияние сказывается на характере распределения загрязняющих веществ, а также на состоянии дорожного покрытия и прилегающих к дороге территорий.

Влияние погодных и дорожных факторов на количество и состав выбросов в атмосферу проявляется через изменение скорости движения автомобилей. При этом скорость движения зависит от интенсивности и состава транспортного потока, а также от состояния покрытия и поэтому является важнейшим качественным показателем работы автомобильной дороги и уровня загрязнения окружающей среды.

Минимальные выбросы автомобиля соответствуют скорости движения 60-80 км/ч. Они значительно возрастают при скорости менее 50 км/ч и более 80 км/ч. С этой точки зрения наиболее неблагоприятным является зимний период, когда при наличии на покрытии скользкости скорость движения транспортного потока может снижаться до 30 км/ч.



Рис. 2.2. Составляющие ущерба и выигрышей от применения солей при зимнем содержании дорог

Для поддержания в зимний период высоких потребительских свойств дороги производится обработка покрытий противогололедными материалами для восстановления их сцепных качеств.

Все методы и технологии, применяемые для борьбы с зимней скользкостью, можно проанализировать с позиций их влияния на окружающую среду.

В зимний период уровень экологического загрязнения усиливается за счет использования химических реагентов для борьбы с зимней скользкостью. Как показали исследования, проводимые в Германии, несмотря на вред, наносимый химическими реагентами окружающей среде и активизацию процессов атмосферной коррозии, стоимость зимнего содержания дорог без применения противогололедных реагентов более чем в 3 раза выше стоимости содержания с их применением. Сопоставление ущерба от применения солей для зимнего содержания дорог и получаемого при этом эффекта от повышения скорости и безопасности движения представлено на диаграмме (рис. 2.2).

Таким образом, уровень экологического загрязнения зимой зависит от особенностей технологий содержания дорог.

В некоторых странах высказываются аргументы против применения химических материалов для зимнего содержания дорог. Однако многолетний отечественный и зарубежный опыт показывает, что химические реагенты являются наиболее эффективным средством борьбы со скользкостью на дорогах, так как они обеспечивают высокий уровень безопасности движения. Их использование требует точной дозировки, применения рациональных норм расхода в зависимости от погодных условий и контроля количества распределяемых материалов.

Расходы химических реагентов при зимнем содержании дорог в нашей стране определяются материальными возможностями дорожных организаций, поэтому не всегда поддаются четкому учету и часто не соответствуют требуемым нормативным значениям, приведенным в ВСН 20-87. Отечественные технологии содержания дорог, в основном, направлены на ликвидацию уже образовавшейся скользкости, а не на ее профилактику, что во много раз увеличивает количество распределяемых реагентов. В период проведения работ снижается безопасность движения, уменьшаются скорости движения транспортных средств и, как следствие, повышается уровень выбросов вредных веществ в атмосферу.

Несмотря на то, что количество и концентрации противогололедных солей регламентируются нормативными документами, недостаточно жесткое соблюдение правил, технологий и режима уборки снежно-ледяных отложений с проезжей части, использование устаревшей техники, передозировка соли, повторяющаяся от сезона к сезону, в конечном счете, губительно воздействуют на окружающую среду. Отрицательное воздействие на окружающую среду оказывают не только несовершенные технологии зимнего содержания дорог, но и несовершенство нормативных документов, требующих от дорожников проведения работ только по борьбе со скользкостью (за исключением профилактики образования снежного наката).

Зарубежные стандарты на зимнее содержание дорог дают больше свободы дорожникам в выборе технологий, допускают содержать часть дорожной сети под снежным накатом. При этом более жесткие требования по поддержанию экологической безопасности предъявляются к водителям, от которых требуют применения специальной резины в зимний период и соблюдения экологически безопасной скорости движения.

Таким образом, повышение уровня загрязнения придорожной территории в зимний период определяется, прежде всего, следующими факторами:

- снижением скорости движения транспортных средств;
- увеличением активности работы дорожной техники (по сравнению с другими периодами года) при борьбе со скользкостью, снежными отложениями, патрулировании и т.д.;
- использованием противогололедных материалов.

Улучшению экологического состояния придорожных территорий будет способствовать использование более совершенных средств защиты дорог от воздействия погодных факторов, переход на профилактику образования зимней скользкости. Для этого необходим переход к специализированному метеорологическому обеспечению дорожных организаций, позволяющему выбирать оптимальные по погодным условиям технологии производства работ по зимнему содержанию дорог, наносящие минимальный экологический ущерб окружающей среде.

Таким образом, практически все метеорологические параметры, которые рассмотрены в главе 1, могут оказать неблагоприятное воздействие на потребительские свойства дорог и прежде всего на состояние дорожного покрытия, что значительно ухудшает условия движения в зимний период.

Сложность прогнозирования состояния покрытия состоит в том, что это воздействие не учитывается в полной мере данными наблюдений метеорологических станций и постов.

2.3. ЗИМНЯЯ СКОЛЬЗКОСТЬ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ И УСЛОВИЯ ЕЕ ОБРАЗОВАНИЯ

Рассмотрим физические процессы формирования состояния дорожных покрытий в зимний период под совместным воздействием погодных факторов и дорожных условий.

Все виды снежно-ледяных отложений на покрытиях автомобильных дорог, которые снижают коэффициент сцепления с колесами транспортных средств, относятся к зимней скользкости. Скользкость на дорожных покрытиях можно рассматривать как разновидность гидрометеоров, образующихся на наземных предметах при близких к нулю или отрицательных температурах воздуха. Зимняя скользкость может образоваться и при положительных температурах воздуха, если на покрытии имеется слой

снежного наката. Если толщина его значительна, то без применения противогололедных материалов снежный накат тает длительное время.

Существует несколько классификаций гололедно-изморозевых явлений в метеорологии и различных классификаций видов зимней скользкости искусственных покрытий, к которым относятся и дорожные покрытия. В основу каждой классификации положены определенные понятия: процессы образования, структура отложений, физические свойства, внешние признаки, технологии работ по ликвидации и т.д. Все виды зимней скользкости имеют свои отличительные признаки - цвет, структуру поверхности и физические свойства - плотность, прочность, адгезию (силу сmerzзания) к покрытиям.

Описание классификаций следует начать с самой простой, которая используется в нормативно-технической литературе (ВСН 20-87, ВСН 24-88).

В основу этой классификации положено довольно четкое различие видов зимней скользкости, как по внешним признакам, так и по физическим свойствам. Нормативные документы выделяют три вида скользкости: рыхлый снег, уплотненный снег и стекловидный лед. Эта классификация позволяет легко определять каждый вид скользкости визуально, но она ориентирована на существующие технологии работ, в основе которых лежит ликвидация скользкости, образовавшейся на дорожном покрытии.

Отложение *рыхлого снега* происходит в виде ровного слоя при снегопадах в безветренную погоду. Если снег сухой, то он не уплотняется колесами проходящего транспорта и остается в рыхлом состоянии. Плотность свежеснег выпавшего снега, в среднем, составляет около 1 г/см^3 . Коэффициент сцепления при этом может понижаться до 0,2.

Уплотненный снег, или *снежный накат*, представляет собой слой спрессованного снега различной толщины. Это наиболее распространенный на дорогах вид зимней скользкости. Он образуется при уплотнении свежеснег выпавшего снега колесами автомобилей. Плотность снега в снежном накате повышается до $0,6 \text{ г/см}^3$, а коэффициент сцепления снижается до 0,1.

Стекловидный лед образуется на дорожном покрытии в виде гладкой стекловидной пленки толщиной от 1 до 3 мм, а иногда и в виде шероховатой ледяной корки толщиной более 10 мм.

Отложения имеют плотность от 0,7 до 0,9 г/см³, а коэффициент сцепления снижается до 0,08.

Стекловидный лед является наиболее опасным видом скользкости. Он образуется при замерзании выпавших жидких осадков на дорожном покрытии с отрицательной температурой.

Эта классификация ориентирована на ликвидацию скользкости после ее образования. Выбор норм распределения противогололедных материалов производится в зависимости от температуры воздуха и толщины отложений на дорожном покрытии.

При переходе на более совершенные технологии организации работ по содержанию дорог, в основе которых должна лежать профилактика образования скользкости, этой классификацией пользоваться нецелесообразно, так как стекловидный лед образуется на дорожном покрытии при различном сочетании метеорологических и дорожных условий и динамике их изменения. Профилактика предусматривает учет изменения этих условий для правильного выбора норм распределения и вида противогололедного материала, а также технологии работ.

При более детальном учете погодных и дорожных условий все многообразие видов зимней скользкости искусственных покрытий можно разделить на шесть групп. Эта классификация и условия образования различных видов зимней скользкости приведены в табл. 2.2.

Как показывает анализ табл. 2.2, на условия образования различных видов зимней скользкости влияют как метеорологические условия (температура, относительная влажность воздуха, осадки, их вид и агрегатное состояние, количество и интенсивность выпадения), так и дорожные условия, которые влияют на температуру покрытия. Кроме того, метеорологические условия, предшествующие образованию каждого вида скользкости и наблюдающиеся после ее образования, различны. В связи с этим дадим более детальное описание всех видов скользкости, представленных в табл. 2.2.

Первая группа обледенения автомобильных дорог - это те виды зимней скользкости, к образованию которых приводит замерзание влаги, имеющейся на дорожном покрытии. Такой вид обледенения метеорологи называют *гололедица*.

Источниками увлажнения покрытия могут стать: дождь, тающий снег, снег с дождем. Все эти виды осадков выпадают при положительных, но близких к нулю температурах воздуха. Источником

Таблица 2.2.

Классификация различных видов зимней скользкости дорожных покрытий и условия их образования

Вид зимней скользкости	Условия образования				
	Температура воздуха, °С	Температура покрытия, °С	Осадки, их вид	Состояние покрытия	Дополнительные условия
Гололедица	Ниже 0	Ниже 0	Любые, выпадающие при температуре воздуха выше -3°С	Мокрое	Время последствия осадков 12 ч
Черный лед	То же	Ниже 0, ниже точки росы	Нет	Сухое	-
Твердый налет	Выше 0	Ниже 0	Жидкие	-	-
	От 0 до -5	То же	Мокрый снег	-	Количество осадков Q = 0 мм
Гололед	Ниже 0	»	Переохлажденные жидкие (дождь, морось)	-	-
Снежный накат	От 0 до -6	-	Твердые (снег, мокрый снег)	-	Количество осадков не менее 5 мм
	От 2 До 0	-	То же	-	Интенсивность снегопада не менее 0,6 мм /ч
	От -6 до -10	-	»	-	Относительная влажность воздуха не менее 90%
Рыхлый снег	От -6 до -10	-	»	-	Относительная влажность воздуха менее 90%
	Ниже -10	-	»	-	-

увлажнения дорожного покрытия может стать влага, оставшаяся после его обработки противогололедными материалами. При резком понижении температуры влага, имеющаяся на покрытии, замерзает. Время последствия осадков - это время их возможного испарения, т.е. просыхания покрытия.

Процессу образования гололедицы предшествует ряд метеорологических явлений:

- повышение атмосферного давления на фоне выпадающих осадков;
- установление ясной безоблачной погоды после прекращения выпадения осадков;
- одновременное понижение относительной влажности и температуры воздуха от положительных значений до отрицательных.

Образование гололедицы наиболее вероятно при температурах воздуха от -2 до -6 °С, относительной влажности воздуха от 65 до 85%.

Отличительной особенностью этого вида скользкости является то, что температура воздуха может понижаться до значений, при которых использование противогололедных солей неэффективно. Следовательно, для выбора норм распределения необходим прогноз минимальной температуры воздуха.

Ко второй группе обледенения относятся те виды зимней скользкости, которые возникают на сухой поверхности дороги за счет кристаллизации влаги из воздуха при температуре покрытия ниже точки росы. Такие виды скользкости в различных классификациях называют *иней*, *изморозь*, «*черный лед*». Независимо от названия они имеют одну причину образования - понижение температуры дорожного покрытия ниже точки росы и одновременно ниже температуры замерзания влаги. Процессу обледенения сопутствуют и предшествуют следующие условия:

- ясная морозная погода (полное отсутствие облачности);
- отсутствие ветра;
- высокая относительная влажность воздуха;
- температура покрытия ниже нуля и ниже точки росы.

В результате радиационного охлаждения дорожного покрытия ниже точки росы влага из воздуха конденсируется на нем и превращается в иней или очень тонкий и прозрачный слой льда (из-за этого и используется термин «черный лед»).

Образование этого вида скользкости возможно в ночное время в широком диапазоне изменения температуры воздуха и при его

относительной влажности, близкой к 100%. В зимний период такое сочетание метеорологических условий наиболее вероятно в прибрежных морских районах и в горной местности, где из-за высокой прозрачности воздуха температура покрытия сильно понижается в ночные часы при радиационном охлаждении. Наиболее часто такой вид скользкости будет возникать на автодорожных мостах, которые обладают меньшей теплоинерционностью, чем дорожная одежда, и имеют более низкую температуру покрытия при радиационном выхолаживании в ночное время.

Третью группу обледенения составляют те виды скользкости, которые образуются при выпадении жидких осадков на покрытие, имеющее отрицательную температуру. В нее входят *твердый, зернистый и ледяной налет*.

Основной причиной образования этого вида скользкости является потепление после длительных морозов, т.е. перемещение теплой воздушной массы воздуха, которая приносит с собой жидкие осадки. Этому процессу предшествуют следующие метеорологические явления:

- устойчивое падение атмосферного давления в течение суток;
- возможность выпадения жидких осадков по данным прогноза;
- устойчивый рост относительной влажности и температуры воздуха.

В *четвертую группу* объединены такие виды скользкости, которые образуются при выпадении переохлажденных осадков (дождя или мороси), к ним относят *гололед* и *зернистую изморозь*.

С точки зрения влияния дорожных условий, все виды зимней скользкости третьей и четвертой группы имеют одинаковые причины образования. Они образуются при выпадении жидких осадков (дождя, мороси или тающего снега) на покрытие, имеющее отрицательную температуру. С точки зрения метеорологов, различия состоят в состоянии выпадающих жидких осадков (переохлажденные, непереохлажденные), а это очень важно для прогноза.

В дорожной классификации все виды скользкости третьей и четвертой групп могут быть объединены в один вид, так как образование их происходит на фоне повышения температуры воздуха после длительных морозов. При выборе норм распределения противогололедных материалов необходимо учитывать температуру дорожного покрытия, которая всегда будет ниже температуры воздуха.

Образование этих видов скользкости наиболее вероятно при температурах воздуха от +2 до -5,2 °С, относительной влажности воздуха выше 90%.

Пятую группу составляют все виды зимней скользкости, образующиеся при уплотнении и укатывании снега на покрытии дороги. В нее входят *снежный накат, оледенелый и тающий снег*.

Снежный накат образуется при наличии на дорожном покрытии снега от снегопадов или метелей. Уплотнение снега происходит при определенных метеорологических условиях и влажности снега. Наиболее вероятно снежный накат образуется при следующих погодных условиях:

- выпадении снега при температурах воздуха от 0 до -6 °С (в этом диапазоне температур снег имеет повышенную влажность и легко уплотняется);

- при температурах воздуха от -6 до -10 °С образование снежного наката возможно при относительной влажности воздуха выше 90%, когда снег имеет достаточную влажность для уплотнения;

- если снег выпадает при положительных температурах воздуха (не выше +2 °С), то снежный накат наиболее вероятно образуется при высокой интенсивности снегопада (более 0,6 мм/ч в пересчете на воду), при которой снег не успевает растаять на покрытии и легко уплотняется транспортными средствами.

Шестая группа - рыхлый снег. Если снег выпадает при метеорологических условиях, отличных от вышеуказанных, то на дорожном покрытии он будет находиться в рыхлом состоянии. Следовательно, образование *рыхлого снега* возможно при снегопадах, выпадающих при пониженных температурах воздуха (ниже -10 °С), а при температуре воздуха от -6 до -10 °С снег не будет уплотняться при относительной влажности воздуха менее 90%.

В этой классификации четко представлены метеорологические условия, которые сопутствуют образованию каждого из видов зимней скользкости. Прогнозирование их количественных значений и анализ динамики изменения помогут предвидеть возникновение скользкости на покрытиях и выбрать необходимые технологии работ для обеспечения безопасности движения.

Как показывает анализ, образование зимней скользкости зависит, прежде всего, от температуры дорожного покрытия, т.е. от дорожных условий.

На температуру дорожных покрытий оказывает влияние большое количество параметров, как метеорологических, так и дорожных, в связи с этим она будет различаться

для разных участков дороги. Это приводит к тому, что скользкость может образоваться только на отдельном, небольшом участке, в то время как на соседних участках она не будет отмечена. Это существенно усложняет прогнозирование образования скользкости в зимний период, так как измерений температуры дорожных покрытий не производится ни в дорожных организациях, ни на метеорологических станциях.

2.4. СНЕЖНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ И МЕТЕЛЕВЫЕ ЗАНОСЫ НА ДОРОГАХ

Выпадение твердых осадков из атмосферы без ветра называют спокойным *снегопадом*. При снегопадах на всем протяжении дороги на покрытии образуется слой рыхлого снега или снежный накат и усложняются условия движения. При наличии рыхлого слоя снега на покрытии повышается сопротивление движению транспортных средств и скорость транспортного потока снижается. При уплотнении снега снижается коэффициент сцепления и образуется один из видов зимней скользкости.

Снегопады характеризуются интенсивностью - количеством осадков, выпадающих в единицу времени, и продолжительностью. Эти параметры необходимы для организации работ по снегоочистке.

Перенос снега ветром над поверхностью земли называют *метелью*. Перемещающийся под действием ветра снег способен вызвать заносы на отдельных участках дороги и перерывы в движении. Перемещение снега начинается при определенной скорости ветра. Если снегопад сопровождается ветром, то начинается не только перенос снега, выпадающего из облаков, но и ранее выпавшего снега, уже образовавшего снежный покров. Метели и образующиеся при этом снежные заносы - опасные явления для дорог.

По признаку происхождения метелевых отложений имеется несколько классификаций метелей, но на практике наиболее часто применяется следующая:

- *верховая метель* - выпадение снега при ветре со скоростью от 2 до 3 м/с без перемещения по поверхности снежного покрова ранее выпавшего снега;

- *низовая метель* - перемещение ветром частиц ранее выпавшего снега, поднятых с поверхности снежного покрова на высоту

1-2 м. Такая метель наблюдается при ветре достаточной силы (более 5 м/с) и сухом состоянии поверхности снежного покрова;

- *общая метель* - сочетание верховой и низовой метелей. Характеризуется сильным ветром (более 5 м/с), выпадением снега из облаков и одновременным переносом его по поверхности снежного покрова;

- **Поземка** *поземок* - перенос ветром частиц ранее выпавшего снега непосредственно по поверхности снежного покрова. При поземках скорость ветра не превышает 2-3 м/с, высота подъема снежинок - до 0,5 м;

- *буран (пурга)* - перенос снега при скорости ветра более 20 м/с.

Низовая, верховая и общие метели фиксируются на метеорологических станциях. Наблюдатель отмечает начало и окончание метели, и ее вид.

Во время сильных метелей переносится большое количество снега. Он откладывается у препятствий, которые встречаются на пути снеговетрового потока. Для выбора мер по защите от снежных заносов необходимо знать сущность физических процессов переноса и отложения снега у различных препятствий. Такие исследования долгое время проводились в нашей стране. В результате была разработана теория механики метели, которая описывает процессы движения и отложения снежных масс.

Количество снега, которое может перенести снеговетровой поток, зависит от скорости ветра. С увеличением скорости увеличивается и количество снега, при ее уменьшении часть снега выпадает и откладывается. Скорость снеговетрового потока замедляется при обтекании различных углублений (понижений рельефа, дорожных выемок), а также у предметов, преграждающих путь снеговетровому потоку. В этих местах образуются зоны с пониженной скоростью и возникают *снежные заносы* - отложения снега большой толщины и повышенной плотности.

Характер снежных отложений у автомобильных дорог имеет свои особенности. Одна из них - повышенная плотность снега. Увеличение плотности связано с измельчением снежных частиц, воздействием давления ветрового потока, воздействием переносимых частиц, которые при ударе дополнительно уплотняют имеющиеся снегоотложения у дорог.

Это явление необходимо учитывать при расчистке снежных отложений, а также при оценке объемов снегоотложений, на которые рассчитывается снегозащита.

Среди метеорологических параметров, определяющих снегоотложения и снежные заносы на дорогах можно отметить скорость и направление ветра, температуру и относительную влажность воздуха.

Образование снежных заносов и снежных отложений на дорогах зависит от дорожных условий: направления участка дороги, продольного и поперечного профилей, наличия снегозащиты, наличия ограждающих устройств на обочинах дороги. Влияние этих факторов настолько велико, что при одних и тех же погодных условиях различные участки дороги могут быть полностью занесены снегом или оставаться открытыми для движения. Это и определяет сложность прогнозирования заносимости дорог снегом при метелях.

Для решения задач зимнего содержания необходимо знать количество снега, приносимого к дороге и откладывающегося на дорожном покрытии. Для количественной оценки метелевого снега используются следующие показатели:

- *общий объем снегопереноса* - объем снега, который переносится через заданную точку со всех направлений за определенное время (за зимний период);

- *объем снегоприноса* - количество снега, приносимого метелью к дороге (справа и слева). Объем снегоприноса составляет только часть общего объема снегопереноса.

Объем снегоприноса можно определить за весь зимний период или для отдельной метели. Значения объемов снегопереноса зависят от скорости ветра при метели, продолжительности метели, а объем снегоприноса зависит также и от направления дороги.

Существуют несколько методов определения объемов снегоприноса к дороге. Наиболее часто используется метод суммарных переносов, который позволяет определять все параметры метелевой деятельности на основе данных наблюдений метеостанций.

Метод суммарных переносов основан на учете расходов снега за зиму по 16 направлениям ветра (румбам). Впервые этот метод был предложен Н.Е. Долговым в 1910 г. и позднее доработан Д.М. Мельником. Метод учитывает интенсивность переноса снега, которая зависит от скорости ветра, и время, в течение которого происходит перенос снега с данной интенсивностью.

Объем снегопереноса за зимний период определяется по формуле

$$W_{\text{сн}} = \frac{t}{m} \sum_{i=1, (V>5)}^m CV_i^3 = I_{\text{ср}} t, \quad (2.1)$$

где t - суммарная продолжительность метелей за зимний период, ч;
 m - число измерений скорости ветра при метелях (при значениях скорости более 5 м/с);
 C - эмпирический коэффициент, равный 0,00046; V - скорость ветра при метели, м/с;
 $I_{\text{ср}}$ - средняя интенсивность метелей за зимний период.

Объем снегоприноса к дороге с одного направления за зиму определяется по формуле:

$$W_{\text{пр},i} = W_{\text{сн}} \sin(\alpha_d - \alpha_i) \quad (2.2)$$

где α_d - направление дороги, град;
 α_i - направление ветра, град.

Этот метод учитывает основные физические факторы, влияющие на перенос снега и определяющие снегозаносимость дороги (скорость ветра и продолжительность метели). При определении интенсивности метелей и объемов снегоприноса на территории России формула Д.М. Мельника дает вполне удовлетворительные результаты, что подтверждено многими экспериментальными исследователями.

На основе расчетных параметров метелей проектируют защитные мероприятия.

Для каждого направления дороги количество направлений ветра, с которых учитывается снегоперенос, равно семи, так как снег, принесенный к дороге с направлений, имеющих угол с ее осью менее 30° , интенсивно продувается и на дороге не откладывается. Поэтому при расчете объемов снегоприноса к дороге не учитываются ветры, дующие под углом менее 30° .

Большое влияние на условия снегозаносимости оказывает ветровой режим в районе прохождения дороги. Наглядное представление о ветровом режиме дает роза ветров - диаграмма, показывающая повторяемость ветров различных направлений или значения средних или максимальных скоростей ветра, соответствующих каждому румбу. Наибольшую информацию о зимних условиях

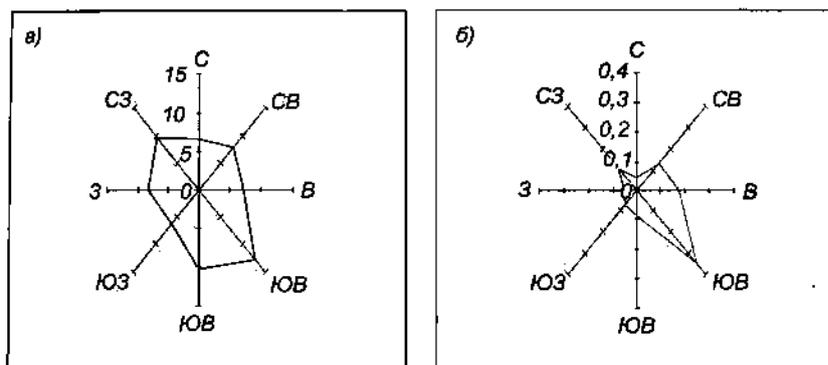


Рис. 2.3. Роза ветров для средней скорости ветра (а) и повторяемости ветра (б) при метелях

дает сезонная *роза ветров*, построенная для зимнего периода. Если роза ветров построена по данным о скорости и направлении ветра при метелях, то она определяет главные направления, с которых переносится снег при метелях и вероятность образования снежных заносов на отдельных участках дороги (рис. 2.3).

Ветровой режим влияет на снегозаносимость дороги. Если преобладающее направление метелевых ветров в зимний период совпадает с направлением трассы, то снежные заносы на дороге образуются реже. Наиболее заносимыми будут участки дорог, составляющие прямой или близкий к нему угол с преобладающим направлением ветров.

Таким образом, метеорологические параметры влияют на формирование состояния дорожных покрытий. При изменении погодных условий ухудшаются сцепные качества покрытий, что приводит к повышению аварийности, ухудшению экологической ситуации на дорогах и в зонах их прохождения.

Наиболее сложные условия наблюдаются в зимний период. Для поддержания высоких потребительских свойств дороги в любых погодных условиях необходима разнообразная метеорологическая информация, на основе которой дорожные организации смогут планировать работы на длительный период, выбирать наиболее оптимальные способы борьбы или предупреждения негативного воздействия погодных факторов на условия и безопасность движения, уровень загрязнения придорожных территорий.

3. МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ДОРОГ ОТ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ПОГОДНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ И НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ЭТОГО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

3.1. СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЗИМНЕМУ СОДЕРЖАНИЮ ДОРОГ

Содержание автомобильных дорог - осуществляемый в течение года комплекс профилактических мероприятий по уходу за дорогами, дорожными сооружениями и полосой отвода, элементами обустройства дороги, в результате которых поддерживается транспортно-эксплуатационное состояние (ТЭС) дорог и дорожных сооружений. Требования к ТЭС автомобильных дорог с цементобетонным покрытием или с покрытием из битумоминеральных смесей регламентируются ГОСТ Р 50597-93 «Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения». Для остальных дорог работы по зимнему содержанию регламентируются ВСН 24-88 «Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог».

Содержание дорог, как в летний, так и в зимний период проводится в соответствии с действующей классификацией работ.

Зимнее содержание дорог - комплекс мероприятий по обеспечению бесперебойного и безопасного движения на автомобильных дорогах в зимнее время. Наряду с другими работами по зимнему содержанию, он включает следующие мероприятия:

- защиту дорог от снежных заносов;
- борьбу с зимней скользкости;
- очистку дорог от снега;
- защиту дорог от снежных лавин (в горных районах);
- борьбу с наледями (в районах их возможного образования).

Для успешного проведения этих работ и снижения их объемов необходимо знание основ переноса снега, физической сущности процессов образования различных видов зимней скользкости, расчет количественных показателей этих явлений с учетом погодно-

климатических особенностей конкретного региона страны. Эффективность работ во многом будет зависеть от качества метеорологического обеспечения процессов содержания дороги и степени учета при этом дорожных условий.

Для зимнего содержания дорог в России разработаны стандарты, которые учитывают интенсивность движения, регламентируют время ликвидации скользкости, время очистки дорог от снега.

Соблюдение стандартов должно обеспечить определенный *уровень содержания дороги* - показатель, отражающий состояние конструктивных элементов автомобильных дорог в тесной связи с создаваемыми условиями движения автомобилей. Иными словами, соблюдение требований государственного стандарта обеспечивает для пользователей дорог определенный уровень сервиса, зависящий от интенсивности дорожного движения. Его характеризуют следующие параметры:

- ширина полностью очищенной от снега поверхности дороги, м;
- максимально допустимая толщина рыхлого слоя снега на проезжей части с момента начала снегопада до момента начала снегоочистки, мм;
- толщина уплотненного слоя снега на проезжей части, мм;
- толщина уплотненного слоя снега на обочинах, мм;
- сроки окончания снегоочистки и ликвидации зимней скользкости, ч.

Предельно допустимые значения этих показателей нормированы и приведены в табл. 3.1.

В действующей нормативно-технической литературе уровни содержания автомобильных дорог подразделяются также на допустимый, средний и высокий в зависимости от значения автомобильной дороги и интенсивности движения (табл. 3.2).

Основные показатели уровней содержания, приведенные в табл. 3.2, дифференцированы в зависимости от интенсивности движения, приведенной к легковым автомобилям. По этому показателю все автомобильные дороги общего пользования подразделяются на пять *эксплуатационных категорий* (табл. 3.3).

Для автомобильных дорог в зависимости от их эксплуатационной категории и уровня содержания установлены требования к показателям состояния конструктивных элементов. Исходя из них должны быть организованы работы по содержанию дорог и рассчитаны необходимые для этого ресурсы.

Пределные значения параметров, определяющих уровень содержания автомобильной дороги

Дорога	Интенсивность движения, авт./сут.	Минимальная ширина полностью очищенной поверхности проезжей части, м	Максимально допустимая толщина слоя рыхлого снега на поверхности проезжей части до начала снегоуборки, мм	Допустимая толщина уплотненного слоя снега на проезжей части, мм	Допустимая толщина уплотненного слоя снега на обочинах, мм	Максимальный срок окончания снегоочистки и ликвидации зимней скользкости, ч
Федерального значения	Более 3000	На всю ширину	20	-	50	4
	1000-3000	7,5	25	-	60	5
	Менее 1000	7,0	30	50*	70	6
Местного значения с регулярным автобусным движением	Более 3000	7,5	30	-	60	4
	1000-3000	7,5	40	-	70	5
	Менее 1000	7,0	60	50*	80	6
Местного значения непрерывного действия с нерегулярным автобусным движением	Менее 1000	7,0	70	70	120	6
Местного значения с допускаемым кратковременным перерывом движения	Движение нерегулярное			150	200	24-48

* На дорогах с переходным и низшим типом дорожной одежды.

Уровни содержания дорог и их характеристика

Уровень содержания	Характеристика уровней содержания
Допустимый	Содержание дороги обеспечивает уровень безопасности движения в соответствии с ГОСТ Р 50597-93. Допускается временное ограничение или прекращение движения на отдельных участках по условиям их содержания. ДТП по причине неудовлетворительного содержания дороги отсутствуют
Средний	Содержание дороги обеспечивает уровень выше допустимого. Состояние конструктивных элементов не вызывает необходимости временного ограничения или прекращения движения. Допускается по условиям содержания снижение разрешенной Правилами дорожного движения скорости автомобилей на участках протяженностью до 20% от общей. Не допускается ухудшение условий движения по причинам, связанным с содержанием дороги, на участках, расположенных в населенных пунктах, на кривых малого радиуса, затяжных спусках, подъемах, на перекрестках. ДТП по причине неудовлетворительного содержания дороги отсутствуют
Высокий	Содержание дороги обеспечивает уровень выше среднего. Автомобильная дорога и каждый ее конструктивный элемент содержится в состоянии, обеспечивающем круглосуточное бесперебойное и безопасное движение. Не допускается снижение скорости движения ниже разрешенной Правилами дорожного движения по причинам, связанным с содержанием дороги. Допускаются незначительные дефекты конструктивных элементов, которые не оказывают влияния на скорость и безопасность движения. ДТП по причине неудовлетворительного содержания дороги отсутствуют

Информация о показателях состояния дорог и отдельных конструктивных элементов приведена в табл. 3.4.

