

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА РОССИИ ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
(РОСГИДРОМЕТ)**

**АГЕНТСТВО РОСГИДРОМЕТА
ПО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОМУ ГИДРОМЕТОБЕСПЕЧЕНИЮ
(МЕТЕОАГЕНТСТВО РОСГИДРОМЕТА)**

КЛИМАТ И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ

**Москва
2000**

УДК 551.558

В настоящем издании рассматриваются вопросы влияния погодных и климатических условий на деятельность основных служб железнодорожного транспорта. Оно рассчитано на широкий круг специалистов, работающих в области обеспечения железнодорожной отрасли специализированной гидрометеорологической информацией и ее практического применения.

Издание может быть использовано в качестве учебного пособия в железнодорожных и гидрометеорологических учебных заведениях страны.

Авторы: В.А. Зябриков, Н.В. Кобышева, В.С. Циркунов

Издание подготовлено к печати Метеоагентством Росгидромета.
123242, г. Москва, Нововаганьевский пер., 12,
Метеоагентство Росгидромета.
Тел./факс: (095)255-50-75

ВВЕДЕНИЕ

Железнодорожный транспорт является одной из ведущих отраслей экономики России, он осуществляет более половины всего грузооборота и большую часть пассажирских перевозок. В то же время железнодорожный транспорт — это погодозависимая отрасль.

Рыночные преобразования в стране, дальнейшее освоение природных ресурсов северных и восточных регионов неизбежно ведут к росту объемов перевозок. Следовательно, для успешного развития отрасли требуются техническая реконструкция железнодорожного транспорта, строительство высокоскоростных линий, внедрение новых технологий и т.д.

Как показывает зарубежный опыт, техническое перевооружение железнодорожного транспорта на базе новейших достижений науки и техники приводит к еще большей его зависимости от погодных и климатических условий. Поэтому решение многих текущих и перспективных задач железнодорожной отрасли требует использования специализированной гидрометеорологической информации.

1. ВЛИЯНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОСНОВНЫХ СЛУЖБ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

1.1. Общие сведения

Эксплуатационная протяженность железных дорог в стране составляет около 150 тыс. км, а это значит, что сеть железных дорог расположена на большой по географической протяженности территории в разных климатических зонах.

Железнодорожный транспорт круглосуточно работает под открытым небом, поэтому бесперебойная, четкая и безопасная работа его во многом зависит от условий погоды.

Если говорить о зависимости разных видов транспорта (морского, речного, автомобильного, воздушного и железнодорожного) от условий погоды, то необходимо отметить, что наиболее подвержен этим условиям железнодорожный транспорт, так как на его работу оказывают влияние практически все явления погоды (рис. 1.1.).

Многие явления погоды в отдельности или в совокупности с другими приводят не только к сбоям, но могут временно парализовать работу станций, узлов и даже целых направлений.

Погода — это совокупность метеорологических величин и явлений, которые характеризуют состояние атмосферы в определенный момент времени в строго определенном месте [59].

К метеорологическим явлениям относятся туманы, грозы, гололедно-изморозевые явления, снегопады, дожди, метели, пыльные бури и т.д.

Метеорологические явления имеют качественную оценку: слабые, умеренные, сильные.

Таким образом, говоря о погодных условиях, мы понимаем погоду сегодняшнего дня, месяца или сезона, прошлого или будущего года.

Климатические условия, иначе климат,— это усредненное физическое состояние атмосферы, которое чаще всего наблюдается в данном районе за определенный период времени [35, 59].

На практике климат характеризуется определенными показателями: средней многолетней температурой воздуха, средним многолетним количеством осадков, средним многолетним числом дней с грозами, туманами, сильным ветром, метелями, гололедно-изморозевыми явлениями и т.д. Эти показатели, определенные за достаточно длинный ряд лет, считают климатическими нормами для данного района.

Основным и определяющим условием успешной работы железнодорожного транспорта в сложных погодных условиях в первую очередь является:

- понимание работниками железнодорожного транспорта сущности влияния погодных условий на деятельность его основных служб;

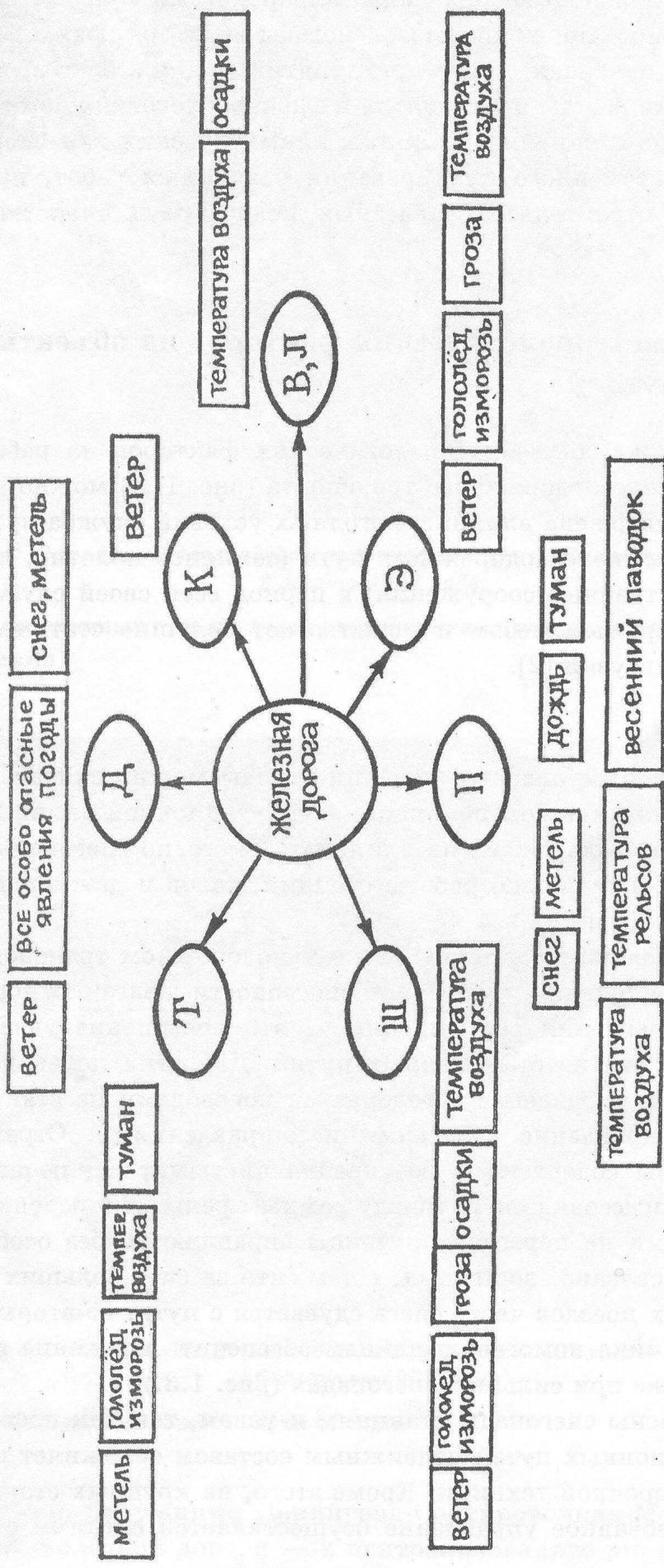


Рис. 1.1. Влияние метеорологических факторов на основные службы железнодорожного транспорта

Д — служба перевозок, Т — локомотивная служба, П — служба путей, III — служба сигнализации и связи, Э — служба электроснабжения, Л — пассажирская служба, В — служба контейнерных перевозок и коммерческой работы

- получение характеристик метеорологических величин, которые могут быть использованы гидрометеорологами для составления специализированных прогнозов погоды и штормовых предупреждений, а руководителями предприятий — для заблаговременной организации работы предприятий в сложных условиях погоды;
- определение специализированных климатических характеристик для долговременного планирования различных работ, проектирования и строительства железных дорог и различных железнодорожных объектов.

1.2. Влияние метеорологических факторов на объекты службы пути

Рассматривая влияние метеорологических факторов на работу основных служб железнодорожного транспорта (рис. 1.1.) можно видеть, что наиболее подвержена влиянию погодных условий служба пути, так как все элементы железнодорожного пути (земляное полотно, верхнее строение, искусственные сооружения) в период всей своей службы находятся под открытым небом и испытывают большие статические и динамические нагрузки [2].

1.2.1. Снегопады

Одним из наиболее опасных явлений погоды можно считать снегопады и метели, так как большая часть эксплуатационной длины железнодорожных дорог страны подвержена их влиянию. Ежегодно снегопады и метели приводят к нарушению работы станций, узлов и даже целых направлений [17, 34] (рис. 1.2.).

Важным и сложным вопросом на железнодорожном транспорте является вопрос увеличения пропускной способности железнодорожных дорог.

Одно из направлений его решения — это повышение участковой скорости и скорости на станционных путях. Для этих целей введены централизованное управление стрелочными переводами на станциях и диспетчерское управление участками и направлениями. Стрелочные переводы должны содержаться безупречно чистыми, исключающими возможность напрессовки снега между рамным рельсом и остряком.

Со снегопадами на перегонах путейцы справляются без особых затруднений. Это связано, во-первых, с тем, что за счет больших скоростей проходящих поездов часть снега сдувается с пути, во-вторых, снегоуборочная техника помогает путейцам обеспечить движение поездов на перегонах даже при сильных снегопадах (рис. 1.3.).

Наиболее опасны снегопады станциям и узлам, так как постоянная занятость станционных путей подвижным составом осложняет использование снегоуборочной техники. Кроме этого, на крупных станциях и узлах централизованное управление осуществляется сотнями стрелочных переводов.



Рис. 1.2. О. Сахалин. Железнодорожный участок Южно-Сахалинск — Поляково, 2 марта 1987 года:

Железнодорожный путь после расчистки снежного заноса, вызванного снегопадами и метелями

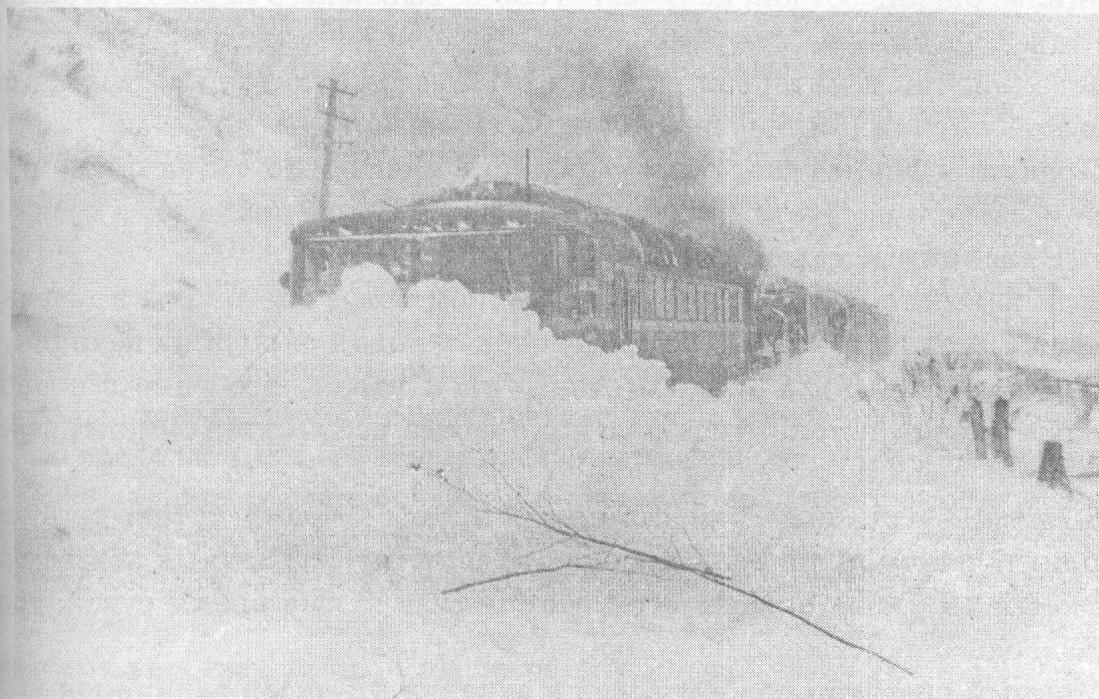


Рис. 1.3. О. Сахалин. Железнодорожный участок Шахта — Ильинск, 26 февраля 1987 года:

Очистка железнодорожного пути от снега

Например, на станции Ленинград-Сортировочная-Московская Октябрьской железной дороги — в централизованное управление включено более 300 стрелочных переводов (рис. 1.4.).

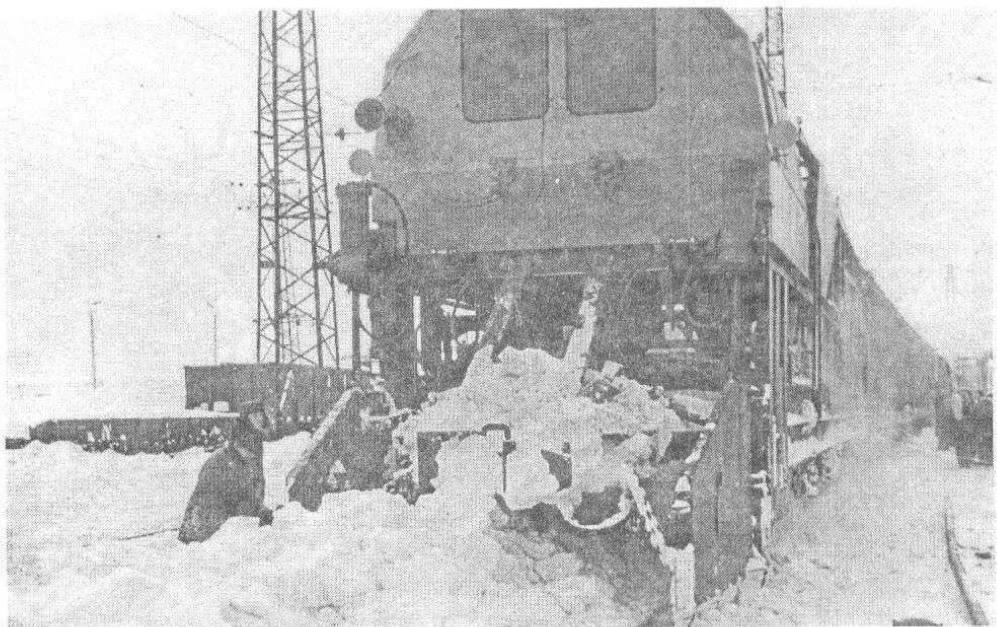


Рис. 1.4. Станция Белгород Южной железной дороги, 21 января 1970 года:

Очистка железнодорожного пути в центральном парке станции снегоуборочной машиной

Продолжительность рабочей смены на железнодорожном транспорте, как правило, составляет 12 часов, поэтому количество снега, опасного станциям, оценивают как количество снега, выпавшего за рабочую смену, т.е. за 12 часов.

В дальнейшем интервал времени в 12 часов будет одним из критериев при оценке опасности любого явления погоды.

Практика показывает, что выпадение снега до 5 см за смену при слабом ветре и отсутствии снежного покрова, как правило, к сбоям в работе станций и узлов не приводит.

При наличии снежного покрова, слабом ветре снегопады в течение 12 часов, создающие прирост высоты снежного покрова на величину:

3-5 см — опасны крупным станциям и узлам, особенно в ночное время, требуют дополнительного количества рабочих на очистку стрелочных переводов;

6-10 см — опасны всем станциям в любое время суток, требуют дополнительного количества рабочих на очистку стрелочных переводов;

свыше 10 см — опасны всем станциям в любое время суток, требуют ввода в действие снегоуборочной техники.

Мокрый снег при слабом ветре в течение 12 часов величиной в:

1-4 см — опасен крупным станциям и узлам только в ночное время. Происходит намерзание мокрого снега на металлические поверхности. Требуется дополнительное количество рабочих на очистку стрелочных переводов;

5-10 см — очень опасен всем станциям в любое время суток. Требуется значительное количество рабочих на очистку стрелочных переводов;

свыше 10 см — требуется ввод в действие снегоуборочной техники.

Выпадение мокрого снега ≥ 5 см в сочетании с резким понижением температуры воздуха равносильно стихийному бедствию. Сбои в работе станций и узлов возможны даже при своевременно принятых мерах. Своевременно принятые меры уменьшают экономические потери и сократят сроки восстановления нормальной работы станций.

Необходимо помнить, что выпадение указанного выше количества снега за промежуток времени менее 12 часов еще больше осложнит работу станции или узла.

Метели значительно опаснее снегопадов.

Метель — это горизонтальный перенос ветром снега над поверхностью земли. Исходя из характера переноса снега ветром, выделяют следующие три разновидности метелей: общая метель, низовая метель и поземка [38].

Общая метель (метель с выпадением снега) — это перенос снега вдоль земной поверхности при выпадении его из облаков.

При этом, обычно, бывает трудно различить, поднимается ли снег ветром с поверхности снежного покрова или выпадает из облаков.

Общая метель начинается, как правило, уже при ветре 6-7 м/с.

Низовая метель — это перенос ветром снега, поднятого с поверхности снежного покрова, причем снег поднимается на высоту не ниже человеческого роста, что приводит к ухудшению горизонтальной видимости. Для низовой метели необходимо наличие сухого рыхлого снежного покрова и ветра не менее 10-12 м/с.

Поземка — это перенос снега ветром непосредственно над поверхностью снежного покрова. Для поземки, как и для низовой метели, необходимо наличие сухого рыхлого снежного покрова и ветра 6-7 м/с.

Обеспечить четкую, бесперебойную работу железнодорожного транспорта при метели очень трудно.

Даже на перегонах при метелях с выпадением снега заносы иногда достигают огромных размеров. Бывают случаи образования на путях снежных валов, превышающих высоту вагона (рис. 1.5.).

Большое значение при метелях всех видов имеет профиль пути.

По профилю пути его заносимость подразделяется на три категории:

1 категория (самая опасная) — выемки глубиной свыше 0,4 м, а также территории станций.

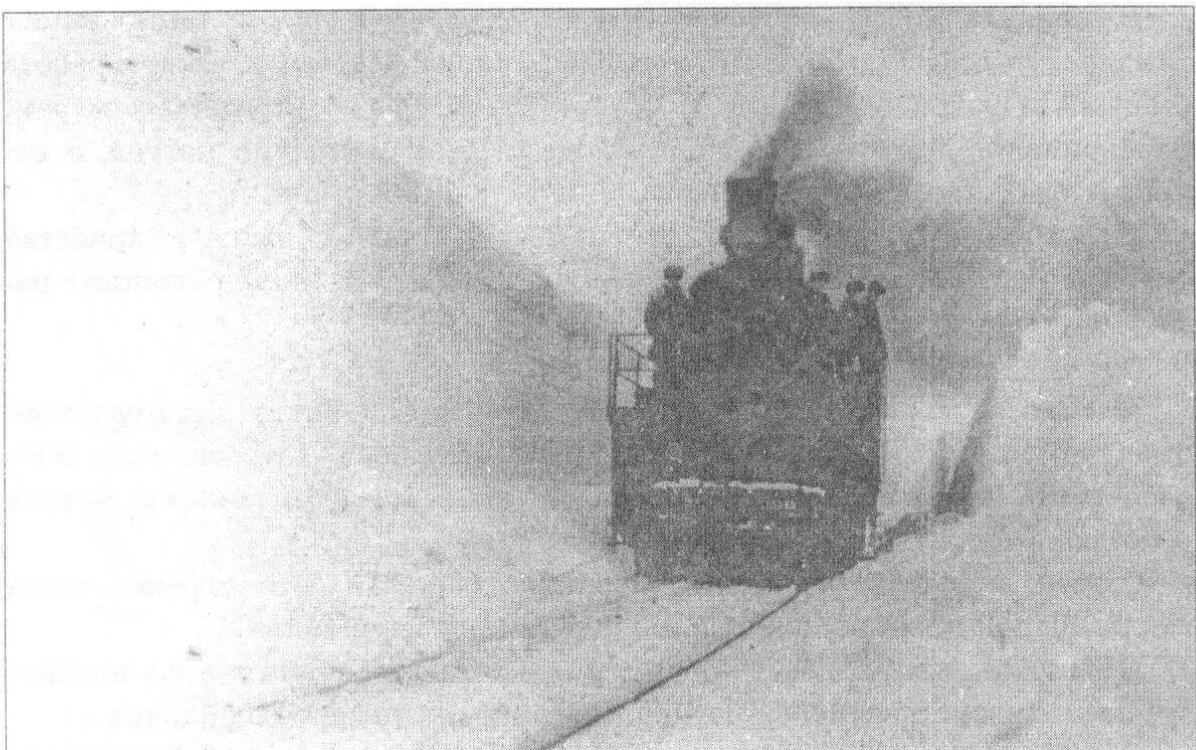
2 категория — нулевое место, мелкие насыпи до 0,4 м.

3 категория — мелкие насыпи высотой до 0,65 м, а на сильно заносимых участках пути — высотой до 1 метра.

Рассмотрим влияние следующих типов метелевой деятельности при наличии снежного покрова.

Общая метель продолжительностью до 3 часов при скорости ветра до 10 м/с, создающая прирост высоты снежного покрова за 12 часов величиной:

1-3 см — опасна большим станциям и узлам в ночное время и требует дополнительного количества рабочих для очистки стрелочных переводов;



*Рис. 1.5. Перегон Муравский — Снеги Южной железной дороги,
20 января 1970 года:*

Открытие движения поездов на перегоне после сильной метели. (Высота снега превышает высоту паровоза)

до 5 см — опасна всем станциям в любое время суток, но особенно в ночное время, требует дополнительного количества рабочих для очистки стрелочных переводов;

6-10 см — опасна всем станциям в любое время суток, требует значительного дополнительного количества рабочих для очистки стрелочных переводов;

свыше 10 см — требует ввода в действие снегоуборочной техники.

Общая метель продолжительностью от 4 до 12 часов при скорости ветра 10-14 м/с, создающая прирост снежного покрова за 12 часов величиной:

до 5 см — опасна всем станциям в любое время суток и требует дополнительного количества рабочих для очистки стрелочных переводов;

6-10 см — опасна всем станциям в любое время суток и требует ввода в действие снегоуборочной техники;

свыше 10 см — опасна всем станциям в любое время суток, требует ввода в действие снегоуборочной техники, вызова рабочих 2 и 3 очереди.

Общая метель продолжительностью свыше 12 часов при скорости ветра 15 м/с, создающая прирост высоты снежного покрова за 12 часов величиной:

до 5 см — опасна всем станциям в любое время суток, требует значительного дополнительного количества рабочих для очистки стрелочных переводов, возможен ввод в действие снегоуборочной техники;

6-10 см — требует ввода в действие снегоуборочной техники, вызова рабочих 2 и 3 очереди;

свыше 10 см — равносильна стихийному бедствию, требует ввода в действие снегоуборочной техники, вызова рабочих 2 и 3 очереди, привлечения рабочей силы с предприятий города и т.д.

Сбои в работе станций и узлов возможны даже при своевременно принятых мерах. Своевременно принятые меры позволяют уменьшить экономические потери и сократить сроки восстановления нормальной работы станций и узлов.

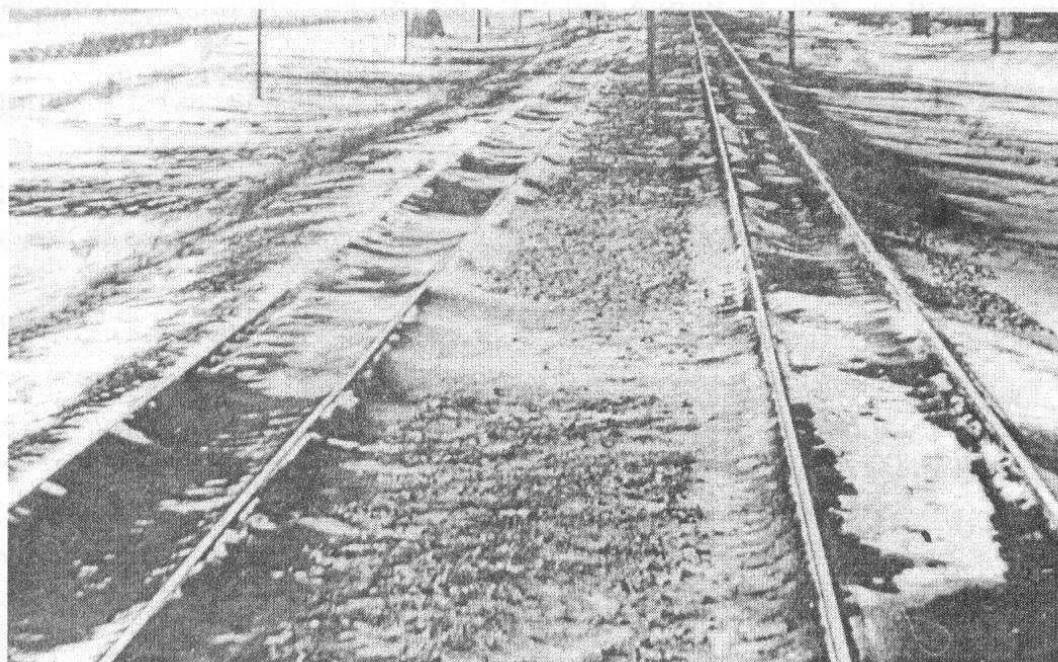
Низовая метель и поземка продолжительностью 12 часов опасны всем станциям и узлам в любое время суток.