Работы по ликвидации снегоотложений проводятся в течение снегопада, нормативное время дается на ликвидацию последствий после его окончания. Для гололедных отложений время на ликвидацию дается с момента обнаружения скользкости.

Таблица 3.3.

Эксплуатационные категории автомобильных дорог

Эксплуатационная категория дороги	Интенсивность движения, приведенная к легковому автомобилю, авт./сут.
I э	>6000
II э	2000-6000
III э	1000-2000
IV э	200-1000
V э	<200

Таблица 3.4

Работы, выполняемые при зимнем содержании дорог, и сроки их проведения	Показатели состояния конструктивных элементов и допустимая толщина слоя рыхлого снега для различных уровней содержания		
	Допустимый	Средний	Высокий
<i>Дороги категории I э</i>			
Очистка проезжей части на всю ширину	$h_{сн} \leq 3 \text{ см}$	$h_{сн} \leq 2 \text{ см}$	$h_{сн} \leq 1 \text{ см}$
Очистка обочин на всю ширину	$h_{сн} \leq 6 \text{ см}$	$h_{сн} \leq 4 \text{ см}$	$h_{сн} \leq 2 \text{ см}$
Нормативные сроки снегоочистки и ликвидации скользкости, ч	4	3,5	3
<i>Дороги категории II э</i>			
Очистка проезжей части на всю ширину	$h_{сн} \leq 4 \text{ см}$	$h_{сн} \leq 3 \text{ см}$	$h_{сн} \leq 2 \text{ см}$
Очистка обочин на всю ширину	$h_{сн} \leq 8 \text{ см}$	$h_{сн} \leq 6 \text{ см}$	$h_{сн} \leq 4 \text{ см}$
Нормативные сроки снегоочистки и ликвидации скользкости, ч	5	4,5	4
<i>Дороги категории III э</i>			
Очистка проезжей части на всю ширину	$h_{сн} \leq 5 \text{ см}$	$h_{сн} \leq 4 \text{ см}$	$h_{сн} \leq 3 \text{ см}$
Очистка обочин	На 1/2 ширины		На всю ширину $h_{сн} \leq 6 \text{ см}$
	$h_{сн} \leq 10 \text{ см}$	$h_{сн} \leq 8 \text{ см}$	
Нормативные сроки снегоочистки и ликвидации скользкости, ч	6/10*	5/8*	4,5/6
<i>Дороги категории IV э</i>			
Очистка проезжей части на всю ширину	$h_{сн} \leq 6 \text{ см}$	$h_{сн} \leq 5 \text{ см}$	$h_{сн} \leq 4 \text{ см}$
Очистка обочин на 1/2 ширины	$h_{сн} \leq 12 \text{ см}$	$h_{сн} \leq 10 \text{ см}$	$h_{сн} \leq 8 \text{ см}$
Нормативные сроки снегоочистки и ликвидации скользкости, ч	6/12	5/10	4,5/8
<i>Дороги категории V э</i>			
Очистка проезжей части на всю ширину	$h_{сн} \leq 7 \text{ см}$	$h_{сн} \leq 6 \text{ см}$	$h_{сн} \leq 5 \text{ см}$
Очистка обочин на всю ширину	$h_{сн} \leq 6 \text{ см}$	$h_{сн} \leq 6 \text{ см}$	$h_{сн} \leq 6 \text{ см}$
Нормативные сроки снегоочистки и ликвидации скользкости, ч	6/16	5/12	4,5/10
Примечание. Нормативные сроки работ приведены: в числителе - для дорог с капитальным покрытием, в знаменателе - для дорог с переходным типом покрытия.			

Чтобы выявить метеорологическую информацию и прогнозы, необходимые для поддержания требуемого уровня содержания дорог, следует рассмотреть возможные методы борьбы с зимней скользкостью и способы защиты дорог от снежных отложений. Требования к специализированному метеорологическому обеспечению будут зависеть также от используемых в дорожной организации технологий производства работ по зимнему содержанию и имеющейся техники для выполнения этих работ.

Для поддержания высоких потребительских качеств дорог в любых погодных условиях используется система мероприятий, которая включает профилактику и защиту дорог и сооружений на них, а также меры по ликвидации последствий неблагоприятных погодных условий. Рассмотрим комплекс мероприятий, используемых при зимнем содержании дорог.

Защитные мероприятия на дорогах используются для обеспечения их снегонезаносимости. Мероприятия по ликвидации и профилактике используются при наличии на дорожном покрытии зимней скользкости или угрозе ее возникновения.

3.2. МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ЗИМНЕГО СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ И НЕОБХОДИМАЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Различные методы и технологии, применяемые при зимнем содержании дорог, проанализируем с позиций использования для их реализации метеорологической информации и прогнозов погоды.

В этом разделе приводится краткое описание возможных способов ликвидации и профилактики различных видов зимней скользкости

и более детальное для тех из них, которые вошли в практику зимнего содержания дорог, как в России, так и за рубежом.

Различают механический, фрикционный, тепловой и химический методы борьбы со снежно-ледяными отложениями на автомобильных дорогах.

Механический метод состоит в удалении снежно-ледяных отложений с покрытия путем их скалывания или смещения. Для этих целей используется техника со специальным навесным оборудованием - ножами и отвалами различной конструкции. Этот способ применяется, в основном, для удаления рыхлого свежесвыпавшего снега или снега с добавленными противогололедными материалами, предотвращающими его уплотнение. В случае уплотнения снега на покрытии его механическая очистка затрудняется или делается невозможной, поэтому снежный накат удаляют другими способами, например, химическим.

Для механического скалывания ледяных отложений используются профильные (гребенчатые) ножи на автогрейдерах и других механизмах, а также ножи, оборудованные специальными режущими «зубьями» из твердосплавного металла, аналогичного тому, который применяется в рабочем органе дорожной фрезы. Для механического скалывания ледяных отложений могут быть использованы и сами фрезы. Такие ножи и фрезы можно использовать для нарезки специальных борозд в слое льда или снежного наката, куда в последствие можно распределять фрикционные или противогололедные материалы. Этот опыт Скандинавских стран успешно используется во многих регионах России.

В Японии имеется опыт использования механического метода, основанного на предварительном ослаблении сил сцепления снежно-ледяных отложений с дорожным покрытием за счет наличия на нем небольшого количества соли (покрытие с антигололедными добавками, обработка покрытий морской водой). Лед предварительно разрушается колесами проходящих транспортных средств или тяжелыми дорожными катками с резиновыми вальцами, а затем смещается с покрытия снегоуборочными машинами или автогрейдерами.

Фрикционный метод основан на повышении коэффициента сцепления колеса автомобиля с покрытием, имеющим слой снежно-ледяных отложений. По покрытию распределяют песок, высевки каменных материалов или шлак, подогретые фрикционные

материалы. Этот метод, являясь более экологически чистым, чем химический, имеет и недостатки.

Он не позволяет ликвидировать скользкость, а только временно повышает сцепные качества покрытий за счет наличия на нем абразивных материалов.

Одна из самых больших проблем использования абразивных материалов состоит в том, что они не закрепляются на поверхности покрытия. При интенсивном движении автомобилей материал быстро смещается с проезжей части проходящими автомобилями, и сцепные качества покрытия снова ухудшаются. Для распределения фрикционных материалов необходимо большое количество техники. Так как нормы распределения велики (до 400 г/м²), то требуются большие объемы работ по заготовке материалов. Кроме того, в весенний период возникает проблема уборки этих материалов с дорожных покрытий. Опыт зарубежных стран показывает, что использование фрикционных материалов возможно, если стандарты на зимнее содержание дорог позволяют держать их под снежным накатом, и целесообразно в тех случаях, когда материалы имеются в регионе в достаточном количестве в виде дешевых местных материалов или промышленных отходов. Использование фрикционного метода необходимо при низких температурах воздуха, когда другие методы борьбы со скользкостью неприменимы.

В связи с тем, что в России современные нормативные документы и государственные стандарты устанавливают директивные сроки на полную ликвидацию зимней скользкости, этот метод зимнего содержания дорог практически не применим для дорог с высокой интенсивностью движения, так как его использование не позволяет удалять снежно-ледяные отложения с дорожного покрытия.

Наиболее эффективно применение фрикционных материалов на дорогах низких категорий, которые в зимний период остаются под снежным накатом. В последнее время в качестве альтернативы химическому методу предлагается использование горячих фрикционных материалов, которые предварительно разогреваются до температуры от 80 до 100 °С и распределяются по обледеневшему покрытию. За счет высокой температуры они лучше закрепляются на поверхности снежно-ледяных отложений. Из-за высокой стоимости энергоносителей этот метод не получил широкого распространения.

Фрикционный метод рекомендуется использовать на объектах с повышенными экологическими требованиями (например, участки дорог, проходящие вдоль водных объектов), где использование химических методов невозможно.

Для повышения эффективности действия фрикционных материалов к ним добавляют химические реагенты - хлориды в твердом виде в количестве от 8 до 10 % и более от массы фрикционного материала. Эти смеси составляют основу *комбинированного химико-фрикционного метода*. Получаемая таким образом смесь, кроме повышения коэффициента сцепления, дополнительно расплавляет часть снежно-ледяных отложений на покрытии. В настоящее время в нашей стране при зимнем содержании автомобильных дорог в основном используется пескосоляная смесь.

Эффективность борьбы с зимней скользкостью с помощью пескосоляной смеси зависит от количества соли, содержащейся в смеси. Нормы распределения назначают с учетом количественного соотношения компонентов в смеси. Действующие нормативные документы рекомендуют рассчитывать необходимое количество пескосоляной смеси в зависимости от количества соли, ее вида и температуры воздуха в момент обработки покрытий.

Для борьбы с зимней скользкостью применяется также *тепловой метод*, который имеет две разновидности: кондуктивный обогрев (подогревание дорожных покрытий снизу) и конвективный (плавление поверхности ледяных отложений).

Кондуктивный обогрев осуществляется с помощью стационарных систем, установок и устройств. При этом в покрытие, на небольшой глубине, закладываются нагревательные элементы различных конструкций. Это могут быть трубы, по которым прокачивается теплоноситель, провода, сетки, кабели. За счет нагрева покрытия происходит плавление имеющегося на нем снега или льда. В качестве теплоносителей могут быть применены горячая вода, нагретый воздух, жидкости, электроэнергия. В различных странах Европы, в США и Японии проводились поиски альтернативных источников тепла, и в частности таких, как геотермальная энергия Земли (США), энергия Солнца, ветра, морских приливов. В Японии в качестве эксперимента использовали тепло, выделяемое микроорганизмами в процессе их жизнедеятельности.

На практике такие системы применяются крайне редко, так как при их использовании усложняется технология строительства дорог. Системы теплообогрева энергоемки, это приводит к возрастанию эксплуатационных затрат.

В странах и регионах с суровыми зимами работа систем подогрева неэффективна, так как требуется значительное количество энергии для плавления снежно-ледяных отложений. При низких температурах воздуха использование таких систем (если они обладают недостаточной мощностью) приводит к появлению искусственно «наведенного» гололеда. Кроме того, в асфальтобетоне при применении теплоносителей возникают дополнительные температурные напряжения, которые приводят к сокращению срока службы покрытия. При съезде с обогреваемого участка резко изменяются условия движения (наличие скользкости на не обогреваемом покрытии), что может увеличить число дорожно-транспортных происшествий (ДТП). В связи с этим тепловой метод даже в зарубежных странах с мягкой зимой применяют только на очень ограниченных участках (эстакады, мосты, ступени и пандусы подземных и надземных пешеходных переходов в городах) или на опытных участках при проведении исследований.

Конвективный обогрев покрытий производят специальными машинами. Очень широкое применение он нашел в аэропортах для ликвидации скользкости на взлетно-посадочных полосах (ВПП). Обычно тепловые машины в аэропортах имеют в качестве рабочего органа авиационный двигатель, отработавший летный ресурс. Принцип действия тепловых машин заключается в воздействии на снежно-ледяные отложения высокотемпературного скоростного потока продуктов сгорания, поступающих из авиадвигателей. В аэропортах используются также машины, принцип действия которых заключается в комбинированном воздействии на поверхность инфракрасного излучения и аэродинамического напора газовой струи.

Инфракрасное излучение пропускается слоем льда к границе с покрытием, которое его поглощает и нагревается. Тепло передается к пограничному слою льда, ослабляются силы адгезии, подплавленный слой льда взламывается и уносится за пределы ВПП аэродинамическим напором газовой струи. На участках с ограниченной площадью, к которым можно отнести и ВПП, их использование достаточно эффективно. Использование таких машин на дорогах не всегда возможно. Во-первых, происходит разрушение инженерного оборудования, находящегося на обочинах (барьерные ограждения, направляющие столбики, дорожные знаки), нельзя также использовать машину в населенных пунктах. Во-вторых, струя горячего воздуха

выжигает органическое вяжущее, что приводит к преждевременному старению и разрушению дорожных покрытий. Малая производительность машин делает их использование неэкономичным на автомобильных дорогах.

Во многих странах проводились эксперименты по использованию для поверхностного обогрева или разрушения слоя снежно-ледяных отложений инфракрасных обогревателей, направленных микроволновых излучателей, газовых горелок, излучателей ультразвуковых колебаний. Эти устройства расплавляют слой льда или разрушают его структуру. Широкого распространения такие способы борьбы со скользкостью пока не получили из-за малой производительности машин, высокой стоимости работ и преждевременного разрушения покрытий из-за воздействий на них высоких температур.

Наиболее широкое распространение в практике зимнего содержания автомобильных дорог в различных странах нашел *химический метод*. Он предусматривает использование определенных химических реагентов для удаления или предотвращения образования скользкости на дорожном покрытии. Из множества химических веществ для этих целей используются те, которые обладают способностью плавить лед при отрицательной температуре воздуха или образовывать на покрытии растворы с пониженной температурой замерзания.

Для борьбы с зимней скользкостью используют, в основном, хлориды: хлористый натрий в виде поваренной соли солепромыслов, соли сильвинитовых отвалов и зубера, являющихся отходом калийных комбинатов, хлористый кальций в виде чешуированного продукта содовых заводов, смесь хлористо-натриевой соли или соли сильвинитовых отвалов с хлористым кальцием чешуированным, реагенты ХКФ (хлористый кальций фосфатированный) и ХКМ (хлористый кальций с мочевиной). Хлориды используются как в твердом виде, так и в виде растворов различной концентрации. При температурах воздуха ниже $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, когда применение традиционных хлоридов невозможно, могут быть применены современные антигололедные реагенты «Нордикс-П» или «Бишофит» (хлорид магния), способные работать при температурах воздуха и дорожного покрытия до $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Эти реагенты безопасны для транспортных средств и бетона, стальных и металлических поверхностей, более экологичны по их воздействию на окружающую среду. Существенным недостатком данных химических реагентов

является их высокая стоимость, которая в несколько раз превышает стоимость традиционных противогололедных реагентов.

Все указанные противогололедные материалы обладают определенной плавящей способностью. Эффективность воздействия хлоридов на снежно-ледяные отложения и нормы распределения противогололедных солей зависят от температуры воздуха, толщины слоя льда на покрытии. Они регламентируются нормативными документами.

Если химические реагенты применяются без добавок фрикционных материалов, то их распределение возможно в виде сухой или предварительно увлажненной соли. Сухая соль большей частью перемещается транспортным потоком за пределы проезжей части, и эффективность борьбы со снежно-ледяными отложениями падает. Для закрепления реагентов на поверхности слоя льда эффективнее использовать *предварительно увлажненную соль*. Предварительное увлажнение необходимо, чтобы связать частицы соли, сделать их более липкими и тяжелыми, стимулировать начало процесса таяния снега. Использование увлажненной соли значительно ускоряет начало таяния снежно-ледяных отложений.

Существует несколько методов предварительного увлажнения соли. Соль может увлажняться на базе приготовления противогололедных материалов. Есть возможность увлажнения соли и при ее распределении. Для этого смачивающий раствор (рассол) разбрызгивается впереди солераспределителя или позади него. Возможно добавление воды в бункер автомобиля, распределяющего реагенты. Соль может смачиваться непосредственно в кузове распределителя, в конвейерном распределителе, на разбрасывающей тарелке. При увлажнении соли в конвейерном распределителе или на разбрасывающей тарелке рекомендуется использовать предварительно приготовленный рассол. Это предохраняет трубопроводные системы распределителя от замерзания. При увлажнении в кузове рекомендуемый расход воды составляет от 80 до 100 л/м³, а при увлажнении в конвейерном распределителе количество жидкости регулируется и составляет до 30% от массы распределяемой соли.

Для борьбы с зимней скользкостью могут использоваться *соляные растворы (рассолы)*. По источникам получения все рассолы

подразделяют на природные подземные, искусственные, рассолы соляных озер, морей и промышленные отходы.

Применение соли в растворенном виде имеет следующие преимущества:

- возможность использования для профилактики, простота дозирования;
- высокая степень готовности для экстренного применения;
- почти мгновенная плавящая способность;
- возможность применения небольших норм распределения, что приводит к снижению расхода соли, увеличению протяженности участка дороги, обрабатываемого за один проход машины, возможность обеспечения патрулирования одной машины в большой по протяженности зоне обслуживания;
- способность быстро восстанавливать безопасные условия движения;
- экологичность, так как почти 100% раствора остается на поверхности дорожного покрытия.

К недостаткам растворов относят:

- большие начальные капитальные вложения в оборудование;
- возможность засорения фильтров и выпускных отверстий примесями;
- вероятность замерзания рассолов при резком понижении температуры воздуха, необходимость их повторного розлива.

Если в районе прохождения дороги есть источники получения рассолов (средней и высокой концентрации), то им, как местным материалам, имеющим минимальную стоимость, следует отдавать предпочтение при зимнем содержании дорог. Если в районе прохождения дороги нет природных рассолов или их концентрация невелика, то при зимнем содержании дорог могут использоваться искусственно приготовленные рассолы. Приготовление рассолов не требует дорогостоящего оборудования, при их приготовлении можно регулировать концентрацию рассола под конкретные диапазоны температур, тем самым добиваясь максимального эффекта при их использовании.

Приготовление соляных растворов имеет следующие особенности:

- для ускорения процесса растворения соли ее следует подавать в смесительный агрегат небольшими порциями;
- очень важно обеспечить контроль концентрации соляного раствора с помощью чувствительного специального прибора с цифровым дисплеем или простого ареометра;

- введение в рассол воздуха под давлением позволяет ускорить процесс растворения соли;
- концентрация соляного раствора должна быть 23-25% (NaCl);
- смесительные агрегаты и емкости для хранения растворов необходимо предохранять от замораживания;
- соляной раствор для предотвращения его расслоения следует периодически перемешивать путем рециркуляции с помощью насоса.

Необходимо ежегодно проводить комплекс работ по оценке технического состояния емкостей.

Каждый из видов противогололедных солей и рассолы различной концентрации эффективно действуют в определенном температурном диапазоне, прогноз которого необходимо иметь для правильного выбора норм их распределения. При этом, в зависимости от вида зимней скользкости (см. табл. 2.2) необходимо иметь информацию о температуре воздуха, температуре дорожного покрытия (в том случае, если она ниже температуры воздуха) и прогноз минимальной температуры, если скользкость образуется на фоне ее устойчивого понижения.

Одним из существенных недостатков химического метода является вредное воздействие хлоридов на окружающую среду, металлические части проходящих транспортных средств и элементов дорожного обустройства (металлические опоры дорожных знаков и ограждений), автодорожные мосты и цементобетонные покрытия дорог. С целью уменьшения коррозионного воздействия в хлориды вводят добавки (*ингибиторы*), снижающие коррозионную активность хлоридов. В качестве ингибиторов используют фосфаты. Правила их применения регламентируются нормативными документами.

Для обработки покрытий могут применяться и другие химические реагенты, вредное воздействие которых на окружающую среду меньше, чем у хлоридов. К ним относятся органические соединения (карбамид, мочевина), спирты, гликоли и т.д. Однако высокая стоимость этих материалов не позволяет широко использовать их при зимнем содержании дорог.

Все проводимые за рубежом эксперименты по зимнему содержанию автомобильных дорог без использования химических реагентов привели к выводу, что *по степени обеспечения безопасности*

движения альтернативы химическому методу пока нет. И в настоящее время стоит задача не отказа от химических реагентов, а поиска путей их использования с минимально допустимыми нормами без снижения безопасности движения.

Для обеспечения безопасности движения в зимний период можно вводить временные ограничения скорости движения в сложных погодных условиях, использовать «зимнюю» резину и т.д.

Использование минимально допустимых норм химических реагентов возможно при переходе на профилактику образования скользкости, которая предусматривает не ликвидацию уже образовавшихся ледяных отложений, а предупреждение их образования.

Для этих целей либо используют минимальные нормы распределения химических реагентов при угрозе образования скользкости, либо применяют конструктивные решения - устраивают покрытия с антигололедными свойствами.

Многочисленные исследования проводились в направлении создания дорожных *покрытий с антигололедными свойствами*. Механизм действия таких покрытий состоит в следующем: в состав асфальтобетонной смеси вводят соответствующие противогололедные химические вещества, в процессе износа часть соли постоянно присутствует на покрытии и тем самым снижает вероятность их обледенения, а при образовании снежного наката ослабляется его сцепление с покрытием.

Начало таким разработкам было положено в Швейцарии. Материал получил название Verglimit (Верглимит). Это гранулы хлорида кальция, помещенные в специальные капсулы. Анализ эксплуатации опытных участков, имеющих покрытие с противогололедными добавками, показал, что их работа эффективна при температурах воздуха, близких к 0 °С (до -3 °С) и при малом количестве выпадающего снега.

Если на покрытии образовался снежный накат, то необходимо проводить те же работы по содержанию, что и на обычных покрытиях. Кроме того, было отмечено, что покрытие с антигололедными добавками бывает влажным даже в сухую погоду, что увеличивает риск его обледенения при резком понижении температуры воздуха. У таких покрытий уменьшаются также межремонтные сроки.

В нашей стране, проводились аналогичные исследования. Специалистами ГП РосдорНИИ был запатентован материал Грикол. Результаты этих исследований не нашли пока широкого внедрения

в практику зимнего содержания дорог в нашей стране. Этому есть ряд причин и одна из них - значительное удорожание асфальтобетонной смеси с добавками Грикола. В процессе эксплуатации дорожного покрытия добавки Грикола постепенно растворяются, образуя пустоты внутри слоя асфальтобетона, повышая его пористость.

Так как основным видом скользкости в России является снежный накат, который образуется как на обычных асфальтобетонных покрытиях, так и на покрытиях с Гриколом, то большую часть зимнего периода покрытие с антигололедными добавками не выполняет своих функций. Разработчики этого материала для повышения эффективности работы антигололедных покрытий предлагают изменение технологии зимнего содержания таких дорог. Наиболее эффективно, по их мнению, применение тяжелой техники для удаления снежного наката. Однако производственные эксперименты по использованию таких технологий не проводились из-за ограниченной длины опытных участков с антигололедными покрытиями. В то же время, использование тяжелой техники при зимнем содержании дорог увеличивает стоимость работ.

Существующие в нашей стране технологии работ по зимнему содержанию дорог регламентируются нормативной литературой (ВСН 20-87, ВСН 24-88, различные региональные нормативные документы). В ней предусмотрено использование химического и комбинированного химико-фрикционного методов борьбы со скользкостью на дорогах и меры по профилактике образования снежного наката за счет введения в слой снега противогололедных материалов (ПГМ) и предотвращения его уплотнения.

Таким образом, рекомендуемые мероприятия направлены на борьбу с уже образовавшейся скользкостью. Это требует значительного количества техники и материалов для того, чтобы поддерживать тот уровень содержания, который требуют российские государственные стандарты.

Во многих странах Европы при зимнем содержании дорог перешли на профилактику образования зимней скользкости. Для этих целей при зимнем содержании используется специальная высокопроизводительная техника, которая распределяет противогололедные материалы с минимальными нормами.

Предварительная обработка солью позволяет предотвратить замерзание влаги на поверхности дороги при понижении температуры воздуха.

Для успешного выполнения превентивных мероприятий необходимы:

- специализированные краткосрочные (с заблаговременностью 1-6 ч) прогнозы возможности образования скользкости и выпадения осадков;
- технические средства для сбора и обработки информации для расчета таких прогнозов (автоматические дорожные метеорологические станции, метеолокаторы - для прогнозирования выпадения осадков и их вида);
- техника, которая позволяет распределять противогололедные химические реагенты с минимальными нормами и гибко их регулировать;
- регламент (правила) выбора вида противогололедного материала и норм распределения в зависимости от прогнозируемых погодных условий.

Как показывает анализ опыта зимнего содержания дорог за рубежом, профилактическая обработка производится за 1-6 ч до возможного обледенения покрытия с нормой расхода хлоридов от 4 г/м² и выше. Небольшие нормы предварительного расхода позволяют резко сократить в последующем количество используемой соли.

Таким образом, для эффективного зимнего содержания дорог необходима метеорологическая информация и прогнозы, так как нормы распределения химических реагентов и возможность их применения зависят от температуры воздуха или дорожного покрытия. От количества выпавших осадков будет зависеть концентрация противогололедного раствора на покрытии и температура его замерзания. Состав метеорологической информации и прогнозируемых параметров, как метеорологических, так и дорожных, будет зависеть и от того, применяются ли химические противогололедные материалы для ликвидации скользкости или для ее профилактики, а также от того, образование какого вида скользкости ожидается на дорожном покрытии.

Все эти условия учитываются при разработке регламента (правил) применения тех или иных методов и технологий при зимнем содержании дорог. Выбор техники, противогололедных материалов и вида работ (ликвидация, профилактика) в зависимости от фактического или прогнозируемого состояния дорожного покрытия и погодных условий можно объединить в одно понятие - *стратегия зимнего содержания автомобильных дорог*.

На основе специализированного дорожного метеорологического обеспечения и прогнозов можно выбрать оптимальную по погодным условиям стратегию зимнего содержания.

Для того чтобы определить состав необходимой метеорологической информации в каждом конкретном случае, все виды зимней скользкости, представленные в табл. 2.2, разобьем на две группы:

- виды зимней скользкости, для ликвидации которой необходим перевод ее в другое агрегатное состояние, а для профилактики - предотвращение замерзания влаги на дорожном покрытии;

- виды скользкости, удаление которых возможно непосредственно механическим путем или после проведения профилактических работ.

Таким образом, для каждой из групп возможны как ликвидация, так и профилактика, при этом имеются различия в требованиях к ресурсам и метеорологической информации. Схема такой классификации приведена на рис. 3.1.

В соответствии с приведенной классификацией можно дать краткое описание каждой из стратегий и на его основе выделить перечень метеорологической и дорожной информации, необходимой для оптимального выбора стратегии в зависимости от ожидаемых или сложившихся погодных условий. Такая информация приведена в табл. 3.5.

Как показывает анализ таблицы, количество информации, необходимой для принятия правильного решения очень велико, и при переходе на профилактику требования к составу и детальности информации значительно возрастают.

Для профилактики необходима не только текущая метеорологическая информация, но и прогноз ее изменения, а также дорожная информация.

Информация о погодных условиях, тенденциях изменения метеорологических параметров, о состоянии дорожного покрытия позволяет правильно определить вид и нормы распределения противогололедного материала. Необходим постоянный контроль за изменением погодных условий и за состоянием дорожного покрытия. Для этих целей за рубежом используют специальные дорожные датчики, которые контролируют концентрацию химических веществ на покрытии и температуру дорожного покрытия, температуру замерзания раствора данной концентрации. Эта информация позволяет уточнять время проведения последующих обработок противогололедными материалами.



Рис. 3.1. Классификация стратегий работ по зимнему содержанию дорог

Не вся информация, перечисленная в табл. 3.5, может быть получена на государственной наблюдательной сети метеостанций, для ее получения используют также автоматические дорожные метеорологический станции (АДМС).

Таблица 3.5

**Стратегии зимнего содержания автомобильных дорог
и необходимая информация для их выбора**

Стратегия	Краткое описание технологии производства работ	Вид зимней скользкости	Информация, необходимая для выбора ПГМ и норм их распределения	
			метеорологическая	дорожная
Ликвидация зимней скользкости	По образовавшемуся слою ледяных отложений распределение ПГМ с нормами, достаточными для перевода отложений в другое агрегатное состояние	Гололедица	Температура воздуха, тенденция её изменения, минимальная температура воздуха	Состояние покрытия
		Черный лед	То же	То же
		Твердый налет	»	»
		Гололед	»	»
Профилактика образования зимней скользкости	До образования скользкости распределение ПГМ с уменьшенными нормами для предотвращения образования замерзания влаги на покрытии	Гололедица	Температура воздуха, тенденция ее изменения, минимальная температура воздуха, тенденция изменения атмосферного давления, относительной влажности воздуха, прогноз осадков (вид, время их окончания)	Состояние покрытия, температура покрытия, прогноз ее изменения, концентрация остаточного количества хлоридов (от предыдущих обработок покрытия)
		Черный лед	Температура и относительная влажность воздуха, точка росы и тенденция их изменения, скорость ветра, облачность	Состояние покрытия, температура покрытия, тенденция ее изменения, минимальная температура покрытия

Окончание табл. 3.5.

Стратегия	Краткое описание технологии производства работ	Вид зимней скользкости	Информация, необходимая для выбора ПГМ и норм их распределения	
			Метеорологическая	Дорожная
Профилактика образования зимней скользкости	До образования скользкости распределение ПГМ с уменьшенными нормами для предотвращения образования замерзания влаги на покрытии	Твердый налет	Температура воздуха, тенденция ее изменения, тенденция изменения атмосферного давления, относительной влажности воздуха. Прогноз осадков (вид, интенсивность, продолжительность, количество)	Температура покрытия, прогноз ее изменения, концентрация остаточного количества хлоридов (от предыдущих обработок покрытия)
		Гололед	То же	То же
Удаление рыхлого снега с дорожного покрытия	Патрульная снегоочистка при выпадении осадков и механическая очистка рыхлого снега с покрытия после их окончания	Рыхлый снег	Температура и относительная влажность воздуха, скорость и направление ветра, вид осадков, интенсивность, продолжительность, количество осадков	Направление участка дороги, тип поперечного профиля, ширина земляного полотна, наличие ограждений, разделительной полосы
Профилактика образования снежного наката	Распределение ПГМ во время выпадения твердых осадков с целью недопущения уплотнения снега проходящими автомобилями и сохранения его в рыхлом состоянии с последующей механической очисткой рыхлого снега	Снежный накат	То же	Направление участка дороги, тип поперечного профиля, ширина земляного полотна, наличие ограждений, разделительной полосы, концентрация ПГМ в слое снега

Дадим краткое описание технологических операций по борьбе с зимней скользкостью и профилактике ее образования.

Для ликвидации отложений льда на дорожном покрытии необходим выбор норм распределения противогололедных материалов в зависимости от толщины этих отложений и температурных условий. У имеющейся в дорожных организациях России техники для зимнего содержания дорог не всегда есть возможности гибкого регулирования норм распределения ПГМ. Это является одной из причин, сдерживающих переход на профилактику образования зимней скользкости. Поэтому совершенствованию машин и навесного оборудования, позволяющих применять различные схемы организации работ, в последние годы уделяется очень серьезное внимание.

Технологии производства работ по зимнему содержанию дорог для каждой конкретной дорожной организации зависят от следующих факторов:

- технического оснащения, позволяющего реализовать определенные стратегии зимнего содержания дорог;
- имеющихся противогололедных материалов и возможности их использования в чистом виде, в смеси с фрикционными материалами, в виде растворов различной концентрации;
- наличия необходимой метеорологической информации и прогнозов для выбора необходимой стратегии.

С изменением каждой из составляющих будут меняться возможности дорожных организаций в выборе технологий производства работ по зимнему содержанию.

Мероприятия по профилактике образования скользкости подразделяются на начальные и последующие. На начальном этапе производится первичная обработка покрытия противогололедными материалами, при этом выбранные нормы распределения должны соответствовать погодным условиям.

ПГМ могут быть применены:

- в твердом сухом виде;
- в виде увлажненной соли;
- в виде раствора.

Сухие соли эффективно применять только в том случае, если на поверхности дорожного покрытия имеется достаточное количество влаги для ускорения действия реагента. Если покрытие сухое или на нем имеется слой стекловидного льда, то повышается вероятность смещения соли с покрытия проходящими транспортными средствами.

Сухие соли могут использоваться для предотвращения снежного наката. Их распределяют через определенное время после начала снегопада, когда количества осадков достаточно для быстрого

появления раствора соли в слое снега. Это предотвращает в дальнейшем уплотнение снега и образование снежного наката.

Если на покрытии нет достаточного количества влаги, то целесообразно использовать увлажненные соли.

При температуре покрытия выше $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ более эффективно использование раствора соли, который может распределяться и на сухое покрытие перед выпадением осадков для предотвращения образования скользкости.

Если выпадение осадков продолжается, то для предотвращения замерзания раствора ПГМ необходимо следить за тремя параметрами: концентрацией раствора на покрытии и температурой воздуха и покрытия.

Технологические операции по предотвращению образования снежного наката и удалению рыхлого снега отличаются от тех, что описаны выше.

Если снег остается в рыхлом состоянии, то в период его выпадения проводится патрульная снегоочистка. Она назначается из условий соблюдения требований к толщине снежных отложений на дорожном покрытии (см. табл. 3.1 и 3.4). Для выполнения этих требований производится периодическое удаление снега с проезжей части отрядом снегоуборочных машин. Время между проходами снегоочистителей зависит от скорости снегонакопления на покрытии, т.е. от интенсивности снегопада. Таким образом, для организации работ по патрульной снегоочистке необходима информация о погодных условиях, в которых происходит выпадение снега (см. табл. 2.2), данные об интенсивности выпадающих осадков и их виде. Технологические схемы патрульной снегоочистки на дорогах с различной шириной проезжей части довольно подробно описаны в нормативной литературе.

Если есть вероятность уплотнения снега и превращения его в снежный накат, то технология работ несколько усложняется. Уборка снега должна производиться до его уплотнения проходящими по дороге автомобилями. Для этого применяют в комплексе механическую снегоочистку и химические противогололедные материалы. Химические реагенты способствуют сохранению снега в рыхлом состоянии и обеспечивают эффективную работу снегоуборочной техники. Нормы внесения в снег ПГМ зависят от температуры воздуха и интенсивности выпадения осадков. Технология работ включает ряд этапов:

- выдержку для предварительного накопления снега;
- обработку противогололедными материалами;
- сгребание и подметание снега.

Выдержка - промежуток времени от начала снегопада до момента распределения реагентов. Продолжительность выдержки зависит от интенсивности снегопада и температуры воздуха. При этом распределение реагента по покрытию производится в тот момент, когда на нем уже имеется некоторое количество снега. В период снегопада интенсивностью 1 - 3 мм/ч и выше к распределению противогололедных материалов приступают через 15 - 20 мин после начала снегопада. При слабом снегопаде интенсивностью 0,5 - 1 мм/ч противогололедные материалы распределяют через 30 - 45 мин после его начала.

Расход материалов устанавливается в зависимости от температуры воздуха, интенсивности снегопада. Для предварительной обработки, предотвращающей уплотнение снежных отложений на покрытии, рекомендуется использовать увлажненную соль с нормой расхода 5-15 г/м². Для предварительной обработки покрытия расход ПГМ должен приниматься с учетом используемого типа реагента, температур воздуха и покрытия, тенденции их изменения.

Предварительная (профилактическая) обработка покрытия реагентами не исключает дополнительную обработку покрытия в случае, если в результате воздействия метеорологических факторов возможно превышение оптимального соотношения снежных отложений и распределенных реагентов. Норма повторного распределения реагентов должна устанавливаться в зависимости от толщины накопленного снега и с учетом количества реагентов, распределенного при предварительной обработке. Если после окончания указанного цикла, включающего предварительное распределение реагентов, выдержку, повторное распределение реагентов, интервал, плужную снегоочистку, снегопад продолжается, последующее распределение реагентов и соответствующие операции цикла должны повторяться необходимое количество раз до полной уборки снега с дорожного покрытия.

Интервал, устанавливаемый с момента распределения реагента до начала плужной снегоочистки, повторяемость плужной снегоочистки и последующих обработок должны устанавливаться с учетом интенсивности снегонакопления и химической активности реагента.

Сгребание снега с проезжей части должно производиться с таким расчетом, чтобы снегоочистка осуществлялась на высокой скорости и на ширину покрытия, предусмотренную принятым уровнем содержания дороги. После окончания снегопада необходимо произвести удаление оставшихся снежно-ледяных отложений или завершающее подметание.

При снегоуборочных работах зачастую возникает необходимость уборки с покрытия талого снега, так называемой «шуги». Важно убрать талый снег с середины проезжей части. Для очистки покрытия от талого снега используются плуги с двойными и резиновыми ножами. Плуги с двойным ножом наиболее эффективны, когда состояние талого снега изменяется от мокрого до почти сухого. Резиновые ножи особенно эффективны при удалении «шуги». Толщина резиновых ножей (или специально изготавливаемых к обычным ножам накладок) должна быть 30-50 мм. Талый снег необходимо сместить с проезжей части, чтобы в дальнейшем избежать его разбрасывания транспортными средствами обратно по проезжей части.

3.3. МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ДОРОГ ОТ СНЕЖНЫХ ЗАНОСОВ

Для преграждения доступа к дороге снега, переносимого при метелях, предусматривают защитные меры, которые должны исключить отложения метелевого снега. В процессе патрульной снегоочистки удаляется только снег, выпадающий при снегопадах. Для проектирования снегозащиты необходима метеорологическая информация за ряд лет, чтобы оценить объемы снегоприноса, подлежащие задержанию у дороги.

Защита автомобильных дорог от снежных заносов осуществляется с помощью снегозащитных преград - специальных устройств, размещенных на прилегающих к дороге землях.

Снегозащитные преграды подразделяются на постоянные и временные.

К снегозащитным преградам постоянного типа относят снегозащитные лесные полосы и постоянные заборы.

К временным снегозащитным устройствам относятся снежные валы и траншеи, переносные щиты из дерева, полимерных материалов, сеток.

По принципу воздействия на снеговетровой поток все средства снегозащиты подразделяются на две группы:

снегозадерживающего и снегопередувающего действия.

В соответствии с этим, переносимый снег либо задерживается на подступах к дороге, и снежный вал откладывается на безопасном для нее расстоянии, либо переносится над дорогой без отложений на покрытии за счет увеличения скорости снеговетрового потока. В практике зимнего содержания дорог используются, в основном, снегозадерживающие устройства.

К средствам снегозащиты снегозадерживающего действия относятся:

- снегозащитные лесные полосы;
- снегозадерживающие заборы;
- аккумуляционные полки в выемках;
- переносные снегозадерживающие щиты;
- сетки из полимерных материалов;
- снегозащитные устройства из снега (валы, траншеи).

К средствам снегозащиты снегопередувающего действия относятся снегопередувающие заборы.

На большей части территории России (где позволяют природные и почвенные условия) для защиты дорог от снежных заносов высаживают *снегозащитные лесные полосы*. При их проектировании соблюдаются следующие требования:

- конструкция лесополосы должна обеспечивать задержание расчетного объема снегоприноса;
- расстояние от посадок до дороги должно быть достаточным для размещения шлейфа отложившегося снега;
- древесные и кустарниковые породы, из которых формируются снегозащитные насаждения, должны соответствовать местным почвенно-климатическим условиям произрастания и подбираться с учетом их снегозащитных свойств;
- лесные полосы необходимо закладывать с минимальным отводом земельной площади.

Для создания снегозащитных лесополос используют типовые схемы. Они различаются расстояниями от бровки земляного полотна, шириной лесных полос, количеством рядов деревьев и кустарников, их высотой. На стадии проектирования необходимо учитывать условия содержания лесных полос, своевременное проведение рубок ухода, вырубку сухостоя, регулирование требуемой высоты и густоты посадок. Неправильный выбор конструкции лесополосы, расстояний и неправильное содержание могут привести к тому, что дорога попадет в зону ветровой тени, и лесополоса,

таким образом, станет основной причиной снегоотложений на дорогах при метелях.

Снегозадерживающие заборы являются одной из наиболее надежных снегозащитных преград на автомобильных дорогах и относятся к устройствам долговременного действия. Они предназначены для задержания всего снега, приносимого к дороге в течение зимнего периода.

Высокие снегозадерживающие заборы - устройства капитального типа с большой затратой материала и высокой стоимостью. Их применяют в тех случаях, когда защита дороги более простыми и дешевыми снегозащитными устройствами не оправдана, в районах с интенсивными метелями, где невозможно устройство снегозащитных лесных полос, а при щитовой защите требуется многократная перестановка щитов.

Высота забора, зависит от объема снегоприноса к дороге и высоты снежного покрова и может быть рассчитана по формуле

$$H = 0,34\sqrt{W_{np}} + h_c, \quad (3.1)$$

где W_{np} - объем снегоприноса, м³/м;
 h_c - средняя многолетняя наибольшая высота снежного покрова в данной местности, м.

Заборы высотой более 5 м по технико-экономическим соображениям устраивать не рекомендуется. Если по расчету требуется большая высота, то устраивают два, три или более рядов заборов.

Заборы строят из дерева или делают сборными из железобетона. Снегозадерживающие заборы следует располагать по возможности перпендикулярно к направлению господствующих метелевых ветров.

Расстояние от первого ряда забора до бровки земляного полотна принимают равным от 15Н до 25Н в зависимости от рельефа местности в районе прохождения дороги и преобладающего направления метелевых ветров.

В современных экономических условиях применение многорядных заборов затруднено, и они практически не используются. Их применение сдерживает также дорогой землеотвод и последующие платежи земельного налога.

Наиболее распространенным видом защитных устройств из снега являются *снежные траншеи*. Они могут проектироваться как

самостоятельное средство защиты на слабозаносимых участках дорог, так и в сочетании с другими средствами защиты.

Их прокладывают в снежном покрове проходами тракторных снегоочистителей или бульдозеров, которые раздвигают снег в обе стороны, создавая траншею, ограниченную по краям валами сдвинутого снега. Метелевый поток, пересекая траншею, снижает скорость и откладывает в траншее снег. Устраивают снежные траншеи в несколько рядов при толщине снежного покрова более 20 см последовательными проходами машин параллельно дороге. Средняя ширина траншеи около 4 м. Оптимальное расстояние между осями соседних траншей составляет 12 - 15 м. Ближайшую к дороге траншею, при отсутствии других средств снегозащиты, проектируют на расстоянии не ближе 30 м и не далее 100 м от бровки земляного полотна.

Установлено, что траншеи работают эффективно до тех пор, пока не будут занесены до половины своей глубины. Поэтому, после заполнения их снегом до половины глубины производят прочистку (возобновление) траншей проходами машин по старому следу. Возобновление траншей прекращают, когда толщина снегоотложений в них достигает 1,0 - 1,5 м. В этом случае прокладывают новые траншеи параллельно имеющимся.

Согласно ВСН 24-88 для надежной защиты и максимального снегозадержания переносимого снега необходимо проектировать с каждой стороны дороги и постоянно иметь на протяжении всего зимнего периода следующее количество траншей:

- при объеме снегоприноса до $100 \text{ м}^3/\text{м}$ — не менее 3;
- при объеме снегоприноса до $200 \text{ м}^3/\text{м}$ — не менее 4;
- при объеме снегоприноса более $200 \text{ м}^3/\text{м}$ — не менее 5.

В начале зимы при небольшой толщине снежного покрова до 0,2 - 0,3 м целесообразно устраивать снегособирателями (риджерами) *снежные валы* или *стенки* высотой 0,5 - 0,8 м. Хорошо работают стенки с разрывами или из отдельных снежных столбов и пирамид. Работы по прокладке и эксплуатации траншей и валов полностью механизированы.

Переносные *снегозадерживающие щиты* проектируют как самостоятельное средство защиты дорог от снежных заносов, так и для усиления снегозащитных лесополос до вступления их в работу. Щиты изготавливают из дерева или из пластмассовых материалов.

Работоспособность щитов зависит от их высоты, просветности и распределения заполнения по высоте. Просветность щита - отношение площади просветов к его общей площади. Чем выше

щит, тем большее количество снега он может задержать без перестановки.

Наиболее медленно заносятся снегом щиты, у которых решетка разрежена в нижней части. В этом случае щиты приходится переставлять реже, чем щиты с решеткой, сгущенной в нижней части или с равномерно распределенным заполнением.

Выбор типа щита для снегозащиты дороги зависит от объема снегоприноса и скорости ветра (табл. 3.6).

Таблица 3.6

Основные характеристики снегозадерживающих щитов

Тип щита	Высота, м	Просветность, %			Скорость ветра, при которой рекомендуется применять щиты, м/с	Объем снегоприноса, при котором целесообразно применять щиты, м ³ /м
		общая	нижней части	верхней части		
I	2,0	50	60	40	Более 20	Более 100
II	1,5	50	60	40	»20	Менее 100
III	2,0	60	70	50	Менее 20	Более 100
IV	1,5	60	70	50	» 20	Менее 100

Зная расчетный объем снегоприноса к дороге (см. формулу (2.2), можно подобрать тип конструкции щитовой защиты, способной задержать весь приносимый снег.

Так как объем снегоприноса зависит не только от метеорологических параметров, но от дорожных условий (направление участка дороги), для его определения необходимо проводить дополнительную обработку данных наблюдений метеостанций за метелями.

Из описания мер по защите автомобильных дорог от воздействий погодных условий можно сделать вывод, что для их осуществления необходима разнообразная метеорологическая информация. Часть ее может быть получена на метеостанциях или с помощью специальных расчетов на основе этих данных, часть - из прогнозов погоды. Однако требуется также информация, которая не может быть получена на метеостанциях государственной сети, но на основе которой должны выполняться работы по зимнему содержанию - температура и состояние дорожного покрытия. Для получения такой информации необходимо *специализированное метеорологическое обеспечение*.

4. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА

4.1. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

Состояние окружающей среды и происходящие в ней процессы влияют на все виды производственной деятельности. В большой зависимости от условий внешней среды находятся автомобильный транспорт и дорожные организации. Обеспечение дорожных организаций необходимыми информационными ресурсами для решения задач проектирования, строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог - одна из задач Гидрометеорологической службы России.

Субъектом организации метеорологического обеспечения народного хозяйства в нашей стране является Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Росгидромет предоставляет пользователям информационные услуги, которые включают текущую, прогностическую и режимно-справочную (климатологическую) информацию. Информация о состоянии окружающей природной среды является открытой и общедоступной.

Информационные услуги разделяются на информацию общего назначения и специализированную. Информация общего назначения - полученная и обработанная в установленном порядке информация о фактическом и прогнозируемом состоянии окружающей среды. Специализированная информация поставляется по заказу потребителя за счет его средств и должна более детально отражать те метеорологические параметры и явления, которые оказывают наиболее существенное влияние на его производственную деятельность.

Государственная служба дорожного хозяйства России включает в себя сеть дорог и дорожные организации, которые обеспечивают управление, проектирование, строительство, ремонт

и содержание этой сети. Основное предназначение дорог, как элемента инфраструктуры государства - удовлетворение спроса автотранспорта в безопасных и бесперебойных перевозках, т.е. создание условий для функционирования всех отраслей экономики государства.

Различные дорожные организации являются потребителями погодной информации. При проектировании, строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог используются различные информационные метеорологические ресурсы. Их состав и возможности использования в дорожной отрасли представлены на рис. 4.1. Единый государственный фонд данных о состоянии

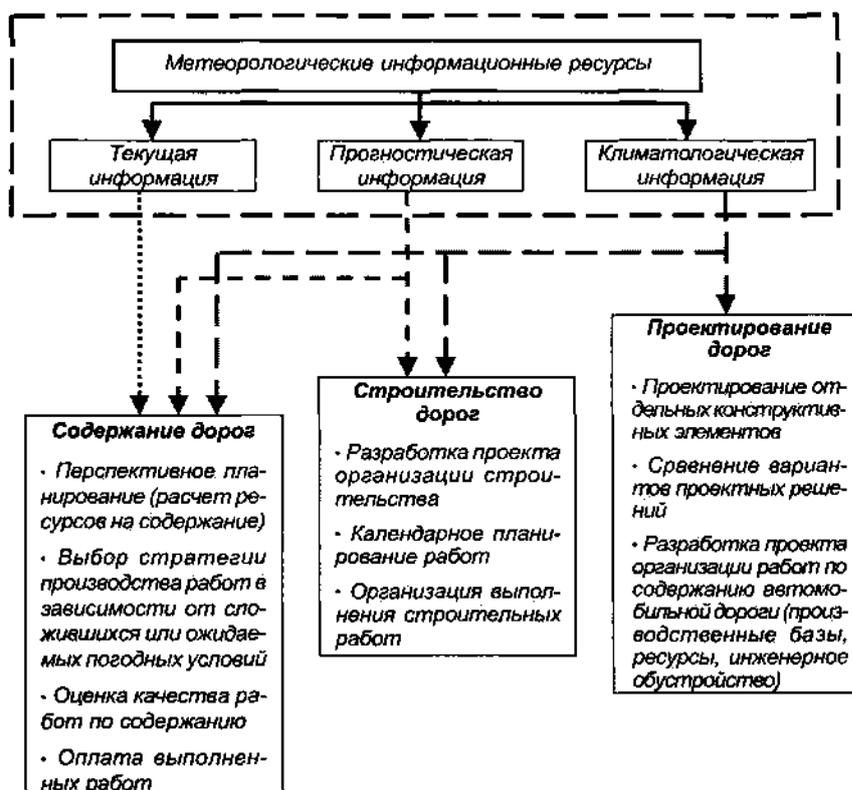


Рис. 4.1. Метеорологические информационные ресурсы и их использование в Государственной службе дорожного хозяйства России

природной среды формируется на основе сбора, обработки, учета, хранения и распространения документированной информации.

Дадим краткую характеристику информационных метеорологических ресурсов.

Климатологическая, или режимно-справочная информация - это обработанные по специальным методикам данные многолетних наблюдений, которые проводятся на метеостанциях. Эти сведения характеризуют многолетний режим гидрометеорологических условий и включают следующие параметры:

- средние многолетние значения характеристик природной среды;
- экстремальные значения этих характеристик;
- повторяемость и вероятность возникновения определенных природных явлений.

Режимно-справочная информация может быть получена по запросам потребителя через систему режимно-справочных банков данных или из специальных, регулярно публикуемых изданий (ежемесячники, ежегодники, климатические справочники). *Климатические справочники* являются научно-прикладными пособиями, которые содержат обобщенную информацию за длительный период наблюдения по различным метеорологическим параметрам и явлениям. Для территории СССР справочник издавался в 35 выпусках (номер выпуска указывает территорию, информация о которой представлена в данном справочнике). Для территории России таких выпусков - 21. Специализированная климатологическая информация для дорожных организаций представлена также в СНиП 23-01-99. Строительная климатология, ВСН и других нормативных документах.

Прогностическая информация, или прогнозы погоды - научно обоснованное суждение о предстоящих изменениях погодных условий. Она имеет вероятностную природу. Прогностическую информацию можно очень эффективно использовать при проведении работ по строительству, ремонту и содержанию дорог. Прогнозы подразделяются на краткосрочные - на 1-3 суток, среднесрочные - от 3 до 10 суток и долгосрочные прогнозы - на декаду, месяц, сезон и т.д.

Прогнозы общего пользования предназначены для населения и различных отраслей экономики без их конкретизации. Специализированные прогнозы предназначены для конкретного потребителя.

Наряду с прогнозами очень важное значение для нормальной производственной деятельности дорожных организаций имеют предупреждения о возникновении опасных и стихийных явлений погоды, их интенсивности и продолжительности. Эти предупреждения называют штормовыми. *Штормовые предупреждения* содержат следующую информацию:

- район или территорию, по которой составляется предупреждение для данной организации;
- перечень метеорологических величин, явлений погоды и их критических значений, которые могут вызывать нарушение нормальной деятельности данной организации;
- способы доведения предупреждений для обслуживаемой организации;
- порядок отмены предупреждения.

Текущая, или фактическая метеорологическая информация - данные о наблюдаемых атмосферных явлениях или числовых значениях метеорологических параметров. Они могут передаваться по заявкам дорожных организаций непосредственно с ближайшей метеорологической станции или из регионального центра сбора оперативной метеорологической информации (ЦГМС).

4.2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ, РЕМОНТЕ И СОДЕРЖАНИИ ДОРОГ

Проектирование - один из основных этапов, на котором закладываются будущие потребительские свойства дороги. Учету погодноклиматических факторов на этой стадии должно уделяться особое внимание. Основные положения по учету погодноклиматических условий при проектировании дорог нашли свое отражение в том или ином виде в нормативных документах.

Анализ состояния проектного дела в нашей стране показывают, что российские нормы на проектирование имеют самые жесткие технические параметры, и в то же время недостаточно учитывают региональные и погодноклиматические особенности страны.

Вопросы проектирования отдельных конструктивных элементов автомобильных дорог с учетом погодноклиматических факторов достаточно хорошо изучены и подробно изложены в научно-технической литературе.

Рассмотрим более подробно учет при проектировании особенностей содержания дорог.

На стадии проектирования дороги должна производиться оценка вариантов трассы с учетом эксплуатации дороги в сложных погодных условиях. В проектах новых и реконструируемых дорог необходимо принимать инженерные решения, которые обеспечат безопасность движения в любой период года. К ним относятся: проложение трассы дороги с учетом ее снеганосимости, обоснованный выбор руководящей рабочей отметки насыпи дороги, обеспечивающей ее незаносимость снегом, решение вопросов инженерного оборудования и обустройства - выбор оптимальных схем снегозащиты для различных участков дорог, расчет необходимого количества техники, материалов, расчет мощности производственных баз, организация связи и т.д.

Вопросы организации работ по содержанию автомобильных дорог, и в первую очередь по зимнему содержанию, должны быть также отражены в проектах на строительство или реконструкцию дороги. Отсутствие в проектно-сметной документации раздела организации работ по содержанию автомобильной дороги приводит к необходимости выполнения дополнительных работ по сооружению технологических объектов после передачи дороги в эксплуатацию.

В целях повышения эффективности организации работ по содержанию автомобильных дорог был разработан перечень мероприятий, которые нашли свое отражение в приказе Росавтодора Российской Федерации № 262 от 04.06.2000 «О включении в проектно-сметную документацию на строительство и реконструкцию автомобильных дорог раздела «Организация работ по содержанию автомобильной дороги». В документе указывается на необходимость проектирования производственных баз, расчета необходимых ресурсов и организации метеообеспечения при содержании дорог. Обоснованное решение этих задач невозможно без климатологической информации.

Перечень информации для расчета ресурсов на зимнее содержание дорог и возможные способы ее получения приведены в табл. 4.1.

На основе этой информации при наличии заданного уровня содержания может быть рассчитано количество машин для зимнего содержания, количество противогололедных материалов, цикличность работ по снегоочистке и борьбе со скользкостью,

Климатологическая информация для расчета затрат на содержание дороги

Данные для расчета затрат на зимнее содержание дорог	Способы их получения
1. Объемы снегоприноса слева и справа к отдельным участкам дороги с вероятностью превышения 5 %	В климатических справочниках такая информация отсутствует. Ее можно получить с помощью специальных расчетов, в основу которых положен метод суммарных переносов Д.М. Мельника. Исходными для расчета являются данные метеостанций о метелевом режиме. Необходима их обработка для расчета объемов снегоприноса слева и справа к дорогам различных направлений. Из-за значительной изменчивости этого параметра даже в пределах одного региона, а также необходимости учета дорожных условий, использование справочных данных о метелевой деятельности для больших территорий приводит к значительным ошибкам в расчетах
2. Интенсивность снегопадов и их продолжительность	Данные по каждому параметру могут быть взяты из климатических справочников. При расчете ресурсов необходим совместный учет двух этих параметров для планирования отряда машин при патрульной снегоочистке и расчета цикличности работ. Для этого нужны дополнительные исследования совместных повторяемостей этих параметров или специальная обработка данных метеостанций о снегопадах
3. Частота, продолжительность и количество случаев образования гололеда (в этот термин входят все виды зимней скользкости, которые образуют слой льда на покрытии без учета причин их образования, см. табл. 2.2)	Из-за различий в условиях образования скользкости на дорожном покрытии и гололедных отложений на проводах, использование данных справочников или метеостанций о гололедно-изморозевых отложениях для дорог не представляется возможным. Для этих целей необходимы специальные расчеты, которые моделируют условия образования скользкости в соответствии с данными табл. 2.2 на основе расчета температуры дорожного покрытия по метеорологическим данным. В качестве исходной метеорологической информации при моделировании могут использоваться архивы данных наблюдений на метеостанциях. Эта информация должна также собираться и в дорожных организациях и храниться в виде специальных архивов
4. Общий объем снега, выпадающий за зимний период на 1 м ² покрытия при снегопадах	Данные могут быть взяты из климатических справочников

Данные для расчета затрат на зимнее содержание дорог	Способы их получения
5. Протяженность снегозаносимых участков	Необходимы специальные расчеты, так как протяженность снегозаносимых участков определяется объемами снегоприноса, типом поперечного профиля земляного полотна (высотой насыпи или глубиной выемки) и направлением участка дороги. При расчетах одновременно учитываются дорожные условия и данные п. 1 этой таблицы
6. Протяженность и площадь снегозадерживающих лесных полос	Определяется объемами снегоотложений от метелей и снегопадов на конец зимнего периода, а также дорожными условиями - протяженностью снегозаносимых участков
7. Протяженность временной снегозащиты	Определяется дорожными условиями и параметрами расчетной метели - наиболее опасной метели с расчетным объемом снегоприноса 5 % -ной вероятности превышения (повторяемость 1 раз в 20 лет)

необходимое количество финансовых ресурсов, топлива и т.д.

По этим данным может быть построен линейный график зимнего содержания, по которому планируют места размещения производственных баз, их мощность, схемы передвижения техники при производстве работ и места размещения автоматических дорожных метеостанций.

Из табл. 4.1 видно, что для планирования затрат на содержание автомобильных дорог не всегда можно использовать только информацию климатических справочников, так как необходим совместный учет влияния и метеорологических, и дорожных факторов на состояние дороги и выбор проектных решений.

Климатические особенности района учитываются на стадии *строительства* дороги при разработке проектов организации строительства и календарных графиков. При этом учитываются следующие параметры:

- температурный режим, допустимый по технологическим условиям производства работ (Все работы делятся на пять групп, пороговые значения температур воздуха для которых составляют 0, 5, 10, 15 °С. Для расчетов необходимо знать продолжительность периодов с этими значениями температур);

- продолжительность весенней и осенней распутицы;
- количество нерабочих дней по метеоусловиям (дни с дождями).

Вся необходимая информация для этих расчетов принимается по климатическим справочникам или по СНиП.

Аналогичная информация нужна и для планирования ремонтных работ.

При выполнении строительных и ремонтных работ используются прогнозы погоды общего назначения с данными об осадках, температурном и ветровом режимах. Последние два параметра определяют не только возможность производства работ по погодным условиям, но и возможную дальность возки асфальтобетонной смеси, при укладке которой необходима определенная температура.

Таким образом, на сегодняшний день для организации работ по строительству и ремонту автомобильных дорог достаточно имеющейся режимно-справочной информации и прогнозов погоды общего назначения.

На этапе *содержания* автомобильная дорога наиболее подвержена влиянию метеорологических условий, которые определяют безопасность движения, скорость движения транспортных потоков, уровень загрязнения окружающей среды. Значительное влияние оказывают погодные условия на выбор стратегии производства работ для поддержания высоких потребительских свойств дороги.

В связи с появлением жестких требований к уровню содержания дорог для их выполнения необходимы соответствующие ресурсы, как материально-технические, так и информационные. Климатологическая информация необходима для расчета ресурсов на содержание дорог, прогностическая и текущая - для оперативного управления содержанием дорог. При оперативном управлении информация используется для выбора стратегии производства работ, контроля их качества и оплаты выполненных работ.

Необходимость обеспечения определенного уровня безопасности движения в любых погодных условиях требует перехода к новым технологиям содержания дорог, направленным на предупреждение и профилактику воздействия неблагоприятных погодных условий на состояние дорог. Этот переход предусматривает изменение требований к метеорологической информации и специализированным прогнозам погоды.

Они должны обладать более высокой степенью детализации, малой заблаговременностью. Кроме того, при прогнозировании необходим учет особенностей дорожных условий и их влияния на температурный режим покрытий, условия снегозаносимости. Для разработки таких прогнозов и предупреждений недостаточно данных наблюдений метеорологических станций. На автомобильных дорогах в состав инженерного обустройства вводят специальные технические средства - автоматические дорожные метеорологические станции. В настоящее время в нашей стране они устанавливаются там, где есть финансовые возможности, понимание важности проблемы и настойчивость руководства.

4.3. ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

4.3.1. Специализированное метеорологическое обеспечение дорожных организаций Национальными службами погоды

Для организации зимнего содержания дорог и проведения работ по ликвидации или профилактике образования зимней скользкости, своевременной информации пользователей дорог о состоянии проезда дорожные организации практически во всех развитых странах мира используют специализированные дорожные прогнозы и прогнозы погоды общего назначения, разработка которых осуществляется различными службами.

Среди них можно, прежде всего, выделить Национальные службы погоды, которые в настоящее время очень большое внимание в своей работе уделяют совершенствованию метеорологического обеспечения дорожных организаций, а также пользователей дорог. Практически, во всех странах при государственной службе погоды созданы специальные группы или отделы, которые разрабатывают дорожные прогнозы. С расширением использования новых информационных технологий при сборе, передаче и обработке метеорологической информации намечается тенденция автоматизации процессов подготовки специализированных прогнозов (в том числе и для дорожных организаций).

Национальные службы погоды разрабатывают специализированные прогнозы на основе детализации прогнозов погоды общего назначения. Источниками метеорологической информации для

них являются государственная наблюдательная сеть метеорологических станций, а также метеорологические радиолокаторы, производящие наблюдения за облачностью и осадками в режиме реального времени, спутники погоды, зонды и т.д. Система организации таких наблюдений, сбора, передачи и переработки всей необходимой информации для расчета прогнозов очень четко отработана не только на уровне отдельного государства. Существуют многолетний опыт международного обмена метеорологической информацией для повышения надежности прогнозов.