Требуют привлечения дополнительной рабочей силы для очистки стрелочных переводов.

При продолжительности более 12 часов необходимо вводить в действие снегоуборочную технику.

Часто бывают случаи, когда низовая метель и поземка наблюдаются до 1-2 недель подряд.

Такая продолжительность в конечном счете приводит к сбоям в работе станций и узлов даже при наличии дополнительной рабочей силы и круглосуточной работе снегоуборочной техники (рис. 1.6.).



*Рис. 1.6. Железнодорожный участок Староминская — Тимашевская
Северо-Кавказской железной дороги:*

Занос железнодорожного пути пылью и снегом

Все осадки (твердые, жидкие, смешанные) при метеорологических станциях и постах принято измерять в миллиметрах слоя воды, который образовался бы на горизонтальной поверхности при условии, если бы вся вода от выпавших дождей и от таяния снега не стекала, не испарялась и не просачивалась в грунт.

Количество выпавших осадков может быть еще представлено в виде их объема на единицу площади.

Например, если сумма годовых осадков составляет 600 мм, то объем воды от осадков, приходящийся на 1 га (100000 м^2) составит 6000 м^3 , а на 1 км^2 — 600 тыс. м^3 .

Железнодорожникам, в первую очередь путейцам, в зимний период, когда осадки выпадают преимущественно в виде снега и мокрого снега, необходимо знать, какова будет высота снежного покрова за период его выпадения [24, 44].

Многолетние (с 1960 по 1986 год) одновременные наблюдения за высотой снежного покрова в сантиметрах и количеством выпавшего снега, измеренного в миллиметрах, проведенные на Октябрьской железной дороге, позволили вычислить средний коэффициент K для перевода осадков, измеренных в миллиметрах, в высоту снежного покрова.

Если $K = 1$, то один миллиметр осадков соответствует одному сантиметру высоты снежного покрова.

В зависимости от структуры снега и условий погоды коэффициент K может изменяться от 0,5 до 1,5.

Для мелкого сухого снега, а также для мокрого снега, выпадающего ранней осенью или в конце весны при положительной температуре воздуха, $K = 0,5 - 0,8$.

Когда снег выпадает при слабом ветре или штиле, а также при выпадении мокрого снега $K = 1,3 - 1,5$.

Эти же наблюдения были использованы для получения зависимости высоты снежного покрова от интенсивности и времени выпадения снега (табл. 1.1.).

Таблица 1.1

*Высота снежного покрова
в зависимости от времени выпадения и интенсивности снега*

Интенсивность выпадения снега	Изображение по карте погоды	Время выпадения (снега час)	Высота снежного покрова (см)
Слабый непрерывный	* *	4-5	1
Слабый, временами умеренный, непрерывный	* *, * *	1,5-2	1
Умеренный непрерывный	* * *	1,5	1
Умеренный, временами сильный, непрерывный	* *, * *, *	1	1
Сильный непрерывный	* * *	1	1,5-2

1.2.2. Температура воздуха, облачность и ветер и их влияние на температуру рельсов

Другим, после снегопадов и метелей, метеорологическим фактором, от которого во многом зависит работа путейцев, является температура воздуха [30, 36].

Для пути, особенно бесстыкового, большое значение имеют высокие ($\geq 25^{\circ}\text{C}$) и низкие ($\leq -25^{\circ}\text{C}$) температуры воздуха.

Под влиянием высоких температур воздуха (тем более если они держатся в течение нескольких дней) рельсы удлиняются.

При неудовлетворительном текущем содержании пути происходит сгон стыков, образуются “слепые зазоры”, что приводит к нарушению изоляции в изолирующих стыках и выбросу пути.

Низкие температуры воздуха вызывают укорачивание рельсов.

Это ведет к увеличению зазоров, нарушению изоляции изолирующих стыков, разрыву стыков и излому рельсов.

При производстве путевых работ по разгонке и регулировке зазоров, снятию температурных напряжений, предварительном определении длины рельсов уравнительного пролета плетей при бесстыковом пути и других работах, связанных с нарушением устойчивости пути, необходимо знать непосредственно температуру рельсов.

Этой проблемой на сети дорог занимаются много и плодотворно транспортные гидрометеорологи.

На дорогах получена зависимость температурного режима рельсов от температуры воздуха.

Для наблюдений за температурой рельсов на метеорологической станции устанавливается стенд пути, где имеются 2 рельса длиной 1,5 м, ориентированных один с запада на восток, другой с севера на юг.

С торца в головке рельсов вы сверлены отверстия по диаметру термометров, которыми измеряется температура рельсов глубиной не более 15 см.

В эти отверстия до упора устанавливают срочный и максимальный (минимальный) термометры (рис. 1.7).

Перед установкой на термометр одевается резиновое кольцо шириной около 20 мм или его обматывают изоляционной лентой. Кольцо должно плотно входить в отверстие в рельсах стендса. Резиновое кольцо (обмотка из изоляционной ленты) предназначено для крепления термометра в рельсе, предохранения его резервуара от влаги и ликвидации циркуляции воздуха в отверстиях.

Организация и производство наблюдений за температурой рельсов, обработка полученных данных приведена в Методических указаниях Главного управления пути МПС [36].⁽³⁵⁾

Основным источником нагрева рельсов является солнце, поэтому необходимо знать температуру рельсов, в первую очередь, при ясной безоблачной погоде, когда она достигает наибольших значений в дневные часы летом и наименьших значений вочные часы зимой.

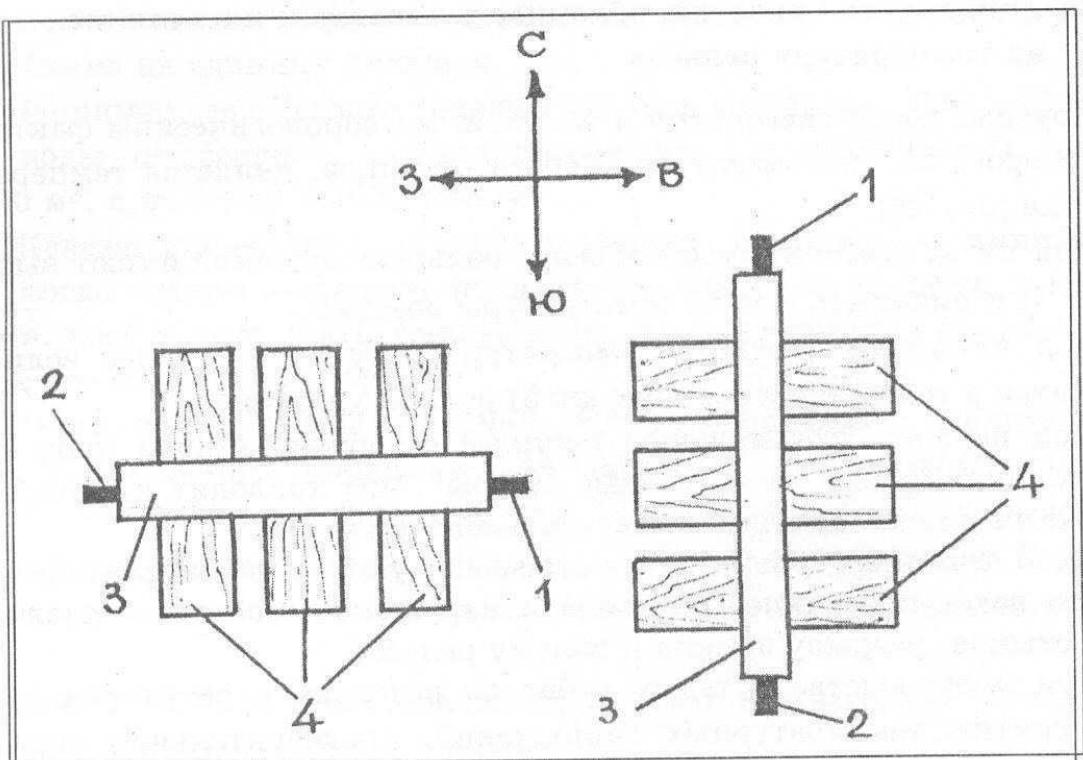


Рис. 1.7. Схема установки на метеорологических станциях стендов пути:

1 — срочный термометр; 2 — максимальный (минимальный) термометр; 3 — рельсы; 4 — шпалы.

Для определения расчетной максимальной (минимальной) и ежечасной температуры рельсов используют связь температуры рельсов с температурой воздуха при ясной погоде.

Приведем пример определения поправок к температуре воздуха на территории Октябрьской железной дороги (Северо-Запад ЕТС) для определения максимальной и ежечасной температуры рельсов при ясной погоде.

По данным параллельных наблюдений за температурой воздуха и рельсов, расположенных с запада на восток (З-В) и с севера на юг (С-Ю) при ясной погоде за период с 1960 по 1980 год ежедневно для каждого срока наблюдений определялась поправка к температуре воздуха Δt° , которая является разницей между температурой рельса, расположенного с запада на восток, и температурой воздуха

$$\Delta t_{(з-в)}^\circ = t_{p(з-в)}^\circ - t_v^\circ, \quad (1.1)$$

а также между температурой рельса, расположенного с севера на юг, и температурой воздуха

$$\Delta t_{(с-ю)}^\circ = t_{p(с-ю)}^\circ - t_v^\circ. \quad (1.2)$$

За весь период наблюдений для каждой декады месяца (апрель-октябрь) рассчитывают ежечасную (с 7 до 18 часов) многолетнюю среднюю поправку к температуре воздуха (табл. 1.2, 1.3).

В случае, если нет ежечасных наблюдений за температурой воздуха и рельсов, а имеются, например, наблюдения через каждые 3 часа, то поступают следующим образом: вычисляют Δt° для каждого срока на-

блодений, затем строят график для каждой декады месяца, с которого снимают ежечасную поправку к температуре воздуха (рис 1.8).

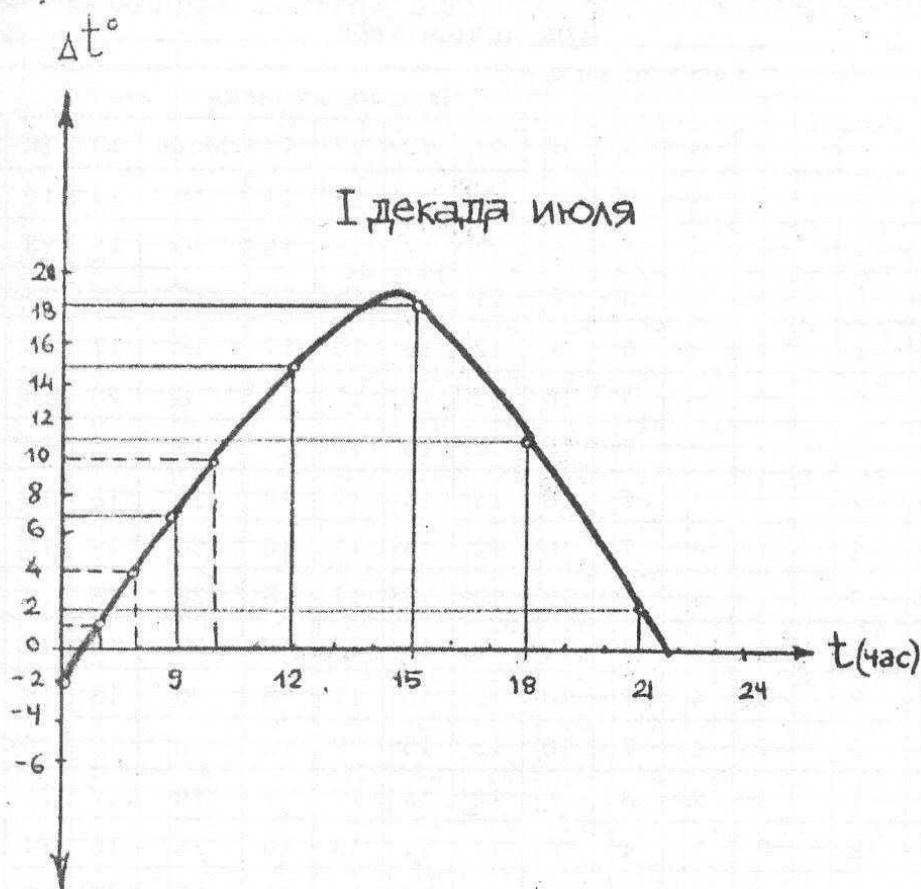


Рис. 1.8. График для определения ежечасных поправок к температуре воздуха при ясном небе для рельса, расположенного с запада на восток

Поправка к температуре воздуха достигает своих максимальных значений в период с 14 до 15 часов и берется по фактическим наблюдениям.

Используя таблицы 1.2 и 1.3, определяют ежечасную и максимальную температуру рельсов при ясной погоде.

Например, на Ленинградском железнодорожном узле 3 августа 1990 г. в 13 часов (московское летнее время) температура воздуха составляет $+23^{\circ}$, максимальная температура воздуха ожидается $+24^{\circ}$.

Наблюдается малооблачная погода, ветер северо-западный с порывом 6 м/с.

Необходимо определить максимальную температуру рельсов и температуру рельсов, расположенных с запада на восток и с севера на юг в 13 часов.

1. По таблице 1.2 находят поправку к температуре воздуха на 13 часов ($\Delta t_{13}^{\circ} = 15^{\circ}$) и максимальную поправку к максимальной температуре воздуха ($\Delta t_{max}^{\circ} = 19^{\circ}$), которые и прибавляют соответственно к максимальной температуре и к температуре воздуха на 13 часов.

$$T_{p\ max} = 24^{\circ} + 19^{\circ} = 43^{\circ}, \quad T_{p13\ (з-в)} = 23^{\circ} + 15^{\circ} = 38^{\circ}.$$

Таблица 1.2

**Поправка к температуре воздуха для определения
температуры рельсов, расположенных с запада на восток
при ясном небе**

Месяц	Декада	Часы наблюдения												
		7	8	9	10	11	12	13	14	Макс	15	16	17	18
Апрель	1	-	-	0	4	8	10	13	14	15	14	12	10	-
	2	-	-	1	6	10	12	14	15	16	15	13	11	-
	3	-	-	3	7	11	13	15	16	17	15	14	12	-
Май	1	-	-	5	9	12	15	16	17	18	17	15	13	-
	2	-	-	5	10	12	15	17	18	18	18	16	14	-
	3	-	-	7	10	12	15	17	18	19	18	16	14	-
Июнь	1	1	4	7	10	12	15	17	18	20	18	16	14	11
	2	1	4	7	10	12	15	17	18	20	18	16	14	11
	3	1	4	7	10	12	15	17	18	20	18	16	14	11
Июль	1	1	4	7	10	12	15	17	18	20	18	16	14	11
	2	1	4	7	10	12	15	17	18	20	18	16	14	11
	3	1	4	7	10	12	15	17	18	20	18	16	14	11
Август	1	1	3	6	9	12	15	17	17	19	17	15	13	11
	2	0	1	4	7	11	14	15	16	18	16	14	12	11
	3	0	0	2	6	10	13	14	15	17	15	13	11	10
Сентябрь	1	-	-	1	5	9	13	14	15	17	15	13	10	-
	2	-	-	0	4	7	11	13	14	16	14	12	9	-
	3	-	-	1	3	6	9	11	12	14	12	9	6	-
Октябрь	1	-	-	2	2	5	7	9	10	12	10	8	-	-
	2	-	-	2	2	3	6	8	10	11	10	8	-	-
	3	-	-	2	1	2	4	7	9	10	9	7	-	-

2. По таблице 1.3. находят поправку к температуре рельсов, расположенных с севера на юг. На 13 часов ($\Delta t^{\circ}_{13} = 15^{\circ}$) и, прибавляя ее к температуре воздуха на 13 часов, определяют температуру рельсов.

$$t^{\circ}_{p13 \text{ (с-ю)}} = 23^{\circ} + 15^{\circ} = 38^{\circ}.$$

По данным метеостанции "Фарфоровый Пост" фактическая температура рельсов 03.08.90 была:

$$t^{\circ}_{p13 \text{ (з-в)}} = 39^{\circ}, \quad T_{p13 \text{ (с-ю)}} = 38^{\circ}, \quad T_{p \max} = 43^{\circ}.$$

Максимальная температура воздуха $+24^{\circ}$.

Таблица 1.3

*Поправка к температуре воздуха для определения
температуры рельсов, расположенных с севера на юг*

Месяц	Декада	Часы наблюдения											
		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Апрель	1	-	-	7	8	9	8	8	9	9	10	11	-
	2	-	-	8	10	11	10	9	10	10	11	12	-
	3	-	-	10	11	12	11	10	11	10	12	13	-
Май	1	-	-	13	14	14	14	13	13	13	14	15	-
	2	-	-	13	15	14	14	14	14	14	15	16	-
	3	-	-	15	15	14	14	14	14	14	15	16	-
Июнь	1	5	9	12	13	14	15	13	13	13	13	14	12
	2	5	9	12	13	14	15	13	13	13	13	14	12
	3	5	9	12	13	14	13	13	13	13	13	14	12
Июль	1	5	9	12	13	14	15	13	13	13	13	14	12
	2	5	9	12	13	14	15	13	13	13	13	14	12
	3	5	9	12	13	14	15	13	13	13	13	14	12
Август	1	4	8	11	13	14	15	13	12	12	12	13	12
	2	3	6	9	11	13	14	11	11	11	11	12	12
	3	1	4	7	10	12	13	10	10	10	10	11	11
Сентябрь	1	-	-	6	8	10	11	9	9	10	10	10	-
	2	-	-	5	7	8	9	8	8	9	9	9	-
	3	-	-	4	6	7	7	6	6	7	6	6	-
Октябрь	1	-	-	0	3	5	4	5	4	4	5	-	-
	2	-	-	1	3	3	3	3	4	4	5	-	-
	3	-	-	1	2	2	1	2	3	3	4	-	-

Примечания:

- При сильном ветре (≥ 8 м/с) поправки, данные в таблице 1.2 и 1.3, должны быть уменьшены на 3° .
- Максимальных значений температура рельсов достигает в рельсе, расположенным с запада на восток.
- Вычисленные значения температуры рельсов отличаются от действительных не более чем на 2° .

Если участок пути проходит с северо-запада на юго-восток или с северо-востока на юго-запад и в случае, когда направление участка пути не может быть определено, температуру рельсов находят следующим образом:

- определяют поправку к температуре воздуха по таблице 1.2, 1.3;
- находят среднюю поправку из найденных по таблицам 1.2 и 1.3 поправок;

- находят температуру рельсов, прибавляя к температуре воздуха среднюю поправку;
- если есть необходимость, вводят поправку на ветер, согласно пункту 1 примечаний к таблицам 1.2 и 1.3.

Расчеты максимальной температуры рельсов верны при ясной погоде (ясном небе).

Ясным небо при расчетах максимальной температуры рельсов считают, когда:

- небо совершенно чисто от облаков;
- покрыто облаками на 30-40%;
- покрыто облаками на 50-80%, но во время путевых работ солнце светит непрерывно 2 часа и более;
- при любом количестве облаков, если во время путевых работ солнце светит 2 часа и более;
- небо покрыто тонкой облачностью, через которую свободно просвечивает солнце.

Чтобы определить количество облачности, надо мысленно всю облачность собрать вместе и ориентировочно определить, какая часть видимого неба будет закрыта облаками.

При облачной погоде рельсы нагреваются значительно меньше, чем при ясной солнечной погоде.

Этот нагрев опасности для путейцев не представляет, так как при пасмурной погоде, даже в самый теплый летний месяц, поправка к максимальной температуре воздуха в 2 с лишним раза меньше, чем при ясной солнечной погоде.

Однако связь температуры воздуха с температурой рельсов при пасмурной погоде, как и при ясной, нужна для определения температуры рельсов в районах, где она не измеряется, так как данные о температуре рельсов используются путейцами для планирования и производства работ на бесстыковом пути.

Расчет поправки к температуре воздуха при пасмурной погоде производится так же, как при ясной погоде.

При определении связи температуры воздуха и рельсов при облачной погоде в летние месяцы необходимо учитывать не только количество общей и нижней облачности, но и ее высоту. Например, на Октябрьской железной дороге при определении связи температуры воздуха и рельсов при облачной погоде в июне-августе при высоте облачности 100-300 м в июне и июле поправка к максимальной температуре воздуха составляет не более 4°, в августе — 2°, а при высоте облачности ≥500 метров в июне-июле — 11°, в августе — 6°.

При выпадении осадков или при тумане температуры воздуха и рельсов практически равны.

Имея связь температуры воздуха и температуры рельсов при ясной и пасмурной погоде, зная условия погоды (по карте погоды или по данным ближайшей метеостанции), находят поправки в таблицах 1.2 и

1.3 или в таблице для пасмурной погоды, прибавляют их к температуре воздуха и получают температуру рельсов.

На дорогах, где нет длительного ряда наблюдений за температурой рельсов, такой ряд наблюдений можно получить, если есть связь температуры воздуха и температуры рельсов и метеорологические таблицы ТМ-1, из которых берутся данные о погоде (температура воздуха, количество общей и нижней облачности и ее характеристика, ветер и атмосферные явления).

Таким образом, была получена средняя многолетняя температура рельсов для различных районов Октябрьской железной дороги (табл. 1.4-1.8), которая, как показала практика, хорошо согласуется с данными фактических наблюдений.

Средняя многолетняя температура рельсов при ясной, пасмурной и при любых условиях погоды может быть использована для заготовленного планирования времени работ на бесстыковом пути.

*Средняя многолетняя температура рельсов
на севере Мурманского отделения
при ясном небе*

Таблица 1.4

Месяц	Направление расположения рельсов: запад-восток																				
	Часы																				
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21					
Май	2	4	6	8	11	14	16	19	21	20	19	17	14	13	11	8					
Июнь	12	16	17	21	24	27	30	31	31	29	27	26	24	22	21	19					
Июль	18	22	26	26	30	32	34	36	36	35	34	32	32	29	27	25					
Август	9	11	15	18	22	26	29	31	32	31	29	27	26	22	19	15					
Сентябрь	1	2	2	3	7	11	15	18	18	17	15	13	12	9	6	4					

Таблица 1.5

Месяц	Направление расположения рельсов: север-юг										
	Часы										
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Май	13	14	15	16	17	19	20	19	18	17	15
Июнь	20	23	25	27	29	29	29	27	26	26	25
Июль	26	30	31	32	33	33	31	31	31	32	32
Август	17	21	23	26	28	29	29	28	27	27	27
Сентябрь	5	7	10	12	14	16	17	16	15	13	12

**Средняя многолетняя температура рельсов
на севере Мурманского отделения
при любой погоде**

Таблица 1.6

Месяц	Направление расположения рельсов: запад-восток															
	Часы															
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Май	1	3	4	5	7	9	10	11	11	11	10	10	9	7	6	4
Июнь	9	10	12	14	15	15	18	18	19	19	18	18	17	16	15	13
Июль	13	14	17	19	20	22	23	24	24	21	24	23	23	21	20	18
Август	9	10	11	12	14	16	18	19	20	20	19	18	17	16	14	12
Сентябрь	4	4	5	5	7	8	10	11	12	12	12	11	9	7	6	5

Таблица 1.7

Месяц	Направление расположения рельсов: север-юг										
	Часы										
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Май	6	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Июнь	14	16	16	17	18	18	19	19	19	19	19
Июль	18	21	22	23	23	23	22	22	22	21	21
Август	13	16	17	18	18	18	18	18	18	18	17
Сентябрь	5	7	9	10	10	11	11	11	10	10	9

Таблица 1.8

**Средняя многолетняя температура рельсов
на севере Мурманского отделения при пасмурной погоде
независимо от направления расположения рельсов**

Месяц	Часы															
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Май	1	1	2	2	3	4	5	6	6	6	6	5	5	4	3	3
Июнь	6	7	7	8	9	10	11	12	12	12	12	11	11	10	9	9
Июль	8	9	10	11	12	12	13	14	14	13	13	13	12	12	11	10
Август	8	9	10	10	11	12	13	14	14	14	14	13	13	12	11	10
Сентябрь	4	5	5	6	6	7	8	8	8	8	8	7	7	6	6	6

Зимой путейцев интересует, каких минимальных значений вочные часы достигает температура рельсов. При ясной погоде минимальная температура рельсов наблюдается в утренние часы, причем при ясной маловетреной погоде она ниже минимальной температуры воздуха в среднем на 3°, а в ясную штилевую погоду, когда погода у земли

ли и на высоте в данном районе обуславливается центром антициклона или осью его гребня, эта разница достигает 5° (рис. 1.9).