Первые шаги по совершенствованию системы метеорологического обеспечения дорожных организаций в Финляндии относятся к середине 70-х годов. Первоначально инициатива таких работ исходила от метеорологической службы Финляндии, которая поставила задачу улучшения метеорологического обеспечения дорожных организаций. Эти работы велись в направлении совершенствования методов прогноза метеорологических параметров, оказывающих влияние на работу дорожных организаций.

Специализированное обеспечение дорожных организаций и участников движения в Национальных метеорологических службах США и Франции в 80-е годы началось с создания специальных отделов, которые передавали информацию о состоянии дорог. В Швейцарском метеорологическом институте были сформированы подразделения, обслуживающие зимнее содержание дорог. Из-за сложного рельефа страны и языковых различий для повышения надежности прогнозов началась их детализация по территории с учетом особенностей района прохождения дороги. Параллельно с этим начались работы по составлению компьютерных программ и по обоснованию информации, которую необходимо получать с сети метеостанций.

В Германии несколько лет существует специальная дорожная погодно-информационная система (Germany'SWIS). В рамках этой системы разрабатываются погодные сообщения об опасных атмосферных явлениях для дорог. К ним отнесены снег, переохлажденные осадки. Заблаговременность таких сообщений составляет 2-3 ч. Первоначально такие прогнозы выпускались для всей территории Германии с приблизительным указанием региона (горные районы или равнины). Развитие дорожной погодно-информационной системы шло по пути более детального учета рельефа и детализации прогнозов по регионам. В настоящее время вся территория страны разбита на 150 районов, различающихся по температурному режиму

и режиму выпадения осадков. Перепад высот для районов составляет не более 200 м. Таким образом был осуществлен переход практически к индивидуальным предупреждениям.

Переход к такой пространственной детализации резко увеличил количество прогнозов (приблизительно в 20-25 раз). Для их разработки используется специальное программное обеспечение, которое распознает аналогичные синоптические условия для группы районов и копирует (тиражирует) неизменяемую для них информацию.

При адаптации этой системы к дорожным организациям учитывают различия в требованиях к уровню содержания дорог. Заблаговременность прогноза зависит от времени, выделяемого на ликвидацию последствий неблагоприятных погодных условий, от наличия или отсутствия дежурных машин в организации и штата сотрудников. Эта информация для каждой дорожной организации хранится в специальной базе данных.

Таким образом, совершенствование метеорологического обеспечения дорожных организаций в Национальных службах погоды идет по пути пространственной детализации прогнозов и совершенствования методов прогноза метеорологических величин, влияющих на формирование состояние дорожного покрытия.

Для совершенствования содержания дорог в США имеется опыт организации специальных фирм, основными функциями которых являлось получение прогностической информации из Национальной службы погоды, ее дополнительная обработка на ЭВМ и передача потребителям. Фирмами разрабатывались четыре вида прогнозов: по конкретному маршруту, по штату, по отдельному региону и по городу, а среди выходных параметров - прогноз дорожных условий на магистралях.

Так как прогнозы в Национальных службах погоды разрабатываются для больших территорий и по «площадному» принципу, получить надежный «линейный» прогноз транспортно-эксплуатационного состояния дороги или отдельных ее участков с малой заблаговременностью удается не всегда. Этого не позволяет сделать временной интервал снятия первичной информации на сети метеостанций (8 раз в сутки с интервалом в 3 ч), их пространственная разрешенность. Кроме того, прогнозы погоды общего назначения не учитывают в полной мере влияния дорожных условий.

4.3.2. Метеорологические наблюдения в дорожных организациях

Решить проблему детализации прогнозов для различных участков дорог в разных странах пробовали различными методами. Один из них - создание простейших дорожных метеорологических постов, на основе анализа информации которых работники дорожно-эксплуатационных организаций могут принимать решения о проведении работ по зимнему содержанию дорог. Такие метеопосты, являющиеся собственностью ДЭУ, были организованы в Польше. Они позволяли уточнить время наступления опасного явления и момент начала профилактических работ на основе анализа изменения скорости и направления ветра, температуры и относительной влажности воздуха. Аналогичные метеопосты имелись в дорожных организациях Италии. Эти метеопосты устанавливались в конце 70-х, начале 80-х годов, но с развитием средств связи и информационных технологий, им на смену пришли автоматические измерительные комплексы.

Основной дорожный фактор, который определяет условия образования скользкости - температура дорожного покрытия. Для ее прогноза метеорологической информации, поступающей с наблюдательной метеорологической сети, недостаточно. Поэтому в конце 70-х годов начались разработки различных дорожных датчиков и сигнализаторов гололеда. Датчики подразделялись на пассивные и активные. Пассивные датчики фиксировали образование льда на покрытии, а с помощью активных подогреваемых или охлаждаемых датчиков появилась возможность заблаговременно предупредить о возможности образования скользкости на дорожном покрытии.

Сначала они использовались в качестве опытных образцов, а информация об образовавшейся скользкости или возможности ее появления на дороге передавалась в виде определенного сигнала в дорожно-эксплуатационную организацию. Такие автоматические системы оповещения разрабатывались практически во всех странах.

Дорожные организации Финляндии в 80-е годы обратились к фирме Вайсала (Vaisala) с просьбой разработать автоматическую дорожную метеостанцию. Эта фирма делала аналогичное оборудование для ВПП аэродромов. В середине 80-х годов появились первые дорожные метеостанции. До их появления при зимнем содержании дорог в Финляндии информацию о состоянии дорожного покрытия

получали при патрулировании дорог.

Содержание службы патрулирования требовало значительных финансовых затрат. Первые образцы электронного оборудования, фиксирующие состояние покрытия, облегчали мастерам работу по зимнему содержанию дорог. Однако со временем оказалось, что более эффективно передавать ту же информацию в диспетчерский центр для ее обработки совместно с прогнозами погоды и получать к имеющейся информации о состоянии дорожного покрытия дополнительную, с прогнозом его изменения, т.е. возможности образования скользкости.

В течение нескольких зимних сезонов (1991 - 1997 гг.) специализированное дорожное метеообеспечение и патрулирование в Финляндии существовало параллельно. В дальнейшем, после отладки системы, дорожное патрулирование было отменено, что позволило сократить значительные средства.

В 80-е годы широкое использование автоматических дорожных метеосистем на сети дорог сдерживалось их высокой стоимостью, недостаточно высокой надежностью работы, несовершенством связи. С развитием микроэлектроники и средств связи многие из проблем были сняты, и именно по пути установки на дорогах автоматических дорожных метеостанций пошло развитие специализированного метеорологического обеспечения практически во всех странах, где в зимний период возможно образование скользкости на дорогах.

Для повышения надежности, детальности и оперативности специализированных дорожных прогнозов при их разработке необходимо использовать данные о значениях метеорологических параметров вблизи обслуживаемого участка дороги, которые можно получать с любой периодичностью. Это позволяют сделать только автоматические дорожные метеорологические станции (АДМС), представляющие систему датчиков, измеряющих метеорологические и дорожные параметры.

В настоящее время можно говорить о системе дорожного метеообеспечения, в которую кроме АДМС входят устройства для сбора и обработки собранной информации, линии связи для передачи ее в центр обработки и выдачи предупреждений об изменении состояния дорожного покрытия и опасных условиях для пользователей дорог. Дальнейшее совершенствование таких систем идет по пути разработки более надежных и гибких алгоритмов прогноза и включения в их состав ЭВМ для обработки информации, поступающей с первичных датчиков.

Автоматические дорожные метеостанции установлены на дорогах США и Канады, Японии, практически во всех европейских странах. Собственные дорожные метеосистемы эффективно используются в Скандинавских странах, начато создание систем в Латвии, Литве и Эстонии.

4.3.3. Современное состояние специализированного дорожного метеорологического обеспечения за рубежом и перспективы его развития

Несмотря на развитую сеть наблюдения, наличие современных средств телекоммуникаций для передачи информации и оснащение Национальных метеорологических центров супербыстродействующими ЭВМ.

Разрабатываемые ими прогнозы погоды не удовлетворяют запросов дорожных организаций по детальности, оперативности и заблаговременности. С целью получения специализированной информации для организации зимнего содержания дорог во многих странах мира развиваются ведомственные сети метеорологических наблюдений на основе автоматических дорожных метеорологических станций (АДМС). Специализированное метеорологическое обеспечение поступает из специальных центров контроля дорожных и погодных условий.

Такие центры осуществляют сбор в реальном режиме времени информации с автоматических дорожных метеостанций, информации от метеорологических радиолокаторов (МРЛ), прогнозов погоды общего назначения и дополнительной информации от Национальной службы погоды. На основе анализа всей этой информации производится предупреждение о возможности опасного явления на дороге, и выдаются рекомендации по технологии производства работ.

Эксперименты по созданию дорожных погодных центров начались в Финляндии в 80-е годы. Для анализа поступающей метеорологической информации стали использовать вычислительную технику, а в разработке первых специализированных прогнозов принимали участие специалисты по организации дорожного движения и метеорологи.

В настоящее время дорожные метеорологические центры в Финляндии успешно действуют, количество автоматических дорожных метеостанций составляет более 250 и постоянно увеличивается, в систему наблюдений за дорожными условиями и состоянием

дорожного покрытия включены и дорожные видеокамеры. Кроме информации, поступающей с сети дорог, используются радиолокационные данные об осадках, спутниковые снимки, прогнозы погоды из Метеорологического института Хельсинки.

Радарные изображения позволяют проследить движение зон осадков, их интенсивность и количество. Такая информация отображается на экране монитора и обновляется каждые 15 мин. Поля осадков даются в виде цветного изображения, на котором каждому цвету соответствует определенная интенсивность осадков. Эти изображения могут быть просмотрены в движении, что позволяет прогнозировать перемещение зон осадков и получать на этой основе рекомендации по производству работ для дорожных организаций. Со спутниковых снимков также может быть получена информация об облачности, осадках, их интенсивности.

Дорожные метеорологические центры в Финляндии созданы в каждом округе. В зимний период работа в них ведется круглосуточно. Работники метеоцентра получают непрерывную информацию с сети АДМС, прогнозы погоды каждые 3 ч из Метеорологического института. Специалисты анализируют ее и передают непосредственным исполнителям работ - дежурным мастерам и водителям.

Работа таких центров совмещена с центрами управления движением, которые получают информацию о состоянии транспортных потоков с пунктов контроля интенсивности движения и дорожных видеокамер, и центрами информирования участников движения о состоянии проезда по сети дорог. В такой информации нуждаются пользователи дорог, дорожная полиция, автотранспортные предприятия.

Необходимые сведения передаются посредством дорожных знаков и табло со сменной информацией, регулирующих скорость движения транспортных средств в зависимости от состояния дорожного покрытия. Работа знаков и табло осуществляется под управлением сигналов, поступающих непосредственно с АДМС; возможно и ручное управление такими знаками. Дополнительно информация может быть получена на определенной радиочастоте, по телевидению, через информационные киоски сети Интернет, установленные на объектах дорожного сервиса (АЗС, СТО, кафе, мотели).

Развитие дорожных погодных метеоцентров не могло не оказать влияния на систему взаимодействия между дорожными организациями и Национальными службами погоды.

Их взаимодействие стало еще теснее, и как это ни странно, объем информации, необходимой дорожным организациям для содержания дорог, не уменьшился с появлением АДМС, а возрос. Однако информация эта отличается от тех прогнозов погоды, которые получали дорожные организации ранее. Информация АДМС передается в Национальные погодные центры и используется ими при разработке прогнозов и штормовых предупреждений. Она более оперативная и поступает практически в режиме реального времени. Работы по совершенствованию специализированного дорожного обеспечения в Национальных службах погоды не прекратились, а активизировались.

Служба погоды в Германии (DWD) начала разработку специальной системы подготовки, выпуска и контроля (мониторинга) детальных прогнозов. В рамках этой системы предусмотрена разработка специальных прогнозов погоды и для дорожных организаций. В связи с высокими требованиями к заблаговременности появилась проблема контроля правильности прогнозов и их корректировки в случае такой необходимости.

Все эти проблемы дали толчок к развитию так называемой EPM системы, тремя основными компонентами которой являются:

- быстрое и простое получение прогнозов синоптиками на основе заранее подготовленных специальных таблиц и графиков (этап подготовки прогнозов);
- производство на основе этих прогнозов специализированных прогнозов для различных потребителей (этап выпуска индивидуальных прогнозов);
- контроль достоверности прогноза (этап мониторинга).

Разработка прогнозов автоматизирована. Район прогноза выбирается по карте на экране дисплея. Для каждого района и дорожной организации имеются четкие ведомости и таблицы, которые заполняются при подготовке прогноза погоды общего назначения.

Таким образом, форма, содержание и необходимая заблаговременность прогноза выбираются автоматически из заранее разработанного набора. Текст прогноза по требованию потребителя может быть строго регламентирован. После заполнения таблиц генерация специализированных прогнозов на основе прогноза погоды общего назначения производится автоматически на основе информации из базы данных о потребителях. В специализированных прогнозах учитываются те погодные явления, которые необходимо прогнозировать, пороговые значения отдельных метеорологических параметров, форма передачи прогноза (текст).

Прогнозы передаются по каналам связи потребителям. При изменении прогноза синоптиком все необходимые изменения будут сгенерированы автоматически и переданы тем потребителям, которых эти изменения касаются.

После того как индивидуальные прогнозы сгенерированы и переданы потребителю, прогнозируемые параметры передаются на этап мониторинга. Они приобретают статус контролируемых данных. Их значения могут быть представлены графически в виде пространственного (поля метеорологических элементов на карте) или временного (на графике) отображения. Для оценки правильности прогноза производится сравнение спрогнозированных параметров с последними фактически измеренными. Если отклонения существенны, то прогноз погоды обновляется.

Достоинство этой системы состоит в том, что она позволяет автоматически генерировать специализированные прогнозы для различных потребителей на основе одного прогноза погоды общего назначения. При этом синоптик не обязан знать особых требований потребителя к пространственно-временной разрешенности информации.

Для специализированных прогнозов погоды с высокой пространственно-временной разрешенностью, к которым относятся прогнозы для дорожных организаций, контроль достоверности прогноза в этой системе приобретает ключевое значение.

Большое внимание специализированному метеорологическому обеспечению уделяет Швейцарский метеорологический институт. Совершенствование специализированного метеорологического обеспечения дорожных организаций идет за счет включения информации от автоматических дорожных метеостанций в общую схему расчета прогнозов погоды. Особое внимание уделяется прогнозам погоды для зимнего содержания дорог, которые разрабатываются с 1 ноября по 15 апреля для каждой языковой части Швейцарии (прогнозы составляются на французском и немецком языках).

На сети дорог Швейцарии действуют автоматические дорожные метеостанции различных фирм-производителей: 23 центра содержания дорог используют метеостанции швейцарской фирмы Boschung (SWIS), 8 - системе Vibrometr и 4 - дорожные метеостанции финской фирмы Vaisala. Каждая из этих систем имеет определенный набор измеряемых параметров и перечень необходимых метеорологических параметров для расчета прогноза

состояния дорожного покрытия. В системе Boschung производится расчет прогноза состояния дорожного покрытия и вероятности замерзания имеющейся на нем влаги с учетом местных особенностей участка дороги (насыпь, выемка, мост). В системе Vaisala температура дорожного покрытия рассчитывается с использованием модели теплового баланса. Состояние покрытия на отдельных участках дороги уточняется с использованием данных термокартирования. Во всех трех системах имеется графическое отображение, как результатов прогноза, так и фактически измеренных системой значений метеорологических параметров. Специальные компьютерные программы пересылают необходимые расчетные значения в каждую из дорожных метеосистем.

Для небольших дорожных организаций, не имеющих метеосистем, прогнозы передаются с помощью факсимильной связи или электронной почтой. При наборе номера своего факса клиент получает прогноз, посылаемый ему автоматически. При покупке подписки на метеорологическое обеспечение рассылка на факсы производится ежедневно автоматически в установленные сроки. В зимний период для дорожных организаций выпускаются 5 различных факс-сообщений, соответствующих климатическим и языковым особенностям регионов.

Автоматическая дорожная метеостанция с помощью специального датчика, расположенного в покрытии проезжей части и системы датчиков на выносной мачте, производит измерения дорожных и погодных параметров в определенной точке.

Чтобы данные наблюдений на АДМС можно было распространить на большую территорию, проводят температурное картирование сети дорог (термокартирование). С помощью термокартирования определяют разность температуры дорожного покрытия между последовательными точками. Идея термокартирования принадлежит специалистам Великобритании. Начало работ по термокартированию относится к середине 80-х годов, когда были разработаны способы регистрации и анализа данных о температурном режиме различных участков дороги.

Сущность этого метода состоит в том, что по дороге проезжает автомобиль, на котором установлены бесконтактные термометры, которые измеряют температуру дорожного покрытия. Проезды осуществляются при различных «типах погоды» (например, ясная безветренная ночь, средние условия и облачная погода при наличии ветра). Основное разделение на типы

погоды зависит от состояния облачности при температуре, близкой к нулю.

Информация записывается в банк данных. На карте участки дороги с различной температурой окрашиваются в различные цвета для визуального их различия. Банк данных используется в системе погодного мониторинга следующим образом. Специальная программа после анализа данных дорожных метеостанций с учетом мест их установки определяет тип погоды и корректирует значения температуры покрытия для различных участков дорог по данным термокартирования, на этой основе прогнозируется состояние покрытия на всем протяжении дороги. В настоящее время работы по термокартированию в различных странах проводят специалисты из Великобритании, которые имеют технические средства, методику сбора и обработки информации и программное обеспечение для формирования банков данных по температуре покрытия. Стоимость таких работ очень высока, и даже Финляндия проводит ежегодно термокартирование на ограниченной сети дорог.

К недостаткам термокартирования специалисты относят слишком грубое осреднение типов погоды.

В настоящее время АДМС изготавливаются в нескольких европейских странах, и один из самых крупных производителей - швейцарская фирма Boschung Mecatronic. Фирмой разработаны установки автоматического нанесения противогололедных материалов на покрытие дороги или моста. Система представляет экологически замкнутый цикл распределения растворов противогололедных материалов. В состав установки входит насосная станция и хранилище противогололедных реагентов. Распределение раствора производится под давлением через специальные клапаны со встроенной разбрызгивающей головкой. Включение системы производится автоматически, так как она соединена с АДМС. При обнаружении дорожным датчиком гололеда производится распределение противогололедного реагента. Кроме автоматического, предусмотрен также и ручной режим включения системы.

Расширение сети АДМС связано со значительными затратами на установку и эксплуатацию таких систем. Фирма Boschung Mecatronic запатентовала новую методику специализированного метеообеспечения дорожных организаций, которую назвала «виртуальная станция». Эти станции не имеют реальных датчиков и в компьютере «закреплены» за определенным местом на дороге. Фактически они представляют некую математическую модель,

которая имитирует работу реальной автоматической метеостанции. Для настройки модели она может быть помещена в том же месте, что и реальная АДМС.

В математическую модель вводят дорожные параметры, описывающие теплофизические характеристики дорожной конструкции, на основе которых вычисляется температура дорожного покрытия в виртуальной метеостанции. В качестве входных метеорологических параметров используются данные ближайшей, реально действующей дорожной метеостанции, температура замерзания раствора ПГМ принимается также по данным активного реального дорожного датчика или определяется расчетом на основе известного количества распределенного противогололедного реагента и уравнения водного баланса. Такую методологию специализированного метеообеспечения специалисты фирмы Boschung Mecatronic считают технологией XXI века.

Опыт работы Национальных служб погоды и крупных фирм-производителей АДМС говорит о том, что специализированному гидрометеорологическому обеспечению дорожных организаций и участников движения уделяется большое внимание в мире. Важность решения этих вопросов подтверждается и тем, что уже около 10 лет существует и активно работает Международная постоянно действующая комиссия по дорожной метеорологии SIRWEC. Она считает своей основной задачей объединение усилий дорожников и метеорологов в решении задач специализированного метеорологического обеспечения дорожных организаций. Обмен результатами исследований, практическими достижениями в совершенствовании дорожного метеообеспечения производится на международных конференциях, в которых принимают участие представители дорожных организаций и метеорологи.

4.4. ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

4.4.1. Общие положения

В России прогнозы для дорожных организаций составляются региональными отделениями Росгидромета на основе прогнозов погоды, получаемых из Гидрометцентра. В соответствии с действующими документами они уточняются с учетом региональных особенностей погоды и климата.

Необходимость специализированного метеорологического обеспечения дорожных организаций неоднократно отмечали специалисты-синоптики в нашей стране. По их мнению, качественное обслуживание дорожных подразделений зависит от степени учета влияния метеорологических и дорожных факторов на эксплуатационное состояние отдельных участков дороги, но четкие метеорологические критерии для специализированных дорожных прогнозов на сегодняшний день отсутствуют.

Для применения химического способа борьбы с зимней скользкостью нормативно-технические документы рекомендовали создание в дорожно-эксплуатационных подразделениях собственных простейших метеопостов.

Обустройство таких метеопостов так и не получило распространения в дорожных организациях. Основными причинами этого стали необходимость организации специальных систематических наблюдений (т.е. появление дополнительного вида работ, не свойственного работникам ДРСУ), выполнение постоянных поверок приборов, анализ и обработка этой информации для выбора норм распределения противогололедных материалов. Результаты наблюдений трудно реализовать на практике, так как существующая техника для зимнего содержания дорог не дает возможности гибко изменять норму распределения в зависимости от погодных условий.

Получение предупреждений о возможности образования зимней скользкости непосредственно в дорожно-эксплуатационных подразделениях на основе оперативной метеорологической и дорожной информации - один из путей совершенствования зимнего содержания дорог, требующий наименьших затрат. В 80-е годы его внедрение было бы возможно при условии организации наблюдений и наличии достаточно простых методик прогноза, пользоваться которыми могли бы работники дорожной службы. В настоящее время появившиеся технические возможности по автоматизации сбора и передачи данных наблюдений и внедрение в производственные процессы новых информационных технологий позволяют решать эту задачу, снимая с работников ДРСУ проблемы по обработке и анализу большого объема информации и оставляя за ним только задачу принятия решения по производству работ.

В нашей стране проводились исследования по созданию приборов - сигнализаторов зимней скользкости, но внедрения в дорожных организациях они не получили.

Совершенствование специализированного метеорологического обеспечения дорожных организаций в России идет в направлениях организации взаимодействия с Росгидрометом и развития системы дорожных автоматических метеостанций в отдельных регионах.

4.4.2. Организация метеорологического обеспечения дорожного хозяйства России

Взаимоотношения между поставщиками и потребителями гидрометеорологической информации устанавливаются Законами Российской Федерации «Об информации, информатизации и защите информации», «О гидрометеорологической службе» и постановлением Правительства РФ «Об информационных услугах в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения окружающей природной среды».

Между Федеральной службой дорожного хозяйства и Федеральной службой России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды заключено Соглашение по вопросам предоставления гидрометеорологической информации. Оно устанавливает единый порядок предоставления дорожным организациям информационных услуг - фактической и прогностической гидрометеорологической информации на территории России. Непосредственное предоставление гидрометеорологических услуг осуществляется территориальными организациями и учреждениями Росгидромета на договорной основе.

В соответствии с действующим законодательством, все работы по получению информации общего назначения выполняются за счет федерального бюджета, и она предоставляется дорожным организациям по стоимости ее подготовки, копирования и затрат на передачу. Состав этой информации приведен в табл. 4.2.

Все прочие виды информации являются специализированными и передаются во все дорожные предприятия и организации на договорной основе за плату, обеспечивающую покрытие затрат Росгидромета на их создание и передачу.

К специализированной гидрометеорологической информации относятся:

- данные о текущем состоянии погоды по территории, пункту, маршрутам дорог (температура воздуха, скорость и направление ветра, облачность, видимость, атмосферные явления и осадки, включая данные метеорадиолокаторов),

Информация общего назначения для дорожных организаций

Вид информации	Содержание
Предупреждения о стихийных гидрометеорологических явлениях (СГЯ)	Сильный ветер, сильные дожди, наводнения, снегопады, сильная метель, сильные пыльные бури, сильные морозы, жара
Прогноз погоды на 1-3 суток по территориям субъектов Российской Федерации	Температура воздуха ночью и днем, погодные явления (атмосферные осадки, метели, туманы, заморозки, направление и скорость ветра, облачность)
Оповещения о выявленных случаях экстремального загрязнения окружающей природной среды	Радиоактивное загрязнение, экологотоксикологические ситуации, связанные с промышленными авариями и катастрофами
Информация, необходимая для проведения аварийно-спасательных и восстановительных работ в районах стихийных бедствий, транспортных аварий, катастроф и других чрезвычайных ситуации	По специальным запросам

- данные о текущем состоянии водных объектов (уровни воды, ледовые явления);
- прогнозы неблагоприятных локальных гидрометеорологических явлений (смерчи, шквалы, лавины, сели, гололедица);
- прогнозы погоды на 1-3 суток по конкретным автодорогам;
- декадные и месячные прогнозы температуры воздуха и осадков;
- прогнозы максимальных уровней воды на реках;
- прогнозы дат наступления ледовых явлений на водных объектах;
- любые справочные материалы по гидрометеорологическому режиму.

Специализированная информация для дорожных организаций предоставляется по договорам на услуги по информационному обеспечению. Указанный выше перечень информации может дополняться и уточняться при заключении договоров на гидрометеорологическое обслуживание. В договорах отражаются также:

- районы и территории, по которым дается информация;

- содержание и объем информации о текущем состоянии погоды;
- виды прогнозов, составляемых для организации, их заблаговременность;
- перечень опасных и стихийных гидрометеорологических явлений, предупреждения о которых необходимо передавать в данную организацию;
- способы и сроки доведения различных видов информации до обслуживаемой организации.

Оперативное гидрометеорологическое обслуживание осуществляют территориальные отделения Росгидромета, они же имеют возможность предоставлять фактическую (текущую) метеорологическую информацию в виде различных сводок, передаваемых по запросу дорожной организации. Оперативная и прогностическая информация может представляться в виде текстовых и табличных сводок, карт, графиков, обзоров, бюллетеней.

Анализ информации, предлагаемой подразделениями Росгидромета дорожным организациям, показал, что по своему содержанию она практически не отличается от прогнозов погоды общего назначения.

Она не удовлетворяет дорожников по следующим критериям:

- *заблаговременности и оперативности* (прогноз погоды на сутки невозможно использовать для оперативного управления работами по зимнему содержанию);
- *детальности* (в прогнозах не указываются конкретные дороги и участки дорог, где следует ожидать образования снежных заносов, скользкости);
- *набору прогнозируемых параметров* (основные для прогнозов параметры - температура дорожного покрытия и его состояние - в прогнозах не отражаются).

Таким образом, детальную (по участкам дороги) информацию о температуре и состоянии покрытия, возможности образования снежных заносов и скользкости можно отнести к разряду специализированной для дорожных организаций. Такой информации организации Росгидромета сегодня предоставить не могут, так как наблюдения за этими параметрами не производятся на государственной метеорологической наблюдательной сети. Это заставляет дорожников развивать сеть собственных наблюдательных постов для обеспечения необходимой информацией работы по зимнему содержанию дорог.

4.4.3. Опыт работы дорожных автоматических метеосистем

Из-за климатических особенностей различных регионов России и из-за финансовых ограничений внедрение дорожных метеосистем на дорогах нашей страны идет медленно. Однако, уже сегодня можно говорить о некотором накопленном опыте их работы.

Одной из приоритетных задач в проекте национальной программы «Дороги XXI века» является развитие транспортных коридоров, которые обеспечивают международные перевозки. На таких трассах особое внимание уделяется поддержанию высоких транспортно-эксплуатационных качеств дорожных покрытий в любой период года и повышению безопасности движения, особенно в сложных погодных условиях.

В решении этой задачи принимают участие как российские дорожники, так и различные международные организации. Примером такого сотрудничества является Северо-Западный регион России, дороги которого имеют выход на Скандинавские страны. Для этого региона в 1999 г. разрабатывался проект развития транспорта по программе ТАСИС. Эта программа в качестве одного из направлений предусматривает финансирование работ по созданию экономических связей и транспортных инфраструктур между Европейским Союзом и новыми независимыми государствами - бывшими республиками Советского Союза.

В рамках программы был разработан проект по безопасности дорожного движения, предусматривающий развитие сети автоматических дорожных метеорологических станций (АДМС) в Ленинградской области. На дорогах области были установлены дорожные метеостанции финской фирмы Vaisala, а также компьютерное оборудование для сбора и анализа дорожной погодной информации. Этот регион был первым в нашей стране в создании системы погодного мониторинга на дорогах. При развитии этой системы появились определенные проблемы. И первая из них - недостаточно развитые средства связи в России, другая проблема - охрана метеостанций. При решении вопросов о местах установки станций необходимо исходить из возможностей их охраны.

На дорогах Ленинградской области на сегодняшний день работают 10 АДМС. Со всеми налажена устойчивая связь. В Дорожном комитете работают два специалиста-метеоролога. Один из них отвечает за техническую сторону вопроса

(определяет места установки станций, обеспечивает их работоспособность), второй - ведущий специалист сектора безопасности дорожного движения отдела содержания автодорог. В его обязанности входит организация оперативной работы по метеорологическому обеспечению подрядных организаций.

Зимой производится постоянный анализ информации АДМС, связь с Центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Ленинградской области (ЛЦГМС), просмотр прогнозов по сети Интернет, обобщение всей информации, доведение ее до ДРСУ по факсимильной связи и дублирование по телефону. На летний период АДМС отключаются, производится их профилактический осмотр и ремонт. Схема передачи специализированной метеорологической информации для зимнего содержания автомобильных дорог Ленинградской области приведена на рис. 4.2.

Для отображения информации, поступающей с датчиков, установлена компьютерная программа, разработанная в России. Она имеет четкое графическое отображение в виде карты Ленинградской области с размещением АДМС по сети дорог, цветовую индикацию датчиков состояния покрытия, обеспечивает возможность

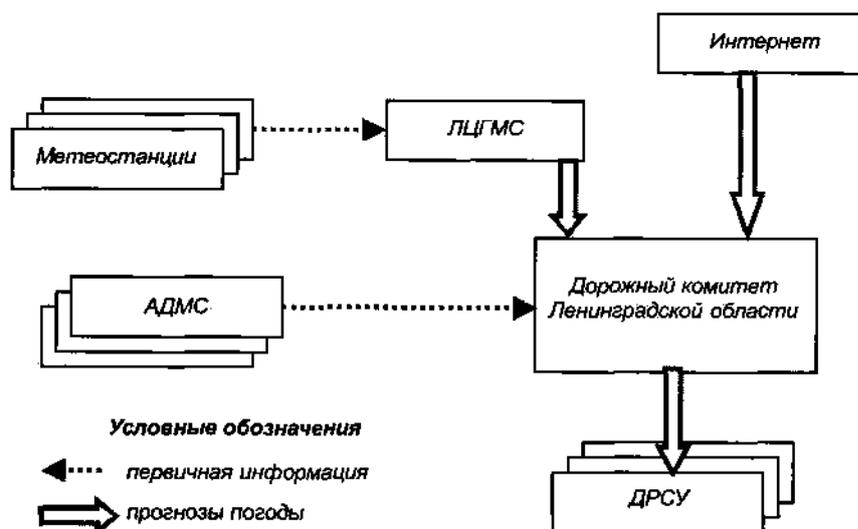


Рис. 4.2. Схема получения и передачи метеорологической информации в Дорожном комитете Ленинградской области для зимнего содержания дорог

настройки времени опроса датчиков и проверки их исправности. Информация АДМС передается в виде карт, графиков и таблиц.

Программа позволяет устанавливать периодичность опроса датчиков. Если нет опасности образования скользкости, то опрос датчиков можно вести 1 раз в час или еще реже, если такая опасность реальна, то можно установить периодичность опроса 15 мин. Съём информации с одной станции осуществляется в течение 1 мин (это время соединения, перекачки информации и отключения). Таким образом, за 10 мин собирается вся информация по Ленинградской области. Система легко подключается к любым каналам связи. За время работы станции несколько раз переводились с одного вида связи на другой по мере предоставления более качественных и дешевых услуг связи. В настоящее время три АДМС передают информацию по междугородной телефонной связи, семь АДМС работают на сотовой связи стандарта NMT-450.

Дорожный комитет Ленинградской области занимается содержанием территориальных дорог, но собирает информацию со всех дорожных метеостанций (в том числе и с федеральных дорог). Так как и территориальные, и федеральные дороги обслуживают одни и те же подрядные организации, то задача метеобеспечения зимнего содержания дорог решается для всех дорог, заключается один договор на услуги по информационному метеорологическому обеспечению с Центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Ленинградской области (ЛЦГМС). Оплата информационных услуг делится дорожниками пополам.

Но информации АДМС недостаточно для оценки и прогноза погодных условий. В дорожном комитете Ленинградской области на основе многолетнего опыта сотрудничества сложились очень хорошие взаимоотношения с ЛЦГМС. Совместная работа по совершенствованию специализированного метеорологического обеспечения зимнего содержания дорог началась с климатического дорожного районирования Ленинградской области.

Была произведена обработка данных 35 метеорологических станций по метеорологическим параметрам, оказывающим влияние на проведение работ по зимнему содержанию дорог: число переходов температуры воздуха через 0 °С, месячные суммы осадков, суммы твердых осадков. По результатам статистической обработки составлены специальные карты.

При выделении ресурсов на зимнее содержание используются климатические коэффициенты затрат на уборку снега и на борьбу с гололедными отложениями, полученные по результатам климатического районирования.

В результате исследований было выделено 6 районов со сходными погодными условиями. По каждому из них даются специализированные прогнозы погодных условий на день и ночь, прогнозы опасных явлений на дорогах. В договоре на информационное обеспечение предусмотрены консультации и передача штормовых предупреждений. В зимний период каждый месяц составляются отчеты о количестве выпавшего снега, числе дней с переходом температуры через 0 °С, числе дней со снегопадами. Эта информация используется при приемке работ и проверке их объемов.

Для совершенствования специализированного метеорологического обеспечения дорог были организованы дополнительные наблюдения за высотой свежеснег выпавшего снега. Это позволяет ориентировочно оценивать объемы работ по снегоочистке. Сведения о прогнозируемом количестве свежеснег выпавшего снега поступают в Дорожный комитет 2 раза в сутки.

Информацию, поступающую из ЛЦГМС, в Дорожном комитете интерпретирует специалист-метеоролог и доводит ее до руководства и диспетчерских служб ДРСУ через оперативного дежурного Дорожного комитета.

Штормовой сигнал или предварительное штормовое предупреждение поступает в Дорожный комитет при ожидании явления, опасного для дорожной службы. В штормовом сигнале указывается, какое явление, в какое время и в каком районе области ожидается, и куда оно будет распространяться. Время и интенсивность явления в штормовом сигнале указываются ориентировочно. По мере приближения срока начала опасного погодного явления синоптик может уточнять текст штормового сигнала, оставлять его без изменения или отменять совсем.

Штормовое предупреждение составляется для Дорожного комитета и передается в его адрес по факсу или телефону, если появляется угроза усиления опасного явления до критических значений. К ним относятся:

- снегопад интенсивностью 7 мм и более за 12 ч;
- переход температуры воздуха через 0 °С;
- опасность образования гололедицы;

- метель при скорости ветра более 12 м/с, при которой возможны снежные заносы;
- туман при видимости менее 500 м;
- дождь, морось, смешанные осадки при отрицательной или близкой к нулю температуре воздуха.

Список опасных явлений и их критерии уточняются и могут изменяться.

Отмена штормового предупреждения составляется независимо от того, осуществилось предсказываемое явление или нет. В отмене указывается время окончания и интенсивность фактически наблюдавшегося явления по данным наблюдений на метеостанции.

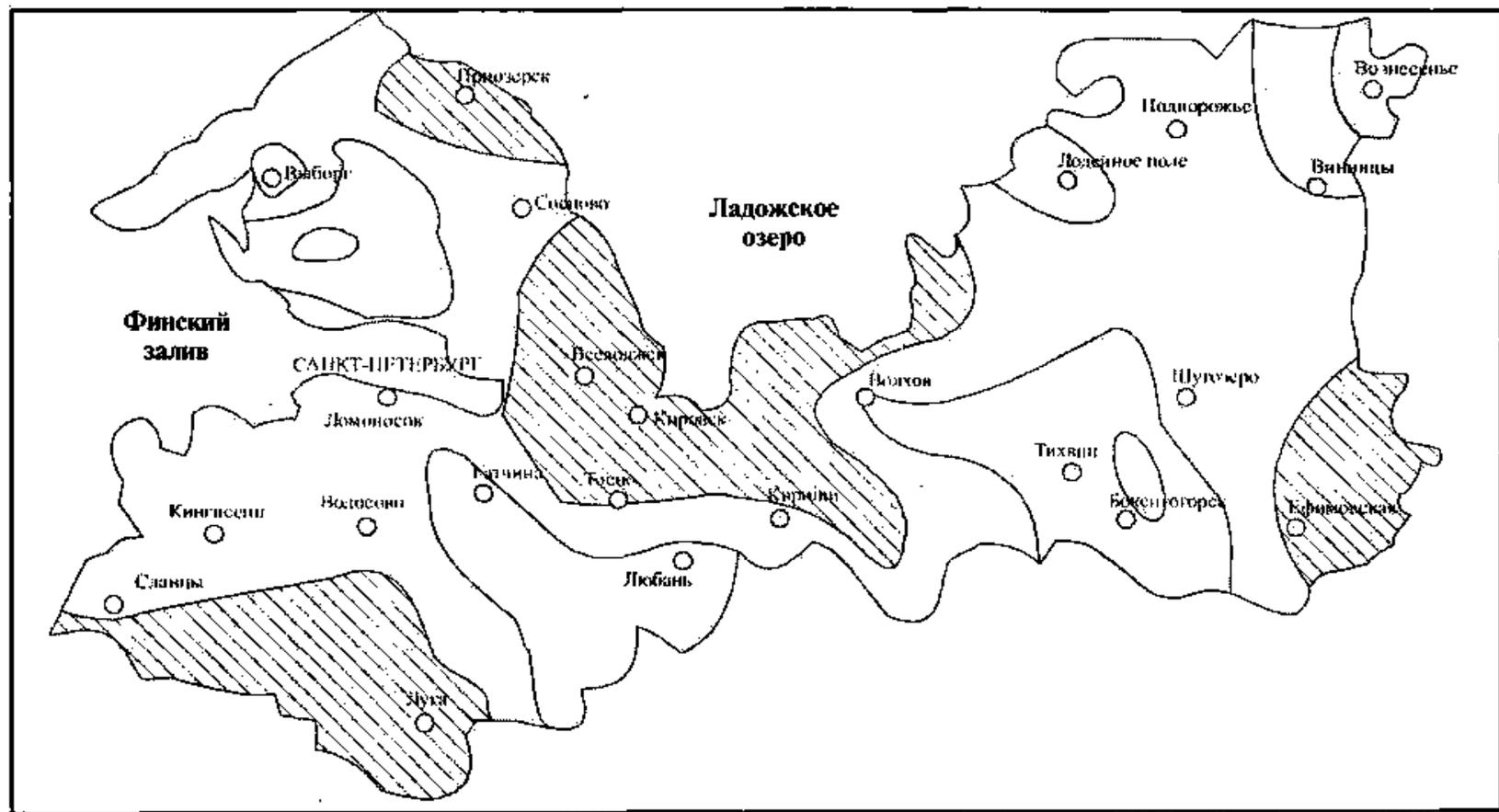
По окончании каждого месяца в Дорожный комитет передается сводка, в которой приводится следующая информация по районам области:

- месячная сумма осадков;
- месячная сумма осадков в процентах от средней многолетней нормы;
- высота слоя снега, выпавшего за месяц;
- число переходов температуры воздуха через 0 °С.

К сводке прилагаются карты распределения этих величин по территории Ленинградской области. Пример такой карты для высоты свежеснег выпавшего снега приведен на рис. 4.3.

В конце каждого зимнего сезона для Дорожного комитета составляются сводки о фактических значениях метеорологических явлений, наблюдавшихся в данный зимний период и их сравнение со средними многолетними значениями. Пример такой сводки для нескольких административных районов приведен в табл. 4.3. Ее анализ показывает, что на территории одной области значения метеорологических величин, влияющих на работу дорожно-эксплуатационной службы, могут существенно изменяться. Это необходимо учитывать как при планировании работ по зимнему содержанию дорог, так и при их оплате.

Значительная по площади территория России и резкое различие в погодно-климатических особенностях ее регионов затрудняют организацию в нашей стране единой специальной метеорологической дорожной службы, но, как показывает опыт Дорожного комитета Ленинградской области, ее развитие может успешно идти в отдельных регионах.



Условные обозначения



Рис. 4.3. Карта высоты свежевыпавшего снега

Гидрометеорологические сведения по административным районам Ленинградской области за зимний период 2000-2001 гг.

Административный район	Сумма осадков, средняя по району за рассматриваемый зимний период, мм	Сумма осадков, % от средних многолетних значений	Суммарная высота слоя свежеснегавшего снега, средняя по району за рассматриваемый зимний период, см	Среднее по району суммарное число дней со слоем свежеснегавшего снега 2 см и более	Среднее по району число переходов температуры воздуха через 0°С (в обе стороны) за рассматриваемый зимний период	Среднее многолетнее число переходов температуры воздуха через 0°С	Количество переходов температуры воздуха через 0°С, % от средних многолетних значений	Число переходов температуры воздуха через -2 °С в сторону отрицательных значений (от положительных значений)
Бокситогорский	272	90	203,0	40	60	74	81	19
Выборгский	379	109	165,5	27	78	98	80	27
Роцино	432	105	179,0	31	70	98	71	20
Гатчинский	285	104	145,0	22	90	90	100	34
Ломоносовский	229	84	135,0	24	86	84	102	26
Тосненский	273	103	127,0	24	88	94	94	29
Санкт-Петербург и пригороды	294	124	120,0	19	78	78	100	25

К настоящему времени международные проекты по программе ТАСИС разработаны для Московского и Северо-Западного регионов, Краснодарского края. Разрабатывается проект для Архангельской области. Основные цели всех проектов - содействие совершенствованию транспортных систем регионов, повышение безопасности движения. В рамках этих проектов рассматриваются вопросы совершенствования специализированного дорожного метеорологического обеспечения на основе развития автоматизированных информационных систем.

Государственное унитарное предприятие по техническому обеспечению дорожного хозяйства и благоустройству «Доринвест» разрабатывает и внедряет современные технологии содержания городских магистралей Москвы и Московской кольцевой автомобильной дороги (МКАД). Служба содержания дорог имеет современную высокопроизводительную технику для зимнего содержания дорог, позволяющую использовать увлажненные соли для профилактики и ликвидации зимней скользкости. ГУП «Доринвест» совместно с Московским центром по гидрометеорологии разработало автоматизированную информационно-измерительную систему метеорологического обеспечения МКАД. В настоящее время на МКАД работают семь АДМС финской фирмы Vaisala и смонтированы установки автоматического распределения ПГМ швейцарской фирмы Boschung Mecatronic. Информация для принятия решения поступает из Гидрометеорологического бюро Москвы и Московской области, с сети АДМС и с метеолокаторов. Вся информация собирается в центральной диспетчерской ГУП «Доринвест», анализируется и принимается решение о проведении работ. Количество распределенной соли фиксируется датчиками АДМС в системе удаленного мониторинга за состоянием покрытия, что позволяет осуществлять контроль за ходом выполнения работ. Система специализированного метеообеспечения Москвы также постоянно развивается и совершенствуется.

В Московской области имеется опыт работы отечественных АДМС, разработанных в Саратове. Они в течение двух зимних периодов функционировали в Коломенском РДУ на территориальных дорогах. Вся приборная часть разработана в России, в том числе и дорожные датчики. В системе прогнозируется возможность образования скользкости на основе алгоритма, разработанного автором данной книги Т.В. Самодуровой, определяется необходимое количество противогололедных материалов для обработки

покрытия на основе информации о концентрации ПГМ на покрытии, которая фиксируется дорожными датчиками. Однако эта система проходила испытания в рамках научных исследований в виде опытного образца. Она не имеет сертификата и не выпускается серийно. Кроме того, работа этой системы не поддерживается техникой для зимнего содержания дорог, которая не позволяет перейти с технологий ликвидации скользкости на технологии ее предупреждения.

Опыт работы дорожной метеосистемы имеется на автомагистрали Брест - Минск - граница Российской Федерации в республике Беларусь. В середине 90-х годов была осуществлена модернизация автомобильной дороги с целью доведения ее технических параметров до международных стандартов. В настоящее время на автомобильной дороге действует современная система раннего обнаружения гололеда GFS-2000 фирмы Boschung Mecatronic, которая позволяет прогнозировать состояние покрытия и своевременно принимать необходимые меры для обеспечения безопасности движения в сложных погодных условиях и рационально использовать противогололедные материалы. Система включает 12 АДМС, информация от которых поступает на рабочие станции в ДЭУ и в Центральную диспетчерскую.

Опыт работы дорожных метеосистем показывает, что наиболее эффективно они действуют только в том случае, если для принятия решения используются не только информация АДМС, но и специализированные прогнозы Гидрометслужбы, данные метеорологических радиолокаторов. Анализировать информацию должен специалист, а результатом этого анализа должны быть рекомендации по технологиям производства работ по содержанию дороги, т.е. рекомендуемые нормы распределения противогололедных материалов, технологические карты производства работ.

Для проведения таких работ нужна современная высокопроизводительная дорожная техника, позволяющая дозированно распределять противогололедные материалы при ликвидации и профилактике образования зимней скользкости. Работы в этих направлениях проводятся во всех перечисленных выше организациях. Они накапливают определенный практический опыт, который должен постоянно анализироваться для дальнейшего совершенствования специализированного метеорологического обеспечения дорожных организаций в различных климатических регионах России.

4.4.4. Пути совершенствования специализированного дорожного метеобеспечения в России

Вопросы совершенствования зимнего содержания автомобильных дорог на основе специализированного метеорологического обеспечения необходимо решать в комплексе. Концептуальный подход к их решению был изложен в «Концепции метеорологического обеспечения дорожного хозяйства Российской Федерации», разработкой которой занимался творческий коллектив. Концепция была разработана по инициативе Российской ассоциации территориальных органов управления автомобильными дорогами «РА-ДОР», утверждена Руководителем Федеральной дорожной службы и согласована руководством Росгидромета в августе 1999 г.

В документе рассмотрены следующие положения:

- обоснование актуальности;
- цели создания системы метеорологического обеспечения;
- состояние вопроса;
- инженерно-технологические задачи метеорологического обеспечения;
- система метеорологического обеспечения дорожного хозяйства;
- нормативно-методическая база;
- приборы и оборудование, связь;
- программное обеспечение;
- социально-экономическая эффективность системы метеорологического обеспечения;
- реализация Концепции.

Концепция сопровождается Пояснительной запиской, которая более детально отражает все указанные положения документа.

Поэтапная реализация основных положений Концепции позволит усовершенствовать специализированное метеорологическое обеспечение дорожных организаций для решения задач управления содержанием автомобильных дорог в сложных погодных условиях.

В Концепции отмечается, что высокоэффективной системы содержания дорог не будет до тех пор, пока не будет создана информационная система метеорологического обеспечения, предупреждающая с необходимой заблаговременностью о наступлении неблагоприятных погодных явлений. И наибольшего эффекта эта система достигнет в том случае, если она позволит производить

необходимую подготовку или организацию профилактических работ до начала изменения погодных условий.

Таким образом, *создание информационной дорожно-метеорологической системы* является необходимым условием совершенствования не только специализированного метеообеспечения, но и технологий содержания дорог, что позволит снизить затраты на дорожные работы. Система должна обеспечить получение информации о метеорологической обстановке на сети обслуживаемых дорог (в режиме реального времени), о возможности возникновения неблагоприятных метеорологических явлений (с необходимой заблаговременностью), на основе чего принимаются решения о подготовке и начале работ по содержанию и выборе необходимых по погодным условиям технологий работ.

Наряду с этим, система позволит решить задачу метеорологического обеспечения перспективного планирования - финансирования работ по содержанию дорог, которое происходит пока без должного обоснования и учета погодно-климатических условий различных регионов. Решение этой задачи возможно на основе накопления статистической информации о погодных условиях и соответствующих им состояниях дорожных покрытий. Обработка такой информации за ряд лет приведет к более обоснованному выделению ресурсов (финансы, техника, материалы) на содержание дорог исходя из региональных метеорологических условий. Анализ этой информации позволит проводить исследования по поиску оптимальных технологий содержания дорог в зависимости от ожидаемых погодных условий.

Сложность задачи метеорологического обеспечения дорожного хозяйства в России обусловлена существенными различиями в погодных и климатических условиях различных регионов страны, в уровне технического оснащения средствами связи и вычислительной техники, а также тем, что отдельные автомагистрали пересекают несколько климатических зон. Задача обеспечения службы содержания дорог надежной специализированной метеорологической информацией требует комплексного решения на основе использования зарубежного опыта, а также проведения отечественных научных исследований, практической их апробации и внедрения результатов.

Установка автоматических дорожных метеостанций - одно из направлений использования зарубежного опыта зимнего содержания дорог. Там разработана четкая система сбора и анализа информации,

получаемой с АДМС, подготовки и переподготовки специалистов для этих целей. Но кроме этого, разработана система взаимодействия с Национальной службой погоды, которая во многих странах специально занимается вопросами метеобеспечения дорожных организаций.

Особенности России, ее настоящее экономическое положение требуют более реалистичного подхода к решению задачи дорожного метеобеспечения. Безусловно, автоматические дорожные метеостанции необходимы и их установка позволит усовершенствовать зимнее содержание дорог (при условии решения комплекса задач по совершенствованию техники, технологий содержания дорог). Однако пока такие проекты могут развиваться только на нескольких дорогах или на отдельных территориях. Наиболее эффективно развивать их в тех регионах России, где в зимний период на дорожных покрытиях часто образуются гололедные отложения. Но требования к уровню содержания касаются всех. Поэтому необходимо искать и другие пути решения проблемы совершенствования дорожного метеобеспечения.

Одним из направления развития специализированного дорожного метеобеспечения можно считать *повышение существующих возможностей Росгидромета*, адаптация имеющейся погодной информации к решению задач содержания автомобильных дорог, ее детализация, перевод в термины и понятия, более близкие дорожникам. Эти процедуры, пусть даже и не очень сложные на первых этапах, можно автоматизировать.

С переходом на платное метеорологическое обеспечение дорожная служба стала предъявлять все более жесткие требования к детальности, достоверности и заблаговременности прогнозов.

Но, с другой стороны, та информация Росгидромета, которая сейчас доступна или может быть доступна дорожным организациям, используется ими неэффективно, неправильно или вовсе не используется при зимнем содержании дорог. Одной из причин такого состояния является отсутствие взаимопонимания между метеорологами и дорожниками. Метеорологи не знают, какая информация нужна дорожным организациям, а дорожники не умеют целенаправленно использовать имеющиеся метеорологические информационные ресурсы из-за отсутствия нормативной базы - документов, регламентирующих работу дорожных подразделений

на основе прогнозов в сложных погодных условиях. Отсутствие таких регламентов приводит к снижению эффективности принимаемых решений и перерасходу ресурсов на зимнее содержание дорог.

Своевременное предупреждение об изменении погодных условий позволяет снизить или предотвратить материальный ущерб. Однако, даже самые качественные специализированные прогнозы приобретают практическую ценность только в том случае, если они используются целенаправленно производителями при принятии решений по содержанию дорог. Для повышения эффективности использования специализированной метеорологической информации она должна быть адаптирована в термины, понятные работникам дорожных организаций.

При специализированном гидрометеорологическом обеспечении выделяют две составляющие:

- прогнозы с достаточной степенью полноты, достоверности и заблаговременности;
- эффективное использование прогнозов при управлении производственными процессами.

С развитием информационных технологий и их широкого внедрения в практическую деятельность дорожных организаций появляется возможность более эффективного использования метеорологической информации в решении задач управления дорожным хозяйством.

Для достижения этих целей необходимо обеспечить:

- активный диалог потребителей и производителей гидрометеорологической информации на всех этапах ее подготовки;
- обучение потребителя грамотно использовать погодную информацию в своей деятельности;
- совместную работу специалистов по постановке задачи, выбору оптимального способа ее решения, модификации гидрометеорологической информации без потери ее качества.

В России этим вопросам должного внимания до сих пор не уделялось. Однако необходимость их решения очевидна.

Прежде всего должен быть значительно улучшен информационный обмен между дорожными организациями и подразделениями Росгидромета. На основе текущей информации, получаемой на метеостанциях, и ее специальной обработки могут быть выданы предупреждения для дорожных организаций об изменении состояния покрытия. В настоящее время дорожные организации

получают только прогнозы погоды.

В тех регионах, где имеются действующие метеолокаторы (МРЛ), необходимо использовать и их информацию, адаптируя ее к решению задач содержания дорог. Информация имеющихся АДМС должна быть включена в систему разработки прогнозов погоды в региональных отделениях Росгидромета. Такие работы предусмотрены в планах дальнейшего развития системы метеобеспечения дорог Ленинградской области. При условии их реализации схема информационного обмена, приведенная на рис. 4.2, примет другой вид (рис. 4.4). Взаимовыгодный обмен информацией позволит повысить надежность специализированного метеорологического обеспечения.

Одним из направлений совершенствования специализированного дорожного метеобеспечения является развитие технических средств для дорожных метеосистем. Возможна разработка отечественных АДМС, их сертификация и серийный выпуск. Это позволит снизить эксплуатационные затраты на содержание сети таких станций.

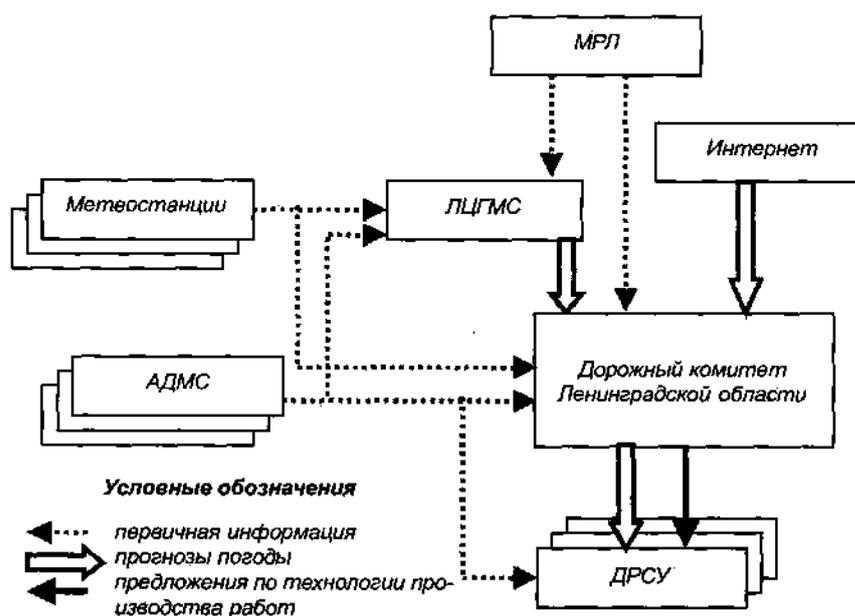


Рис. 4.4. Схема получения и передачи информации для специализированного метеорологического обеспечения зимнего содержания дорог (на примере Ленинградской области)

Разработаны технические средства для проведения термокартирования. По заказу Ленинградского дорожного комитета в Санкт-Петербурге сделан специальный прибор, который прошел успешную проверку на дорогах области. Информация о температурном режиме различных участков дорог расширит зону действия информации имеющихся АДМС.

Необходима разработка специализированных прогнозов образования различных видов зимней скользкости на дорогах на основе обработки всей поступающей информации и учета особенностей дорожных условий. Такие прогнозы должны стать неотъемлемой частью информационных дорожно-метеорологических систем.

Специализированное дорожное метеорологическое обеспечение должно быть включено в систему управления зимним содержанием дорог. Некоторые предложения в этом направлении сделаны в следующих главах.

Подходы к решению задач по совершенствованию специализированного дорожного метеорологического обеспечения могут отличаться в различных регионах России в зависимости от климатических особенностей, технического оснащения дорожных организаций средствами связи и компьютерной техникой, а также технического оснащения подразделений Росгидромета и сложившихся взаимоотношений между дорожниками и метеорологами.

Особое внимание должно быть уделено *подготовке кадров*, которые смогут использовать возможности специализированного метеообеспечения в практической работе по содержанию дорог. Их подготовка возможна в системе центров передачи технологий, в программу работы которых должны быть включены семинары по специализированному дорожному метеообеспечению.

Для решения задач дорожного метеообеспечения необходимо проведение специальных научных исследований, основными направлениями которых в ближайшее время должны стать:

- развитие нормативно-технической базы, регламентирующей специализированное метеорологическое обеспечение автомобильных дорог;
- разработка специализированных прогнозов состояния дорожного покрытия;
- разработка регламента использования метеорологической информации при проведении работ по содержанию дорог.

5. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

5.1. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ДОРОЖНЫЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ (АДМС)

Как было отмечено ранее, информация, необходимая для организации работ по зимнему содержанию дорог, не может быть в полном объеме получена с Государственной наблюдательной сети метеостанций. Для ее получения на дорогах должна создаваться сеть автоматических дорожных метеостанций (АДМС).

АДМС - комплект датчиков, расположенных непосредственно у дороги и предназначенных для сбора метеорологической и дорожной информации и передачи ее в центр сбора, обработки и хранения.

Все измерения метеорологических и дорожных параметров выполняются автоматически. В стандартной конфигурации станция состоит из центрального вычислительного устройства, размещаемого в отдельном корпусе, мачты, двух траверс для размещения датчиков, комплекта датчиков и модема для передачи информации (рис. 5.1).

В состав АДМС обычно входят следующие датчики:

- температуры воздуха;
- относительной влажности воздуха;
- скорости и направления ветра;
- дорожный датчик для измерения температуры покрытия и количества противогололедных материалов, оценки состояния дорожного покрытия;
- датчик осадков для измерения интенсивности, суммарного количества и вида осадков.

Дополнительно могут устанавливаться датчики метеорологической дальности видимости, атмосферного давления, суммарной солнечной радиации, загрязнения воздуха и т.д.

Требования к датчикам АДМС.

Основные датчики, используемые в дорожных метеорологических станциях, должны иметь характеристики не ниже следующих:

- датчик температуры воздуха, почвы и дорожного покрытия - абсолютная точность измерений $\pm 0,2$ °С, разрешение 0,1 °С, диапазон измерений от -40 до +60 °С;

- датчик относительной влажности воздуха - абсолютная точность измерения $\pm 3\%$, разрешение 1%, диапазон измерений от 0 до 100%;

- датчик направления ветра - абсолютная точность измерений ± 5 град., разрешение 1 градус, диапазон измерений от 0 до 360 град.;

- датчик скорости ветра - абсолютная точность измерений $\pm 0,2$ м/с, разрешение 0,1 м/с, диапазон измерений от 0,5 до 35 м/с;

- датчик осадков должен измерять интенсивность, суммарное количество и вид осадков;

- дорожный датчик должен оценивать содержание соли на поверхности дороги (г/м^2)



Рис. – 5.1 Внешний вид автоматической дорожной метеорологической станции

Дорожные датчики. Это наиболее ценный по информативности датчик в АДМС. Он позволяет получать информацию, на основе которой оценивается состояние дорожного покрытия в зимний период.

Существует три основных типа дорожных датчиков:

- активные;
- пассивные;
- дистанционные.

Активный датчик определяет возможность образования льда на поверхности дороги при охлаждении поверхности датчика на 2 °С по отношению к измеренной температуре дорожного покрытия. Если после охлаждения датчика на его поверхности образуется лед или иней, то станция формирует соответствующее предупреждение. Некоторые типы активных датчиков имеют также отдельную обогреваемую поверхность, которая позволяет определять возможность таяния и испарения льда и снега при повышении температуры.

Пассивный датчик измеряет существующую температуру дорожного покрытия.

Дорожный датчик (его верхняя грань) должен располагаться на уровне дорожного покрытия. Скорость износа (стирания грани) должна совпадать со скоростью стирания материала дорожного покрытия. Дорожный датчик рекомендуется устанавливать на полосе наката, чтобы он оценивал состояние покрытия под колесами проходящих транспортных средств.

Существуют также микроволновые и инфракрасные *дистанционные датчики*, которые устанавливаются на опорах над поверхностью дороги и производят бесконтактное измерение температуры дорожного покрытия. Широкого распространения такие датчики на сегодняшний день не имеют. Для их практического использования требуется проведение дополнительных исследований.

Большинство современных дорожных датчиков первых двух типов могут измерять следующие параметры:

- электрическую проводимость;
- электрическую поляризацию;
- наличие «черного» льда;
- температуру поверхности дорожного покрытия;
- температуру в дорожной конструкции на определенной глубине,
- количество соли на поверхности дороги.

По результатам измерений указанных параметров определяется текущее состояние поверхности дороги («сухое», «влажное», «иней», «лед» и т.д.).

Как было отмечено в предыдущих главах, все получаемые данные относятся к месту установки датчика.

Датчики температуры и относительной влажности воздуха. Температура и относительная влажность воздуха - наиболее информативные параметры для прогноза образования скользкости

на дорожных покрытиях и выбора норм распределения ПГМ.

Измерения температуры и относительной влажности атмосферного воздуха должны проводиться в определенных условиях. Поэтому датчики устанавливаются в специальных боксах, обеспечивающих защиту от солнечной радиации и естественную вентиляцию воздуха. Такая характеристика влажности воздуха, как температура точки росы, рассчитывается по измеренным значениям температуры и относительной влажности воздуха.

Если датчики устанавливаются вблизи дороги (например, на осветительных столбах или аналогичных опорах), то они размещаются, как правило, на высоте 8 м над поверхностью дороги. Такое размещение не соответствует стандартам, принятым в метеорологии, где датчики температуры и влажности воздуха устанавливают на высоте 2 м над уровнем земли. Отклонение от стандартов вызвано необходимостью устранить влияние проходящего транспорта на показания датчиков. В то же время, если существует возможность установить мачту с датчиками на удалении не менее 15 м от бровки земляного полотна, то датчики температуры и влажности воздуха необходимо размещать на высоте 2 м.