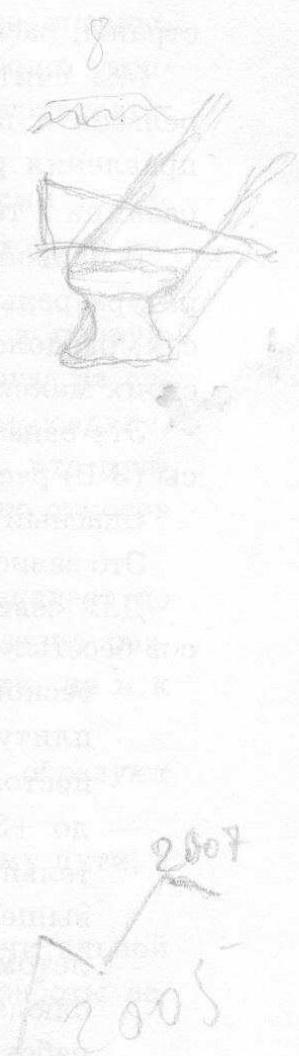
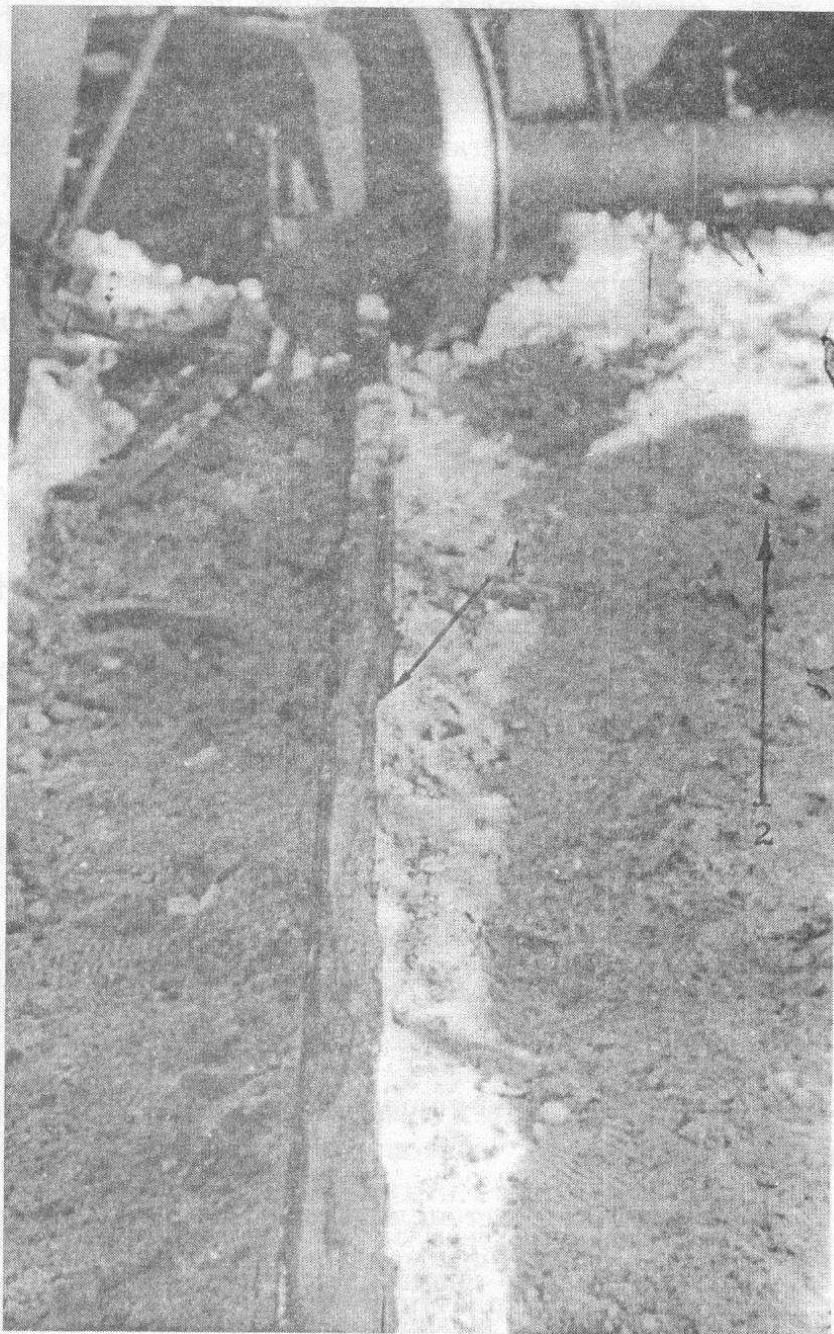


Рис. 1.9. Железнодорожный участок Суоярви I — Веркко Октябрьской железной дороги, 18 февраля 1989 года:

Крушение грузового поезда № 1905 из-за излома рельса. Одной из причин излома является резкое понижение температуры воздуха от $+1^{\circ}$ до -16°C , амплитуда температуры рельсов составила $20-22^{\circ}\text{C}$

При облачной погоде, тумане, густой дымке и сильном ветре ($\geq 8 \text{ м/с}$) минимальные температуры воздуха и рельсов практически равны.

Таким образом, пользуясь поправкой к минимальной температуре воздуха и зная условия погоды, определяют и прогнозируют в зимний период минимальную температуру рельсов.

В заключение необходимо отметить, что обработка данных наблюдений за температурой рельсов, данная в Методических указаниях Главного управления пути МПС [36], на наш взгляд, для территории страны, расположенной севернее 50° с.ш., требует иных форм.

Мы считаем, что обработку данных наблюдений за температурой рельсов и при ясной погоде нужно вести раздельно для каждого направления рельсов (З-В и С-Ю), так как в утренние и вечерние часы разница в температуре рельсов разных направлений достигает 5-6°.

В первой половине дня (до 13 часов) и вечером (с 17 часов) температура рельсов, ориентированных с севера на юг, выше, чем на рельсах, расположенных с запада на восток, в которых она днем достигает своих максимальных значений.

Это связано с тем, что в момент максимальной высоты солнца рельсы (З-В) расположены к солнцу своей боковой стороной.

Опасный предел перегрева рельсов для сети дорог будет неодинаков.

Это зависит от климатических условий, в которых находится дорога.

Для северо-западных районов ЕТС опасным считается нагрев рельсов бесстыкового пути:

- весной до +25°C, так как в этот сезон наблюдается большая амплитуда температуры рельсов; она достигает 30-35°C, при этом постоянно происходит переход температуры рельсов через 0°C;
- до +35°C, особенно если такие температуры наблюдаются длительное время; опасность заключается в том, что путь еще не вышел из зимних условий;
- летом до +40°C и выше, особенно если такие температуры наблюдаются длительное время; требуется прекращение путевых работ, связанных с нарушением устойчивости пути.

1.2.3. Оттепели и пучины, дожди и туманы, весенние и дождевые паводки

Весенние продолжительные оттепели приводят к быстрому оттаиванию балластной призмы. Вода, не имея возможности пройти мерзлый грунт земляного полотна, насыщает призму, появляются выплесковые места, в зоне которых образуются перекосы и просадки пути, что приводит к ограничению скорости движения поездов.

Ранние и длительные морозы приводят к замерзанию земляного полотна, особенно при отсутствии снежного покрова.

Это обстоятельство приводит к вспучиванию грунта, иначе говоря, к образованию пучин, особенно когда перед наступлением морозов наблюдались длительные и обильные дожди, хорошо увлажнившие земляное полотно и повысившие уровень грунтовых вод.

Пучины бывают двух родов — верховые и коренные.

Верховые пучины образуются вследствие замерзания дождевой воды в загрязненной балластной призме под шпалами.

Коренные пучины образуются вследствие замерзания грунтовых вод.

Образование пучин ведет к уширению, перекосам и просадкам пути, что приводит к ограничению скорости движения поездов, а иногда и к авариям.

Лучшей защитой от коренных пучин, которые наиболее опасны, является наличие на путях слоя снега (не менее 5 см), хорошо утепляющего земляное полотно и не доспускающего замерзания грунтовых вод.

Поэтому заблаговременно необходимо знать путейцам время устойчивого перехода средней суточной температуры через 0° в сторону понижения (повышения).

Обложные и ливневые дожди представляют опасность в первую очередь для земляного полотна. При обложных дождях, когда за сутки или за несколько дней выпадает месячная и более норм осадков, при загрязненной балластной призме образуются выплески, что приводит к перекосам и просадкам пути, а иногда и к оползанию откосов насыпи.

Сильные ливневые дожди, когда за несколько часов выпадает до месячной нормы осадков, за счет интенсивного ливневого стока размывают насыпи, что ведет не только к ограничению скорости, но и к перерыву движения поездов.

Значительные обложные и сильные ливневые дожди образуют оползни на откосах выемок в слабоустойчивых грунтах.

Сползающая жидкая почва очень опасна железнодорожному пути, а борьба с ней очень сложна (рис. 1.10 а,б).

Туман как явление погоды не опасен путейцам, но в значительной мере усложняет проведение путевых работ, особенно когда работы ведутся на одном из пути двухпутного участка.

Это связано с тем, что работники, которые обязаны предупреждать работающих на пути о приближающемся поезде, сами не видят его. Не видит работающих и машинист поезда. Такая же обстановка складывается на сортировочных станциях и станциях с большой маневровой работой. Отсутствие видимости во всех случаях значительно снижает работоспособность людей и увеличивает травматизм.

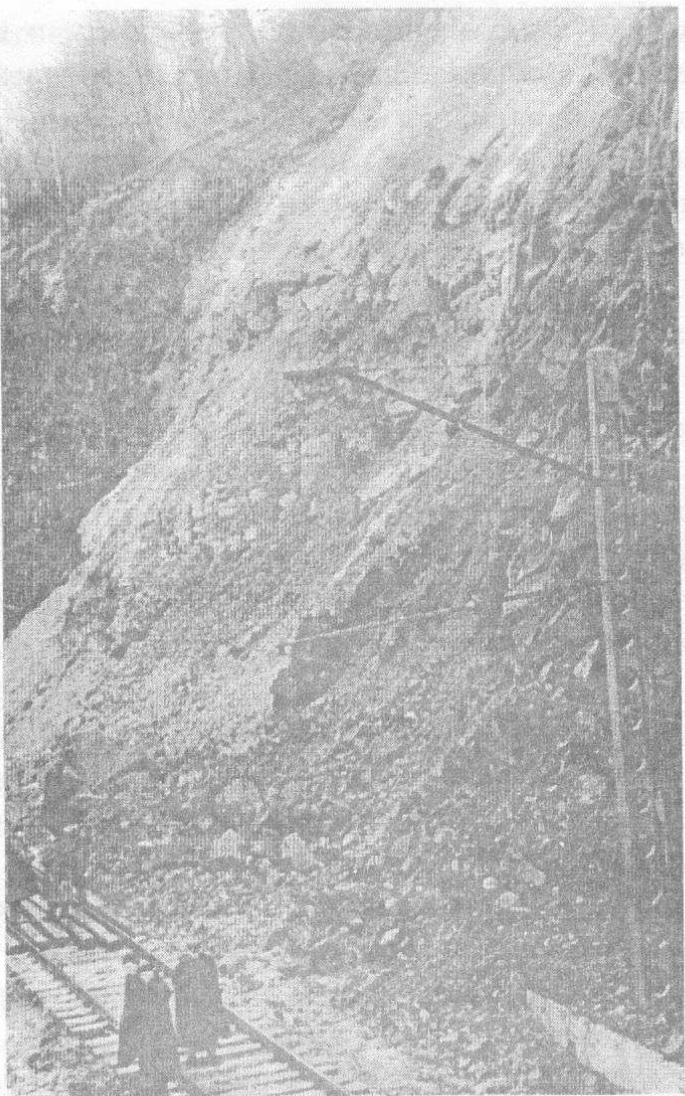
Весенние, а летом еще и дождевые паводки на дорогах, расположенных на юге страны, доставляют много неприятностей путейцам. Весенние и дождевые паводки на реках подмывают опоры мостов, а выходя из берегов, размывают в низких поймах земляное полотно.

Нередко подъем уровня воды на реках достигает формы мостов, что приводит к повреждению моста из-за напора воды или плывущих по реке предметов (рис. 1.11, 1.12).

При интенсивном снеготаянии часто талая вода скапливается у насыпей.

При теплой солнечной погоде с южной стороны насыпи быстро оттаивают, переувожняются талой водой, после чего часто происходит оползание переувлажненных откосов насыпи.

a



Кончак-Черек

б

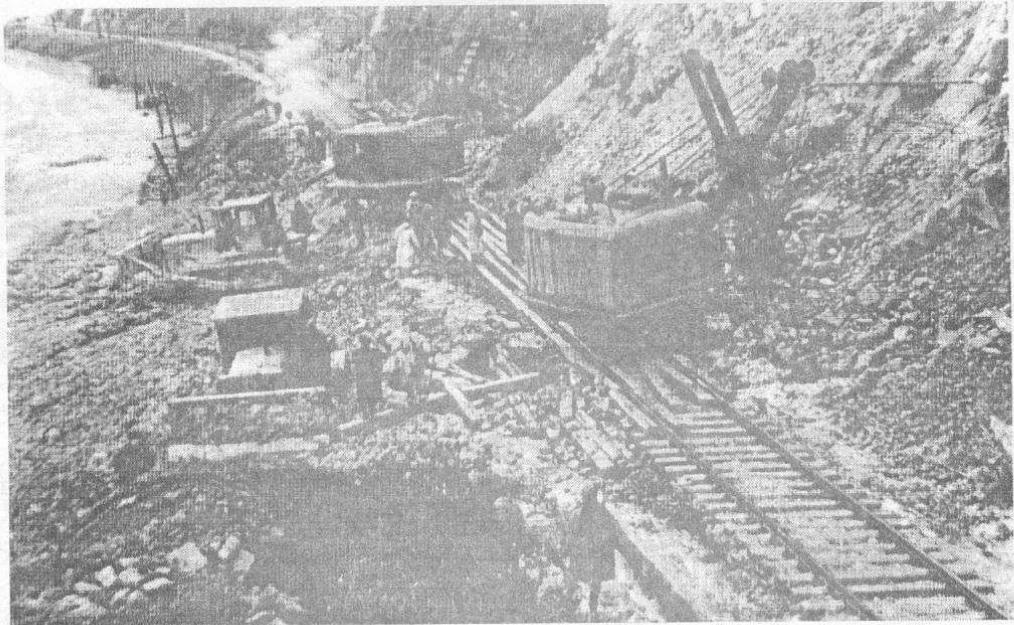


Рис. 1.10 (а, б). Железнодорожный участок Адлер — Туапсе Северо-Кавказской железной дороги:

- а — после длительных дождей образовался оползень,*
- б — расчистка железнодорожного пути от оползня*

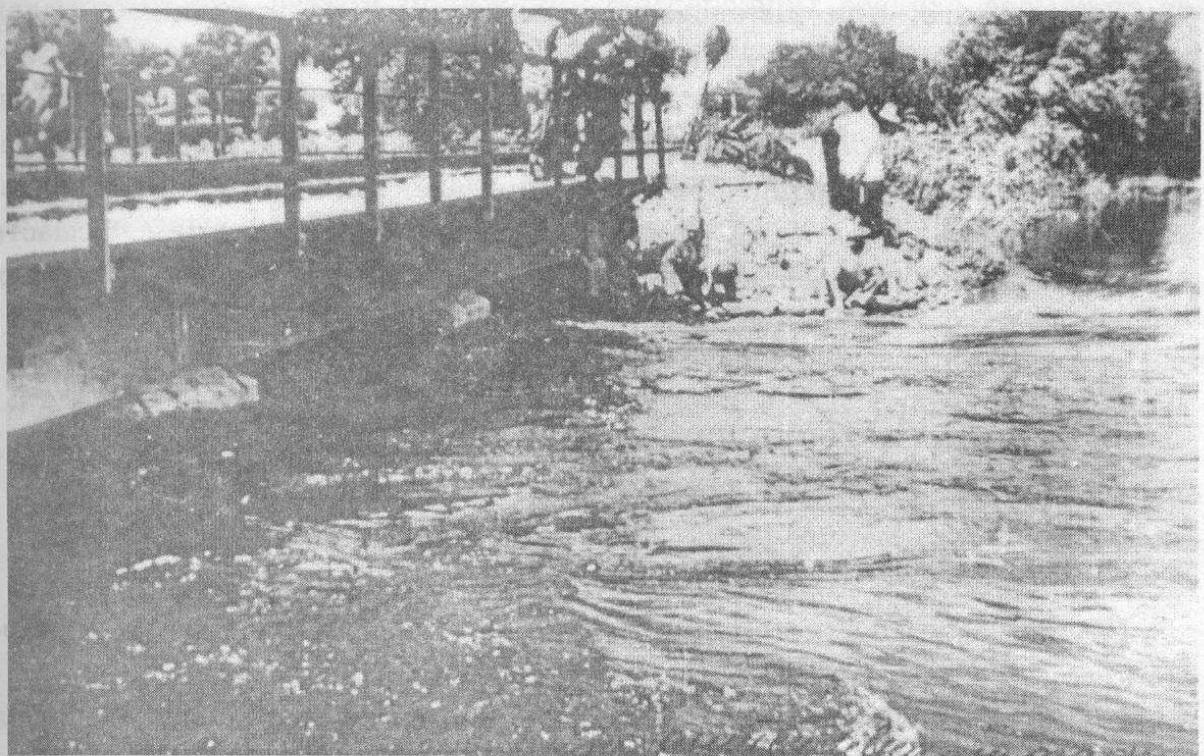


Рис. 1.11. Железнодорожный участок Червленная — Узловая — Кизляр
Северо-Кавказской железной дороги, 19 июля 1958 года:

Пропуск паводковых вод, вызванных интенсивными дождями. Уровень воды почти достиг низа конструкции железнодорожного моста, угрожая ему плавущими предметами, а скорость течения реки — размыву конусов береговых устоев и подмыву промежуточных опор

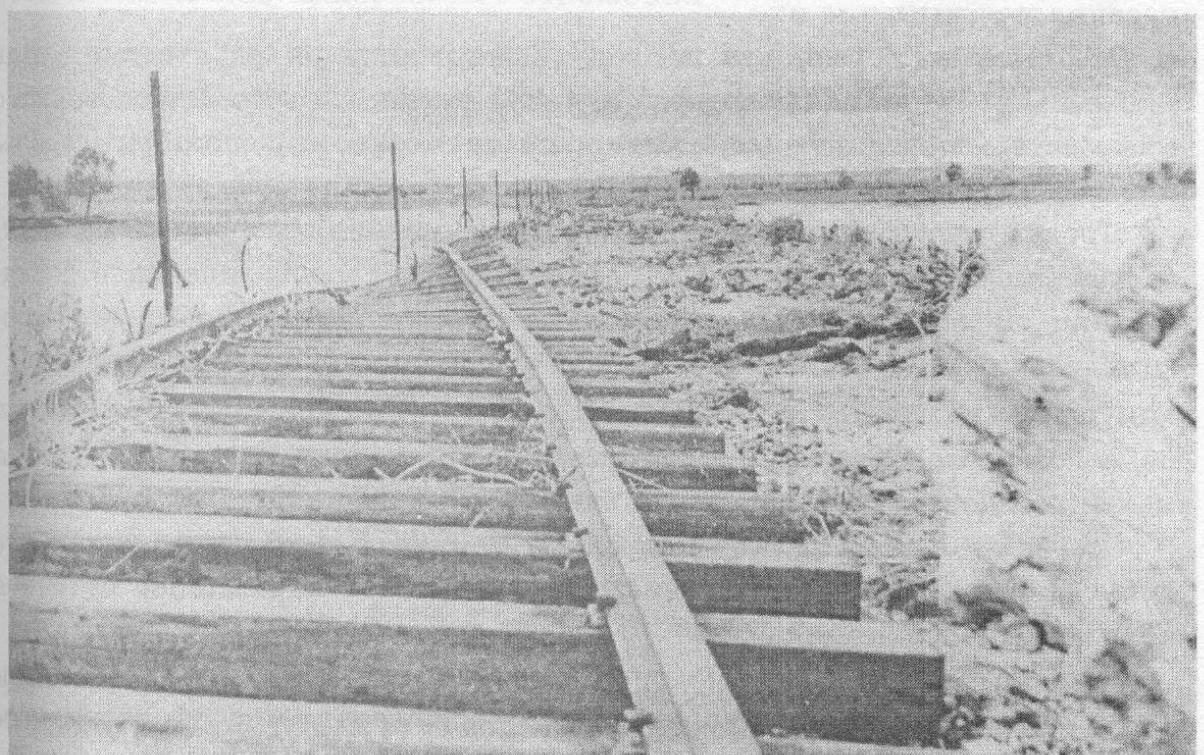


Рис. 1.12. Железнодорожный перегон Потоки — Редуты
Южной железной дороги, 6 мая 1956 года:

Размыв пути в пойме реки Псек в период весеннего паводка

Кроме этого, при интенсивном снеготаянии на станциях и узлах при загрязнении балласта стоит вода. В случае, когда балласт бывает загрязнен мазутом, разными сыпучими грузами, в том числе и минеральными удобрениями, которые, растворяясь в воде, образуют щелочные растворы, хорошо пропускающие электрический ток, происходит понижение изоляции балласта. Понижение изоляции балласта приводит к нарушению нормальной работы электрических рельсовых цепей, то есть к ложной ее занятости.

1.3. Влияние метеорологических факторов на объекты службы сигнализации и связи

1.3.1. Температура воздуха

Служба связи является второй на дороге, после службы пути, рабоча которой в значительной степени зависит от условий погоды.

К метеорологическим факторам, влияющим на ее работу, относятся температура воздуха, ветер, осадки, гололедно-изморозевые отложения, грозы и туман.

При навеске проводов пользуются шкалой, определяющей величину стрелы провеса проводов в зависимости от температуры воздуха. В условиях нормального диапазона колебаний температуры воздуха в течение года провода, как правило, сохраняются в полной исправности.

Повышение температуры воздуха до $t \geq 30^\circ$ вызывает провисание проводов настолько, что даже при тихой погоде может происходить касание и замыкание их.

Это связано с тем, что провода изготовлены из разных металлов (железные, медные, бронзовые и т.д.), неодинакового качественного состояния (новые, старые, подвергшиеся коррозии), поэтому стрелы провеса проводов получаются разные.

При наличии ветра и касания проводов возникает явление резонансно-взаимного воздействия на соседние провода, увеличивающее раскачивание. В результате создается такое сильное раскачивание, что провода, главным образом старые и подвергшиеся коррозии, рвутся.

Низкая температура воздуха ($t \leq -25^\circ\text{C}$) приводит к сокращению проводов настолько, что будучи натянуты, как струны, они рвутся при малейшей добавочной нагрузке.

Особенно опасны резкие колебания температуры воздуха в течение суток, когда изменение температуры превышает нормальное суточное колебание более чем на 10° .

Жара и сильные морозы очень опасны для автоблокировки. При автоблокировке управление сигналами осуществляется не дежурным по станции, а автоматически, самим движущимся поездом.

Жара и сильные морозы приводят к нарушению изоляции изолирующих стыков и повреждению подводящих проводов, что приводит к выходу из строя устройств автоблокировки.

Осенью при резком понижении температуры воздуха возможно замерзание смазки или мокрого снега на стрелочной подушке (башмаке), по которой во время перевода стрелки движется остряк. Понижение температуры воздуха осенью и весной вочные часы при наличии воды и мокрого снега приводит к замерзанию последних, а вместе с ними и тяговых устройств. И в первом и во втором случаях малая мощность электродвигателей не позволяет перевести стрелку, а при неправильной эксплуатации электродвигателей возможен их пережог.

Весной при интенсивном снеготаянии нередко талая вода попадает в электрические приводы, что ведет к выходу из строя электродвигателей, переводящих стрелки.

Все эти случаи ведут к длительным задержкам поездов, особенно на станциях и узлах с централизованным управлением стрелочными переводами.

1.3.2. Осадки и туманы

Дождь, морось и туман влияют на слышимость передач. Они понижают изоляцию проводов, происходит понижение напряжения в линиях связи, что значительно снижает слышимость, вплоть до полного ее исчезновения. Необходимо отметить, что на слышимость влияет не количество и интенсивность осадков, а их продолжительность.

Что же касается тумана, то его влияние на слышимость связано не только с продолжительностью, но и с интенсивностью. Чем больше интенсивность тумана, тем значительней его влияние на слышимость передач.

1.3.3. Гололедно-изморозевые отложения

Отложения на проводах связи гололеда, изморози и мокрого снега даже незначительных размеров (гололед и мокрый снег до 5 мм, изморозь до 20 мм) приводят к значительному снижению слышимости, а нередко и к полному ее исчезновению. Отложение на проводах гололеда и мокрого снега от 5 до 20 мм и изморози свыше 20 мм, особенно в сочетании с ветром 10 м/с и выше, создают высокие гололедные и гололедно-ветровые нагрузки, которые приводят к массовому обрыву проводов.

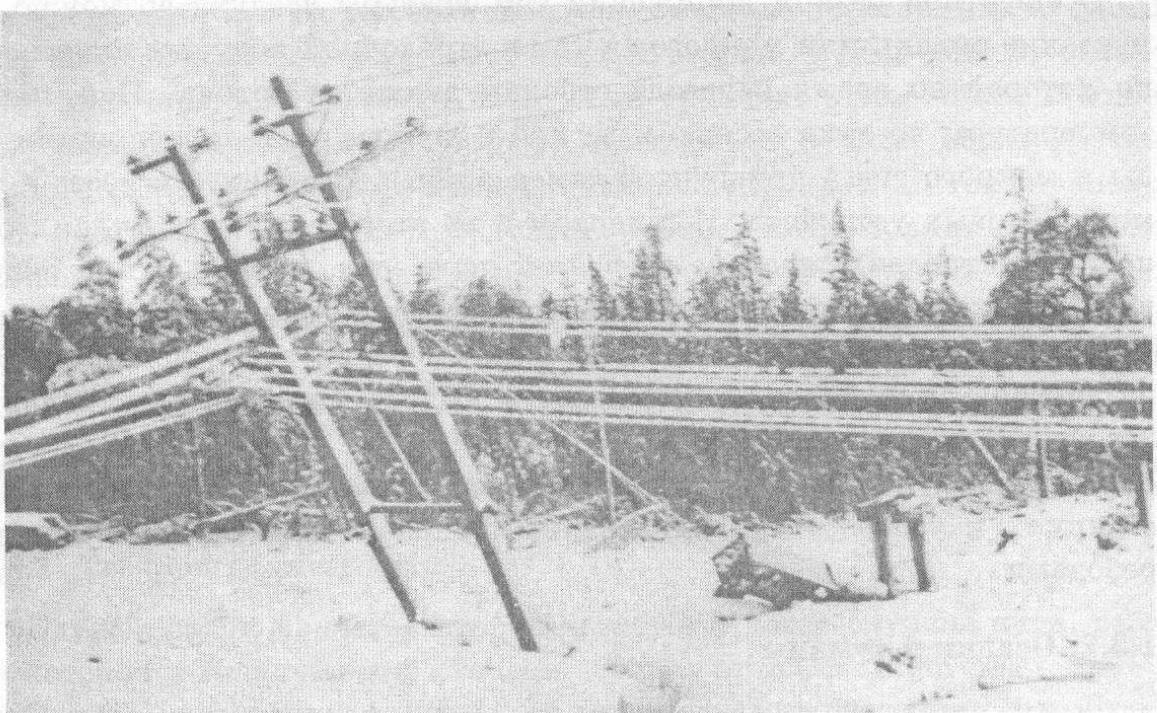
Отложение гололеда и мокрого снега свыше 20 мм в сочетании с сильным ветром ($\geq 15 \text{ м/с}$) приводит не только к массовому обрыву проводов всех видов, но и к поломке столбов линий связи, причем протяженность разрушенных линий связи иногда достигает нескольких сотен километров (рис. 1.13 а, б).

1.3.4. Грозы и ветер

Грозы опасны не только потому, что молнии нередко ударяют непосредственно в устройство связи, полностью выводя из строя устройства сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ).

Они опасны и тем, что при грозовых разрядах появляется в проводах наведенное напряжение, которое достигает очень больших значений.

a



б

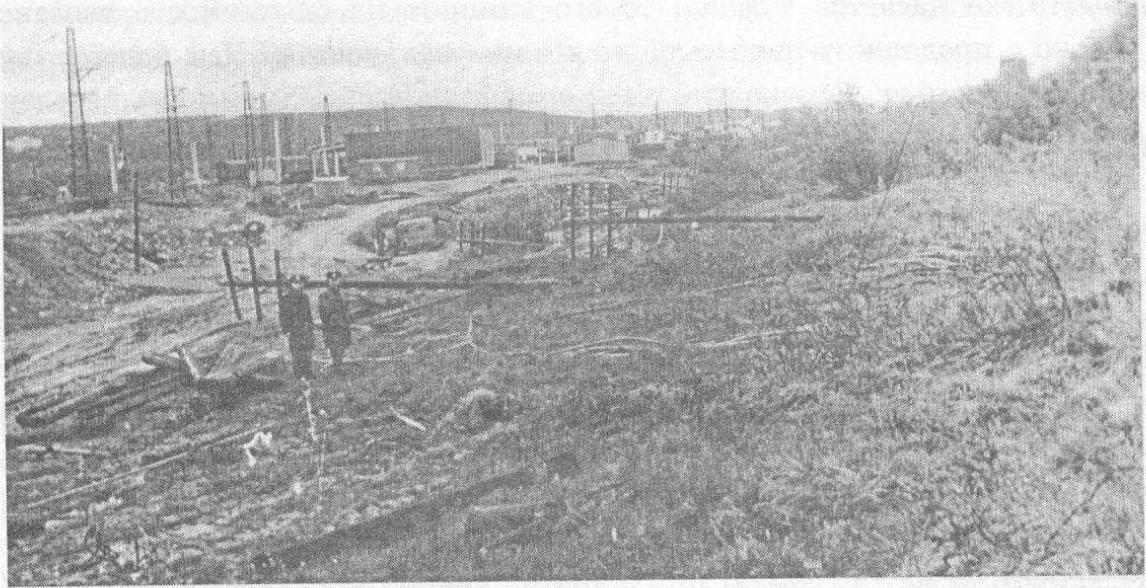


Рис. 1.13 (а, б). Кольский полуостров. Железнодорожный участок Никель — Мурманск — Апатиты, 21-22 июня 1977 года:

а — В течение 12 часов шел мокрый снег при температуре воздуха 0, +2°C и северо-западном, западном ветре силой 18-21 м/с, в прибрежной зоне — силой 24-30 м/с. В период выпадения снега наблюдались гроза и налипание снега на проводах. Величина отложений мокрого снега на проводах достигала 25-50 мм, а в районе станции Никель — 80 мм. Образовался снежный покров высотой 10-15 см, а в районе станции Мурманск — 20-25 см;

б — В результате отложения мокрого снега на проводах, сопровождавшегося сильным ветром, произошло около 10 тысяч обрывов цепей линий связи на протяжении 400 км, было повреждено 400 метров магистрального кабеля, 765 опор оказались поврежденными из-за излома железобетонных оснований

Это наведенное напряжение выводит из строя защитные и согласовывающие устройства и нередко аппаратуру СЦБ и связи.

Сильный ветер (≥ 15 м/с) при непосредственном воздействии на воздушные линии связи часто приводит к обрыву телефонно-телеграфных проводов. При ветре со скоростью 20 м/с и более могут произойти повалка столбов линий связи и падение на линии связи деревьев.

1.4. Влияние метеорологических факторов на объекты электрификации и энергетического хозяйства

1.4.1. Температура воздуха и ветер

Основными явлениями погоды, нарушающими четкую бесперебойную работу службы электрификации, являются температура воздуха, ветер, гололедно-изморозевые отложения, грозы.

Сильные морозы с температурой ниже -25°C и высокие температуры $+30^{\circ}\text{C}$ и выше опасны линиям ЛЭП, контактным и другим проводам точно так же, как и воздушным линиям связи. Рвутся, в первую очередь, старые и подвергшиеся коррозии провода.

Ветер со скоростью выше 15 м/с вызывает боковое смещение проводов контактной сети, что может привести к сходу пантографа и его поломке.

Сильный ветер 20 м/с и более вызывает обрыв проводов линий ЛЭП, повалку столбов (опор), разрушение линий ЛЭП за счет падения на них деревьев [4, 28, 37].

1.4.2. Гололедно-изморозевые отложения

Отложения гололеда, изморози и мокрого снега размером до 20 мм на контактной сети и линиях ЛЭП приводят к нарушению контакта между пантографом и контактным проводом, а это, в свою очередь, к пережогу контактного провода.

Кроме этого, увеличение гололедных, а при ветре выше 10 м/с гололедно-ветровых нагрузок приводит к обрыву проводов линий ЛЭП.

Отложения гололеда и мокрого снега свыше 20 мм, особенно в сочетании с сильным ветром (более 15 м/с), вызывают массовый обрыв проводов линий ЛЭП, контактной сети, поломку столбов (опор) и т.д. [10, 12, 45].

1.4.3. Грозы

Гроза опасна устройствам службы электрификации не вследствие прямого своего воздействия, хотя это иногда случается, а наведением высоких напряжений в проводах ЛЭП. Эти наведенные напряжения вызывают разрушение изоляции линий и электроустановок, которое приводит к кратковременному или длительному отключению последних.

1.5. Влияние метеорологических факторов на объекты вагонной и пассажирской служб

Вагонный парк страны огромен. Грузовые и пассажирские вагоны находятся в постоянной эксплуатации и часто в течение короткого времени (сутки или несколько суток) оказываются в разных климатических условиях. Например, пассажиры, которые выезжают в апреле из Мурманска, где еще зима, через 36 часов приезжают в Москву, где уже весна в полном разгаре, а еще через сутки их встречает Адлер летней погодой.

Поэтому, чтобы создать для пассажиров комфортабельные условия, необходима специальная подготовка пассажирских составов.

Эксплуатация грузовых вагонов, оборудованных скользящими подшипниками, тоже представляет определенные трудности. Уязвимым местом здесь является буксовый узел. При попадании воды в него ухудшается подача смазки, что вызывает нагрев буксового узла и может привести к излому шейки оси вагона. Доступ воды в буксовый узел возможен в двух случаях:

- если во время движения в него попадает снег;
- если на внутренних стенках буксового узла образуется иней при переходе вагона из района с положительными температурами воздуха в район с отрицательными температурами; когда снег или иней растают, получается, как говорят, обводнение буксового узла, что и приводит к ухудшению подачи смазки к оси вагона.

Другим опасным фактором для грузовых вагонов, оборудованных скользящими подшипниками, является низкая температура воздуха. При низкой температуре воздуха замедляется роспуск этих вагонов, особенно порожних, на сортировочных станциях из-за увеличения вязкости смазки, подаваемой к оси вагона. Чем ниже температура воздуха, тем меньше скорость вагона при роспуске.

Но наиболее опасным метеорологическим фактором является температура воздуха $\leq -25^{\circ}\text{C}$, особенно если такая температура сохраняется длительное время. При такой температуре воздуха происходит замораживание пассажирских вагонов, то есть выход из строя водяной отопительной системы: разрыв котла или труб, появление ледяных пробок в магистрали. Восстановление замороженных вагонов дело длительное и дорогостоящее.

1.6. Влияние метеорологических факторов на объекты службы контейнерных перевозок и коммерческой работы

При погрузке и выгрузке на железнодорожном транспорте используются краны различной конструкции высотой не более 14 метров. В зависимости от конструкции кранов на них разрешено работать до оп-

ределенной скорости ветра. Нижний предел, при котором запрещено работать на кране, составляет ветер со скоростью 12 м/с.

Ветер со скоростью ≥ 12 м/с является основным метеорологическим фактором, оказывающим влияние на деятельность предприятий контейнерной службы. К другим явлениям погоды, влияющим на работу предприятий грузовой службы, относятся сильные ливневые дожди и туман.

Сильные ливневые дожди приводят иногда к обесточиванию кранов, как и туман, ухудшают видимость, снижают работоспособность и приводят к травматизму людей, занятых на разгрузочно-погрузочных работах.

1.7. Влияние метеорологических факторов на объекты локомотивной службы

1.7.1. Температура воздуха, гололедно-изморозевые отложения и видимость

Низкие температуры воздуха ($t^\circ \leq -25^\circ$) сами по себе не опасны для локомотивов, но требуют ограничения весовой нормы грузовых поездов.

Резкие перепады температуры воздуха могут вызвать ослабление бандажей колесных пар локомотивов.

Отложение гололеда или мокрого снега до 20 мм, изморози ≥ 20 мм нарушает контакт между контактным проводом и пантографом, что ухудшает условия токосъема электровозами и приводит к пережогу контактного провода.

Отложения гололеда или мокрого снега толщиной свыше 20 мм нередко приводят к поломке пантографа.

При метелях, снегопадах, туманах и т.д. значительно снижаются условия видимости путевых сигналов, особенно ночью.

Это значительно осложняет вождение поездов и маневровую работу на станциях.

1.7.2. Ветер

1.7.2.1. Учет влияния ветра в тяговых расчетах

Особого внимания в локомотивном хозяйстве заслуживает вопрос о тяговых расчетах, которые определяют размеры состава, скорость движения поездов, расход топлива.

Правилами тяговых расчетов рекомендуется учитывать дополнительное сопротивление, обусловленное встречным или боковым ветром. Обычно это сопротивление принимается постоянным на все время эксплуатации дороги. На самом деле сопротивление, обусловленное ветром, существенно меняется по магистрали и от сезона к сезону.

Результаты вычислений показывают, что ветер оказывает существенное влияние на увеличение воздушно-ветрового сопротивления. Причем увеличение воздушно-ветрового сопротивления за счет скоро-

сти ветра имеет ясно выраженный годовой ход. Использование воздушно-ветрового сопротивления при нормировании поездной работы вместо принятого в настоящее время постоянного в течение всего года ветрового сопротивления позволяет обоснованно учесть влияние скорости ветра на воздушно-ветровое сопротивление.

Полученные значения скорости эффективного ветра (табл. 1.10) можно также использовать и при оперативных расчетах воздушно-ветрового сопротивления с учетом прогноза скорости и направления ветра на железной дороге.

Рассмотрим подробнее, каким образом включаются характеристики ветра в тяговые расчеты.

1.7.2.2. Оценка сопротивления воздуха движению поездов

Сила сопротивления воздушной среды, в которой движется транспорт, оказывает тормозящее воздействие на подвижной состав. Это воздействие проявляется в лобовом давлении воздушной среды, сопротивлении поверхностного трения, в усилении фрикционного трения ходовых частей вследствие прижатия ветром подвижного состава к одной из нитей рельсовой колеи.

Сопротивление атмосферного воздуха подвижному составу исследовалось многими авторами на протяжении нескольких десятков лет [3, 42, 43, 46, 56]. В ряде работ рассматривается отдельно воздушное и отдельно ветровое сопротивление. В действительности разделение воздушной среды от ветра является искусственным и противоречит самой природе этого явления, так как, во-первых, если ветра нет, то в расчетах воздушного сопротивления скорость движения поезда принимается за относительную скорость воздушного потока, во-вторых, штиль наблюдается в атмосфере лишь в 3% случаев. Поэтому ниже будем полагать воздействие воздушной среды и ветра одновременным, а сопротивление подвижному составу от этого воздействия назовем воздушно-ветровым.

Полное сопротивление движению поезда W , которое всегда направлено против движения, можно представить в виде суммы двух слагаемых:

$$W = W_m + W_v, \quad (1.3)$$

где W_m — механическое, а W_v — воздушно-ветровое сопротивление.

Механическое сопротивление слагается из многих сопротивлений, обусловленных трением между шейками осей и подшипниками, трением качения между бандажами колес и рельсами, трением скольжения между бандажами колес и рельсами, потерей кинетической энергии от ударов в сцепных приборах, на стыках рельсов, при следовании поезда по кривой или по уклону, а также при трогании с места.

Воздушно-ветровое сопротивление обусловлено лобовым давлением воздушной среды W_l и поверхностным трением воздуха о стенки поезда W_{tr} . Следовательно, можно записать выражение:

$$W_v = W_l + W_{tr}. \quad (1.4)$$

Разделение основного сопротивления на составляющие

Рассмотрим лобовое давление на движущийся поезд. Оно зависит от формы и размеров головной части поезда, от размеров межвагонных промежутков и пропорционально скоростному напору, вычисляется по формуле [32]:

$$W_x = C_x S \frac{\rho \vec{V}^2}{2}, \quad (1.5)$$

где C_x — коэффициент сопротивления поезда,

S — площадь Миделева сечения и поверхностей межвагонных промежутков, на которые воздействует ветровой напор,

ρ — плотность воздуха,

V — равнодействующая скорости поезда и скорости ветра.

Коэффициент C_x для поездов различной составности зависит от формы локомотива, от ширины и длины поезда, от порядка расположения вагонов, а также от скорости движения. Приведем формулы для расчета коэффициента воздушного сопротивления пассажирских электро- и дизель-поездов [43]:

Для $V > 160$ км/ч $C_x = 0,22 + 0,10716\sqrt{l}$,

где l — длина поезда, м, $20 < l < 370$.

Для $80 < V < 160$ км/ч $C_x = 0,22 + 0,63 \cdot 10^{-4} \sqrt{R_l}$,

где $R_l = \frac{lV}{v}$, v — коэффициент вязкости, $\text{м}^2/\text{с}$.

Для $V < 80$ км/ч $C_x = 0,157\sqrt{\lambda} + 0,3209\lg \lambda - 0,3368$,

где $\lambda = \frac{l}{b}$; b — ширина поезда, причем $\lambda \leq 130$.

Вводятся поправки на сопротивление токоприемников: на первый $\Delta C_{x1}=0,068$, на второй $-\Delta C_{x2}=0,05$, на все последующие — по 0,034.

Данные о коэффициенте сопротивления поезда позволяют произвести расчеты воздушного сопротивления и оценить механическую часть основного сопротивления поезда.

Приводим результаты расчетов по формуле (1.5) при скорости ветра равной нулю [43] для поезда ЭР-1 (табл. 1.9)

Таблица 1.9

$V, \text{км/ч}$	$W_o, \text{Н}$	$W_x, \text{Н}$	$W_m, \text{Н}$	$\frac{W_x}{W_o}, \%$
30	7441	707	6734	9,5
40	8885	1259	7626	14,2
50	10799	1968	8831	18,2
60	12830	2835	9996	22,1
70	14858	3859	10999	26,0
80	17458	5243	12215	30,0
90	20562	6980	13582	33,9
100	23603	9036	14567	38,3

Из таблицы 1.9 видно, что механическая часть общего сопротивления поезда W_m возрастает с ростом скорости движения линейно, а скоростной напор растет быстрее, вследствие чего при скоростях выше 80 км/ч W_n составляет 30% и более от основного сопротивления подвижного состава W_o . Если принять во внимание, что в таблице не отражено сопротивление поверхностного трения, то с учетом (1.4) можно считать, что доля воздушно-ветрового сопротивления пассажирского поезда W_v в основном его сопротивлении не ниже тех значений, которые указаны в правом столбце данной таблицы. Зависимость отношения $\frac{W_n}{W_o}$ от скорости поезда линейная, хорошо аппроксимируется формулой

$$\frac{W_n}{W_o} = 0,37 V_{\pi}, \quad (1.6)$$

где V_{π} выражается в км/ч, а отношение $\frac{W_n}{W_o}$ — в процентах.

Полученное соотношение позволяет определять основное сопротивление W_o для подвижного состава по вычисленному лобовому давлению W_n . Для этого формулу (1.6) представим в виде:

$$W_o = \frac{W_n}{37 V_{\pi}} \cdot 10^4,$$

где W_n — в ньютонах, V_{π} — в км/ч.

Грузовой поезд по своей составности существенно отличается от пассажирского, в частности, открытостью межвагонных промежутков. Нетрудно заметить, что при наличии ветра скорость напор оказывает тормозящее воздействие не только на локомотив, но и на торцевые части грузовых вагонов (рис. 1.14).

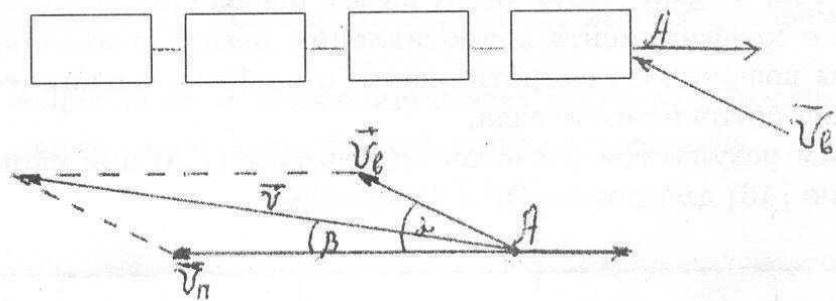


Рис. 1.14. Схема воздействия воздушно-ветрового потока на поезд

Из рис. 1.14 следует, что скорость встречного воздушного потока для движущегося поезда со скоростью \vec{V}_{π} есть равнодействующая \vec{V}_{π} и скорости ветра \vec{V}_v , т.е.

$$\vec{V} = \vec{V}_{\pi} + \vec{V}_v. \quad (1.7)$$

В.А. Зябриков и Б.В. Тарсин получили выражение для оценки воздушно-ветрового сопротивления, обусловленного лобовым давлением на поезд:

$$W_{\text{л}} = C_x \frac{\rho}{2} (S_0 N b h \operatorname{tg} \beta) (V_{\text{п}}^2 + V_{\text{в}}^2 + 2 V_{\text{п}} \cdot V_{\text{в}} \cos \alpha) \cos^2 \beta, \quad (1.8)$$

где $W_{\text{л}}$ — сопротивление среды,

C_x — коэффициент воздушного сопротивления поезда,

ρ — плотность воздуха,

S_0 — Миделево сечение поезда,

N — число межвагонных промежутков,

b — межвагонное расстояние,

h — высота вагона,

$V_{\text{п}}$ — скорость поезда,

$V_{\text{в}}$ — скорость ветра,

α — угол, образуемый направлением ветра с направлением движения поезда,

β — угол, образуемый направлением набегающего потока и направлением движения поезда, при этом

$$\operatorname{tg} \beta = |\sin \alpha| \left(\frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{в}}} + \cos \alpha \right).$$

Таким образом, лобовое давление зависит от таких климатических параметров, как ρ воздуха, скорость и направление ветра.

Для оценки влияния вектора скорости ветра на воздушное сопротивление железнодорожного состава введем понятие эффективного ветра — некоего расчетного ветра, направление которого либо совпадает, либо противоположно движению состава. Примем, что эффективный ветер оказывает такое же сопротивление, как и фактический ветер. В этом случае выражение (1.8) преобразуется к виду

$$W_{\text{л}} = \frac{C_x \rho}{2} (V_{\text{п}} + V_{\text{э}})^2 S_0, \quad (1.9)$$

где C_x , ρ , S_0 , $V_{\text{п}}$ имеют тот же смысл, что и в (1.8), а $V_{\text{э}}$ — скорость эффективного ветра. Приравняв правые части (1.8) и (1.9), получим выражение для скорости эффективного ветра:

$$V_{\text{э}} = \sqrt{\frac{(S_0 + N b h \operatorname{tg} \beta) (V_{\text{п}}^2 + V_{\text{в}}^2 + 2 V_{\text{п}} V_{\text{в}} \cos \alpha) \cos^2 \beta}{S_0}} - V_{\text{п}}. \quad (1.10)$$

Отметим, что выражение (1.10) справедливо, когда составляющая скорости фактического ветра, совпадающая с направлением движения состава, не превышает скорости поезда. При равенстве этих величин лобовое сопротивление становится равным нулю и при дальнейшем росте скорости ветра выражения (1.8.), (1.9), (1.10) теряют смысл. Из выражения (1.10) следует, что $V_{\text{э}}$ определяется скоростью и направлением ветра, а также рядом характеристик самого железнодорожного состава. Однако с помощью (1.10) можно оценить влияние скорости и направления ветра на воздушное сопротивление. Для этого прежде всего необходимо вычислить скорость эффективного ветра при различных

сочетаниях скорости и направления фактического ветра. Результаты наших вычислений для железнодорожного состава с техническими характеристиками $b = 0,5$ м, $h = 3,15$ м, $C_x = 1,366$, $N = 11$ вагонов, $S_o = 10,95 \text{ м}^2$, $V_n = 60 \text{ км/ч}$ представлены в табл. 1.10. Знак минус в таблице 1.10 означает, что эффективный ветер совпадает по направлению с движением поезда и уменьшает воздушное сопротивление состава. Результаты расчетов сопротивления поезда по формуле (1.9) с использованием данных об эффективном ветре, содержащихся в табл. 1.10, представлены в табл. 1.11. Рассматривая данные 5-го и 6-го столбцов этой таблицы, мы видим, что сопротивление движению поезда с ростом скорости ветра уменьшается. Объясняется это тем, что эффективный ветер для этих столбцов 0, т.е. является попутным, ускоряющим движение поезда.

Использование табл. 1.10 и многолетних данных о повторяемости различных сочетаний скорости и направления ветра позволяет определить повторяемость различных скоростей эффективного ветра. Такие вычисления выполнены по данным нескольких метеорологических станций, расположенных в районах Казахской и Северо-Кавказской железных дорог. Условия расположения выбранных станций в открытом типе рельефа с коэффициентом защищенности не ниже 66 по классификации В.Ю. Милевского [37] наиболее близки к условиям открытых участков железнодорожных путей, что позволяет использовать данные этих станций для оценки влияния ветра на воздушное сопротивление. При подготовке таблицы 1.12 использованы данные о повторяемости различных сочетаний скорости и направления ветра за период с 1966 по 1980 г.