Датчики скорости и направления ветра. Датчики скорости и направления ветра входят в стандартный набор датчиков АДМС. Их показания в зимний период могут использоваться для оценки вероятности переноса снега и образования снежных заносов на отдельных участках дороги. Как правило, их показания являются весьма достоверными при условии правильного размещения датчиков.

Датчик осадков. В минимальный комплект датчиков АДМС, кроме датчиков перечисленных выше, входит также датчик осадков. Существует несколько типов таких датчиков. Самый простой является по существу детектором дождя, то есть позволяет определить только факт наличия или отсутствия осадков.

Более сложные датчики позволяют определять интенсивность и количество жидких осадков.

Наибольший интерес представляют современные оптические датчики, которые позволяют получать кроме интенсивности и количества жидких и твердых осадков, также вид осадков (дождь, снег, снег с дождем, переохлажденный дождь), метеорологическую дальность видимости и наличие явлений, ухудшающих видимость (дымка, туман).

Дополнительные датчики. Как правило, дорожные метеостанции позволяют подключать дополнительные датчики для решения специальных задач. Наибольшее распространение на дорогах за рубежом получил датчик видимости. Этот датчик целесообразно устанавливать в местах наиболее частого образования тумана (например, вблизи больших водоемов), так как это атмосферное явление не отмечается другими техническими средствами. Датчик дает достоверные сведения, как в светлое, так и в темное время суток. Однако, он имеет высокую стоимость, и для опасных участков дороги необходимо проводить технико-экономическое обоснование на установку датчика видимости или дорожной видеокамеры.

5.2. ДОРОЖНЫЕ ВИДЕОКАМЕРЫ

Информация о погодных условиях и состоянии дорожного покрытия может быть получена посредством видеонаблюдений. Для этих целей и используют специальные видеокамеры, расположенные на обочинах дороги на мачтах. Они пригодны для работы на открытом воздухе в диапазоне температур воздуха от +60 до -40 °С и под воздействием атмосферных осадков.

Видеокамера позволяет постоянно визуально наблюдать за участком дороги, находящимся в зоне ее охвата, оценивать состояние дорожного покрытия, образование снежного наката. Она может измерять в специальном режиме метеорологическую дальность видимости и позволяет визуально определять вид осадков (дождь или снег). Изображения передаются в режиме стоп-кадра. Для этих целей видеокамера оснащена микропроцессором, который позволяет сформировать цифровой код изображения для передачи его по каналам связи в центр сбора и отображения видеоинформации.

Таким образом, дорожная видеокамера дополнительно комплектуется персональным компьютером с видеокартой, модемом и специальным программным обеспечением для съема, передачи и отображения изображений участка дороги. Видеокамера меняет вид изображения с цветного на черно-белый в зависимости от освещения. В ночное время изображение формируется в черно-белом режиме за счет инфракрасного света.

5.3. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ РАДИОЛОКАТОРЫ

Осадки являются одним из наиболее важных метеорологических параметров, влияющих на состояние дорожного покрытия в зимний период.

Для наблюдения за облачностью и осадками

используются метеорологические радиолокаторы (МРЛ) - самое эффективное (и пока незаменимое) средство для наблюдения полей осадков и измерения их характеристик. Радиолокационные наблюдения могут быть неавтоматизированными и автоматизированными. Средства радиолокационных наблюдений наиболее эффективны при их использовании в системах автоматизации процессов обработки данных и передачи обработанной информации потребителю. При этом потребитель должен быть обучен приемам усваивания и анализа этой информации для принятия решений по производству работ.

Только применение радиолокаторов обеспечивает получение качественно новой информации об осадках, дает общую картину их пространственного распределения на площадях до 150 тыс. км². Эта информация может быть получена из одного пункта наблюдения за несколько минут при большом пространственном и временном разрешении.

Метеорологический радиолокатор позволяет получать в реальном режиме времени следующую информацию, необходимую при зимнем содержании дорог:

- время начала и прекращения выпадения осадков на конкретных участках дороги;
- прогноз количества выпавших осадков для конкретных участков дороги за время прохождения снегопада;
- интенсивность выпадения осадков;
- прогноз скорости и направления перемещения зоны осадков;
- оценку количества выпавших осадков для участков дороги за любой период времени (например, за месяц).

Такая информация позволяет своевременно подготовиться к проведению работ по содержанию дороги, оценить их объем и продолжительность, выбрать параметры технологических процессов снегоочистки и распределения ПГМ.

В России используются две сертифицированные системы автоматизированного сбора и обработки радиолокационной информации. Одна из них - «Автоматизированный комплекс сбора, обработки и представления радиолокационной информации» (АК-СОПРИ) и другая - «Метеоячейка». Имеется опыт использования системы АКСОПРИ в дорожных организациях, управляющих содержанием дорог в Москве и Московской области. «Метеоячейка» разрабатывалась для метеорологического обеспечения полетов и используется в аэропортах.

АКСОПРИ включает в себя следующие технические средства: радиолокатор МРЛ-5; аппаратуру предварительной обработки сигналов; вычислительный комплекс на базе персонального компьютера; линии связи; программное обеспечение для автоматизации наблюдений, обработки, передачи и отображения их результатов.

Радиолокационные данные о количестве зимних осадков на поверхности дороги не являются абсолютно точными. Это связано как с особенностями радиолокационного метода измерения зимних осадков, так и с характером распределения снега по поверхности земли при его выпадении.

Точность измерения количества осадков существенно возрастает при использовании данных дорожных метеостанций об интенсивности осадков для калибровки радиолокационной информации. МРЛ является относительным прибором при измерении количества и интенсивности осадков и нуждается в постоянной тарировке для перехода к измерениям в абсолютных величинах, т.е. в определении коэффициентов согласования или перехода. Согласование проводится по данным об осадках, измеряемых на наземной дождемерной сети.

Современные российские автоматизированные метеорологические радиолокационные комплексы обеспечивают получение информации о полях осадков на площади $400 \times 400 \text{ км}^2$ с разрешением $4 \times 4 \text{ км}^2$ по пространству и 10 мин по времени. При характерной скорости смещения атмосферных фронтов 30-40 км/ч (при диапазоне от 10 до 70 км/ч) заблаговременность прогноза начала снегопада составляет 3-4 ч.

Вероятность радиолокационного обнаружения облаков и осадков зависит от технических характеристик МРЛ, физико-географических условий и величины углов закрытия антенны МРЛ в месте его установки. При вероятности обнаружения не менее 95% радиус действия МРЛ-5 для равнинных районов России находится в следующих диапазонах:

- 150-200 км - кучево-дождевые облака с грозой и градом (летом);
- 90-20 км - кучево-дождевые облака с ливневым дождем и снегом;
- 50 км - мощно-кучевые облака без осадков;
- 120 км - слоисто-дождевые облака (летом);
- 60 км - слоисто-дождевые облака (зимой);
- до 60 км - обложные морозящие осадки (летом);

до 30 км - обложные морозящие осадки (зимой);

до 20 км - облака всех форм без осадков.

Ограничивающими факторами обнаружения являются эффекты кривизны Земли (увеличение зоны радиотени с удалением от МРЛ), увеличение с расстоянием минимально принимаемых отраженных сигналов и ослабление радиоволн в осадках и атмосферных газах.

Для повышения точности радиолокации используют несколько метеолокаторов, объединенных в одну информационно-измерительную систему с перекрытием зон обзора. Такая система используется в Московской области.

5.4. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Структура системы. Современные средства вычислительной техники и связи, а также уровень развития информационных технологий позволяют автоматизировать процессы сбора, передачи и обработки информации, необходимой для зимнего содержания автомобильных дорог. Для обеспечения оперативной метеорологической информацией дорожных организаций может использоваться автоматизированная система метеорологического обеспечения (АСМО).

Опыт создания и эксплуатации таких систем за рубежом и в ряде субъектов Российской Федерации (Москва, Ленинградская, Московская, Калининградская области, Краснодарский край) позволяет сформулировать основные требования к структуре и функциям АСМО. Структура системы связана с технологией обеспечения специализированной метеорологической информацией службы содержания автомобильных дорог.

Типовая АСМО включает (рис. 5.2):

- центральную систему (устанавливается в центрах управления производством органов управления автомобильными дорогами);

- рабочую станцию ДРСУ (устанавливается в дорожных подрядных организациях);

- рабочую станцию ЦГМС (устанавливается в гидрометеорологических центрах);

- автоматические дорожные метеорологические станции (АДМС).

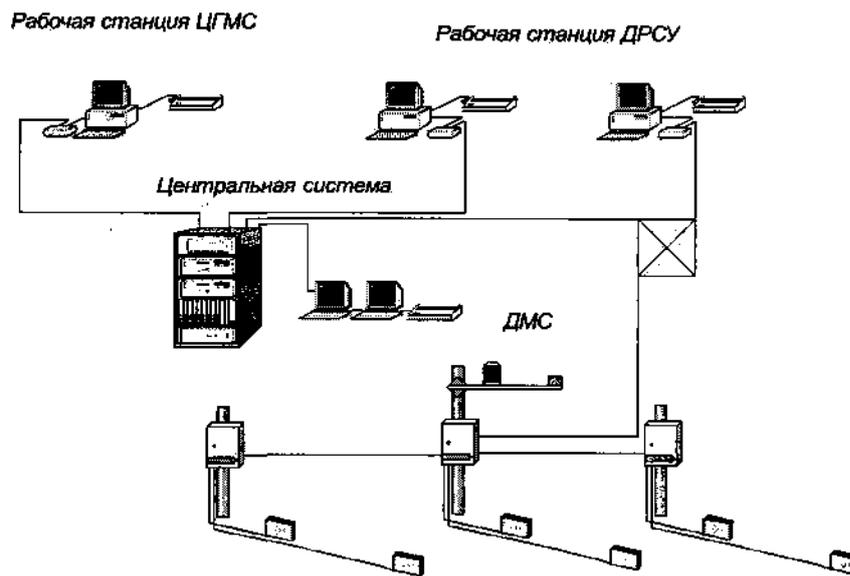


Рис. 5.2. Типовая схема АСМО

Такая система имеет модульное строение и может быть легко расширена за счет подключения дополнительных датчиков, АДМС, рабочих станций.

Задачи и функции компонентов системы. Основной задачей *центральной системы* является организация процесса сбора данных от сети дорожных метеостанций и передача данных потребителям в необходимом объеме, получение специализированных прогнозов погоды из ЦГМС, прогноз состояния дорожного покрытия и доведение рекомендаций по производству работ до центров управления производством (ЦУП) в ДРСУ.

Центральная система выполняет следующие основные функции:

- прием данных измерений от АДМС в управляемом режиме;
- обработку и архивацию данных измерений;
- отображение состояния автодорог и метеорологической информации в виде карт, таблиц и графиков;
- выдачу предупреждений об опасных для дорог явлениях;
- обмен данными с рабочими станциями ДРСУ;
- обмен данными с ЦГМС, включая информацию метеорологических радиолокаторов (МРЛ) и метеорологических спутников (ИСЗ);

- печать фактической и прогностической информации в виде таблиц, графиков, карт и бланков.

Центральная система должна обеспечивать возможность сбора данных от дорожных метеостанций с использованием различных видов связи: выделенные линии, коммутируемые телефонные линии, линии сотовой связи стандартов NMT и GSM.

Основной задачей *рабочей станции ЦГМС* является подготовка и передача потребителям специализированных прогнозов погоды для сети дорог, находящихся в зоне их ответственности. Станция устанавливается в отделе метеопрогнозов центра по гидрометеорологии (ЦГМС) соответствующего субъекта федерации. Рабочая станции ЦГМС должна обеспечивать выполнение следующих функций:

- прогноз скользкости на дорожном покрытии с определенной заблаговременностью;

- обработку и архивацию данных измерений, переданных центральной системой;

- отображение состояния автодорог и метеорологической информации в виде карт, таблиц и графиков;

- прием и отображение данных метеорологических радиолокаторов;

- прием и отображение данных метеорологических спутников;

- прием и отображение метеорологических карт;

- выдачу предупреждений об опасных для дорог явлениях;

- обмен данными с центральной системой;

- подготовку бланков прогноза для ДРСУ;

- подготовку бланков прогноза для региона;

- печать фактической и прогностической информации в виде таблиц, графиков, карт и бланков.

Основной задачей *рабочей станции ДРСУ* является обеспечение руководящего состава дорожной подрядной организации и исполнителей работ метеорологической информацией, необходимой для производственной деятельности и рекомендациями по технологиям производства работ. Рабочая станция должна иметь возможность получать данные непосредственно от самих АДМС. Прогностическая и радиолокационная информация должна поступать от центральной системы. Рабочая станция устанавливается в помещении ДРСУ.

Рабочая станция ДРСУ должна выполнять следующие основные функции:

- прием данных измерений от АДМС (при необходимости);
- обработку и архивацию данных измерений;
- отображение состояния автодорог и метеорологической информации в виде карт, таблиц и графиков;
- выдачу предупреждений об опасных для дорог явлениях;
- обмен данными с центральной системой;
- печать фактической и прогностической информации в виде таблиц, графиков, карт и бланков,
- ведение журналов производства работ.

Обмен данными между компонентами АСМО. Обеспечение надежной связи между всеми компонентами системы является одной из самых сложных задач и требует тщательного анализа всей инфраструктуры связи на территории области или края с учетом перспектив ее развития. Существенным фактором является стоимость обмена информацией. Технические и программные средства АСМО должны обязательно поддерживать следующие виды связи:

- выделенная линия;
- коммутируемая телефонная линия обычной телефонной сети;
- коммутируемая линия сотовой сети стандартов NMT-450 и GSM 900/1800.

Требования к персоналу АСМО. Для успешной работы АСМО необходим высококвалифицированный персонал, прошедший соответствующее обучение. Кроме этого, при установке АСМО рекомендуется, чтобы в состав персонала диспетчерского центра были включены следующие специалисты:

- дорожный метеоролог. Обеспечивает комплексный анализ всей поступившей информации и готовит рекомендации для подрядных организаций. На этой должности может работать как профессиональный метеоролог, прошедший дополнительное обучение по специальности «Автомобильные дороги», так и профессиональный дорожник, прошедший дополнительное обучение по специальности «Метеорология». Для работы необходим один специалист, работающий на полную ставку в дневную смену. В остальное время его обязанности выполняет дежурный диспетчер;
- системный программист. Обеспечивает работу вычислительной техники и программного обеспечения.

Из-за неполной занятости рекомендуется привлечь для этой работы специалиста соответствующего отдела дорожной организации;

- инженер по оборудованию. Обеспечивает работу дорожных метеостанций, решает вопросы связи. Из-за неполной занятости, рекомендуется привлечь для этой работы специалиста ЦУП, отвечающего за эксплуатацию систем весового контроля и систем определения интенсивности дорожного движения.

Предложения по развитию АСМО. Создание сети АДМС на территории России происходит в условиях ограниченных финансовых ресурсов. Кроме этого необходимо учитывать, что развитие АСМО позволяет за счет надежного и своевременного метеорологического обеспечения изменить технологии зимнего содержания дорог - перейти на профилактику образования зимней скользкости. Изменение технологии требует разработки соответствующих нормативных документов, отработки технологических операций, обучения персонала и других организационных мероприятий. Если технические средства АСМО могут быть развернуты в течение относительно небольшого времени (время от момента заказа АСМО до момента ввода ее в эксплуатацию обычно не превышает 6 месяцев), то для отработки измененной технологии и накопления опыта применения АСМО требуется существенно больший период.

Поэтому развитие АСМО целесообразно начинать с пилотного проекта, который позволит при сравнительно небольших финансовых затратах на технические и программные средства отработать изменения в технологии зимнего содержания дорог в условиях конкретной подрядной организации, подготовить персонал и накопить опыт практического использования системы. По результатам реализации пилотного проекта может быть выполнена корректировка общего проекта АСМО.

Минимальный состав АСМО для выполнения пилотного проекта включает в себя следующие компоненты:

- центральную систему;
- рабочую станцию ДРСУ;
- рабочую станцию ЦГМС;

- две дорожных метеорологических станции. Каждая станция имеет следующий комплект датчиков: 2-4 дорожных датчика, датчики температуры и влажности воздуха, параметров ветра, оптический датчик видимости и осадков.

Центральная система может быть размещена в помещении диспетчерского центра (центра управления производством) органа управления автомобильными дорогами.

Рабочая станция ДРСУ устанавливается в помещении диспетчера подрядной организации, выбранной для отработки изменений в технологии. Очень существенным моментом является заинтересованность руководства подрядной организации в улучшении технологии.

Рабочая станция ЦГМС устанавливается в помещении синоптиков гидрометеорологического центра.

Дорожные метеостанции устанавливаются на дорогах, входящих в зону ответственности соответствующей подрядной организации. При этом рекомендуется одну ДМС установить на «критическом» участке дороги, т.е. там, где происходит наиболее раннее и наиболее частое образование зимней скользкости. Вторая станция должна устанавливаться на «типичном» участке дороги, т.е. там, где условия образования зимней скользкости такие же, как на большей части дороги.

Реализация пилотного проекта позволяет подготовить технических специалистов, которые будут обеспечивать работу АСМО, при этом отрабатывается схема передачи информации между всеми компонентами системы.

5.5. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ АСМО «МЕТЕОТРАССА»

В настоящее время на территории России находится в эксплуатации отечественная АСМО «Метеотрасса» фирмы ИРАМ, работающая с дорожными станциями производства финской фирмы Vaisala и дорожной системой производства швейцарской фирмы Boschung. АСМО «Метеотрасса» установлена в Москве, Ленинградской, Московской и Калининградской областях и в Краснодарском крае. Дорожная система фирмы Boschung установлена в Москве.

Автоматизированная информационно-измерительная система «Метеотрасса» предназначена для обеспечения оперативной метеорологической информацией службы содержания автомобильных дорог с целью повышения безопасности дорожного движения и обеспечения максимальной пропускной способности автодорог в неблагоприятных метеоусловиях.

АСМО «Метеотрасса» принимает информацию по различным каналам связи, источниками которой являются:

- сеть автоматических дорожных метеорологических станций;
- сеть метеорологических радиолокаторов;
- прогнозы гидрометеорологических центров,

АСМО «Метеотрасса» выполняет следующие основные функции:

- измерение и выдачу метеорологической информации и данных о состоянии поверхности, в том числе о количестве противогололедных материалов на дорожном покрытии;
- мониторинг опасных явлений на автодорогах и выдачу предупреждений об опасных метеорологических явлениях на автодорогах;
- прием и передачу данных с использованием различных видов линий связи (выделенная, коммутируемая, сотовая GSM и NMT);
- сбор данных в управляемом режиме, обмен данными между центральной системой и рабочими станциями;
- просмотр информации в удобном виде (карты, таблицы, графики);
- архивирование данных с возможностью их использования для различных задач.

Гибкая архитектура системы позволяет легко ее наращивать.

Период опроса автоматических дорожных метеорологических станций зависит от сезона, погодных условий и требований к данным при составлении прогноза и для зимнего сезона устанавливается от 10 до 60 мин.

Технические параметры приема данных от АДМС:

- максимальный объем информации, получаемой от АДМС за один сеанс связи, составляет 512 байт;
- минимальная скорость обмена - 1200 бит/с.

Программное обеспечение системы выполнено на базе Windows NT. Специальное программное обеспечение АСМО «Метеотрасса» позволяет одновременно работать с 18 каналами связи, из них до 8 каналов коммутируемых. Количество модемов определяется из расчета: один модем на 5 абонентов (АДМС + рабочие станции) при работе по коммутируемым каналам. При работе по выделенным каналам на каждый канал требуется отдельный модем. Особое внимание при разработке системы уделено четкости и полноте отображения информации. Данные можно просмотреть в виде карт и в различных табличных и графических форматах.

Представление данных на карте. Информация может отображаться на карте территории со схемой автомобильных дорог и нанесенными дорожными метеорологическими станциями. Цвет символа станции отражает состояние дорожного покрытия, всплывающая подсказка показывает имя станции и последнее измеренное значение температуры воздуха и температуры дорожного покрытия. Обновление карты происходит в режиме поступления данных. Пример отображения информации на карте показан на рис. 5.3.

Представление данных в виде таблиц. В таблицах может быть представлена следующая информация:

- сводная таблица с текущими данными для всех подключенных АДМС (обновление таблицы происходит в режиме реального времени по мере поступления информации), предупреждения об опасных явлениях выделяются цветом;

- таблицы текущих значений метеорологических величин и характеристик дорожного покрытия для любой станции;

- таблицы значений метеорологических величин и характеристик дорожного покрытия для выбранной станции за текущие сутки;

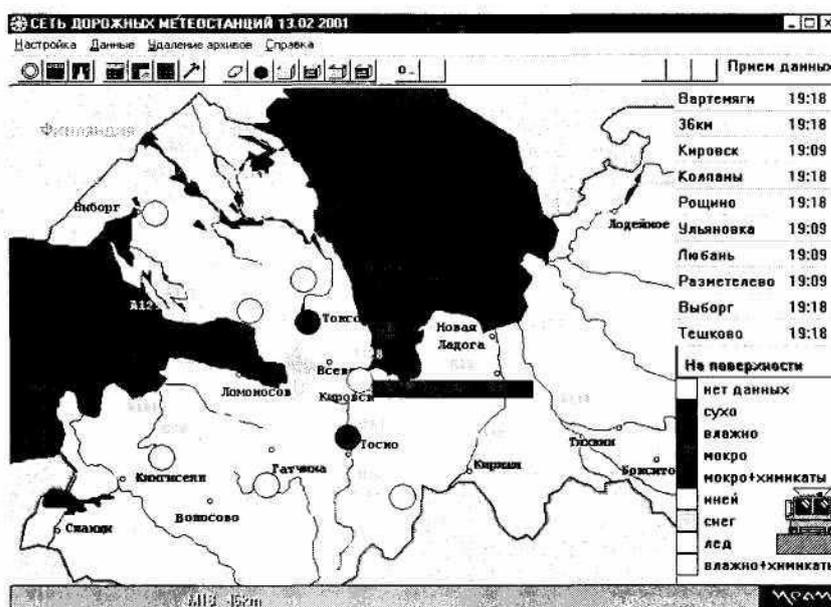


Рис. 5.3. Карта-схема автодорог с сетью дорожных метеостанций

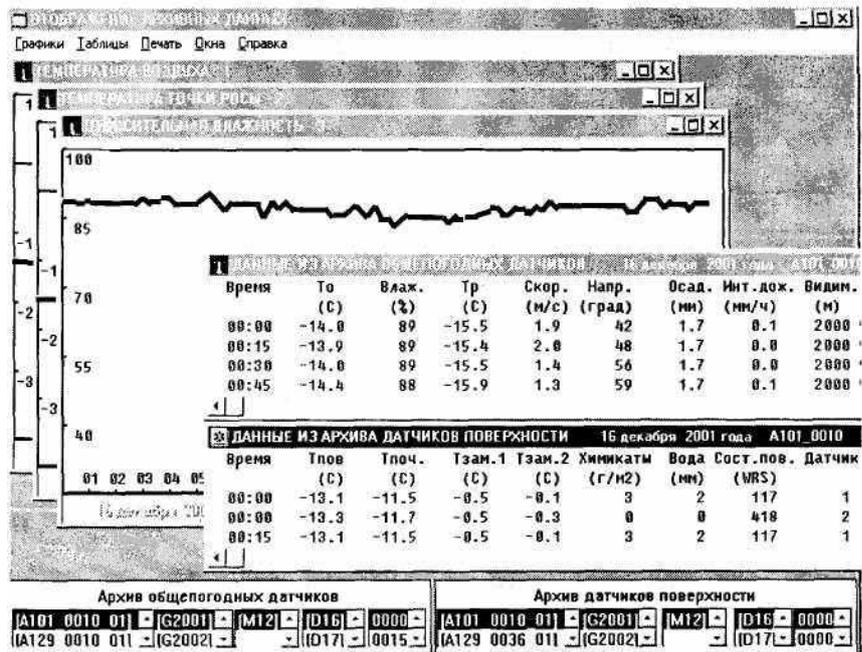


Рис. 5.4. Данные в виде таблиц и графиков за сутки для выбранной станции и начального срока

- таблицы значений метеорологических величин и характеристик дорожного покрытия для любой выбранной станции и начального срока (на сутки вперед); таблицы перерисовываются автоматически при новом выборе станции и времени начала отсчета.

Представление данных в виде графиков. На графиках представлена информация:

- временного хода основных измеренных параметров для выбранной станции и срока (начала отсчета) на 24 ч вперед, при этом каждый график выводится в отдельное окно;
- временного хода всех температур (воздуха, точки росы, поверхности, замерзания и почвы) в одном окне;
- временной ход состояния покрытия, осадков и предупреждений в виде цветных «линеек» для выбранной станции в пределах текущих суток.

Все графики автоматически перерисовывается при новом выборе станции и для нового начала отсчета по временной оси.

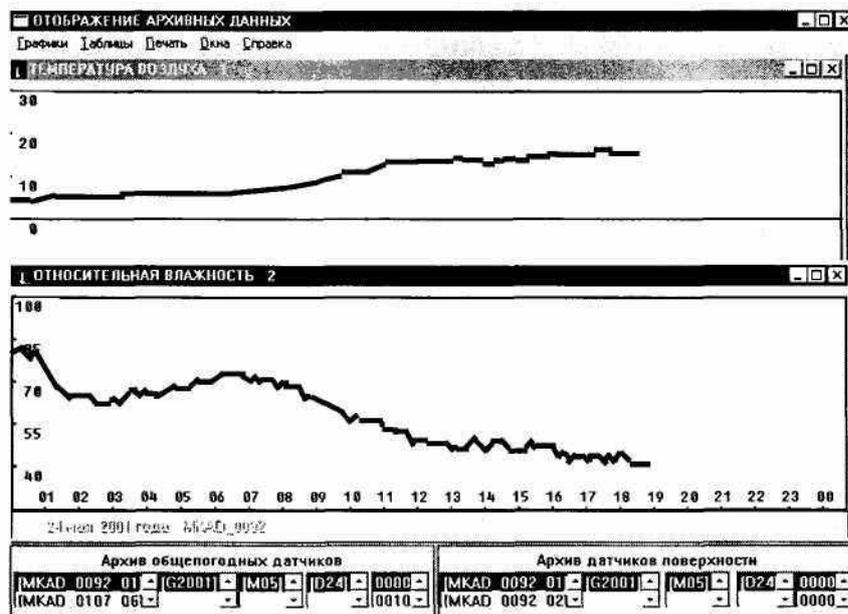


Рис. 5.5. Данные в виде графиков суточного хода для выбранной станции и начального срока

Примеры табличного и графического представления информации приведены на рис. 5.4 и 5.5.

Система «Метеотрасса» позволяет принимать информацию от рабочей станции ЦГМС в графическом виде (в виде синоптической карты). Для сжатия информации используется международный метеорологический код T4.

Информацию, получаемую из ЦГМС (карты, прогнозы), можно просматривать на экране и выводить на печать.

6. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЗИМНИМ СОДЕРЖАНИЕМ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

6.1. УПРАВЛЕНИЕ ЗИМНИМ СОДЕРЖАНИЕМ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ С ПОМОЩЬЮ СДМО

Система дорожного метеорологического обеспечения (СДМО) - информационно-технический комплекс, который обеспечивает:

- получение оперативной информации и специализированных дорожных прогнозов от подразделений Росгидромета и с дорожных автоматических метеостанций;
- обработку информации с целью получения данных о состоянии дорожного покрытия, прогнозов возможности образования на нем скользкости и рекомендаций по оптимальным стратегиям производства работ при содержании дорог;
- доведение необходимой информации до исполнителей работ, органов управления автомобильными дорогами и участников движения;
- сбор и хранение информации о погодных и дорожных условиях.

Основная цель создания СДМО - получение информации для организации оптимальной системы управления всем комплексом работ по содержанию дорог, позволяющим сохранять и восстанавливать потребительские свойства дорог и обеспечивать безопасность движения в сложных погодных условиях.

Основной результат создания системы - удовлетворение потребностей дорожной отрасли в оперативной метеорологической информации и прогнозах для организации работ по содержанию дорог и накопление статистических данных, необходимых при решении задач долгосрочного планирования.

В связи с повышением требований к уровню содержания автомобильных дорог и безопасности дорожного движения особое внимание следует уделять вопросам управления зимним содержанием

автомобильных дорог. Для выполнения требований нормативных документов необходимо либо идти по пути насыщения дорожных организаций ресурсами для зимнего содержания (финансами, техникой, противогололедными материалами, трудовыми ресурсами), либо искать возможности совершенствования системы управления зимним содержанием дорог иными путями. Как показывает опыт зимнего содержания автомобильных дорог за рубежом, такие решения возможны при переходе на современные технологии зимнего содержания дорог и методы управления производственными процессами на основе дорожного метеорологического обеспечения и информационных технологий (ИТ).

Система управления зимним содержанием автомобильных дорог (ЗСАД) представляет собой трехуровневую иерархическую систему, на каждом уровне которой решается определенный комплекс управленческих задач. Организационная структура системы и взаимодействующие с ней подсистемы представлены на рис. 6.1. Одной из взаимодействующих подсистем является СДМО.

Для каждого уровня управления рассмотрим задачи развития СДМО.

На I уровне осуществляется стратегическое управление. Основные задачи этого уровня для метеорологического обеспечения зимнего содержания автомобильных дорог:

- концептуальное развитие основных положений по совершенствованию специализированного метеорологического обеспечения;
- выработка технической политики, создание нормативно-технической базы;
- отработка основных принципов взаимодействия с организациями, обеспечивающими специализированное метеорологическое обеспечение;
- организация и финансирование научных исследований;
- распространение передового опыта, организация системы подготовки и переподготовки кадров.

Каждая из решаемых на этом уровне управления задач влияет на эффективность управления зимним содержанием дорог и определяет пути и направления его совершенствования. Информация, получаемая при специализированном метеорологическом обеспечении, оказывает наибольшее влияние на финансирование работ по зимнему содержанию дорог, при котором должны учитываться погодно-климатические условия отдельных регионов страны.



Рис. 6.1. Организационная структура системы управления зимним содержанием автомобильных дорог

В системе дорожного метеообеспечения для II уровня управления можно выделить следующие задачи:

- реализация проектов по развитию СДМО в регионе;
- взаимодействие с региональными подразделениями Росгидромета, заключение договоров на обслуживание;
- организация структурных подразделений, обеспечивающих работу СДМО;
- сбор и обработка необходимой информации, передача прогнозов состояния дорог и рекомендаций по технологии проведения работ на нижележащий уровень управления - исполнителям работ;
- сбор информации от исполнителей работ о состоянии проезда по дорогам и о проведенных работах для оценки эффективности метеорологического обеспечения дорожных работ, передача информации о состоянии дорог пользователям дорог и на высший уровень управления.

III уровень управления - уровень подрядчиков, на котором осуществляется оперативное управление процессами производства работ по зимнему содержанию автомобильных дорог. На этом уровне управления принимаются решения о проведении работ. В системе СДМО здесь может решаться следующий комплекс задач:

- получение информации об ожидаемом изменении погодных условий и рекомендаций по технологии проведения работ от структурных подразделений органов управления дорогами;
- сбор и анализ информации от дорожных автоматических метеостанций;
- анализ и передача информации с прогнозами о состоянии отдельных участков дороги мастерам, отвечающим за проведение работ;
- проведение работ и контроль их качества;
- оповещение участников движения и органов ГИБДД о состоянии проезда по обслуживаемому участку дороги;
- передача информации о проведенных работах и состоянии дорог в органы управления дорогами.