Таблица 1.10

Скорость эффективного ветра (м/с)
для железнодорожного состава
с техническими характеристиками в = 0,5 м, h = 3,15 м,
N = 11 вагонов, S_o = 10,95 м², V_n = 60 км/ч

Скорость фактического ветра, м/с	1					Скорость фактического ветра, м/с	1				
	СВ	Ю	СЗ				СВ	Ю	СЗ		
	ЮВ	С	ЮЗ	3	В		ЮВ	С	ЮЗ	3	В
	СЗ	С	СВ				СЗ	С	СВ		
	ЮЗ	Ю	ЮВ	В	3		ЮЗ	Ю	ЮВ	В	3
0	0	0	0	0	0	20	23	11	-9	20	
2	2	1	0	-2	2	22	25	12	-11	22	
4	5	3	-1	-5	5	24	28	13	-16	24	
6	7	4	-1	-6	6	26	30	14		26	
8	9	5	-2	-8	8	28	32	15		28	
10	12	6	-3	-10	10	30	34	15		30	
12	14	7	-4	-12	12	32	37	16		32	
14	16	8	-5	-14	14	34	39	16		34	
16	18	9	-6	-16	16	36	41	17		36	
18	21	10	-7		18	38	43	18		38	
					40		45	18		40	

Примечания:

- 1 — при движении поезда с запада на восток,
- 2 — при движении поезда с востока на запад,
- 3 — при движении поезда с юга на север,
- 4 — при движении поезда с севера на юг.

Таблица 1.11

*Значение составляющей W_n воздушно-ветрового сопротивления поезда (в ньютонах) при $V_n = 60 \text{ км/ч}$.
 (Технические характеристики поезда и обозначения соответствуют данным таблицы 1.10)*

Скорость фактического ветра, м/с	1	СВ	Ю	СЗ		
	1	ЮВ	С	ЮЗ	3	B
	2	СЗ	С	СВ		
	3	ЮЗ	Ю	ЮВ	B	3
		СВ	3	ЮВ		
		СЗ	В	ЮЗ	Ю	C
		ЮВ	3	СВ		
		ЮЗ	В	СЗ	C	Ю
1	2	3	4	5	6	7
0		2793	2793	2793	2793	2793
2		3504	3139	2793	2163	3504
4		4720	3889	2468	1369	4720
6		5632	4295	2468	1144	5166
8		6624	4720	2163	756	6118
10		8262	5166	1878	447	7150
12		9455	5632	1614	219	8262
14		10729	6118	1369	72	9455
16		12083	6624	1144	5	10729
18		14264	7150	940		12083
20		15819	7696	591		13517
22		17454	8262	323		15031
24		20058	8849	5		16627
26		21894	9455			18302
28		23811	10082			20058
30		25808	10082			21894
32		28954	10729			23811
34		31153	10729			25808
36		33431	11396			27886
38		25790	12083			30044
40		38230	12083			32282

Таблица 1.12

Повторяемость (%) различных градаций эффективного ветра для железнодорожного состава с техническими характеристиками $v = 0,5 \text{ м}$, $h = 3,15 \text{ м}$, $N = 11$ вагонов, $S_o = 10,95 \text{ м}^2$, $V_n = 60 \text{ км}/\text{ч}$

Градация	I	IV	VII	X	ГОД	I	IV	VII	X	ГОД
Движения состава с запада на восток										
	Атбасар					Петропавловск				
0...1	11,4	6,9	6,4	5,2	8,0	5,3	4,5	9,9	5,0	6,4
0...-1	21,5	20,5	19,9	22,6	21,4	24,9	24,8	23,9	26,7	25,6
2...5	31,0	35,0	39,9	27,6	37,7	24,7	27,5	40,1	26,8	30,6
-2...-5	21,4	18,7	18,3	26,9	21,0	29,3	23,0	15,8	26,9	24,2
6...9	6,3	10,3	8,8	5,4	7,5	8,4	11,9	7,0	7,3	7,6
-6...-9	6,2	5,8	4,8	9,0	6,0	3,6	5,2	3,1	6,2	4,8
10...13	0,7	1,6	1,2	1,0	1,0	0,8	1,7	0,2	0,7	0,5
-10...-13	1,2	0,7	0,6	1,8	1,1	0,3	0,6	0,0	0,2	0,3
14...17	0,1	0,1			0,1		0,3			
-14...-17	0,2	0,3	0,1	0,4	0,2		0,1		0,1	
188...21		0,1		0,1		0,3				
	Кызылжар					Уральск				
0...1	25,4	18,5	17,4	21,1	21,7	30,7	31,6	25,9	20,5	28,6
0...-1	13,9	14,1	19,8	24,9	17,6	23,4	23,6	36,7	37,6	29,5
2...5	43,2	42,8	42,8	32,0	41,8	30,7	31,6	23,7	24,1	28,1
-3...-6	10,8	9,1	10,5	13,3	9,8	8,8	7,5	10,9	13,3	9,2
6...9	3,7	13,0	6,6	4,0	6,5	4,4	3,4	0,8	2,0	2,9
-6...-9	2,5	1,9	2,7	3,8	2,3	1,4	1,9	1,9	2,3	1,5
10...13		0,4	0,1	0,3	0,2	0,5	0,1			0,1
-10...-13	0,3	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1
14...17										
-14...-17	0,2			0,2		0,1				
	Движение состава с запада на восток									
	Ростов-на-Дону									
0...1	22,0	21,0	27,7	26,1	23,8					
0...-1	17,4	19,5	29,0	22,7	20,6					
2...5	37,9	36,4	26,9	34,3	35,5					
-2...-5	10,1	12,9	13,6	11,7	11,5					
6...9	8,5	7,7	1,8	3,4	6,1					
-6...-9	1,4	1,6	0,9	1,4	1,1					
10...13	1,9	0,9		0,2	0,3					
-10...-13	0,1			0,1	0,1					
14...17	0,3			0,1	0,2					
-14...-17	0,2			0,1						

Градация	I	IV	VII	X	ГОД	I	IV	VII	X	ГОД	
Движение состава с юга на север											
	Ростов-на-Дону						Петропавловск				
0...1	22,4	23,9	40,1	33,5	26,9	4,9	4,6	12,4	4,9	6,7	
0...-1	19,1	21,6	15,0	15,2	18,2	26,3	24,3	16,4	28,1	24,8	
2...5	49,1	49,2	42,1	48,1	48,2	28,9	32,6	47,7	28,7	33,5	
-2...-5	3,6	3,8	2,1	1,9	3,1	30,9	22,7	9,7	26,5	22,5	
6...9	3,3	1,5	0,7	1,2	1,6	4,9	11,1	12,6	6,3	8,5	
-6...-9	0,2				0,1	3,6	3,5	1,1	4,9	3,6	
10...13	0,3			0,1	0,1	0,8	0,8	0,1	0,3	0,4	
-10...-13						0,4	0,2		0,3	0,2	
14...17						0,03	0,03				
-14...-17						0,03	0,06				

Примечание:

При движении поезда с востока на запад и с севера на юг скорость эффективного ветра, его повторяемость и, следовательно, воздушно-ветровое сопротивление будут отличаться от представленных в таблице 1.12, но их можно рассчитать аналогично по предложенной методике.

Данные таблицы 1.12 и выражение (1.9) позволяют оценить влияние ветра на увеличение воздушного сопротивления. С этой целью рас-

считываем отношение вида $\frac{\sum_{i=1}^k W_{\vartheta i} - W_0}{W_0}$, где $W_0 = C_x \rho \frac{V_{\pi}^2}{2} S_0$ — воз-

душное сопротивление поезда без учета влияния ветра;

$$\sum_{i=1}^k W_{\vartheta i} = \frac{C_x \rho S_0}{2} \sum_{i=1}^k (V_{\pi} + V_{\vartheta i})^2 p_i$$

$V_{\vartheta i}$ — значение, соответствующее середине i -й градации скорости эффективного ветра; p_i — вероятность соответствующей градации скорости эффективного ветра, выраженная в долях единицы, k — число градаций в таблице 1.12.

Результаты вычислений представлены в таблице 1.13. Из таблицы видно, что ветер оказывает существенное влияние на увеличение воздушного сопротивления. Причем увеличение воздушного сопротивления за счет скорости имеет ясно выраженный годовой ход.

Преобразуем формулу (1.9) к виду:

$$W_{\pi} = C_x \frac{\rho V_{\pi}^2}{2} \left(S_0 + N b h \frac{\lambda \sin \alpha}{1 + \lambda \cos \alpha} \right) (1 + \lambda \cos \alpha)^2, \quad (1.11)$$

где $\lambda = \frac{V_b}{V_{\pi}}$.

Таблица 1.13

**Увеличение (%) воздушного сопротивления поезда
с указанными выше техническими характеристиками**

Месяц	Движение запад — восток				
	Уральск	Атбасар	Кызылжар	Петропавловск	Ростов-на-Дону
I	9	9	16	9	32
IV	15	17	24	16	23
IV	18	19	21	18	36
X	6	-2	11	6	13

Результаты расчетов (в ньютонах) лобового давления воздуха на поезд с теми же техническими характеристиками, что указаны в заголовке таблицы 1.10, для различных скоростей и направлений ветра при скорости поезда $V_{\text{п}} = 60 \text{ км/ч}$ представлены в таблице 1.14. Из этой таблицы видно, что наибольшее сопротивление воздушная среда оказывает поезду при ветре, направленном под углом 30° к направлению движения. С усилением скорости ветра от 5 до 20 м/с сопротивление возрастает примерно в 3 раза.

Таблица 1.14

α°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
$V_{\text{в}}(\text{м/с})$	4958	5118	5192	5177	5075	4894	4644	4341	3998
5	7735	8119	8281	8212	7921	7434	6787	6027	5204
10	11122	11796	12060	11897	11331	10412	9220	7851	6409
20	15120	16150	16528	16234	15304	13829	11945	9815	7614

При высокоскоростном движении, когда $V_{\text{п}} = 300\text{-}400 \text{ км/ч}$ и при скорости ветра $V_{\text{в}} = 5\text{-}10 \text{ м/с}$, т.е. при малой величине λ из формулы (1.11) следует, что $W_{\text{п}} \rightarrow \frac{1}{2} C_x \rho S_0 V_{\text{п}}^2$.

Другой составляющей воздушно-ветрового сопротивления является $W_{\text{тр}}$ — сила трения воздуха о поверхность поезда.

Сопротивление трения вычисляется по формуле (1.12)

$$W_{\text{тр}} = C_f \frac{1}{2} \rho S_0 (V_{\text{п}} + V_{\text{в}})^2, \quad (1.12)$$

где $S = 2 Lh + Lb = L(2h + b)$

L — длина поезда,

b — ширина, h — высота вагонов,

C_f — коэффициент трения,

ρ — плотность воздуха,

$V_{\text{п}}, V_{\text{в}}$ — скорость поезда и эффективного ветра.

Сравним сопротивления, обусловленные трением и лобовым давлением воздуха, для чего запишем формулу

$$W_{\text{л}} = C_x \frac{1}{2} \rho S_0 (V_{\text{n}} + V_{\theta})^2. \quad (1.13)$$

Деля правую и левую части равенства (1.12) на равенство (1.13), получим

$$\frac{W_{\text{тр}}}{W_{\text{л}}} = \frac{C_f}{C_x} \left(\frac{2}{v} + \frac{1}{h} \right) L. \quad (1.14)$$

Обозначим $\gamma = \frac{C_f}{C_x} \left(\frac{2}{v} + \frac{1}{h} \right) L$. Тогда формулу (1.14) перепишем так:

$$\frac{W_{\text{тр}}}{W_{\text{л}}} = \gamma. \quad (1.15)$$

Для расчета γ нужно знать технические характеристики поезда (v , h , L) и коэффициенты: C_x — аэродинамического сопротивления и C_f — трения воздуха о стенки и крышу поезда. Из выражений (1.4) и (1.15) получаем формулу для вычисления воздушно-ветрового сопротивления подвижного состава

$$W_{\text{в}} = W_{\text{л}} + \gamma W_{\text{л}} = (1 + \gamma) W_{\text{л}}.$$

Заменим $W_{\text{л}}$ его выражением и окончательно получим расчетную формулу

$$W_{\text{в}} = \frac{1}{2} C_x (1 + \gamma) \rho (V_{\text{n}} + V_{\theta})^2 S_0. \quad (1.16)$$

Для пассажирского электропоезда ЭР-1 примем $v = 3,48\text{м}$, $h = 3,15\text{м}$, $C_x = 1,366$, $L = 200\text{м}$. Коэффициент трения для шероховатой пластины $C_f = 3 \cdot 10^{-3}$. Тогда по (1.14) получаем

$$\frac{W_{\text{тр}}}{W_{\text{л}}} = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{1,366} \left(\frac{2}{3,48} + \frac{1}{3,15} \right) 200 \approx 0,39.$$

Таким образом, воздушно-ветровое сопротивление пассажирского электропоезда вычисляется по формуле

$$W_{\text{в}} = W_{\text{л}} + W_{\text{тр}} = 1,39 W_{\text{л}}. \quad (1.17)$$

Заменим $W_{\text{л}}$ из (1.13) и тогда имеем

$$W_{\text{в}} = 0,695 C_x \rho S_0 (V_{\text{n}} + V_{\theta})^2. \quad (1.18)$$

Отношение $\frac{W_{\text{тр}}}{W_{\text{л}}}$ прямо пропорционально длине поезда L . Если грузовой состав имеет длину $L = 1000\text{м}$, то сопротивление трения может в два с лишним раза превосходить давление ветрового напора.

Поэтому для приближенной оценки воздушно-ветрового сопротивления длинного (порядка 1 км) грузового поезда можно использовать формулу:

$$W_{\text{в}} = C_x \frac{3\rho S_0}{2} (V_{\text{n}} + V_{\theta})^2. \quad (1.19)$$

***Влияние температуры и давления воздуха
на величину воздушно-ветрового сопротивления подвижного состава***

Запишем формулу (1.16) в виде

$$W_B = B\rho,$$

$$\text{где } B = \frac{1}{2} C_x (1 + \gamma) (V_{\Pi} + V_3) S_0, \quad \rho = \frac{P}{RT},$$

P, T — давление, температура воздуха,

R — удельная газовая постоянная.

Вместо плотности ρ подставим его выражение

$$W_B = \frac{B}{R} \frac{P}{T}. \quad (1.20)$$

Логарифмически дифференцируя (1.20) и переходя к конечным разностям, получим выражение для расчета

$$\frac{\Delta W_B}{W_B} = \frac{\Delta P}{P} - \frac{\Delta T}{T}. \quad (1.21)$$

Изменения температуры и давления воздуха происходят как во времени, так и в пространстве. Наибольшие разности между максимальными и минимальными температурами от лета к зиме наблюдаются в Сибири (в Енисейске и Оймяконе), например, они достигают $95-100^{\circ}\text{C}$. Колебания температуры воздуха в течение суток изменяются в зависимости от сезона года и характера подстилающей поверхности. Наибольших значений порядка $30-40^{\circ}\text{C}$ они достигают весной в районе Казахстана.

Горизонтальный градиент температуры имеет наибольшую величину в меридиональном направлении, а наименьшую — в широтном. В зонах атмосферных фронтов он может составлять $5-10^{\circ}\text{C}$ на расстоянии 100 км.

Подвижной состав за сутки перемещается на расстояние 1000-1200 км, при этом температура воздуха может меняться по меридиану на десятки градусов. Из вышесказанного следует, что в качестве предельного значения для ΔT в формуле (1.18) можно принять $\Delta T = \pm 100^{\circ}\text{C}$.

Атмосферное давление имеет меньшую относительную изменчивость по сравнению с температурой. Суточный ход давления составляет $5-10$ гПа, а годовой — порядка $\Delta P = \pm 100$ гПа. Принимая за средние значения давления и температуры воздуха соответственно величины $P = 1013$ гПа, $T = 288^{\circ}\text{K}$, оценим в (процентах) предельно возможное увеличение воздушно-ветрового сопротивления зимой по сравнению с летом. Полагаю $P = 100$ гПа, $T = -100^{\circ}\text{C}$, тогда по формуле (1.18) получаем

$$\left(\frac{\Delta W_B}{W_B} \right)_{год} = \frac{100}{1013} + \frac{100}{288} = 45\%.$$

Формула (1.18) позволяет вычислять изменчивость воздушно-ветрового сопротивления движению поезда для любых конкретных условий.

Пример. Пусть поезд назначением Ташкент–Мурманск отправляется в марте из Ташкента, где дневная температура воздуха $t_1 = 30^\circ\text{C}$. Пусть на преодоление маршрута требуется 3-4 суток, а прибытие в Мурманск состоится ночью, причем температура воздуха там $t_2 = -20^\circ\text{C}$. Положим, что атмосферное давление в Ташкенте $P_1 = 1020 \text{ гПа}$, а в Мурманске $P_2 = 970 \text{ гПа}$. Определить, на сколько процентов изменится воздушно-ветровое сопротивление поезда вследствие изменения температуры и давления воздуха по маршруту.

Решение.

$$\Delta P = P_2 - P_1 = 970 - 1020 = -50 \text{ гПа}, \quad \Delta T = 253 - 303 = -50^\circ\text{C};$$

$$P = \frac{P_1 + P_2}{2} = 995 \text{ гПа}, \quad T = \frac{T_1 + T_2}{2} = 278^\circ;$$

$$\frac{\Delta W_B}{W_B} = \frac{\Delta P}{P} - \frac{\Delta T}{T} = \frac{-50}{995} + \frac{50}{278} = 13\%.$$

Следовательно, воздушно-ветровое сопротивление возрастает на 13%.

Заметим, что изменения температуры и давления воздуха на этом достаточно длинном маршруте вообще не являются линейными. Обусловлено это тем, что общее понижение температуры в направлении с юга на север сочетается с суточным ходом температуры, который имеет колебательный характер, а распределение давления по маршруту определяется расположением циклонов и антициклонов и их перемещением.

В заключение отметим, что расчеты изменчивости воздушно-ветрового сопротивления подвижного состава по предлагаемой формуле (1.18) тем ближе отражают реальные условия, чем короче берется расчетный участок пути.

1.7.2.3. Пример расчета возможного экономического эффекта от учета информации о ветре на железных дорогах

В “Правилах тяговых расчетов для поездной работы” (43) дополнительное сопротивление движению поезда от встречного и бокового ветра рекомендуется учитывать по таблице 1.13 при скорости ветра, не превышающей 12 м/с.

При $V_v > 12 \text{ м/с}$ дополнительное сопротивление учитывается по соответствующим номограммам.

Если ветер попутный, то следует считать, что он уменьшает основное сопротивление подвижного состава в том же процентном соотношении, как указано в таблице 1.15. Выше была приведена методика вычисления эффективного ветра V_e (1.10), вектор которого может совпадать с направлением движения поезда, т.е. ускорять движение. Рассчитывается V_e по известным техническим характеристикам поезда и по значениям скорости и направления реального ветра.

Таблица 1.15

Скорость ветра $V_{\text{в}}$, м/с	Скорость поезда $V_{\text{п}}$, км/ч								
	10	20	40	60	80	100	120	140	160
	Дополнительное сопротивление движению в процентах от основного сопротивления (K)								
6	12	11	9	8	7	6	5	4	3
8	19	17	15	13	11	9	8	7	6
10	31	28	24	20	16	14	12	10	9
12	42	39	32	27	23	19	15	14	12

Запишем уравнение движения поезда

$$M_a = F_k = W_k - B, \quad (1.22)$$

где M — масса поезда;

a — ускорение поезда;

F_k — касательная сила тяги локомотива;

$W_k = W_o + W_{\text{доп}}$ — сумма основного (W_o) и дополнительного ($W_{\text{доп}}$) сопротивления (от уклона и кривизны пути от ветра);

B — тормозная сила.

Рассмотрим наиболее простой случай — движение по горизонтальному прямолинейному участку пути с равномерной скоростью.

Тогда $a = 0$, $B = 0$ и уравнение движения принимает вид:

$$F_k = W_k. \quad (1.23)$$

При этом $W_{\text{доп}} = W_{\text{в}}$ — ветровое сопротивление поезда.

$$W_{\text{доп}} = W_{\text{в}} = \frac{K W_o}{100},$$

где K — коэффициент, численные значения которого представлены в таблице 1.15. Например, при скорости ветра $V_{\text{в}} = 10$ м/с и при скорости поезда $V_{\text{п}} = 60$ км/ч $K = 20$. Теперь уравнение (1.23) можно записать так

$$F_k = W_o + \frac{K}{100} W_o.$$

При отсутствии ветра ($K = 0$) $F_k = W_o$.

При попутном ветре основное сопротивление уменьшается на величину $\left(\frac{K}{100} W_o\right)$, следовательно, локомотив может вести грузовой состав большего веса. Пусть расчетный вес грузового поезда при безветрии равнялся Q т.с., тогда при попутном ветре увеличение веса поезда составит величину $\Delta Q = \frac{K}{100} Q$ т.с.

Пример.

Пусть расчетный вес грузового состава для движения по прямолинейному пути с постоянной скоростью 80 км/ч без учета ветра равен $Q = 4600$ т.с. Но по прогнозу на заданном пути будет попутный ветер более 12 м/с. Определить, на сколько можно увеличить вес поезда.

Решение.

По таблице 1.15 находим $K = 23$, тогда $\Delta Q = 0,23 \cdot 4600 = 1058$ т.с.

Повышение веса поезда при том же локомотиве дает экономию эксплуатационных расходов. В работе “Методические рекомендации по экономической оценке показателей эксплуатационной работы железной дороги” [33] рассчитаны ставки экономии расходов при повышении веса поезда на 100 тонн и в расчете на 100 км пробега локомотива во главе поезда, которые составляют величину 1,66 рублей при электрической тяге и 3,15 рублей при тепловозной тяге для средних условий дороги. Введем обозначения: $E_e = 1,66$ р., $E_t = 3,15$ р. Экономия \mathcal{E} от увеличения веса одного поезда при прохождении расстояния в 100 км может быть вычислена по выражениям

$$\begin{aligned}\mathcal{E}_e &= KQE_e \cdot 10^{-4} \text{р} && \text{— для электротяги,} \\ \mathcal{E}_t &= KQE_t \cdot 10^{-4} \text{р} && \text{— для тепловозной тяги.}\end{aligned}\quad (1.24)$$

Дадим приближенную оценку экономии эксплуатационных расходов от использования прогноза ветра по маршрутам следования грузовых поездов. Произведем расчет для грузовых поездов, курсирующих на сети железных дорог СССР, в количестве $N = 10^4$. Полагаем, что вероятность попутного поездам ветра $P_{\pi} = 0,5$. Вероятность оправдавшихся прогнозов ветра, как показывает синоптическая практика, не ниже $P_{\text{пр}} = 0,9$. Следовательно, вероятность прогноза попутного ветра равна $P_b = P_{\pi}P_{\text{пр}}$ или $P_b = 0,45$. Число поездов, для которых ветер является попутным $N_n = 10^4 \cdot 0,45 = 4500$. По планам Министерства путей сообщения протяжение электрифицированных линий к 2000 г. должно значительно возрасти. Они позволяют осваивать более 70% грузооборота, а 30% грузооборота будет обеспечивать тепловозная тяга. Значит, из 4500 поездов число поездов с электровозной тягой $N_e = 3150$, а с тепловозной — $N_t = 1350$. Примем для среднего веса грузового поезда величину = 1000 т.с, для скорости ветра — $V_b = 6$ м/с, а для скорости поезда — $V_{\pi} = 40$ км/ч. По значениям V_b и V_{π} из таблицы 1.15 определяем $K = 9\%$. Экономию от увеличения веса одного поезда при попутном ветре определим по формулам (1.21)

$$\begin{aligned}\mathcal{E}_e &= 9 \cdot 10^3 \cdot 1,66 \cdot 10^{-4} = 1,49 \text{ р}/100 \text{ км}; \\ \mathcal{E}_t &= 9 \cdot 10^3 \cdot 3,15 \cdot 10^{-4} = 2,83 \text{ р}/100 \text{ км}.\end{aligned}$$

Таким образом, экономия от всех упомянутых выше поездов на участке пути длиной 100 км будет равна

$$\mathcal{E} = 1,49 \cdot 3150 + 2,83 \cdot 1350 = 8514 \text{ р}/100 \text{ км}.$$

Полагая суточный пробег грузового поезда равным 1000 км, годовая экономия эксплуатационных расходов от использования прогностической информации о скорости и направлении ветра составит величину

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 8514 \cdot 10 \cdot 30365 = 93228300 \text{ рублей.}$$

Итак, годовая экономия от 10 тысяч грузовых поездов — свыше 90 млн. рублей.

Практические рекомендации

I. Воздушно-ветровое сопротивление поезда зависит от следующих параметров подвижного состава и атмосферы:

- 1) формы и размеров подвижного состава;
- 2) скорости движения поезда;
- 3) температуры воздушной среды;
- 4) атмосферного давления;
- 5) скорости и направления ветра.

II. Для уменьшения воздушно-ветрового сопротивления движению подвижного состава необходимо:

- создавать локомотивы более обтекаемой формы, у пассажирских поездов плотно закрывать межвагонные промежутки, по возможности уменьшать количество и габариты деталей, крепящихся на внешних поверхностях вагонов;
- при формировании составов грузовых поездов за локомотивом располагать сначала крытые вагоны, затем полуваагоны, за ними — платформы, следует компактно размещать грузы на платформах и в полуваагонах;
- при увеличении скорости движения поездов, в частности, при создании высокоскоростного наземного транспорта, работающего на скоростях 300-400 км/ч, следует иметь в виду, что определяющей силой сопротивления движению является воздушно-ветровое, по сравнению с которым механическое сопротивление является весьма малой величиной;
- понижение температуры воздуха способствует увеличению воздушно-ветрового сопротивления от дня к ночи на несколько процентов, а от лета к зиме — 40-50%;
- с понижением атмосферного давления воздушное сопротивление несколько уменьшается (в циклонах W_b меньше, чем в антициклонах на несколько процентов).

III. Получена новая формула для воздушно-ветрового сопротивления движению поезда. В ней наиболее полно учтена зависимость сопротивления от технических характеристик подвижного состава, а также от температуры и давления наружного воздуха, скорости и направления ветра.

IV. Использование прогностических данных о скорости и направлении ветра, о температуре и давлении воздуха в практике тяговых расчетов обеспечит экономию эксплуатационных расходов на железнодорожном транспорте.

1.7.3. Влияние метеорологических величин на работоспособность тепловозов

Тяговый подвижной состав строится для всей сети железных дорог нашей страны в одинаковом исполнении, т.е. для определенных стандартных метеоусловий. Так, например, расчетная сила тяги тепловозов определяет-

ся исходя из условий: температура наружного воздуха $t_{\text{нв}} = 20^{\circ}\text{C}$, атмосферное давление $P_o = 760$ мм рт. ст.

Работать тепловозам, электровозам и другим локомотивам приходится в различных погодных условиях, как правило, резко отличающихся от стандартных. Воздействие метеорологических величин (температуры, давления, влажности, ветра и др.) на аппаратуру, двигатели, дизели и другие элементы тягового подвижного состава часто приводит к изменению их рабочих параметров и даже к отказу. Для определения времени их безотказной работы необходимо знать механизм воздействия отдельных метеовеличин или их совокупностей на сборочные единицы подвижного состава.

Для получения количественных характеристик такого воздействия необходимо разрабатывать математические модели. Метеорологические величины по природе своей являются случайными, поэтому теоретические модели должны быть вероятностно-статистическими. Климатология к настоящему времени располагает данными о законах распределения основных метеорологических величин, о статистических параметрах этих величин, а также о распределении некоторых комплексных климатических характеристик.

Необходимо провести эксперименты в различных климатических условиях по воздействию метеорологических величин на отдельные узлы локомотивов и в целом на тяговый подвижной состав, собрать и обработать большой статистический материал, который позволит получить формулы для расчета практической надежности локомотивов, времени безотказной работы их сборочных единиц в любых климатических регионах СССР.

Приводим схему влияния метеорологических величин на работоспособность тепловоза [8] (рис. 1.15).

В правилах тяговых расчетов [1.7] сила тяги тепловоза в зависимости от температуры и давления воздуха определяются следующей формулой:

$$F_K = F_{K_0} (1 - K_t - K_p),$$

где F_{K_0} — сила тяги при $P_o = 760$ мм рт. ст., $t_{\text{нв}} = 20^{\circ}\text{C}$;

K_t — коэффициент, учитывающий снижение мощности дизеля от температуры наружного воздуха;

K_p — коэффициент, учитывающий снижение мощности дизеля от атмосферного давления P .

Значения коэффициентов представлены в таблице 1.16.

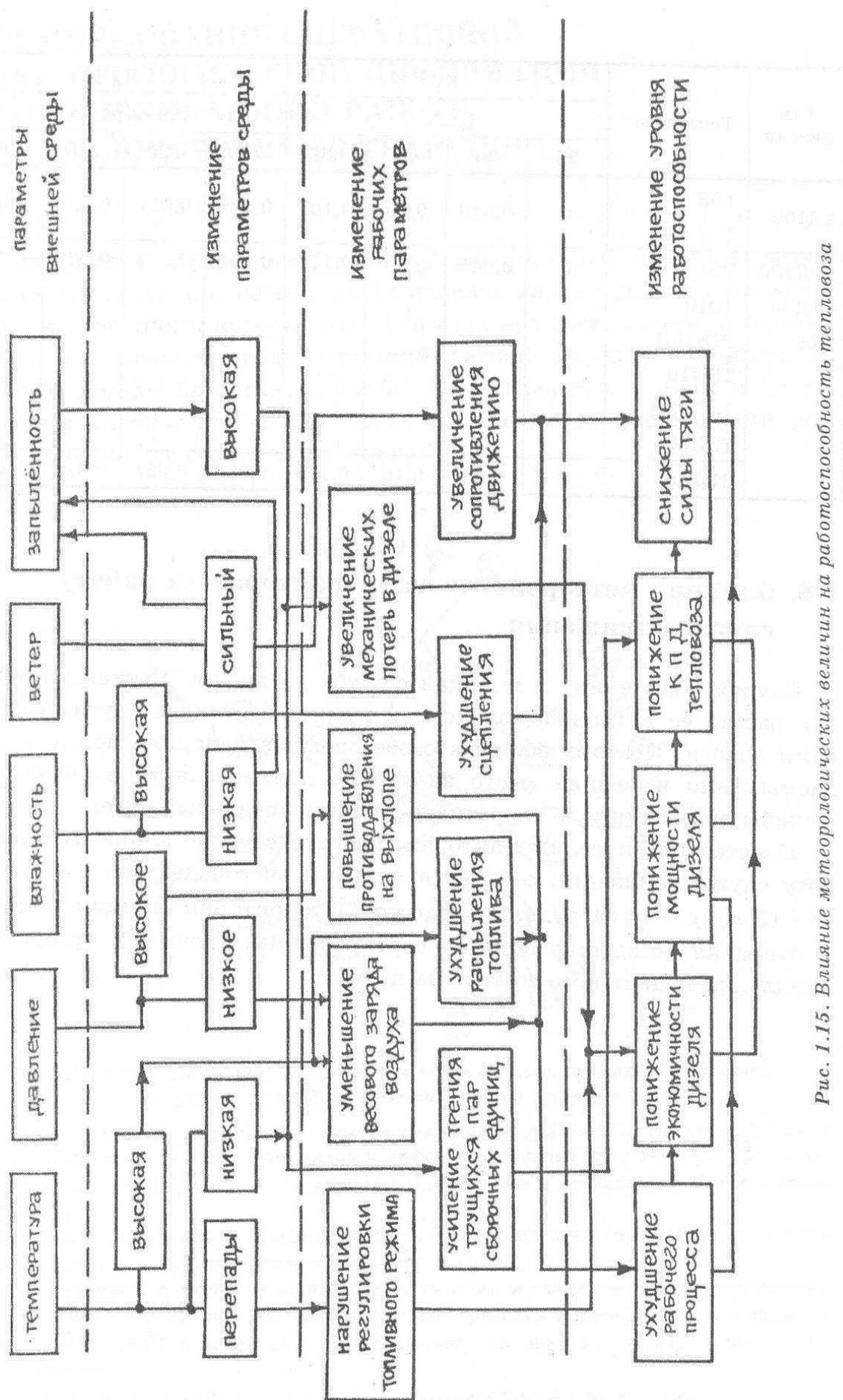


Рис. 1.15. Влияние метеорологических величин на работоспособность тепловоза

Таблица 1.16

Тип дизеля	Тепловозы	K_t				K_p			
		$t_{HB}, ^\circ C$				$P, \text{мм рт. ст.}$			
		20	30	40	680	700	720	740	760
2Д100	ТЭ3 ТЭ7	0	0,045	0,09	0,105	0,078	0,051	0,025	0
10Д100 11Д45 Д50	ТЭ1 ТЭ2	0	0,045	0,09	0,115	0,086	0,057	0,028	0
	ТЭ10								
	2ТЭ10Л								
	ТЭП10								
	ТЭП10Л								
	ТЭП60								
	2ТЭП60	0	0,05	0,10	0,115	0,086	0,051	0,028	0

1.8. Влияние метеорологических факторов на работу службы движения

Служба движения — ведущая служба на дороге. Четкая, устойчивая работа ее возможна только при взаимодействии с другими службами дороги. Поэтому обо всех особо опасных явлениях погоды, ожидаемых или имеющих место на дороге, должны знать руководители службы движения и ее оперативно-распределительный отдел.

К метеорологическим факторам, непосредственно влияющим на работу служб движения, относятся сильные снегопады, метели и ветер ($V \geq 15 \text{ м/с}$). Они затрудняют подготовку территории станций к приему и отправке поездов, работу на сортировочных "горках", требуют закрепления подвижного состава на путях.

2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПЕРАТИВНОЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ОБСЛУЖИВАНИИ И РАБОТЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Исследование зависимости железнодорожного транспорта от метеорологических условий позволило установить характеристики метеорологических величин, которые используются при составлении, в первую очередь, штормовых предупреждений разной заблаговременности и прогнозов погоды на сутки, 2-3 и 5-7 дней. Прогнозы погоды и штормовое предупреждение составляются и передаются работниками дорожных геофизических станций (рис. 2.1).

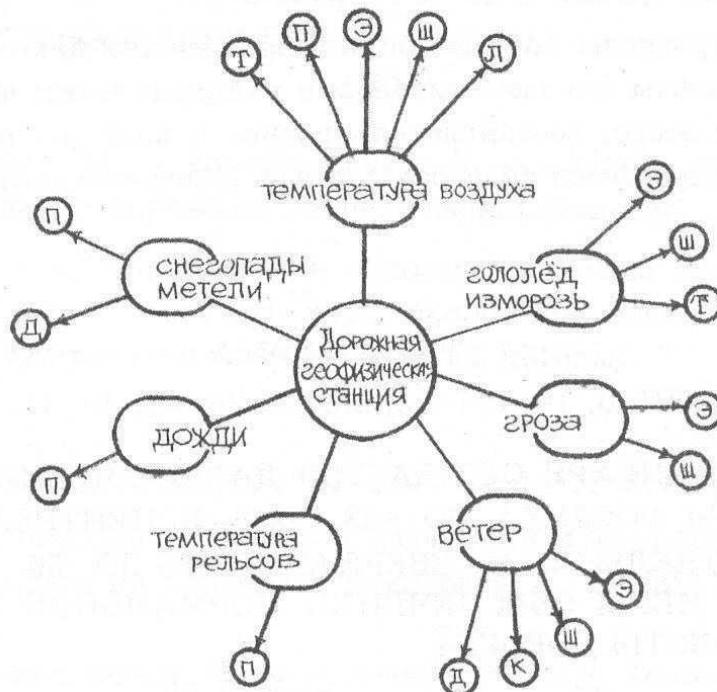


Рис. 2.1. Схема штормового предупреждения об опасных явлениях погоды ведущих служб дороги геофизической станцией:

П (служба пути) — предупреждается о снегопадах при количестве снега 1-3 см и более до 12 часов и метелях всех видов и любой интенсивности; о температуре воздуха $\geq +25^\circ$ и $\leq -25^\circ$ и переходе температуры воздуха через 0° ; о дождях ≥ 20 мм и более за 12 часов;

Д (служба движения) — предупреждается о снегопадах ≥ 5 см за 12 часов и метелях всех видов и любой интенсивности; о ветре ≥ 15 м/с;

Э и Ш (служба электроснабжения, сигнализации и связи) — предупреждаются о гололедно-изморозевых отложениях с момента их возникновения и ветре ≥ 15 м/с, о температуре воздуха $\geq +25^\circ$ и $\leq -25^\circ$ и переходе температуры воздуха через 0° , о грозах с момента их возникновения;

К (служба контейнерных перевозок) — предупреждается о ветре ≥ 15 м/с;

Л (пассажирская служба) — предупреждаются о температуре воздуха $\leq -25^\circ$;

Т (локомотивная служба) — предупреждаются о температуре воздуха $\leq -25^\circ$, о гололедно-изморозевых отложениях с момента их возникновения.

Приведем пример суточного прогноза погоды по Октябрьской железной дороге с 21 часа 9 января до 21 часа 10 января 1990 года.

На 10 отделении: временами небольшой снег, изморозь, на севере отделения поземки и метели при ветре восточных направлений 7-12 м/с. Температура воздуха -13, -18°, в центральном районе отделения до -25° в течение суток.

На остальной части дороги: ночью, начиная с западных участков, переход к снегу, мокрому снегу, метелям. Ветер южный, юго-западный 7-12 м/с. Температура ночью -2, -7°, на восточных участках до -10, -12°, днем +1, -4°.

На Петербургском железнодорожном узле: со второй половины ночи переход к снегу и мокрому снегу. Температура ночью -2, -4°, утром и днем около 0°.

Примечание: 10 отделение расположено на Кольском полуострове и крайнем севере Карелии.

Подобные прогнозы погоды общего пользования даются начальнику дороги, отраслевым его заместителям и руководителям ведущих служб дороги. Кроме этого, составляется прогноз в виде штормового предупреждения и передается телеграммой или телефонограммой линейным предприятиям.

Пример:

ТЕЛЕГРАММА

НОД, НОДП-8, 10, ПЧ-22, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44

С 11 ПО 15 ЯНВАРЯ ОЖИДАЕТСЯ ДАЛЬНЕЙШЕЕ ПОНИЖЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ДО -23, -28°, В ЦЕНТРАЛЬНЫХ РАЙОНАХ 10-ГО ОТДЕЛЕНИЯ И СЕВЕРЕ КАРЕЛИИ ДО -30, -35° МОРОЗА.

ПРИМИТЕ МЕРЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ДОРОГИ.

НЗ —

ПОДПИСЬ —

Примечание: НЗ — заместитель начальника дороги, НОД — начальник отделения дороги, НОДП — начальник отдела пути отделения дороги, ПЧ — начальник дистанции пути.

Телефонограмма имеет вид:

НОДП - 1, 2, 6, 11

НОЧЬЮ 10 ЯНВАРЯ, НАЧИНАЯ С 6 ОТДЕЛЕНИЯ, ОЖИДАЕТСЯ ПЕРЕХОД К СНЕГУ, МОКРому СНЕГУ НА 2-4 СМ, ВЕТЕР ЗАПАДНЫЙ 7-12 М/С, БУДЕТ МЕСТИ. ДНЕМ СНЕГ 1-3 СМ. ПОСТЕПЕННОЕ ПОВЫШЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ДО -1, -5°.

ПГМ

НОЧЬЮ 10 ЯНВАРЯ НАЧИНАЯ С 4 И ЗАПАДНЫХ УЧАСТКОВ 3, 5 ОТДЕЛЕНИЙ ОЖИДАЕТСЯ ПЕРЕХОД К СНЕГУ, МОКРОМУ СНЕГУ НА 4-6 СМ, ВЕТЕР ЮГО-ЗАПАДНЫЙ, ЮЖНЫЙ 7-12 М/С, БУДЕТ МЕСТИ. ДНЕМ СНЕГ НА 1-3 СМ. ПОСТЕПЕННОЕ ПОВЫШЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ДО +1, -4°.

НА ПЕТЕРБУРГСКОМ УЗЛЕ: СНЕГ, МОКРЫЙ СНЕГ 2-3 СМ, ПОВЫШЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ДО 0°.

ПГМ

ДИСПЕТЧЕРУ Ш, Э

10 ЯНВАРЯ НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ, С 11 ПО 15 ЯНВАРЯ НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ И В КАРЕЛИИ НЕБОЛЬШИЕ ОТЛОЖЕНИЯ ИЗМОРОЗИ. ПОНИЖЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ДО -23 -18°, В ЦЕНТРАЛЬНЫХ РАЙОНАХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА И НА СЕВЕРЕ КАРЕЛИИ ДО -30, -35°.

ПГМ

Примечание: Ш — служба связи, Э — служба электрификации, ПГМ — начальник дорожной геофизической станции.

В связи с тем, что на линии Ленинград-Москва каждые четверг и пятницу с 12 до 17 часов курсирует скоростной поезд "ЭР-200", в среду для него составляется на 2 дня прогноз погоды.

Пример:

ПРОГНОЗ ПОГОДЫ ДЛЯ "ЭР-200" НА 11-12 ЯНВАРЯ 1990 Г.

11 января небольшие осадки в виде снега и мокрого снега, налипание мокрого снега на проводах. Температура -1, -3°. Ветер западный 7-12 м/с.

12 января снег, метель. Ветер восточный 7-12 м/с. Температура -3, -8°.

ПГМ

Кроме составления штормовых предупреждений и прогнозов погоды установленные метеорологические величины могут быть использованы руководителями линейных предприятий дороги (начальниками станций, дистанций пути и связи, энергоучастков т.д.) для разработки мероприятий по обеспечению четкой, бесперебойной работы своих предприятий в сложных метеорологических условиях.

Например: Дистанция пути обеспечивает работу сортировочной станции в зимний период.

Заблаговременно начальник дистанции совместно с мастерами разрабатывает план прикрытия сортировочной станции в период снегопадов и метелей. Ими установлено, что для обеспечения устойчивой работы сортировочной станции при выпадении снега в количестве 10 см

за 12 часов и метели при скорости ветра до 12 м/с продолжительностью в течение смены (12 часов) необходимо вызывать дополнительно 60 человек, задействовать две снегоуборочные машины.

Обязательно указываются организации, которые по заявке начальника дистанции пути выделяют людей, определяются рабочие места и количество на них людей.

Далее, получив от дорожной геофизической станции, например, штормовое предупреждение: "Сегодня 24 в ночь на 25 января ожидается снег 8-10 см, метель при юго-восточном ветре 7-12 м/с", начальник дистанции пути, согласно плана, подает заявку о выделении для работы в ночную смену дополнительно 60 человек. Мастер и бригадиры распределяют прибывших рабочих по рабочим местам. Устанавливается порядок работы снегоуборочных машин.

Заблаговременное планирование работ в сложных метеорологических условиях не только облегчит работу по прикрытию станций, но и уменьшит расходы дистанции пути, так как каждый дополнительно вызванный в ночную смену работник обходится дистанции пути в 25-30 рублей.

3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В РАБОТЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

3.1. Назначение климатической информации

Оценка влияния метеорологических факторов на работу железнодорожного транспорта позволяет не только наладить оперативную работу в сложных метеорологических условиях, но и перейти к использованию соответствующей климатической информации. Климатическая информация используется, во-первых, для составления прогнозов погоды на длительные сроки (месяц, сезон), во-вторых, для долговременного планирования работ и расходования материальных ресурсов, в-третьих, в проектных расчетах при строительстве железных дорог и отдельных железнодорожных сооружений (мостов, тоннелей, линий связи, ЛЭП и т.п.).

Из вышесказанного следует, что всю климатическую информацию, используемую на железнодорожном транспорте, можно условно разделить на три вида: информация, характеризующая климат железной дороги, информация для планирования работ и расходования материальных ресурсов и информация для проектных работ.

3.2. Информация, используемая для общей характеристики климата и составления прогнозов погоды на длительные сроки на железной дороге

К этой информации относятся многолетние характеристики метеорологических величин, которые характеризуют климат дороги или ее отдельных районов, такие, как:

- средняя месячная и годовая температура воздуха;
- абсолютная максимальная и минимальная температура воздуха;
- даты устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0°, 10°, 15° в сторону повышения (понижения);
- среднее месячное и годовое количество осадков;
- максимальное суточное количество осадков;
- средняя месячная и годовая высота снежного покрова;
- максимальная высота снежного покрова за сутки;
- даты появления и схода снежного покрова, образования и разрушения устойчивого снежного покрова;
- среднее месячное и годовое число дней с метелями всех видов;
- среднее месячное и годовое число дней с грозами;
- среднее месячное и годовое число дней с гололедом, мокрым снегом и изморозью;
- среднее месячное и годовое число дней с сильным ($\geq 15 \text{ м/с}$) ветром;

- максимальная скорость ветра;
- даты вскрытия (замерзания) рек, пересекающих железную дорогу;
- средние из максимальных уровней весеннего половодья;
- средние даты прохождения максимальных уровней на реках.

Климатическая информация общего пользования может быть использована транспортными гидрометеорологами для составления месячных и сезонных прогнозов погоды.

Например:

***Климатический прогноз погоды на зимний период (XI-III)
по территории Октябрьской железной дороги
(1988-1989 гг.)***

Устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 0° в сторону понижения ожидается:

- на 9 и 10 отделениях — в третьей декаде октября, что соответствует обычным срокам;
- на 8 отделении и крайних восточных участках южной половины дороги — в конце октября — начале ноября, что на 5-7 дней раньше нормы;
- на остальных участках южной половины дороги — в первую неделю ноября, что на 5-7 дней раньше нормы.

Ноябрь

Ноябрь на территории дороги ожидается холодный (ниже нормы на 1-2°). Осадков ожидается близко к норме, преимущественно в виде мокрого снега и снега.

Зимний период (декабрь-март)

Зимний период ожидается теплым, но холоднее прошлого года. Количество осадков на дороге ожидается близким к норме и несколько выше нее (на 10-30%).

Осадки в течение зимы будут выпадать неравномерно. Наиболее снежными, когда месячное количество осадков на большей части дороги превысит норму на 20-30%, ожидаются декабрь и январь.

Метели в северной половине дороги значительно превысят норму. Наиболее метелевыми ожидаются декабрь-февраль. В южной половине дороги метелевая деятельность будет обычной для зимы, а наиболее часто метели ожидаются в январе и феврале.

На Петербургском железнодорожном узле

Зима ожидается теплой, но холоднее прошлого года.

Ноябрь ожидается холодным. Устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 0° в сторону понижения предполагается в первую неделю ноября, что на 5-7 дней раньше нормы.

Температура в период с декабря по февраль включительно ожидается на 1-2° выше нормы. Март ожидается ниже нормы на 1-2°.

Прирост высоты снежного покрова ожидается близким к 140 см, что выше нормы на 20–30%, но меньше прошлого года примерно на 25 см.

Наиболее снежной будет первая половина зимы (ноябрь–январь).

Осадки будут выпадать неравномерно.

Значительные осадки на Петербургском железнодорожном узле возможны в следующие периоды: 1–3, 21–24 ноября, 14–18, 21–25 декабря, 5–9, 12–16 января.

В феврале и марте значительных осадков не ожидается. Количество метелей за зиму на Петербургском железнодорожном узле ожидается близким к норме (24–28 дней).

Примечание.

1. Северная половина дороги (8, 10 отделения) — это Мурманская и Карельская АССР.

2. Южная половина дороги (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11 отделения) — это Ленинградская, Псковская, Новгородская, Калининская, западные районы Вологодской и северо-западные районы Московской областей.

В сезонном прогнозе при характеристике зимнего периода на Ленузле введена многолетняя метеорологическая величина — прирост высоты снежного покрова. Дело в том, что в южных районах страны и в районах с морским климатом (Октябрьская, Прибалтийская, Дальневосточная ж.д. и т.д.), где даже в самые холодные месяцы наблюдаются оттепели с положительными температурами и выпадают осадки смешанного характера, снежный покров очень неустойчив. Даже в районах с континентальным климатом, где оттепелей с положительными температурами практически не бывает, снежный покров залегает очень неравномерно, так как с возвышенных мест он сдувается ветром и наносится в низких местах, кроме этого под воздействием воздуха, ветра и собственного веса снег значительно уплотняется. Таким образом, замеренная высота снежного покрова, на наш взгляд, не может служить надежной характеристикой снежности зимы, тем более использоваться на железных дорогах страны для оценки затрат и планирования на снегоборьбу.

Именно это и стало причиной разработки, введения и использования на Октябрьской ж.д. многолетней характеристики — прироста высоты снежного покрова, рассчитанной по методике, разработанной коллективом геофизической станции Октябрьской железной дороги. Прирост высоты снежного покрова получается путем сложения его высоты за каждые сутки, когда снег выпадал, с момента появления первого и до выпадения последнего снега.

Например. На метеостанции “Фарфоровский пост” Октябрьской железной дороги, расположенной в Ленинграде, в районе сортировочной станции, в 1988 году первый снежный покров высотой 4 см образовался 30 октября. Затем снег выпадал ежедневно до 3 ноября; 31 октября — 3 см; 1 ноября — 2 см; 2 ноября — 4 см и 3 ноября — 2 см.