Для решения всех перечисленных задач используются финансовые, материально-технические, трудовые и информационные ресурсы.

Как в любой децентрализованной системе большое влияние на эффективность управления работами нижестоящего уровня управления оказывают решения, принимаемые на вышестоящем уровне управления.

Ограничения на работу системы управления ЗСАД накладываются со стороны взаимодействующих подсистем, к которым можно отнести технику для производства работ по зимнему содержанию дорог, ее производительность, возможность реализовать те или иные технологические операции.

Вторым ограничением являются материальные ресурсы, используемые при зимнем содержании дорог (противогололедные материалы, их свойства, возможности применения в различных технологических операциях по зимнему содержанию дорог).

СДМО - очень важная взаимодействующая подсистема, основная задача которой состоит в обеспечении процессов управления ЗСАД информационными ресурсами. Уровень развития этой подсистемы, надежность, качество и пригодность предоставляемой информации оказывает большое влияние на выходные параметры системы управления ЗСАД, среди которых можно отметить:

- фактические затраты ресурсов на зимнее содержание дорог;
- продолжительность нахождения покрытий в неблагоприятных условиях;
- соответствие уровня содержания дороги требованиям нормативных документов;
- безопасности дорожного движения;
- скорость движения транспортных потоков;
- экологические параметры в придорожной полосе (уровень вредных выбросов транспортными средствами, уровень загрязнения придорожных территорий противогололедными материалами).

На I уровне управления имеют место прямые и обратные связи системы управления ЗСАД со взаимодействующими подсистемами, на II и III уровнях - прямое воздействие взаимодействующих подсистем на выходные параметры системы.

Внешняя среда оказывает возмущающее воздействие на систему в целом, и задача СДМО состоит в контроле за состоянием параметров внешней среды и прогнозе их изменения с целью передачи необходимой информации на все уровни управления ЗСАД и повышения эффективности работы системы.

6.2. ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ СДМО

Для организации системы метеорологического обеспечения дорожного хозяйства в России необходимо осуществить следующие этапы работ:

- создать в дорожных организациях структурные подразделения быстрого реагирования на изменения погодных условий;
- произвести их техническое оснащение необходимыми приборами для контроля за изменением погодных условий, средствами связи, компьютерами и специальными прикладными программами для обработки поступающей информации;
- произвести обоснование необходимого объема информации, получаемой из подразделений Росгидромета и работы по ее адаптации для конкретной дорожной организации;
- разработать детализированные, специализированные «дорожные» прогнозы и предупреждения на основе прогнозов погоды общего назначения с учетом специальной информации, поступающей с сети дорог;
- разработать регламент принятия оптимальных по погодным условиям управленческих решений с целью предотвращения влияния опасных метеорологических явлений на условия движения транспортных потоков.

Для решения задач по некоторым из перечисленных выше этапов необходимы специальные исследования с учетом специфики организации работ и погодно-климатических условий России. Предварительные рекомендации по каждому из этапов работ на основе имеющихся результатов ранее проведенных исследований будут представлены в следующих разделах.

Рассмотрим более детально вопросы размещения АДМС на сети дорог.

6.3. ПЛАНИРОВАНИЕ СЕТИ АДМС

При принятии решения о развитии сети АДМС в регионе одним из первых этапов проведения работ будет планирование их количества и мест размещения. Размещение дорожных метеорологических станций должно быть выполнено в соответствии с климатическим районированием и схемой сети дорог с соблюдением следующих требований:

- непосредственная близость размещения АДМС к дороге;
- сетевое размещение по территории;
- установка метеостанций в пунктах, где обеспечивается сохранность оборудования, возможность подключения к электросети и каналам связи;
- совмещение, по возможности, с объектами дорожного сервиса.

Непосредственное размещение АДМС у дороги необходимо для выполнения измерений метеорологических параметров вблизи дороги, измерений температуры покрытия, его состояния (наличие на покрытии влаги, снежного наката, льда и т.п.), концентрации противогололедных материалов.

Сетевое размещение АДМС определяется необходимостью отображения динамики изменения погодных условий во времени и в пространстве.

Поэтому при назначении мест размещения АДМС следует руководствоваться не линейным характером одной дороги, а учитывать всю сеть дорог на территории. Сетевое размещение АДМС позволяет при перемещении зоны осадков отслеживать в реальном времени (на основе показаний датчиков) появление осадков на отдельных участках дорог, учитывать скорость их перемещения и принимать решения о подготовке к проведению работ по содержанию.

Совмещение АДМС с объектами дорожного сервиса, населенными пунктами позволяет обеспечить их обслуживание и сохранность, а также возможность передачи информации с АДМС.

Возможны два принципа размещения автоматических дорожных метеостанций на сети дорог.

Первый из них состоит в том, что метеостанцию ставят в *«проблемной» точке*, где чаще всего или раньше, чем на других участках, образуется зимняя скользкость. Как правило, такие точки дорожники-практики очень хорошо знают.

При обнаружении или прогнозе скользкости именно в этой точке можно с уверенностью предположить, что через определенное время она образуется и на других участках, и выполнить на них работы по профилактике образования скользкости. По такому пути устанавливались первые автоматические дорожные метеостанции в Финляндии.

На последующих этапах развития и совершенствования дорожных метеосистем стали проводить термокартирование и использовать его результаты для уточнения времени образования скользкости на других участках дорог (на которые не распространяется влияние дорожной метеостанции).

Второй подход заключается в следующем. На основе обработки данных метеостанций государственной наблюдательной сети разрабатывают *микrokлиматическую дорожную модель региона*. Сущность микrokлиматического районирования состоит в том, что на карте выделяют зоны со сходными погодными условиями, влияющими на организацию работ по зимнему содержанию дорог. В каждой из зон устанавливают две автоматические дорожные метеостанции. Место для установки выбирают такое, чтобы данные измерений АДМС можно было распространить на большую территорию, т.е. выбираются обычные, а не «проблемные» точки. «Проблемные» же точки определяют на основе термокартирования. Такой подход используют в Великобритании.

В России проводились работы по обоснованию размещения автоматических дорожных метеостанций в рамках международных проектов по программе ТАСИС. Для Московского региона основой планирования сети АДМС стала климатическая модель Московской области. В качестве основополагающих факторов при районировании были приняты рельеф и распределение осадков по территории области исходя из предположения о том, что осадки играют решающую роль при формировании зимней скользкости.

Было просчитано, что при погрешности результатов измерений 20% (для технических задач и в начальный момент развития СДМО это приемлемо) и площади осреднения 50×50 км минимальное количество АДМС для Московской области составит 38 шт.

Расстановка АДМС по сети дорог произведена с учетом характеристик дорожной сети (интенсивности движения и плотности сети в различных районах области), сети метеорологических станций, наличия АДМС на МКАД и наличия метеорологических наблюдений в аэропортах Московской области.

Совершенствование методики планирования сети АДМС может идти по пути более детального микrokлиматического дорожного районирования. Необходимо учитывать не только зимние осадки, но и другие параметры, влияющие на условия движения по дорогам в зимний период - температурный и метелевый режим, относительную влажность воздуха, ветровой режим, туманы, ограничивающие видимость и т.д. Кроме того, должна учитываться и дорожная информация. Однако специальных исследований в этом направлении в нашей стране никогда не проводилось.

Исходя из особенностей России, наиболее важно при размещении АДМС учитывать такие факторы как наличие средств

связи и возможность охраны оборудования. По этим причинам места установки корректируют. При неустойчивой связи АДМС приходится переносить, чтобы обеспечить постоянное получение от нее всей необходимой информации.

6.4. ПОДСИСТЕМА ПОГОДНОГО МОНИТОРИНГА В ЦЕНТРАХ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ (ЦУП)

Для организации специализированного метеорологического обеспечения зимнего содержания дорог могут быть созданы специальные структурные подразделения - дорожные центры погодного мониторинга, или эти задачи могут быть возложены на существующую диспетчерскую службу.

Для совершенствования управления содержанием автомобильных дорог и для оперативного управления производственными процессами приказом № 94 Федеральной дорожной службы от 12.05.98 г. предусмотрено создание в дорожных организациях России центров управления производством (ЦУП).

Основная цель создания ЦУП - повышение оперативности управления производственными процессами и эффективности использования ресурсов, выделяемых на содержание сети дорог.

В соответствии с поставленной целью основными задачами центров управления производством являются:

- сбор, передача, обработка и анализ информации о состоянии обслуживаемой сети дорог, проводимых работах по содержанию;
- контроль за ходом выполнения работ и их соответствием утвержденным графикам производства работ, обеспечением производства материалами и трудовыми ресурсами, техническими средствами;
- сбор и анализ информации об интенсивности движения, движении негабаритных грузов, состоянии дорожного покрытия, дорожно-транспортных происшествиях;
- обмен информацией между различными уровнями управления в дорожной отрасли в соответствии с действующим регламентом, определяющим вид, форму и периодичность отчетных данных;
- обеспечение взаимодействия с органами ГИБДД, подразделениями Росгидромета, с организациями, привлеченными к производству работ.

В ЦУП может осуществляться сбор всей необходимой погодной информации, ее обработка и выдача рекомендаций по проведению работ. Так как такие центры создаются на всех уровнях управления, то для специализированного дорожного метеообеспечения необходимо определить те задачи, которые должны решаться на каждом уровне управления. При этом схемы взаимодействия могут быть разными. На верхний уровень целесообразно передавать информацию о состоянии проезда по обслуживаемой сети дорог, а все вопросы сбора, анализа и переработки метеорологической информации возложить на диспетчерские центры II и III уровней управления.

Между ними задачи метеообеспечения могут быть распределены по-разному. Опыт работы центров управления производством может подсказать наиболее оптимальные формы взаимодействия.

На основе анализа опыта работы Дорожного комитета Ленинградской области наиболее эффективной следует считать такую форму организации работы ЦУП, при которой *вопросы погодного мониторинга сосредоточены в едином центре*, который обслуживает весь регион. В диспетчерском центре получают всю необходимую информацию, проводят ее анализ и его результаты передают подрядным организациям в виде детальных прогнозов состояния дорожного покрытия и рекомендаций по производству работ. Непременным условием является наличие в таком центре специалиста, способного квалифицированно проанализировать и обработать всю поступающую информацию. Им может быть метеоролог, знающий особенности содержания дорог (как в Дорожном комитете Ленинградской области), или дорожник, прошедший специальный курс обучения метеорологии (как в Финляндии).

Сосредоточение всей работы по погодному мониторингу в едином центре как для территориальных, так и для федеральных дорог, позволит сократить штат специалистов для анализа всей информации, снизить расходы на информационное метеорологическое обслуживание (будет заключаться один договор с Росгидрометом, но с большим объемом запрашиваемой информации), освободить работников, занимающихся вопросами содержания дорог, от анализа погодной информации. Основная задача работников ДРСУ будет сводиться к четкой организации и проведению работ по содержанию сети дорог. Для этого диспетчеру ДРСУ необходимо наряду с погодной информацией передавать рекомендации по технологиям проведения работ. В ДРСУ должны отображаться

результаты проведения этих работ в специальных журналах (время начала работ, работающая техника, нормы распределения, адреса проведения работ), собирается информация о фактическом состоянии проезда по обслуживаемым дорогам и передаваться эти сведения в ЦУП вышележащего уровня управления или в центр погодного мониторинга.

Информационный обмен при такой структуре организации метеорологического обеспечения будет иметь вид, представленный на рис. 6.2.

Аналогичная схема информационного обмена может применяться и при отсутствии АДМС. В этом случае в ЦУП органов управления автомобильными дорогами может поступать текущая

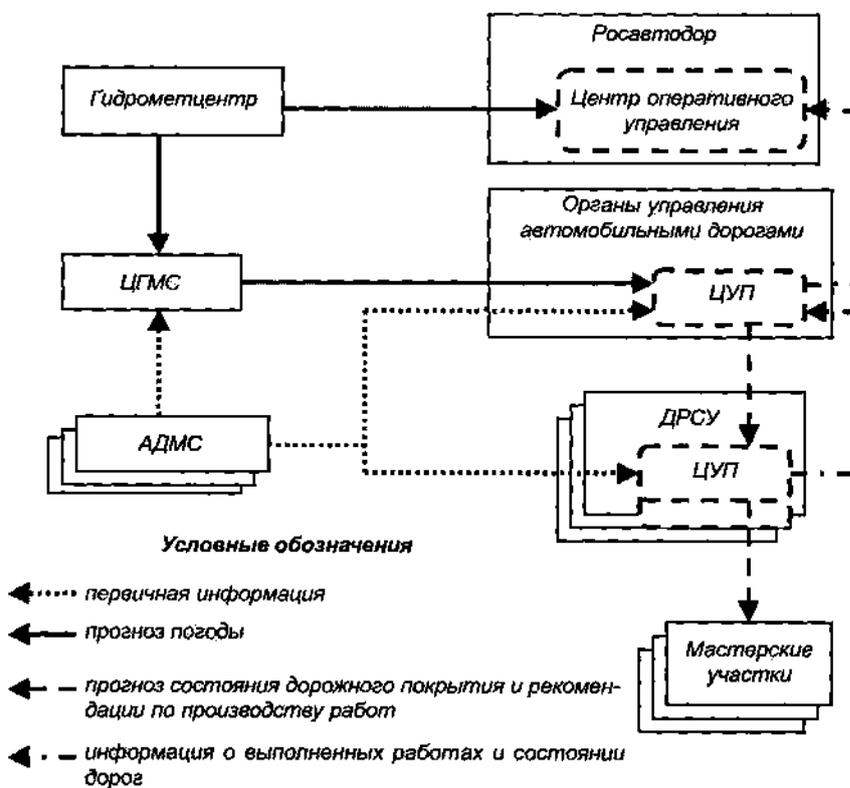


Рис. 6.2. Информационный обмен в системе дорожного метеорологического обеспечения

метеорологическая информация с Государственной наблюдательной сети, прогнозы погоды, синоптические карты, данные МРЛ. Такая информация при отсутствии АДМС должна подвергаться специальной обработке (расчету на ее основе температурного режима покрытий, расчету прогнозов скользкости дорожного покрытия по физико-статистическим моделям).

Один из возможных алгоритмов обработки информации при такой схеме информационного обмена приведен в Приложении. В ДРСУ будут передаваться прогнозы состояния дорожных покрытий и рекомендации по проведению работ. При такой схеме организации работ также необходимо наличие специалиста для обработки всей поступающей информации, а также специальное программное обеспечение для анализа и обработки метеорологической информации.

Большое значение при работе с информацией имеет форма ее представления. Прогноз состояния автомобильных дорог или отдельных участков дороги может быть текстовым или графическим материалом, в котором отражается местоположение участка, для которого прогнозируется то или иное его состояние. Более наглядны графические материалы, оформленные в виде карты прогноза, совмещенной со схемой обслуживаемой сети дорог или в виде линейных графиков дороги. Применяемая терминология должна быть понятна дорожникам. Наиболее оптимальный вариант - передача рекомендаций по производству работ на основе анализа метеорологической информации и прогнозов.

6.5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОСТАВЛЕНИЮ РЕГЛАМЕНТА ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ ПО СОДЕРЖАНИЮ ДОРОГИ НА ОСНОВЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Эффективность работ по зимнему содержанию дорог будет зависеть от правильного выбора противогололедного материала, норм его распределения, времени начала работ. Нормативные документы в нашей стране не дают рекомендаций по выбору стратегий зимнего содержания дороги в зависимости от погодных условий (особенно для профилактических работ), так как специальных исследований по оптимизации технологий зимнего содержания дорог не проводилось.

Все существующие в нормативной литературе рекомендации сводятся к выбору норм распределения противогололедного материала в зависимости от его вида, температуры воздуха, количества осадков, имеющих на покрытии,

(которое никто не измеряет из-за отсутствия специальных приборов). Наиболее полно технологии зимнего содержания дорог и различные стратегии борьбы со скользкостью представлены во «Временных рекомендациях по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах Московской области», которые разработаны ГП РосдорНИИ для опытного внедрения на автомобильных дорогах в Московской области. За последнее время появилась также довольно подробная информация о технологиях зимнего содержания дорог в США.

На основе обобщения этой информации, а также с учетом условий образования различных видов зимней скользкости могут быть предложены предварительные рекомендации по составлению регламента проведения работ по зимнему содержанию дорог на основе специализированного метеорологического обеспечения.

Средства предотвращения образования зимней скользкости и борьбы с нею включают:

- имеющиеся в дорожной организации противогололедные материалы для зимнего содержания дорог;
- технику для зимнего содержания;
- нормы распределения противогололедных материалов в зависимости от имеющейся техники, вида зимней скользкости, сложившихся и ожидаемых погодных условий.

При организации работ по зимнему содержанию дороги необходимо решить вопрос о возможности применения: сухих противогололедных материалов; растворов или природных рассолов; предварительно увлажненной соли; фрикционных материалов в чистом виде или в смеси с противогололедными материалами; механической уборки снежно-ледяных отложений.

Рекомендации по проведению работ при зимнем содержании дорог приведены в табл. 6.1 и 6.2. При их разработке учитывались следующие положения:

1. Все работы разделены на две группы: работы по профилактике (предотвращению) образования скользкости на основе прогноза и работы по борьбе с образовавшейся скользкостью.

2. Так как технологии предотвращения и борьбы с различными видами зимней скользкости различаются, то рассмотрены отдельно работы для скользкости, образующейся на покрытии в виде льда, и скользкости, связанной с выпадением снегопадов и прохождением метелей.

Таблица 6.1

Рекомендации по проведению работ по зимнему содержанию дорог на основе использования специализированной метеорологической информации (вид скользкости - образование льда на покрытии)

Вид зимней скользкости по табл. 2.2.	Значения параметров, которые необходимо контролировать	Условия, при которых образуется данный вид скользкости	Прогноз, который необходимо иметь	Значения параметров	Применяемые материалы	Выбор нормы распределения
<i>Профилактические работы</i>						
Гололедица	Состояние покрытия, температура воздуха, тенденция ее изменения	После выпадения осадков устанавливается ясная погода, температура воздуха резко понижается, температура покрытия выше температуры воздуха	Прогноз образования скользкости, прогноз минимальной температуры воздуха	Покрытие мокрое, влажное, прогнозируется минимальная температура воздуха выше температуры замерзания ПГМ	Сухая соль, увлажненная соль, растворы ПГМ	В зависимости от прогноза минимальной температуры воздуха
				Покрытие мокрое, влажное. Прогнозируется минимальная температура воздуха ниже температуры замерзания ПГМ	Соль в смеси с фрикционными материалами или фрикционные материалы	По нормам распределения фрикционных материалов
				Покрытие сухое	Обработка не производится	
Черный лед	Температура воздуха, тенденция ее изменения, относительная	При радиационном выхолаживании покрытий их температура	Минимальная температура покрытия, температура точки росы	Минимальная температур дорожного покрытия	Увлажненные соли, растворы ПГМ	В зависимости от минимальной температуры

Вид зимней скользкости по табл. 2.2.	Значения параметров, которые необходимо контролировать	Условия, при которых образуется данный вид скользкости	Прогноз, который необходимо иметь	Значения параметров	Применяемые материалы	Выбор нормы распределения
	влажность воздуха, точка росы, температура покрытия	опускается ниже точки росы и ниже температуры замерзания влаги. Натекание теплого влажного воздуха на покрытие, имеющее отрицательную температуру		выше температуры замерзания ПГМ		дорожного покрытия
Твердый налет, гололед	Состояние покрытия, температура покрытия	После длительных морозов наступает потепление, возможно выпадение жидких осадков на покрытие с отрицательной температурой. Температура покрытия ниже температуры воздуха	Прогноз образования скользкости, прогноз осадков, их агрессивного состояния	Прогнозируются жидкие осадки	Увлажненные соли, растворы ПГМ	В зависимости от температуры покрытия в момент распределения
				Прогнозируются твердые осадки	См технология работ в таблице 6.2	
<i>Борьба с зимней скользкостью</i>						
Гололедица	Состояние покрытия, температура	После замерзания влаги покрытие скользкое	Прогноз минимальной	Покрытие скользкое, прогнозируется	Увлажненная соль	В зависимости от прогноза

Вид зимней скользкости по табл. 2.2.	Значения параметров, которые необходимо контролировать	Условия, при которых образуется данный вид скользкости	Прогноз, который необходимо иметь	Значения параметров	Применяемые материалы	Выбор нормы распределения
	тура воздуха, динамика ее изменения	температура воздуха продолжает понижаться	температуры воздуха	минимальная температура воздуха выше температуры замерзания ПГМ		минимальной температуры
				Покрытие скользкое, прогнозируется минимальная температура воздуха ниже температуры замерзания ПГМ	Смесь фрикционных материалов с солью	По максимальным нормам для используемого противогололедного материала*
Черный лед	Состояние покрытия, точка росы, температуры покрытия	При радиационном выхолаживании покрытия его температура опускается ниже точки росы и ниже температуры замерзания влаги. Натекание теплого влажного воздуха на покрытие, имеющее отрицательную температуру	Минимальная температура покрытия, температура точки росы.	Минимальная температура дорожного покрытия выше температуры замерзания ПГМ	Увлажненные соли, растворы ПГМ	В зависимости от минимальной температуры дорожного покрытия

Вид зимней скользкости по табл. 2.2.	Значения параметров, которые необходимо контролировать	Условия, при которых образуется данный вид скользкости	Прогноз, который необходимо иметь	Значения параметров	Применяемые материалы	Выбор нормы распределения
Твердый налет, гололед	Состояние покрытия, температура покрытия	После выпадение жидких осадков на покрытие с отрицательной температурой покрытие дороги скользкое, температура воздуха повышается, температура покрытия ниже температуры воздуха	Прогноз изменения температуры воздуха, осадков, минимальная температура воздуха (при тенденции ее понижения)	Покрытие скользкое, прогнозируется повышение температуры воздуха	Увлажненная соль, растворы ПГМ	По температуре покрытия в момент распределения
				Покрытие скользкое, прогнозируется понижение температуры воздуха выше температуры замерзания ПГМ	Увлажненная соль, растворы ПГМ	По температуре покрытия в момент распределения или по прогнозу минимальной температуры воздуха (если она прогнозируется ниже температуры покрытия)
				Покрытие скользкое, прогнозируется понижение температуры воздуха ниже температуры замерзания ПГМ	Смесь фрикционных материалов с солью	По максимальным нормам для используемого противогололедного материала*

*При указанных в данной строке погодных условиях противогололедные материалы используются для расплавления слоя льда (полного или частичного) и закрепления на нем фрикционного материала до их замерзания при понижении температуры. При проведении более детальных исследований возможно установление норм распределения в зависимости от скорости понижения температуры и времени, необходимого на проведение работ по распределению противогололедных материалов и «срабатывания» соли, находящейся в пескосоляной смеси.

Таблица 6.2

Рекомендации по проведению работ по зимнему содержанию дорог на основе использования специализированной метеорологической информации (вид скользкости - снежный накат и рыхлый снег)

Вид зимней скользкости	Условия, при которых образуется данный вид скользкости	Прогноз, который необходимо иметь	Значения параметров	Технологические операции	Применяемые материалы	Выбор нормы распределения
Снежный накат	$0^{\circ}\text{C} \leq T_{\text{В}} \leq 1,2^{\circ}\text{C}$, количество осадков не менее 5 мм (воды), интенсивность снегопада более 0,6 мм/ч	Температура воздуха и тенденция ее изменения, вид, количество и интенсивность осадков, минимальная температура воздуха при тенденции ее понижения	Твердые осадки (снегопад), температура воздуха около 0°C , стабильна	Накопление снега (до 5 мм), выдержка	-	-
				Распределение противогололедных материалов	Увлажненная соль	5-15 г/м ² в зависимости от вида ПГМ, температуры воздуха и температуры покрытия
				Выдержка	-	-
				Механическая уборка	-	-
			Удаление снежно-ледяных отложений после уборки	Увлажненная соль	В зависимости от температуры воздуха и покрытия, толщины отложений после механической уборки	
			Твердые осадки (снегопад), температура воздуха около 0°C , прогнозируется понижение	Накопление снега (до 5 мм), выдержка	-	-

Продолжение табл. 6.2

Вид зимней скользкости	Условия, при которых образуется данный вид скользкости	Прогноз, который необходимо иметь	Значения параметров	Технологические операции	Применяемые материалы	Выбор нормы распределения
				Распределение противогололедных материалов	Увлажненная соль	5-15 г/м ² в зависимости от вида ПГМ, температуры воздуха и температуры покрытия
				Выдержка	-	-
				Механическая уборка	-	-
			Прогнозируется минимальная температура воздуха выше температуры замерзания ПГМ	Удаление снежно-ледяных отложений после уборки	Увлажненная соль	В зависимости от прогнозируемой минимальной температуры воздуха и толщины отложений после механической уборки
			Прогнозируется минимальная температура воздуха ниже температуры замерзания ПГМ	То же	Фрикционные материалы в смеси с солью	В зависимости от прогнозируемой минимальной температуры воздуха и толщины отложений после механической уборки

Вид зимней скользкости	Условия, при которых образуется данный вид скользкости	Прогноз, который необходимо иметь	Значения параметров	Технологические операции	Применяемые материалы	Выбор нормы распределения
Снежный накат	Твердые осадки при температурах воздуха $-6^{\circ}\text{C} \leq T_{\text{в}} \leq 0^{\circ}\text{C}$	Температура воздуха и тенденция ее изменения, вид, количество и интенсивность осадков, минимальная температура воздуха при тенденции ее понижения	Твердые осадки (снегопад), температура воздуха повышается	Накопление снега (до 5 мм), выдержка	-	-
				Распределение противогололедных материалов	Увлажненная соль	В зависимости от температуры воздуха в момент распределения и интенсивности снегопада
				Выдержка	-	-
				Механическая уборка	-	-
			Твердые осадки (снегопад), температура воздуха понижается	Удаление снежно-ледяных отложений после уборки	Увлажненная соль	В зависимости от температуры воздуха и толщины отложений после механической уборки
				Накопление снега (до 5 мм)	-	-
				Распределение противогололедных материалов	Увлажненная соль	В зависимости от температуры воздуха в момент распределения
				Выдержка	-	-

Продолжение табл. 6.2

Вид зимней скользкости	Условия, при которых образуется данный вид скользкости	Прогноз, который необходимо иметь	Значения параметров	Технологические операции	Применяемые материалы	Выбор нормы распределения
				Механическая уборка	-	-
			Прогнозируется минимальная температура воздуха выше температуры замерзания ПГМ	Удаление снежно-ледяных отложений после уборки	Увлажненная соль	В зависимости от прогнозируемой минимальной температуры воздуха и толщины отложений после механической уборки
			Прогнозируется минимальная температура воздуха ниже температуры замерзания ПГМ	То же	Фрикционные материалы в смеси с солью	В зависимости от прогнозируемой минимальной температуры воздуха и толщины отложений после механической уборки
Рыхлый снег	Твердые осадки при температурах воздуха $T_B \leq -6^\circ\text{C}$	Количество и интенсивность осадков	-	Патрульная снегоочистка с расчетом отряда машин по данным прогноза	-	-

3. При проведении работ имеется возможность использовать сухие противогололедные материалы, увлажненные соли и фрикционные материалы в смеси с противогололедными материалами.

4. Сухие соли наиболее целесообразно применять для профилактики образования скользкости только при наличии влаги на дорожном покрытии или при введении их в слой свежеснежного покрова.

5. Если покрытие сухое или на нем имеется слой снежно-ледяных отложений, то необходимо использовать увлажненные соли.

6. При прогнозе понижении температуры воздуха до значений, при которых невозможно применять противогололедные соли, необходимо использовать фрикционные материалы для повышения коэффициента сцепления после замерзания раствора противогололедных материалов на покрытии.

7. При выработке предложений учитывались метеорологические условия, благоприятствующие образованию различных видов зимней скользкости (см. табл. 2.2.).

8. Для различных видов зимней скользкости нормы распределения должны назначаться в зависимости от сложившихся погодных условий или с учетом прогноза их изменения.

9. Числовые значения норм распределения в рекомендациях не приводятся, а даются правила назначения этих норм. В зависимости от имеющихся ПГМ и их свойств могут быть установлены конкретные числовые значения норм распределения.

Работы по удалению снежных отложений с покрытия включают в себя элементы профилактики, они начинаются с момента выпадения осадков и проводятся в несколько этапов. В связи с этим они выделены в отдельную таблицу и не подразделяются на профилактические работы и борьбу со скользкостью.

Как показывает анализ информации, приведенной в табл. 6.1 и 6.2, внедрение в практику зимнего содержания дорог специализированных метеорологических и дорожных прогнозов усложняет выбор решения по проведению работ. Это связано с тем, что технологии, применяемые материалы и нормы их распределения зависят от погодных условий, как сложившихся к моменту начала работ, так и от прогнозируемых.

Рекомендации, приведенные в таблицах, должны быть уточнены для каждой конкретной дорожной организации. Возможность распределения противогололедных материалов в соответствии

с установленными нормами зависит от имеющейся дорожной техники.

6.6. ЭЛЕКТРОННЫЕ ЖУРНАЛЫ В ЦЕНТРАХ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

Выбор решения при проведении работ по зимнему содержанию основывается на обработке информации, поступающей в дорожную организацию. Современные технические средства (персональные компьютеры, связь) позволяют оперативно передавать, обрабатывать большие объемы информации и выбирать рекомендации по проведению работ из компьютерных баз данных. Эти процедуры должны быть автоматизированы и представлены в виде электронных журналов производства работ.

При разработке журналов должны быть приняты во внимание следующие принципы:

- они должны иметь дружелюбный интерфейс и быть доступны для работы пользователю, владеющему начальными азами работы на компьютере;
- в журналы вручную следует заносить минимум информации, а при работе ее необходимо выбирать из готовых справочников;
- информация в справочниках должна легко корректироваться (добавляться, редактироваться, удаляться);
- вся входная и выходная информация хранится в базах данных, что позволяет использовать ее в других программных продуктах, подключать в дальнейшем для решения задач зимнего содержания дорог информацию банков дорожных данных и электронных паспортов, использовать информацию для анализа, составления отчетов.

Электронные журналы могут использоваться в ДРСУ и работать автономно, независимо от других журналов, имеющих в ЦУП. Такие журналы позволяют диспетчеру в ДРСУ заносить в них информацию с прогнозами, которая может передаваться из ЦУП органов управления автомобильными дорогами по телефону.

Прикладная программа может состоять из трех основных функциональных частей:

- специализированные прогнозы погоды;
- рекомендации по производству работ;
- учет выполненных работ.

Ежедневная работа с программой в ДРСУ состоит из следующих этапов:

- регистрация дежурного диспетчера при заступлении его на дежурство;
- запрос в ЦУП органов управления автомобильными дорогами прогноза погоды и занесение его в журнал;
- при наличии или прогнозе зимней скользкости работа с журналом по выбору рекомендаций по проведению работ;
- после проведения работ по зимнему содержанию производится заполнение журнала по учету выполненных работ.

Специализированные прогнозы погоды. Для занесения информации с прогнозами погоды должны быть разработаны специальные оконные формы. Они должны настраиваться на ту специализированную информацию, которая доступна дорожным организациям от системы погодного мониторинга. Информация может передаваться в ДРСУ из центрального диспетчерского пункта и по телефону, а для удобства занесения ее в электронные журналы рекомендуется передавать информацию в определенной последовательности, которая соответствует оконным формам электронного журнала.

Рекомендации по производству работ. После получения прогноза необходимо осуществить в соответствии с ним выбор рекомендаций по проведению работ. Программа в данном случае предоставляет работнику, принимающему решение, возможный вариант проведения работ в зависимости от сложившихся и прогнозируемых погодных условий. Выбор окончательного решения остается за инженером или мастером ДРСУ.

Учет выполненных работ. Для учета выполненных работ должен быть разработан журнал производства работ, форма которого соответствует бумажному варианту, принятому в дорожной организации или регламентированному нормативными документами.

Информация о выполненных работах переносится в базу данных и используется для составления различных отчетов. Формы любых отчетов легко могут быть разработаны на основе информации о структуре соответствующей базы данных.

Информация о выполненных работах может передаваться в ЦУП органов управления автомобильными дорогами и использоваться при контроле качества выполненных работ и оценке их объемов.

Электронные журналы позволят в дальнейшем отображать и более детальные прогнозы (например, с указанием участка проведения работ). Их необходимо связать с базами данных, которые отражают дорожные условия (АБДД, электронные паспорта). Это позволит выдавать рекомендации и по другим видам работ, предусмотренных классификацией (очистка автобусных остановок, барьерных ограждений и т.д.), а также выявлять по данным прогноза возможные участки дорог со снежными заносами, планировать работы по восстановлению снегоемкости временных снегозадерживающих устройств и т.д.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблеме предупреждения образования зимней скользкости на дорогах в настоящее время уделяется приоритетное внимание во всех развитых странах. Переход на профилактические работы при зимнем содержании дорог требует развития системы специализированного дорожного метеорологического обеспечения, так как метеорологические параметры влияют на формирование состояния дорожных покрытий.

Специализированное метеорологическое обеспечение является только одной из подсистем управления зимним содержанием дорог. Параллельно с этим должны решаться вопросы совершенствования и переработки нормативной базы, развития дорожной техники, систем связи, внедрения информационных систем в процессы содержания дорог, подготовки и переподготовки кадров.

Только комплексное решение всех этих задач позволит коренным образом улучшить систему зимнего содержания дорог и получить экономический эффект за счет:

- сокращения количества применяемых противогололедных материалов при переходе от борьбы с зимней скользкостью на ее профилактику;
- сокращения расходов на зимнее содержание дорог благодаря более четкой организации работ;
- повышения скорости движения транспортных потоков в сложных погодных условиях;
- повышения безопасности дорожного движения при улучшении сцепных качеств покрытий в зимний период и своевременного информирования водителей о состоянии проезда по дороге;
- улучшения экологической ситуации в зоне прохождения дорог в результате снижения расхода противогололедных материалов и повышения скорости движения автомобилей;
- сохранения (и это самое главное) тысяч человеческих жизней, которые мы теряем на зимних дорогах.

Ассоциация «РАДОР» и автор книги готовы к сотрудничеству со всеми заинтересованными лицами по вопросам совершенствования специализированного дорожного метеорологического обеспечения.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ СКОЛЬЗКОСТИ НА ДОРОЖНОМ ПОКРЫТИИ

Для прогнозирования состояния дорожного покрытия наиболее приемлемы физико-статистические методы прогноза, которые позволяют учитывать не только метеорологические параметры, измеряемые на Государственной наблюдательной сети или АДМС, но и дорожные параметры, такие как температура покрытия, его состояние (сухое, мокрое). Для получения прогностических зависимостей необходима статистическая информация за большой срок наблюдения (не менее 10 лет), на основе которой рассчитываются физико-статистические модели.

Так как информация о состоянии дорожного покрытия и сопутствующих значениях метеорологических факторов в настоящее время отсутствует, а те архивы с данными наблюдений, которые имеются в Дорожном комитете Ленинградской области, охватывают всего два зимних сезона, для получения прогностических зависимостей могут быть использованы методы математического моделирования.

В приложении предлагаются методика и результаты исследований автора книги по изучению условий образования зимней скользкости в Центрально-Черноземных областях России и полученные на их основе физико-статистические модели для прогнозирования образования различных видов зимней скользкости. Результаты исследований использовались при разработке алгоритма прогноза образования скользкости в системе раннего обнаружения гололеда в Коломенском РДУ Московской области. Практическое использование системы в течение двух зимних периодов подтвердило, что надежность прогнозирования скользкости на практике соответствует теоретической оценке и составляет более 80%.

При проведении исследований была разработана математическая модель для расчета температуры дорожного покрытия по метеорологическим данным. Она учитывает конструкцию дорожной одежды, теплофизические характеристики материалов конструктивных слоев и грунта. Исходными данными для расчета являлись результаты наблюдений на метеостанциях Государственной сети.

Расчеты проводились в следующей последовательности.

Шаг 1. Ввод информации о конструкции дорожной одежды, формирование начальных параметров задачи.

Шаг 2. Вычисление начального распределения температуры в дорожной конструкции.

Шаг 3. Ввод метеорологической информации за одни сутки наблюдения на метеостанции.

Шаг 4. Формирование массивов времени выпадения жидких и твердых осадков, наличия осадков, их вида и состояния дорожного покрытия с учетом времени испарения влаги.

Шаг 5. Формирование граничного условия, вычисление температуры дорожного покрытия.

Шаг 6. Проверка условий возможного образования скользкости (в соответствии с данными табл. 2.2). Если условия не выполнены, идти на шаг 5.

Шаг 7. Запись даты, времени и возможного вида зимней скользкости, метеорологической информации и вычисленной температуры дорожного покрытия на данном шаге расчета, а также за 3, 6, 9, 24 ч до него в базу данных.

Шаги 5-7 выполняются многократно (8 раз в течение суток в соответствии с периодичностью наблюдения на метеостанциях). Шаги 2-7 повторяются для каждого года наблюдения.

Таким образом, все виды зимней скользкости, отмеченные в табл. 2.2, были смоделированы на ЭВМ по специальной программе с учетом реальных погодных условий. В результате расчетов был получен архив случаев скользкости на дорожном покрытии, по которому возможно изучение условий образования различных видов зимней скользкости и расчеты физико-статистических моделей для их прогноза.

Адекватность модели для расчета температуры покрытия проверялась в ходе специально организованных опытно-экспериментальных работ. На участке дороги с известной конструкцией дорожной одежды в нескольких точках измерялась температура дорожного покрытия и сравнивалась с вычисленной на ЭВМ. Моделирование скользкости по данным табл. 2.2 проверялось по журналам дежурств, которые были взяты в ДРСУ и по данным о состоянии взлетно-посадочной полосы (ВПП) в аэропорту г. Воронежа (при моделировании скользкости для аэропорта учитывалась конструкция и теплофизические свойства материалов конструктивных слоев ВПП). Точность моделирования скользкости на покрытии составила в среднем около 80-85 %.

По результатам исследований можно сделать ряд выводов:

- наиболее существенно по физике образования гололеда отличается от твердого налета и гололеда. Для гололеда и твердого налета динамика изменения основных метеорологических параметров идентична и они для прогноза могут быть объединены в один вид, названный в дальнейшем в тексте «гололед»;

- для снежного наката и отложений рыхлого снега прогноз должен сводиться к прогнозу осадков или использованию информации радиолокаторов,

а также анализу температуры воздуха. Эти виды скользкости не образуются внезапно, технология работ по их профилактике и борьбе включает механическую очистку во время выпадения осадков.

Для организации работ необходимо определить момент начала выпадения осадков, их вид и интенсивность на одной из метеостанций и передавать упреждение вперед по ходу перемещения зоны с осадками. Эта информация может быть получена только от подразделений Росгидромета;

- такой вид скользкости как «черный лед» в континентальной части России практически не образуется. Условия, способствующие его образованию (конденсация влаги из воздуха на покрытии, имеющем температуру ниже точки росы), наблюдаются только очень незначительный период по времени (1-2 шага расчета, т.е. 15-30 мин), в течение которого скользкость сформироваться не успевают.

Для исследования условий образования этого вида скользкости и расчета физико-статистических моделей для его прогноза аналогичные расчеты нужно провести с использованием данных метеостанций тех регионов, где этот вид скользкости преобладает (прибрежные и горные районы).

Для получения надежного предупреждения в прогностические модели должны войти наиболее значимые (информативные) параметры. В ходе исследований была проведена оценка информативности метеорологических параметров и температуры дорожного покрытия, результаты которой приведены в табл. П.1 и П.2. В них параметры расположены в порядке убывания их информативности.

Для прогноза гололедицы с заблаговременностью в 3 ч наиболее информативными являются температуры воздуха и дорожного покрытия, а также относительная влажность воздуха и состояние дорожного покрытия.

Для прогноза гололеда с заблаговременностью в 3 ч наиболее информативный параметр - наличие осадков. Для физико-статистических моделей следует использовать те же три параметра, что и для прогноза гололедицы: температуру воздуха и дорожного покрытия, относительную влажность воздуха.

Как показали расчеты, включение в прогностические модели большего числа параметров не повышает надежности прогноза, а иногда резко ухудшает его качество.

При расчете физико-статистических моделей для специализированного прогноза образования скользкости на покрытиях использовался архив информации о возможных случаях обледенения дорожных покрытий за 10 лет, сформированный в ходе вычислений. Эти данные составили выборку, для элементов которой известен класс («скользкость» или «без скользкости»), к которому они принадлежат. Эта выборка называется обучающая. Для класса «скользкость» в обучающей выборке использовались значения отобранных параметров, зафиксированные в момент начала возможного обледенения покрытий, для класса «без скользкости»

Оценка информативности параметров, влияющих на образование гололедицы

Параметр	Обозначение параметра	Среднее значение параметра в момент образования гололедицы	Информативность параметров (в порядке убывания) и средние значения для заблаговременности							
			3 ч		6 ч		9 ч		24 ч	
			Параметр	Среднее	Параметр	Среднее	Параметр	Среднее	Параметр	Среднее
Температура воздуха	T_B	-0,5	T_B	0,5	T_B	1,1	T_B	1,1	RU	Ю
Температура покрытия	T_n	-0,1	T_n	0,7	T_d	-0,6	T_d	-0,5	W	90
Наличие осадков	OS	0,0	W	88	W	91	W	91	T_B	0,1
Скорость ветра	V	4,2	SP	1,0	T_B	0,9	T_n	0,9	SP	0,4
Состояние покрытия	SP	1,0	OS	-0,1	N	9,5	N	9,8	T_n	-0,2
Атмосферное давление	P	998,5	P	997,9	SP	0,9	SP	0,8	OS	-0,1
Направление ветра	RU	3	N	9,3	P	997,6	V	4,1	P	999,2
Облачность	N	8,5	V	4,0	V	4,2	OS	0,2	N	9,5
Точка росы	T_d	-2,4	T_d	-1,2	RU	3ЮЗ	P	997,0	T_d	-1,4
Относительная влажность в воздухе	W	85	RU	3ЮЗ	OS	0,2	RU	ЮЗ	V	3,5

Примечание. Принятые условные обозначения осадков и состояния дорожного покрытия: $OS = 0$ - осадки отсутствуют; $OS = 1$ - жидкие; $OS = -1$ - твердые осадки, $SP = 0$ - сухое покрытие, $SP = 1$ - мокрое покрытие. Средние значения этих параметров определены на основании статистической обработки результатов моделирования.

выбирались значения тех же параметров за сутки до образования скользкости, когда она заведомо отсутствовала, но имели место синоптические условия, благоприятствующие ее образованию. В результате расчетов была получена серия физико-статистических зависимостей для каждого информативного параметра в отдельности и их сочетания с целью выбора

Оценка информативности параметров, влияющих на образование гололеда

Параметр	Обозначение параметров	Среднее значение параметра в момент образования гололеда	Информативность параметров (в порядке убывания) и средние значения для заблаговременности							
			3 ч		6 ч		9 ч		24 ч	
			Параметр	Среднее	Параметр	Среднее	Параметр	Среднее	Параметр	Среднее
Температура воздуха	T_e	-1,6	OS	-0,3	OS	-0,3	OS	-0,3	OS	-0,1
Температура покрытия	T_n	-2,1	W	93	W	91	W	90	W	81
Наличие осадков	OS	1,0	T_e	-2,4	T_e	-3,0	T_e	-3,5	T_e	-5,1
Скорость ветра	V	4,2	T_n	-2,8	T_n	-3,3	T_n	-3,7	T_n	-5,4
Состояние покрытия	SP	1,0	SP	0,5	RU	ЮЗЮ	N	9,7	N	8,6
Атмосферное давление	P	995,8	P	996,6	V	4,5	V	4,2	P	1001,1
Направление ветра	RU	Ю	V	4,6	P	997,5	RU	ЮВ	RU	ЮВ
Облачность	N	10	RU	ЮВ	T_d	-4,3	P	998,4	V	3,7
Точка росы	T_d	-2,0	T_d	-3,3	SP	0,3	T_d	-4,7	SP	0,1
Относительная влажность в воздухе	W	95	N	9,9	N	98	SP	0,2	T_d	-6,6

Примечание. Условные обозначения осадков и состояния покрытия - см. примечание к табл. П. 1.

из них наиболее надежной для прогноза. Общий вид линейной физико-статистической модели для прогноза представляет зависимость вида:

$$D(X) = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_mx_m + a_{m+1}l' \quad (\text{П.1})$$

а прогнозирование с ее помощью сводится к тому, что измеренные значения параметров подставляются в уравнение (П.1) и определяется знак полученной величины. Если $D(X) < 0$, то образование скользкости через

3 ч не прогнозируется, а если $D(X) > 0$, то прогнозируется образование скользкости через 3 ч.

Физико-статистические модели для прогноза гололедицы рассчитаны для четырех наиболее информативных параметров и их различных сочетаний:

- температура воздуха (T_a);
- температура дорожного покрытия (T_n);
- относительная влажность воздуха (W);
- состояние покрытия (SP).

Физико-статистические модели для прогноза гололеда (твердого налета) рассчитаны для четырех наиболее информативных параметров и их сочетаний:

- температура воздуха (T_a);
- температура дорожного покрытия (T_n);
- относительная влажность воздуха (W);
- наличие осадков (OS).

Проверка полученных моделей производилась в режиме «экзамена» в ходе которого распознавались случаи скользкости, не используемые при обучении (эти данные рассчитаны для 5 лет наблюдений). Вычислялось количество и процент случаев верно и неверно спрогнозированных с помощью различных физико-статистических зависимостей. Результаты проверок приведены на рис. П.1. и П.2.



Рис. П.1. Результаты проверки надежности прогноза гололедицы с использованием различных физико-статистических моделей



Рис. П.2. Результаты проверки надежности прогноза гололеда с использованием различных физико-статистических моделей

При разработке программного обеспечения для прогнозирования зимней скользкости можно сделать расчет по всем физико-статистическим моделям, так как расчет знака нескольких функций не займет много машинного времени. Следует вести статистику оправдываемости полученных прогнозов. Это позволит выявить в итоге наиболее надежную модель или определить условия, при которых следует отдать предпочтение той или иной физико-статистической модели

Результаты исследования условий образования гололедицы и физико-статистических моделей для ее прогноза позволили сделать ряд выводов:

- большинство из полученных физико-статистических моделей позволяют прогнозировать гололедицу с высокой надежностью;
- учет при расчетах состояния покрытия (SP) позволяет повысить надежность прогноза гололедицы;
- расчету прогнозов по физико-статистическим функциям должен предшествовать анализ динамики изменения метеорологических параметров и погодных условий по прогнозам погоды, полученным от ЦГМС. В этом случае гололедицу можно спрогнозировать по метеорологическим параметрам (T_e , W) и состоянию покрытия SP без измерения температуры покрытия, что не сказывается на качестве прогноза;
- при использовании для прогноза физико-статистических зависимостей следует ожидать в ряде случаев «ложных сигналов», когда скользкость прогнозируется, но не образуется.

Аналогичные выводы получены и при анализе условий образования гололеда и твердого налета и физико-статистических моделей для их прогноза:

- для того, чтобы спрогнозировать гололед с высокой надежностью, необходим прогноз осадков и их агрегатного состояния (*OS*). При надежном прогнозе осадков наблюдается устойчивая высокая вероятность распознавания ситуаций с гололедом и без него при любом сочетании информативных параметров;

- при отсутствии прогноза осадков наиболее надежен прогноз гололеда по следующим сочетаниям параметров: (*W*), (*T_B*, *T_n*, *W*), (*T_B*, *W*), надежность результатов прогноза при этом приблизительно одинакова;

- расчету прогнозов по физико-статистическим функциям должен предшествовать анализ динамики изменения метеорологических параметров и погодных условий по прогнозам погоды, полученным от ЦГМС. В этом случае при прогнозе гололеда можно не использовать значения температуры покрытия, что не скажется на качестве прогноза;

- при отсутствии прогноза осадков и использовании физико-статистических моделей для прогноза скользкости следует ожидать до 35% «ложных сигналов», а также пропусков до 20% случаев образования скользкости.

Графическую интерпретацию прогнозирования скользкости с помощью физико-статистических зависимостей представим на примере модели с двумя параметрами, которая может быть изображена на плоскости. При прогнозировании гололедицы по двум параметрам - температуре и относительной влажности воздуха физико-статистическая зависимость имеет вид:

$$Y = -0,168 T_g - 0,0165 W + 5,648. \quad (\text{П.2})$$

Эта зависимость - уравнение прямой линии на плоскости в системе координат (*T_B*, *W*). Эта линия (рис. П.3) разделяет значения параметров *T_B* и *W* для классов «скользкость» и «без скользкости» таким образом, что по знаку функции (П.2) можно прогнозировать отсутствие или наличие гололедицы. Сочетание параметров, для которых знак функции будет положителен, возможно и в зонах, где образование гололедицы невозможно физически, т.е. при низких значениях относительной влажности воздуха и положительных температурах.

Следовательно, для прогноза нужно использовать определенную часть графика, которую называют *рабочей зоной*. Для прогноза гололедицы она определялась по диапазону изменения значений температуры и относительной влажности воздуха с 95%-ной обеспеченностью:

$$-1,8 \leq T_g \leq 0,0; \quad (\text{П.3})$$

$$60 \leq W \leq 100. \quad (\text{П.4})$$

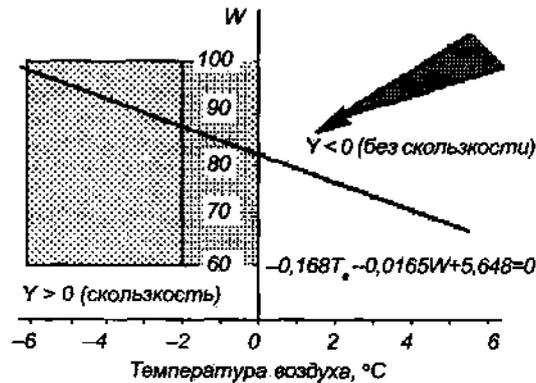


Рис. П.3. Геометрическая интерпретация прогноза образования гололедицы на дорожном покрытии физико-статистическими методами

Рабочая часть графика выделена заштрихованным прямоугольником. Как показывает анализ данных наблюдений, из-за остатков хлоридов на дорожном покрытии оно может оставаться влажным и при более низких температурах. Обработка данных о минимальных температурах воздуха в дни с мокрым покрытием показывает, что этот диапазон составляет:

$$-6,0 \leq T_p \leq -0,5, \quad (\text{П.5})$$

поэтому и рабочая часть графика была расширена. Пользоваться графиком нужно при следующих условиях:

- если покрытие дороги мокрое, влажное;
- наблюдается устойчивый рост атмосферного давления в течение суток;
- наблюдается одновременное понижение температуры и относительной влажности воздуха в течение 3-6 ч.

Последнее условие изображено стрелкой, показывающей направление изменения параметров при их переходе в рабочую зону, в которой происходит разделение двух классов «гололедица» и «без гололедицы» с помощью прямой линии (П.2).

Таким образом, основа алгоритма прогноза - учет динамики изменения параметров, переход значимых параметров в рабочую зону и расчет знака физико-статистической зависимости (П.2).

Аналогичная графическая интерпретация прогнозирования гололеда с помощью физико-статистической зависимости от двух параметров приведена на рис. П.4. При прогнозировании гололеда (твердого налета)

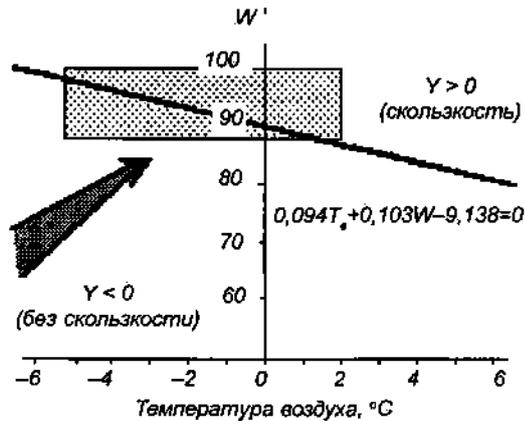


Рис. П.4. Геометрическая интерпретация прогноза образования гололеда на дорожном покрытии физико-статистическими методами

по двум параметрам - температуре и относительной влажности воздуха, физико-статистическая зависимость имеет вид:

$$Y = 0,094 T_a + 0,103 W - 9,138. \quad (\text{П.6})$$

Рабочей зоной графика является зона наиболее вероятных значений параметров в момент образования скользкости данного вида, диапазоны изменения которых с 95%-ной надежностью составляют

$$-5,2 \leq T_a \leq 2,0; \quad (\text{П.7})$$

$$87 \leq W \leq 100. \quad (\text{П.8})$$

Пользоваться графиком можно при наличии следующих условий:

- если после длительной морозной погоды Гидрометслужбой прогнозируется повышение температуры воздуха и выпадение осадков;
- наблюдается устойчивое падение атмосферного давления в течение суток;
- наблюдается одновременный рост температуры и относительной влажности воздуха в течение 3-6 ч.

Последнее условие изображено стрелкой, показывающей направление изменения параметров при образовании гололеда.

Как и в предыдущем случае, основу алгоритма прогноза составляет учет динамики изменения параметров, переход значимых параметров в рабочую зону и расчет знака физико-статистической зависимости (П.6).

Описанные процедуры специализированных прогнозов образования зимней скользкости могут быть легко реализованы в программу обработки метеоданных. Такая программа может дополнить набор прикладных программ, разрабатываемых для ЦУП. Практически все параметры, необходимые для расчетов, входят в перечень метеорологической информации, которая может запрашиваться от подразделений Росгидромета, все они измеряются АДМС.

Аналогичные физико-статистические модели для прогноза и других видов скользкости могут быть получены по такой же схеме, т.е. на основе специальных расчетов, проводимых с использованием данных наблюдений на метеостанциях. Для каждого конкретного региона могут быть получены коэффициенты физико-статистических зависимостей, исследованы условия образования скользкости, динамика изменения метеопараметров, отобраны наиболее значимые параметры для прогноза и оценена надежность распознавания скользкости при их использовании. Физико-статистические модели включают в свой состав не только метеорологические, но и дорожные параметры (температуру дорожного покрытия, его состояние). Модели могут использоваться для расчета специализированных прогнозов и при наличии дорожных метеостанций, и при их отсутствии. Во втором случае надежность прогнозирования может быть меньше из-за того, что температура покрытия не измеряется датчиком, а вычисляется по уравнению нестационарной теплопроводности на основе метеорологических параметров.

Литература

1. Автоматизированная система метеорологического обеспечения службы содержания дорог «ROSA - Метеотрасса». Техническое описание системы. - С-Пб.: ИРАМ, 2000. - 21 с.
2. Беер В. Техническая метеорология. - Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1966. - 290 с.
3. Бялобжеский Г.В. Дорога и грозные явления природы. - М.: Транспорт, 1981. - 144 с.
4. Васильев А.П. Проектирование дорог с учетом влияния климата на условия движения. - М.: Транспорт, 1986. - 248 с.
5. Васильев А.П., Яковлев Ю.М., Коганзон М.С. Реконструкция автомобильных дорог. Технология и организация работ: Учебное пособие. М.: МАДИ (ТУ), 1998. - 125 с.
6. Внедрение программы предотвращения гололеда в США. Автомобильные дороги: Научно-технический информационный сборник/ Информавтодор. - М., 2000. - Вып. 5. - 56 с.
7. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. - 616с.
8. Временное руководство по оценке уровня содержания автомобильных дорог. - М.: Информавтодор, 1997. - 63 с.
9. Временные рекомендации по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах Московской области / ГП РосдорНИИ, - М., 1997, - 46 с.
10. ВСН 20-87. Инструкция по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах/Минавтодор. РСФСР. - М.: Транспорт, 1988. - 41 с.
11. ВСН 24-88. Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог/Минавтодор РСФСР. - М.: Транспорт, 1989. - 198 с.
12. ГОСТ Р 50597-93. Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. - Введ. 01.07.94. - М.: Издательство стандартов, 1993. - 11 с.
13. Жуковский Е.Е. Метеорологическая информация и экономические решения. - Л.: Гидрометеиздат, 1981. - 303 с.
14. Коваленко П.П., Орлова Л.Н. Городская климатология. - М.: Стройиздат, 1993. - 144 с.
15. Концепция метеорологического обеспечения дорожного хозяйства Российской Федерации. Утв. Федеральной дорожной службой 6.08.1999 г. - М.: 1999. - 12 с.
16. Наставления гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 2. Ч. 1. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 111 с.
17. Об информации, информатизации и защите информации. Закон Российской Федерации № 24-ФЗ от 25.01.95 г.
18. О гидрометеорологической службе. Закон Российской Федерации № 113-ФЗ от 19.07.98 г.
19. Подольский Вл.П., Самодурова Т.В., Федорова Ю.В. Экологические аспекты зимнего содержания дорог. - Воронеж: ВГАСА, 2000. - 152 с.
20. Положение об информационных услугах в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения окружающей среды. - Утв. постановлением Правительства РФ № 1425 от 15.11.97 г.

21. Пояснительная записка к Концепции метеорологического обеспечения дорожного хозяйства Российской Федерации. Утв. 6.08.1999 г. - М.: 1999. - 38 с.
22. Разработка стратегий для служб содержания автомобильных дорог Московской области. План осуществления метеосистем на автомобильных дорогах/Проект ТАСИС. 1997. - 49 с.
23. Самодурова Т.В. Организация борьбы с зимней скользкостью на автомобильных дорогах по данным прогноза: Дис...канд.техн.наук - М.,1992. - 235 с.
24. Самодурова Т.В. Оценка информативности параметров, влияющих на образование гололеда (по результатам вычислительного эксперимента) // Сб. науч. трудов IV Международной конференции женщин-математиков. - Нижний Новгород, 1997. -С. 92-96.
25. Samodurova T.V. Models for short-term road ice formation forecast /10-th International Road Weather Conference, Davos, Switzerland, 22-24 March, 2000, - P.25-31.
26. Скияров В.М. Метеорология для гидрометеонаблюдателей. - М.: Гидрометеопиздат, 1955. - 295 с.
27. Vaisala News. Winter Maintenance. - 1997. - № 144. - 28 p.
28. 10-th International Road Weather Conference// Proceedings, Davos, Switzerland, 22-24 March, 2000, - 239 p.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Основы метеорологического обеспечения народного хозяйства Российской Федерации	5
1.1. Основные понятия и определения	5
1.2. Приход и расход тепла в атмосфере	6
1.3. Основные метеорологические параметры, их физическая сущность, производство наблюдений	10
1.3.1. Температура почвы	10
1.3.2. Температура воздуха	11
1.3.3. Влажность воздуха	12
1.3.4. Конденсация водяного пара в атмосфере, гидрометеоры	14
1.3.5. Туманы, атмосферные осадки	17
1.3.6. Снежный покров	18
1.3.7. Атмосферное давление воздуха	19
1.3.8. Ветер	20
1.4. Организация метеорологических наблюдений в России	21
1.5. Погода и способы ее предсказания	26
1.6. Организация сбора и обработки информации для разработки прогнозов погоды и доведение их до потребителя	32
2. Влияние погоды и климата на производственную деятельность дорожных организаций, безопасность движения, экологическое состояние придорожных территорий	35
2.1. Транспортно-эксплуатационные показатели автомобильной дороги	35
2.2. Влияние погодно-климатических факторов на потребительские свойства автомобильных дорог	37
2.3. Зимняя скользкость дорожных покрытий и условия ее образования	46
2.4. Снежные отложения и метелевые заносы на дорогах	53
3. Методы защиты дорог от неблагоприятных погодных воздействий и необходимая для этого метеорологическая информация	58
3.1. Современные требования к зимнему содержанию дорог	58
3.2. Методы и технологии зимнего содержания дорог и необходимая метеорологическая информация	63
3.3. Методы защиты дорог от снежных заносов	83

4. Специализированное метеорологическое обеспечение дорожного хозяйства	87
4.1. Метеорологические информационные ресурсы	87
4.2. Использование метеорологической информации при проектировании, строительстве, ремонте и содержании дорог	90
4.3. Зарубежный опыт специализированного метеорологического обеспечения дорожных организаций	95
4.3.1. Специализированное метеорологическое обеспечение дорожных организаций Национальными службами погоды	95
4.3.2. Метеорологические наблюдения в дорожных организациях	98
4.3.3. Современное состояние специализированного дорожного метеорологического обеспечения за рубежом и перспективы его развития	100
4.4. Отечественный опыт специализированного метеорологического обеспечения дорожных организаций	106
4.4.1. Общие положения	106
4.4.2. Организация метеорологического обеспечения дорожного хозяйства России	108
4.4.3. Опыт работы дорожных автоматических метеосистем ..	111
4.4.4. Пути совершенствования специализированного дорожного метеообеспечения в России	120
5. Технические средства, используемые для специализированного метеорологического обеспечения дорожных организаций	126
5.1. Автоматические дорожные метеорологические станции (АДМС).	126
5.2. Дорожные видеокамеры	130
5.3. Метеорологические радиолокаторы	130
5.4. Автоматизированная информационно-измерительная система метеорологического обеспечения дорожных организаций	133
5.5. Опыт эксплуатации АСМО «Метеотрасса»	138
6. Специализированное метеорологическое обеспечение в системе управления зимним содержанием автомобильных дорог	143
6.1. Управление зимним содержанием автомобильных дорог и задачи, решаемые с помощью СДМО	143
6.2. Этапы создания СДМО	148
6.3. Планирование сети АДМС	148
6.4. Подсистема погодного мониторинга в центрах управления производством (ЦУП)	151
6.5. Рекомендации по составлению регламента проведения работ по содержанию дороги на основе метеорологической информации	154
6.6. Электронные журналы в центрах управления производством	165
Заключение	168
<i>Приложение. Прогнозирование образования скользкости на дорожном покрытии</i>	169
Литература	180

Самодурова Татьяна Васильевна

**Метеорологическое обеспечение зимнего
содержания автомобильных дорог**

Ответственный за выпуск - **Г.Д. Поневежская**
(Исполнительный Комитет Ассоциации «РАДОР»)

Шеф-редактор Центра «ТИМР»
Н.Н. Смирнов

Редактор
Л.П. Топольницкая

Компьютерная верстка
Н.Е. Нильва

ЛР № 062784 от 08.09.98

Информационно-издательский центр «ТИМР»
129327, Москва, ул. Ленская, д. 2/21
E-mail: center-timr@mtu-net.ru

Подписано к печати 18.02.2003 г. Формат 60×84 1/16
Бумага офсетная. Гарнитура «Тайме»
Печать офсетная. Объем 11,5 п.л. Тир. 1000 экз. Цена свободная

Отпечатано в типографии ООО «ФКХ Лтд»
111020, Москва, Юрьевский пер., д. 15