За период с 31 октября по 3 ноября прирост высоты снежного покрова составил 15 см ($4 \text{ см} + 3 \text{ см} + 2 \text{ см} + 4 \text{ см} + 2 \text{ см}$), а высота снежного по-

кровя достигла к 3 ноября 12 см, так как днем температура воздуха была близкой к 0° и снег подтаивал и оседал. 6 ноября снег растаял полностью, а 7 ноября выпало вновь 10 см снега. Таким образом, прирост высоты снежного покрова составил на 7 ноября 25 см (15 см + 10 см), в то время как высота снежного покрова была только 10 см.

Средняя многолетняя высота снежного покрова в Ленинграде составляет 33 см, максимальная — 64 см, а средний многолетний (с 1941 по 1981 г.) прирост высоты снежного покрова — 108 см и максимальный — 208 см, то есть прирост высоты снежного покрова более чем в 3 раза больше высоты устоявшегося снежного покрова. Данные о приросте высоты снежного покрова позволяют оценить фактические затраты на снегоборьбу за любой период времени в течение зимы (день, декаду, месяц и т.д.).

На прирост высоты снежного покрова, как и на его высоту, оказывают влияние ветер, температура воздуха и характер выпадающих осадков.

Для того чтобы определение прироста высоты снежного покрова на территории Октябрьской железной дороги было единым, на основании многолетних (с 1941 по 1981 г.) наблюдений за снежным покровом на дорожной метеостанции "Фарфоровский пост" были составлены методические указания по определению прироста высоты снежного покрова следующего содержания:

1. Смешанные осадки (мокрый снег, дождь, морось) — прирост снега берется строго по рейке.

2. Мокрый снег (температура воздуха осенью или весной выше 0°) — прирост снега берется строго по рейке.

3. Мокрый снег (температура воздуха зимой выше или ниже 0°):

а) прирост снега берется по рейке, если количество выпавших осадков и прирост снежного покрова по рейке отличаются друг от друга не более чем на 2.

затем пример
Например. Количество выпавших осадков 5 мм, а прирост снега 3 см. $5 - 3 = 2$, прирост должен быть взят по рейке;

б) если прирост снега и количество выпавших осадков отличаются друг от друга больше 2, то количество осадков умножается на 0,8 и полученная величина берется как прирост снега.

4. Снег (температура воздуха ниже 0°, маловетрие):

а) прирост снега берется по рейке, если разница между количеством выпавших осадков и приростом снежного покрова на рейке не превышает 2;

б) если разница между количеством выпавших осадков и приростом высоты снежного покрова по рейке больше 2, то прирост снега берется по количеству выпавших осадков.

Например: Количество выпавших осадков 6 см, а прирост снега по рейке 2. $6 - 2 = 4$, прирост снега берется 6 см.

5. Метели и поземки — прирост снежного покрова берется по количеству выпавших осадков.

6. Количество выпавших за сутки осадков меньше 0,5 мм, а прирост снежного покрова, если он даже есть по рейке, не берется.

Отдельные виды информации общего пользования могут быть использованы предприятиями и службами железных дорог для планирования работ и расходования материальных ресурсов.

Например, устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 0° в сторону понижения на железных дорогах принимаются за начало зимы, а переход температуры через 0° в сторону повышения — за начало весны. Это позволяет путейцам планировать начало и конец путевых работ, подготовку к зиме и весеннему паводку.

Устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 10° в сторону повышения (понижения) позволяет вагонникам и работникам службы гражданских сооружений планировать начало и конец отопительного сезона.

Среднемесячная температура за холодный период (Х–Ш) используется работниками локомотивного хозяйства для расчета необходимого хозяйству количества топлива и электроэнергии.

3.3. Климатическая информация, используемая для планирования работ и расходования материальных ресурсов

К этой категории можно отнести следующую информацию:

- среднее многолетнее число дней со средней суточной температурой воздуха в различных пределах;
- многолетнее среднее месячное и годовое число дней с температурой воздуха $\geq +25^{\circ}$, $\geq +30^{\circ}$, $\leq -25^{\circ}$, $\leq -30^{\circ}$;
- повторяемость температуры воздуха $\geq 25^{\circ}$, $\geq +30^{\circ}$, $\leq -25^{\circ}$, $\leq -30^{\circ}$;
- многолетняя средняя декадная ежечасная температура рельсов при ясной погоде для рельсов, ориентированных с запада на воссток и с севера на юг;
- максимальная температура рельсов при ясной погоде различной обеспеченности;
- среднее многолетнее число дней с суточным количеством осадков ≥ 30 мм;
- повторяемость суточных осадков ≥ 30 мм;
- многолетнее среднее месячное и годовое число дней с ветром ≥ 15 м/с;
- многолетняя средняя суммарная продолжительность гололедно-изморозевых отложений за год;
- повторяемость отложений гололеда, мокрого снега изморози ≥ 20 мм, ≥ 50 мм.

Для эффективного планирования работ и расходования материальных ресурсов с учетом тех или иных метеорологических факторов необходимо, чтобы работники железнодорожного транспорта имели соответствующую метеорологическую подготовку. Они должны понимать, что пред-

ставляют собой метеорологические величины, из чего они складываются и в каком виде они могут быть использованы при планировании работ.

наприимер
Например. Необходимо определить, какое количество спирта путейцы дороги должны запланировать для работы в течение года дефектоскопных средств, имеющихся на дороге. Для этого составляется ведомость с перечнем наличия на предприятиях путевого хозяйства дефектоскопных средств и их типа. Затем определяют, при каких условиях погоды и сколько расходуется спирта на каждый тип дефектоскопных средств в зависимости от времени его работы.

Спирт расходуется, когда дефектоскопные средства работают при температуре воздуха ниже 0°, причем чем ниже температура, тем больше расход спирта. Для определения необходимого количества спирта для работы дефектоскопных средств в зимний период используют многолетнее среднее месячное количество дней с отрицательной средней суточной температурой воздуха в различных пределах.

Используя данные о температуре воздуха, о количестве дефектоскопных средств на дистанциях и их типе, зная норму расхода спирта на единицу рабочего времени, определяют количество спирта, необходимое дистанции пути для работы средств дефектоскопии. Затем определяют необходимое количество спирта для путейцев отделения и, наконец, для путейцев дороги в целом.

По многолетним данным о температуре рельсов при ясной погоде планируется время производства работ на бесстыковом пути.

Многолетняя средняя суммарная продолжительность гололедно-изморозовых отложений и их повторяемость позволяют службе связи определить район первоочередной замены воздушных линий связи на кабельную, а энергетикам — разработать мероприятия искусственно-го воздействия на гололедно-изморозовые отложения на контактной сети.

Необходимо отметить, что в настоящее время для планирования работ и расходования материальных ресурсов на железнодорожном транспорте метеорологическая информация используется недостаточно, хотя диапазон ее использования очень широк.

3.4. Информация для проектных работ

3.4.1. Перечень прикладных климатических характеристик

На железнодорожном транспорте при проектировании используется практически вся климатическая информация, которой пользуются проектные организации страны. Но наиболее часто приходится сталкиваться с необходимостью в следующей информации:

- средняя многолетняя годовая амплитуда температуры воздуха;
- абсолютная максимальная и минимальная температура воздуха;
- число дней с температурой воздуха в различных пределах;
- расчетная температура самой холодной пятидневки;

- среднее многолетнее количество осадков за год;
- среднее многолетнее число дней с осадками ≥ 1 мм;
- максимальное суточное количество осадков;
- максимальное суточное количество осадков различной повторяемости;
- заносимость участков дороги повторяемостью 1 раз в 10 и 15 лет;
- максимальная скорость ветра;
- максимальная скорость ветра повторяемостью 1 раз в 10 лет;
- повторяемость направления ветра и штилей;
- число дней со скоростью ветра 10 м/с и более;
- толщина стенки гололеда различной повторяемости;
- температура воздуха и скорость ветра при максимальных гололедно-изморозевых отложениях;
- максимальная глубина промерзания грунта;
- максимальные уровни на реках, пересекающих железную дорогу.

Информация о максимальной скорости ветра и толщине стенки гололеда повторяемостью 1 раз в 10 лет, максимальные отложения гололеда, мокрого снега, изморози и сопровождающие их температура и скорость ветра, а также заносимость участков используется при проектировании воздушных линий связи и ЛЭП.

Максимальная глубина промерзания почвы и расчетная температура самой холодной пятидневки используется при проектировании различных железнодорожных зданий и других объектов.

Максимальное суточное количество осадков различной повторяемости, как правило, используют при проектировании канализации.

Особое место занимают на железнодорожном транспорте проектирование сортировочных “горок” и мостов и обеспечение этих работ соответствующей климатической информацией.

Климатические характеристики для этих проектов указываются в следующих параграфах.

3.4.2. Климатическая информация, используемая для проектирования сортировочных горок

При проектировании новых и реконструкции старых узлов и станций необходимо учитывать их пропускную и перерабатывающую способность с учетом перспективы развития узловых станций. Важным звеном сортировочных станций, определяющим пропускную способность этих станций, является сортировочная горка, с помощью которой происходит сортировка вагонов по назначениям следования. Проектируемые горки имеют различную мощность, которая зависит от их высоты. При расчете же высоты горки следует учитывать нестандартные климатические данные по температуре наружного воздуха, направлению и скорости ветра как для зимы, так и для лета [48, 55]. Иногда проектируют две горки: зимнюю и летнюю.

Для бесперебойной сортировки вагонов расчетная высота горки должна обеспечивать скатывание четырехосного порожнего крытого

вагона “плохого бегуна” до некоторой расчетной точки при неблагоприятных условиях скатывания. Расчетная точка находится на расстоянии не менее 50 м от подножья горки. Высота горки может регулироваться времененным подъемом горба (наиболее высокой части горки). Для горок, фактическая высота которых меньше расчетной, в условиях низких температур наружного воздуха (ниже -25°C) при проектировании предусматривается временный подъем горба.

В условиях низких температур наиболее опасными являются встречные ветры, которые замедляют движение вагонов, что вызывает замерзание смазочных масел в буксах. Летом надо учитывать продольную составляющую попутного ветра, так как она вызывает ускорение скатывания вагона, и поэтому при сильных ветрах для летней горки предусматривается строительство дорогостоящих дополнительных тормозных устройств.

Необходимая высота горки H_g рассчитывается согласно инструкции по проектированию станций и узлов на железных дорогах Союза ВСН 56-78 по формуле:

$$H_g = \frac{1}{1000} [L_p (W_o + W_{cp}) + 9\sum \alpha^\circ + 20n] - \frac{V_o^2}{2g}, \quad (3.1)$$

где W_o и W_{cp} — характеризуют сопротивление среды и зависят от климатических параметров;

L_p , $\sum \alpha^\circ$, n и $\frac{V_o^2}{2g}$ — характеристики горки;

9 и 20 — размерные коэффициенты.

Значение W_o , основного удельного сопротивления движению расчетного “плохого бегуна” (кгс/т.с), принимается по табл. 1 ВСН 57-78, в которой представлена зависимость W_o от предельной температуры наружного воздуха. В условиях низких зимних температур воздуха значение W_o рассчитывается в зависимости от температуры воздуха по формуле:

$$W_o = 7,32 - 0,0031t^\circ + 0,0019(t^\circ)^2, \quad (3.2)$$

где t° — расчетная температура воздуха (со знаком минус).

Значение W_{cp} , сопротивление от воздушной среды и ветра (кгс/т.с), рассчитывается по формулам:

а) для одиночных вагонов:

$$\mp W_{cp} = \frac{17,8 C_x S}{(273 + t^\circ)q} \cdot V_p; \quad (3.3)$$

б) для отцепов:

$$\mp W_{cp} = 17,8 \frac{C_x + \sum_{j=1}^n C_{xxj} \cdot S_j}{(273 + t) \sum q} \cdot V_p^2, \quad (3.4)$$

где C_x и C_{xxj} — коэффициенты воздушного сопротивления;

S , S_j — площадь поперечного сечения вагонов;

q — вес вагона, ТС;

V_p — относительная скорость отцепа с учетом направления ветра (м/с).

Коэффициенты воздушного сопротивления C_x и C_{xxj} находятся в зависимости от угла α (угол между результирующим вектором относительной скорости ветра и направлением движения отцепа) по таблице, содержащейся в ВСН 56-78.

Скорость V_p и α зависят от климатической характеристики скорости ветра V_b и рассчитываются по формулам:

$$\alpha = \arcsin \frac{V_b \cdot \sin \beta}{V_p},$$

$$V_p^2 = V_{cp}^2 + V_b^2 \mp 2V_{cp} \cdot V_b \cdot \cos \beta, \quad (3.5)$$

где V_{cp} — средняя скорость скатываемого отцепа на участке (м/с);

V_p — скорость ветра определенного направления, принимаемая постоянной на всем протяжении горки (м/с);

β — угол между направлением ветра и осью участка пути, по которому движется отцеп.

При расчетах средней скорости ветра по направлению V_b , которая, согласно инструкции ВСН 56-78, рассчитывается как среднее взвешенное из распределений скорости ветра по направлениям без учета градации скорости 0–1 м/с, вводится понижающий коэффициент 0,85 для учета уменьшения скорости ветра на уровне крыши вагона по сравнению с высотой флюгера на метеорологической станции[5,52]. Первая градация (0–1 м/с) в расчетах не учитывается ввиду того, что ветры такой малой скорости не влияют на движение вагонов.

Инструкцией предписывается принимать наиболее неблагоприятные при данных условиях роспуска скорость и направление ветра. Очевидно, наиболее неблагоприятным будет такое сочетание средней скорости ветра в румбе и направление румба (V_b), при котором создается максимальная продольная (вдоль горки) составляющая ветра. Поэтому целесообразно определять V_p следующим образом:

- определить ориентацию горки относительно стран света (угол);
- определить сектор направлений ветра, встречных для зимнего сезона и попутных для летнего сезона;
- для каждого румба, находящегося в пределах выделенного сектора, вычислить произведение $V_b \cdot \cos \beta$; $\beta = \gamma - \alpha$, где α — направление ветра;
- из полученных произведений выбрать максимальное значение

$$V_b \cdot \cos \beta;$$

- подставить данные значения в формулу (3.5.).

Определив V_p по формулам (3.3.) и (3.4), рассчитывается сопротивление движению вагонов.

Для того чтобы получить более точное значение V_p , целесообразно пользоваться распределением скорости ветра не по 8, а по 16 румбам.

Повторяемость различных сочетаний направлений по 8 румбам и скорости ветра содержится в научно-прикладном справочнике по климату СССР. Для того чтобы определить повторяемость скорости ветра по 16 румбам, необходимо провести специальную обработку первичных наблюдений за скоростью ветра.

Например, оценим наиболее опасные с точки зрения проектирования горки направления ветра для января (зимние условия) и июня (летние условия) на ст. Чара.

В табл. 3.1 представлены распределения скоростей ветра по 16 румбам. Ось сортировочного парка составляет угол 83° с направлением на север, т.е. сортировочная горка расположена в направлении почти с запада на восток (угол 70° с восточным направлением). В сектор попутных ветров, таким образом, входят З, ЗСЗ, СЗ, ССЗ, ЗЮЗ, ЮЗ, ЮЮЗ ветры, а в сектор встречных ветров В, ВСВ, СВ, ССВ, ВЮВ, ЮВ, ЮЮВ.

В табл. 3.2 помещены значения продольной составляющей ветра каждого направления, рассчитанные как средние взвешенные по румбам.

Как видно из приведенных таблиц, летом на ст. Чара роза ветров вытянута в направлении с ЮЗ на СВ, т.е. повторяет направление долины р. Чара. Повторяемость попутных З, ЮЗ ветров хотя и значительная, но меньше, чем повторяемость встречных СВ и С ветров.

Для проектирования сортировочной горки в летних условиях наиболее опасными являются ветры ЗЮЗ направления, продольные составляющие которого равны 3,8 м/с.

В январе роза ветров показывает наибольшую повторяемость СВ, С и В ветров, т.е., казалось бы, наиболее опасных ветров. Однако максимальная расчетная составляющая ветра приходится на ВСВ направление и равна 5,0 м/с. Близкую по величине продольную составляющую имеют ветры З, ЗСЗ, СЗ направлений, но в зимних условиях ветер этих направлений опасности для работы горки не представляет.

Итак, для проектирования сортировочной горки на ст. Чара, имеющей направление с запада на восток, в зимних условиях наиболее опасным является встречный ветер ВСВ направления со значением продольной составляющей 5 м/с. Для лета максимальное значение продольной составляющей 3,8 м/с дают ветры ЗЮЗ направления. Указанные величины и следует брать для расчетов высоты сортировочной горки на ст. Чара.

Таблица 3.1

Распределение скорости ветра по направлению на ст. Чара за 1951–1976 гг.

Градации скорости, м/с	Направление ветра								ССЗ	СЗС	С3	С3
	C	CCB	CB	BCB	B	ЗЮЗ	ЮВ	ЮКОВ	Ю	ЮЮЗ	ЮЗ	ЗЮЗ
Январь												
0–1	1,4	0,4	1,1	–	0,6	0,2	1,8	0,6	2,6	0,8	3,6	0,7
2–5	4,6	3,0	8,3	1,6	2,1	0,6	2,6	1,2	6,4	2,1	11,3	1,0
6–9	1,8	–	2,3	0,4	0,6	–	0,4	–	0,6	0,9	0,6	–
10–13	1,2	0,2	0,6	–	–	–	–	–	–	–	0,4	0,4
14–17	0,8	–	0,4	–	–	–	–	–	–	–	0,4	0,4
Июнь												
0–1	1,4	0,5	2,8	0,9	2,2	0,2	0,7	0,3	2,0	0,7	1,6	0,3
2–5	7,8	4,2	17,0	6,6	6,9	0,7	2,0	0,6	3,2	2,5	6,6	0,8
6–9	1,2	0,4	1,9	0,8	1,0	–	0,2	0,1	0,2	0,6	1,2	0,4
10–13	0,4	–	0,1	–	0,2	–	–	–	–	0,2	0,3	–
14–17	0,2	–	0,1	0,04	–	0,1	–	–	–	0,2	0,1	0,04
										0,2	0,2	0,2

**Средние значения составляющих ветра вдоль горки
на ст. Чара**

Направление ветра (румбы)	Месяцы	
	январь	июнь
В	2,3	3,5
ВСВ	5,0	3,3
СВ	3,2	2,7
CCB	1,7	1,6
ВЮВ	2,6	3,6
ЮВ	2,1	2,0
ЮЮВ	0,8	0,9
З	3,3	3,6
ЗСЗ	4,0	3,1
СЗ	3,4	3,0
ССЗ	1,9	1,7
ЗЮЗ	2,8	3,8
ЮЗ	2,3	2,8
ЮЮЗ	1,1	1,5

3.4.3. Климатическая информация, используемая при проектировании мостов и мостовых переходов

Климатическая информация также широко используется при проектировании мостов и мостовых переходов, по которым проходят ж.-д. линии. Воздействие окружающей среды, связанное с климатом, создает ледовые, ветровые и волновые нагрузки на сооружения.

Ледовые нагрузки на мостовые опоры возникают от двигающихся ледяных полей, от остановившегося ледяного поля и оказывающего воздействия на сооружение под влиянием течения воды и ветра и от воздействия сплошного ледяного покрова при его температурном расширении [50].

Расчет ледовых нагрузок ведется по разным формулам в зависимости от того, какой из перечисленных причин вызвана ледовая нагрузка. В формулы входят климатические показатели или величины, определяемые по этим показателям.

Одной из наиболее важных величин, определяющих ледовую нагрузку на сооружение от движущихся ледяных полей, является предел прочности льда на сжатие R_c т.с./м². Так как по опытным данным эту величину определить трудно, для этой цели используется зависимость между пределом прочности льда на сжатие и средней температурой за период таяния льда перед ледоходом. Существует ряд методик для определения прочности весеннего льда и периода его таяния. Наиболее

известен метод теплового баланса С.Н. Булатова [6, 7], учитывающий приход и накопление солнечного тепла в толще льда, а также теплообмен поверхности льда с воздухом при испарении или конденсации, турбулентный теплообмен ледяного покрова с воздухом, эффективное получение поверхности льда и характеристики толщины льда. Данный метод требует, следовательно, не только характеристик прямой солнечной радиации, но и характеристик температуры и влажности воздуха, облачности и скорости ветра.

Ввиду сложности расчетов на практике для определения прочности льда период таяния льда принимается равным 3 суткам при толщине льда до 0,5 м и менее, и 6 суткам — при толщине льда более 0,5 м. Л.П. Кухтина [29] показала в своей работе, что при толщине льда 2 и более метра, наблюдающегося, например, в Восточной Сибири, период таяния льда следует принимать равным 10 дням.

Зависимость между пределом прочности льда на сжатие R_c т.с./м² определяется по средней за сутки температуре в пределах периода 3,6 или 10 дней по следующей таблице (глава СНиП 2.06.04-82 “Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения”) и [50].

Таблица 3.3

Зависимость R_c от средней температуры за 3,5 или 10 дней

Соленость $S, \%$	R_c т.с./м ² при °C			
	0	-3	-15	-30
Менее 1 (пресный лед)	45	75	120	150
1–2	40	65	105	135
3–6	30	50	85	105

Нагрузки от сплошного ледяного покрова при его температурном расширении зависят от протяженности ледяного покрова, градиента повышения температуры воздуха, продолжительности ее повышения, начальной температуры воздуха (температуры, от которой начинается ее повышение), а также от скорости ветра, толщины слоя снега и льда. За расчетную нагрузку по методике, принятой СНиП [50], принимается наибольшее из двух значений, определенных: первое — за период с минимальной начальной температурой воздуха и соответствующим ей градиентом повышения, второе — за период с максимальным градиентом повышения температуры и соответствующей ему начальной температурой воздуха.

За толщину льда принимается максимальная его величина 1%-ной обеспеченности.

Продолжительность расчетного периода (периода повышения температуры воздуха) считается равной 6 ч, т.е. промежутку времени между сроками при четырехсрочных наблюдениях. На самом деле про-

должительность расчетного периода может быть больше (или меньше). Более правильно определить нагрузку внутри каждого отдельного периода повышения температуры с дискретностью 1 ч после начала повышения температуры.

Кроме того, так как нагрузка зависит не только от начальной температуры воздуха и градиента ее повышения к максимальной нагрузке может привести некоторое сочетание значений ряда метеовеличин, каждое из которых не будет максимальным. Это значение нагрузки может превышать максимальную нагрузку, полученную по методике СНиП вследствие минимальной начальной температуры или максимального градиента. Ю.А. Семеновым [48] предложена оптимальная методика расчета максимальной нагрузки при температурном расширении снегового покрова. Для каждого повышения температуры воздуха по таблицам ТМ-1 определяется его продолжительность, начальная температура и максимальный градиент ее повышения, а также максимальная скорость ветра, минимальная высота снежного покрова и максимальная толщина льда. Последняя выбирается из гидрологического ежегодника.

По этим экстремальным значениям метеовеличин рассчитываются на ЭВМ нагрузки, возникающие последовательно через каждый час после начала повышения температуры и до окончания периода. Наибольшая из этих нагрузок принимается максимальной за данный период повышения. Из найденных максимумов выбирается наибольший за каждый сезон. По максимальным значениям нагрузок за каждый сезон строится интегральная кривая на функциональной сетчатке Фишера-Типпетта II типа [47]. В основу построения сетчатки заложена функция:

$$\varphi(g < x) = e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha}}, \quad (3.6)$$

где $\varphi(g < x)$ — вероятность нагрузки меньше или равная x ;

α и β — параметры, характеризующие особенности распределения сезонных максимумов нагрузки.

На сетчатку, по осям которой отложены $\lg x$ и $\lg(-\lg 4)$, наносят значения нагрузок за сезон и их повторяемость, рассчитанную по формуле:

$$F = \frac{m}{n+1}, \quad (3.7)$$

где n — число членов ряда максимумов,

m — порядковый номер членов ряда, ранжированного по возрастанию.

По этим точкам строится экстраполяционная прямая, с которой снимаются значения нагрузки любой заданной обеспеченности (или периода повторения).

В табл.3.4. приведены значения максимальных нагрузок за сезон в районе г. Энгельса, расположенного в северной части Волгоградского водохранилища.

Таблица 3.4

*Нагрузки (10^{-2} мн/м) от сплошного ледяного покрова
при его температурном расширении, г. Энгельс*

Годы	1969-70	1970-71	1971-72	1972-73	1973-74
Максимальная нагрузка	7,9	11,3	15,2	7,5	5,6
Годы	1974-75	1975-76	1976-77	1977-78	1978-79
Максимальная нагрузка	10,6	8,2	6,0	4,0	3,8

Значения максимальной нагрузки различной обеспеченности, рассчитанной по этим данным, приведены в табл. 3.5.

Таблица 3.5

*Нагрузки от сплошного ледяного покрова
различной обеспеченности и периода повторения*

Период повторения (лет)	Нагрузка (10^{-2} мн/м)	Обеспеченность (%)
5	11,7	80
10	16,0	90
15	19,0	93,3
20	21,6	95

3.5. Климатическая информация, используемая для снегоборьбы на железных дорогах

3.5.1. Оценка средней величины объема снегонакопления на путях железных дорог

При переходе температуры воздуха к отрицательным значениям осадки, как правило, выпадают в виде снега. На обширной территории нашей страны начинается формирование снежного покрова. В течение зимы высота снежного покрова постоянно изменяется в зависимости от количества выпадающего снега, местных условий, от количества метелей и оттепелей, а также от интенсивности процессов испарения снега и сублимации водяного пара, содержащегося в приземном слое атмосферы. Таким образом, наблюдаемая высота снежного покрова является случайной величиной, изменяющейся как во времени, так и в пространстве.

Продолжительность залегания снежного покрова на территории СНГ и его высота в среднем возрастают с юга на север и с запада на восток. Средняя многолетняя высота снежного покрова за зиму составляет на Европейской территории Союза 20-40 см, а на Азиатской части страны — 60-70 см. Продолжительность периода с устойчивым снежным покровом на соответствующих территориях страны колеблется от 3 до 7 месяцев, еще большую продолжительность этот период имеет в районах Крайнего Севера.

Как указывалось выше, снежный покров и метели сильно осложняют работу железнодорожного транспорта. Они создают дополнительное сопротивление движению поездов, затрудняют эксплуатацию стрелочных переводов и нормальную работу станций, и особенно работу сортировочных горок. Иногда сильные снежные заносы вызывают на отдельных дорогах прекращение движения поездов, причиняя большой материальный ущерб транспорту, а следовательно, и всему народному хозяйству.

Для обеспечения нормальной работы транспорта железные дороги снабжаются снегоочистительной и снегоуборочной техникой, разрабатываются различные способы и средства снегозащиты путей и станций. Количество снеготехники (снегоочистительных и снегоуборочных машин), необходимой для обеспечения бесперебойного движения пассажирских и грузовых поездов на той или иной дороге, очевидно, зависит от количества выпавшего снега и повторяемости метелей. Следует заметить, что характеристикой, определяющей высоту снежного покрова за данную зиму, применительно к транспорту, должна быть не средняя из наблюденных высот, а величина H , полученная суммированием толщин слоев снега, выпадающего при каждом отдельном снегопаде, т.е. высота прироста снежного покрова:

$$H = h_1 + h_2 \dots h_n,$$

где h_n — толщина слоя выпавшего снега при n -м наблюдении. Обозначим длину заносимых снегом главных путей L , ширину очищаемой от снега полосы — w . Объем выпавшего снега V_c , который необходимо убрать за зиму с главных путей, вычисляется по соотношению

$$V_c = w \cdot L H_{cp}, \quad (3.8)$$

где H_{cp} — средневзвешенная высота прироста снежного покрова.

$$H_{cp} = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^p l_i H_i, \quad (3.9)$$

здесь H_i — средняя многолетняя высота прироста снежного покрова за зиму на i -м участке дороги, число которых p .

Пример. Эксплуатационная длина Октябрьской железной дороги $L = 10185$ км. Средние многолетние высоты прироста снежного покрова по отделениям имеют следующие значения:

Кольский полуостров (10 отд.)	$l_1 = 1013$ км,	$H_1 = 175$ см
Карелия (8 отд.)	$l_2 = 1986$ км,	$H_2 = 155$ см
Запад (4,6 отд.)	$l_3 = 2057$ км,	$H_3 = 106$ см
(5,7 отд.)	$l_4 = 1592$ км,	$H_4 = 143$ см
Юг дороги (1, 2, 3, 11 отд.)	$l_5 = 3540$ км,	$H_5 = 127$ см

Средневзвешенная многолетняя высота прироста снежного покрова на дороге $H_{cp} = 135$ см, среднеквадратическое отклонение $\delta = 29$ см.

Средний многолетний объем выпадающего снега, который нужно убирать с путей при $v = 5$ м,

$$V_c = 5 \cdot 10185 \cdot 10^3 \cdot 1,35 = 68748,75 \cdot 10^3 \text{ м}^3.$$

При этом коэффициент вариации равен 22%. При этом нужно учесть объем снегопереноса, обусловленного метелями, V_m . Он вычисляется по принятой формуле 3.10.

$$V_m = CL \sum_{i=1}^n n_i V_i^3 \tau_i, \quad (3.10)$$

где V_i — скорость метелевого ветра за определенный промежуток времени τ_i ,

n_i — число случаев метелевого ветра со скоростью V_i ,

C — постоянный коэффициент.

Таким образом, объем снега, который необходимо убрать с главных путей дороги за зиму V_n , будет равен сумме (3.8) и (3.10)

$$V_n = V_c + V_m. \quad (3.11)$$

Следует заметить, что расчеты по формулам 3.8 и 3.10 будут точнее отражать реальную картину снегонакопления на путях дороги, если их провести для каждого отделения в отдельности, а затем просуммировать итоги вычислений.

Объем снега, который требуется ежегодно убирать со станций для обеспечения их нормальной работы, можно оценить по формуле

$$V_{ct} = \sum_{k=1}^m S_k H_k, \quad (3.12)$$

где S_k — площадь станции или узла, или раздельного пункта железной дороги,

H_k — годовая высота прироста снежного покрова на k -м объекте дороги, общее число которых m .

При этом предполагается, что станции, узлы и пункты обеспечены надежными снегозащитными средствами от метелевого снегопереноса, в противном случае надо воспользоваться формулой (3.11) и по ней вычислить количество снега, переносимого на территорию станции метелями.

Итак, средний объем снега V , который необходимо ежегодно своевременно убирать с главных путей и станций дороги, определяется суммой:

$$V = V_n + V_{ct}. \quad (3.13)$$

Соотношения (3.8) — (3.12) позволяют оценивать снегозаносимость путей и станций не только дороги в целом за зиму, но и отдельных ее составных частей (отделений, дистанций) за любой другой промежуток времени.

3.5.2. Результаты статистической обработки данных наблюдений за высотой снежного покрова

На территории Октябрьской железной дороги были выбраны 59 станций, на которых производились регулярные наблюдения за приростом высоты снежного покрова за период с 1960/61 по 1982/83 годы. Средние многолетние данные за указанный период представлены в таблице 3.6. Была выдвинута гипотеза о нормальном законе распределения, плотность вероятностей которого описывается известной формулой

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \delta} \cdot e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\delta^2}}, \quad (3.14)$$

где \bar{x} и δ — параметры: \bar{x} — средний прирост высоты снежного покрова, δ — среднеквадратическое отклонение прироста. Вычислялись начальные m_i и центральные M_i моменты до четвертого порядка включительно, а по ним — асимметрия A и эксцесс E по соответствующим формулам:

$$A = \frac{M_3}{\delta^{3/2}}; \quad E = \frac{M_4}{\delta^4} - 3. \quad (3.15)$$

По экспериментальным данным были построены гистограммы. Для проверки соответствия нормального закона эмпирическому распределению был принят критерий согласия Пирсона с уровнем значимости $\alpha = 0,05$, т.е. $\chi_{0,05}^2$.

Итоговые данные обработки прироста высоты снежного покрова в Ленинграде, Мурманске, Медвежьегорске, а также среднего и максимального прироста по всей территории Октябрьской железной дороги отображены в таблице 3.7. На рисунках 3.1—3.5 представлены гистограммы высоты снежного покрова, образующегося на территории Октябрьской железной дороги. Графики на рисунках убеждают нас в том, что нормальный закон вполне удовлетворительно аппроксимирует эмпирические распределения прироста высоты снежного покрова на северо-западной части ЕТС.

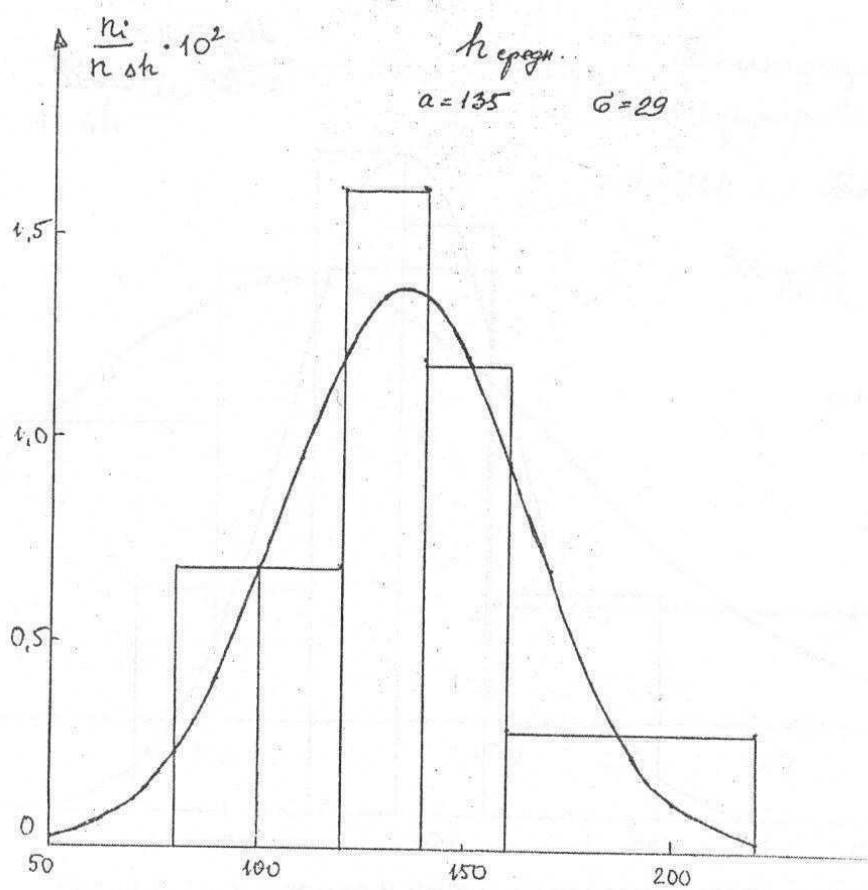


Рис. 3.1. Гистограмма и график плотности вероятностей среднего многолетнего прироста высоты снежного покрова на территории Октябрьской железной дороги

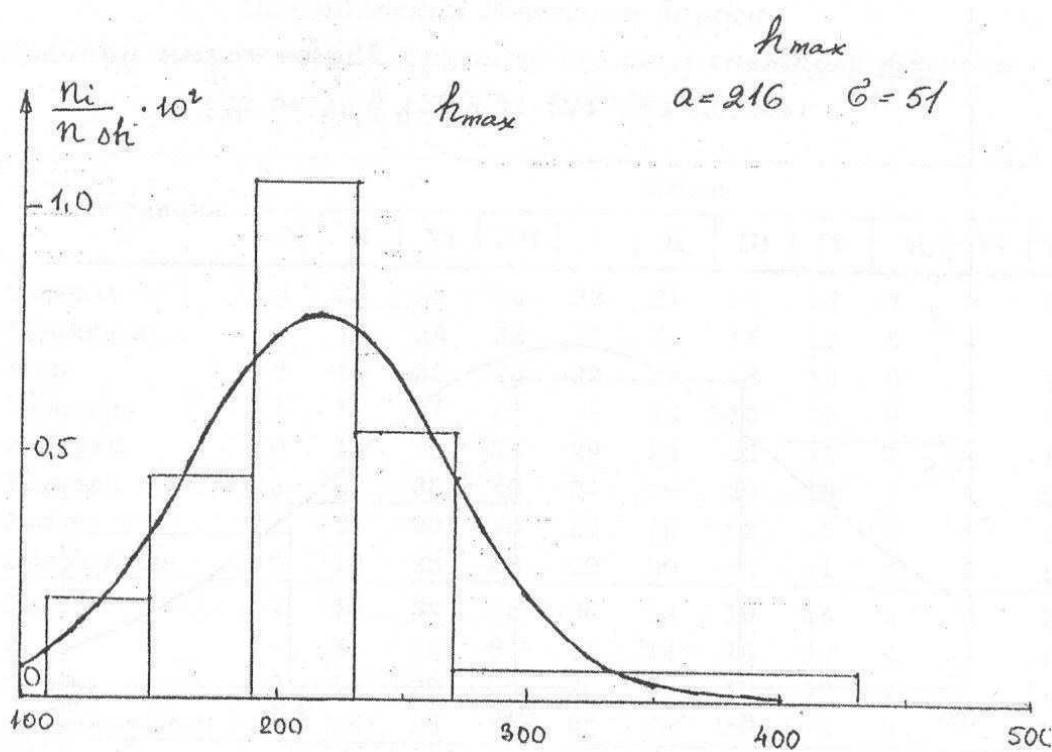


Рис. 3.2. Гистограмма и кривая плотности вероятностей максимального прироста высоты снежного покрова на территории Октябрьской железной дороги

Мурманск
 $a=160$ $\sigma=26$

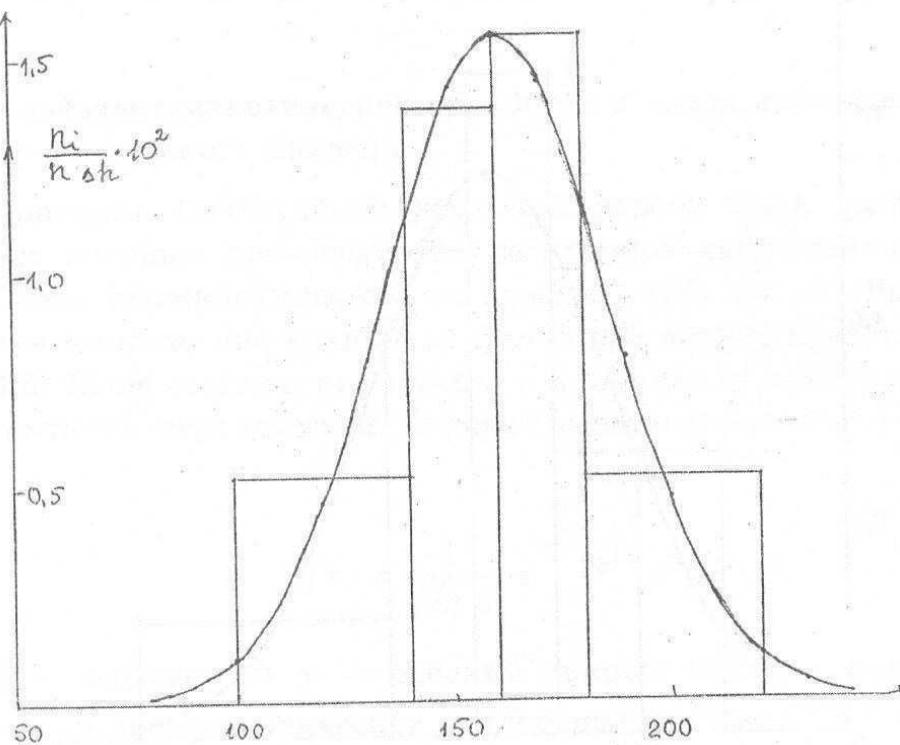


Рис. 3.3. Гистограмма и кривая плотности вероятностей прироста высоты снежного покрова в Мурманске

Медвежьегорск
 $a=189$ $\sigma=52$

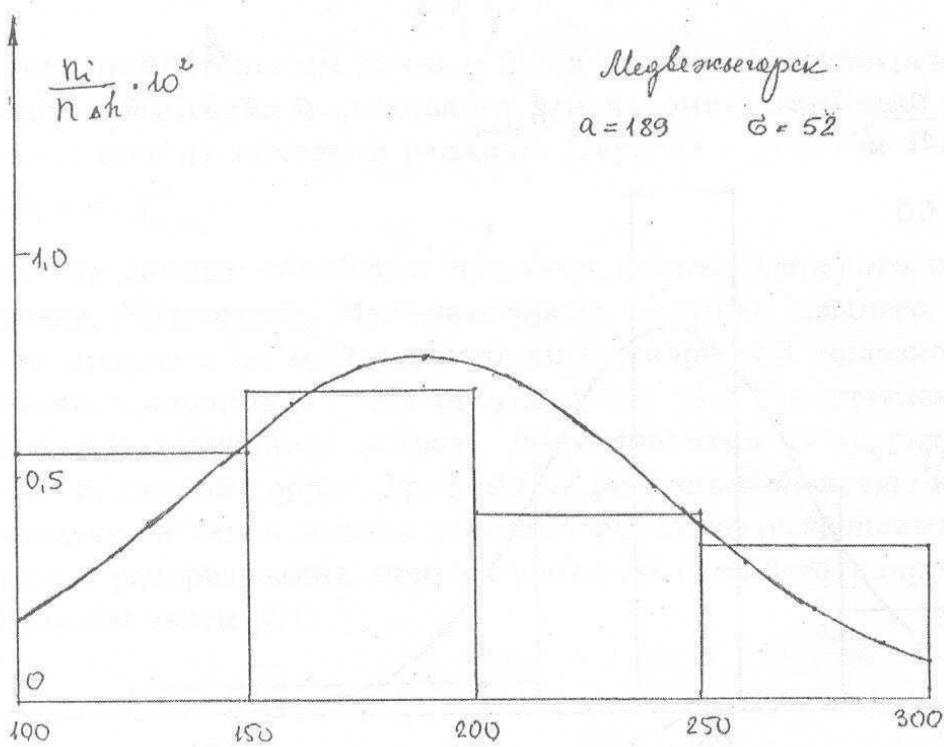


Рис. 3.4. Гистограмма и кривая плотности вероятностей прироста высоты снежного покрова в Медвежьегорске

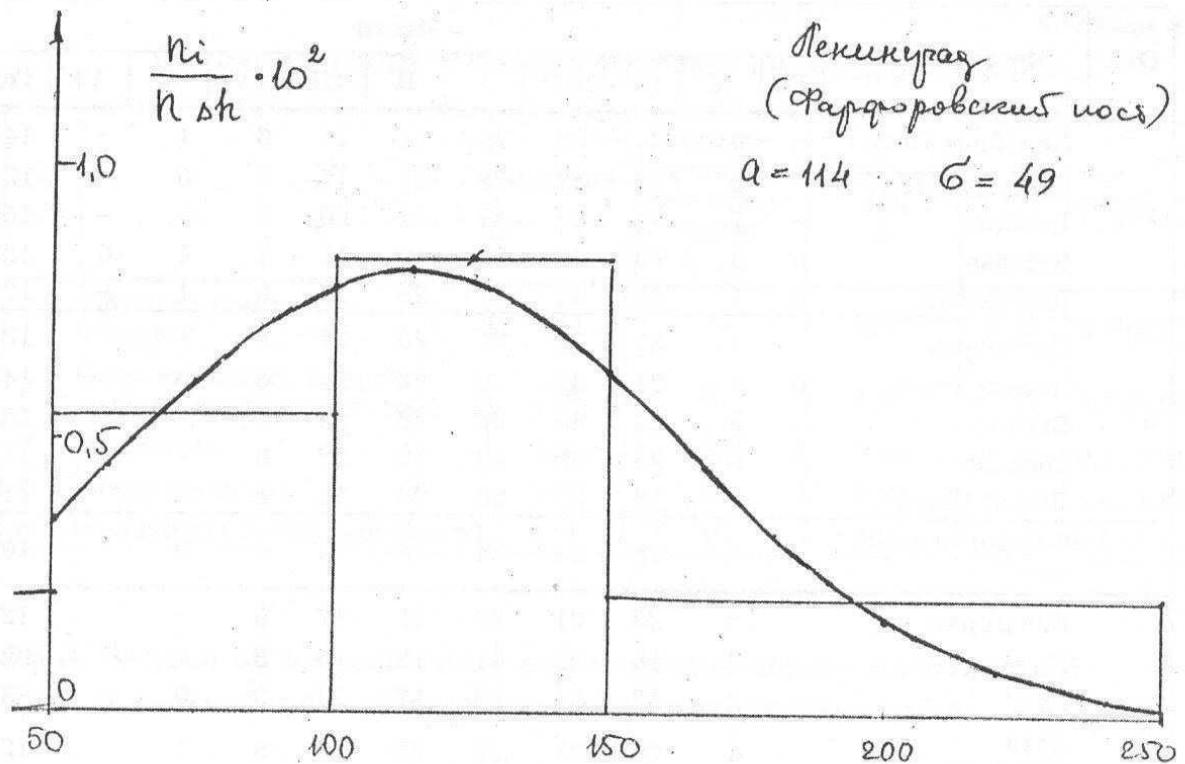


Рис. 3.5. Гистограмма и кривая плотности вероятностей прироста высоты снежного покрова в Ленинграде (Фарфоровский пост)

Таблица 3.6

Октябрьская железная дорога.
 Средний многолетний прирост высоты снежного покрова
 (за период 1960/61-1982/83 гг., см)

Отд.	Метеостанция	Месяц												Год
		IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
10	Перевал	5	29	32	34	32	21	20	18	7	3	202		
	Мурманск	2	17	28	32	27	21	15	12	6	1	161		
	Кола	2	16	32	40	32	22	18	13	6	1	182		
	Пулозеро	1	17	21	21	22	16	15	12	6	1	132		
	Апатиты	0	13	30	33	29	24	23	15	5	1	173		
	Кировск	3	28	38	46	34	26	29	18	3	1	226		
	Ковдор	1	24	30	28	27	16	22	18	7	1	174		
	Кандалакша	0	10	28	28	29	20	22	11	3	0	151		
9	Лоухи	1	16	32	28	26	19	19	15	5	0	161		
	Кемь	-	8	26	24	18	14	16	17	2	-	125		
	Сегежа	0	11	27	26	25	20	18	12	4	-	143		
	Медвежьегорск	-	10	36	41	32	28	26	13	2	-	188		
8	Петрозаводск	-	10	26	32	26	20	24	14	1	-	153		
	Суккозеро	0	10	30	32	24	22	21	12	2	-	153		
	Суоярви	0	10	32	36	32	25	26	12	2	-	175		
	Сортавала	-	4	20	35	30	24	22	7	0	-	142		

Отд.	Метеостанция	Месяц											
		IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	Год	
7	Лодейное Поле	-	6	23	34	29	23	20	6	1	-	142	
	Волховстрой	-	8	22	32	28	22	17	6	0	-	135	
	Тихвин	-	7	24	35	31	24	20	9	-	-	150	
	Бабаево	0	4	19	32	23	18	19	7	1	0	123	
	Череповец	0	7	27	45	37	29	25	6	1	-	176	
5	Приозерск	-	4	21	35	31	20	19	6	-	-	136	
	Лесогорский	0	4	21	37	32	28	21	6	0	-	149	
	Выборг	-	3	24	38	32	28	22	5	-	-	152	
	Сосново	-	5	25	39	28	20	22	8	-	-	147	
	Лисий Нос	-	3	18	31	26	20	16	5	-	-	119	
4	Фарфоровский пост	-	4	18	24	24	18	14	6	0	-	108	
	Белогорка	5	22	31	23	21	17	6	-	-	-	125	
	Нарва	2	16	22	21	13	13	5	0	-	-	92	
	Гдов	2	12	21	18	17	10	3	0	-	-	83	
	Луга (Николаевское)	4	20	31	27	22	18	6	1	-	-	129	
3	Пушкин	3	22	18	26	25	7	1	-	-	-	102	
	Любань	5	22	31	30	22	15	6	0	-	-	131	
	Новгород	3	15	22	20	17	12	5	0	-	-	94	
	Будогощь (Кириши)	5	20	33	29	22	19	7	0	-	-	135	
	Хвойная	6	22	34	27	23	20	8	2	-	-	142	
2	Пестово	6	21	38	30	23	22	6	1	-	-	147	
	Веребье	5	18	34	29	21	20	7	0	-	-	134	
	Окуловка	6	22	36	30	22	16	7	1	-	-	140	
	Старая Русса	3	15	26	25	18	14	5	0	-	-	106	
	Валдай	7	22	34	30	21	20	8	0	-	-	142	
	Бологое	6	22	34	26	22	19	5	1	-	-	136	
	Боровичи	4	13	22	21	15	13	3	0	-	-	91	
	Бежецк	5	14	23	19	15	14	4	0	-	-	94	
6	Кашин	7	17	29	27	22	16	6	0	-	-	124	
	Псков	2	12	25	22	21	14	3	0	-	-	99	
	Дно	3	17	29	27	21	16	6	1	-	-	120	
	Суздаль	2	12	24	21	16	13	4	2	-	-	94	
	Идрица	2	13	26	24	20	14	4	0	-	-	103	
11	Великие Луки	1	13	25	24	19	15	3	0	-	-	100	
	Осташков	2	20	29	28	21	18	5	0	-	-	123	
	Западная Двина	4	21	35	34	28	20	5	1	-	-	148	
	Торопец	2	20	32	34	26	19	3	1	-	-	137	
	Торжок	3	16	30	29	23	18	2	0	-	-	122	
	Ржев	5	18	35	29	24	17	5	-	-	-	133	
	Вышний Волочек	4	17	28	23	21	18	5	0	-	-	116	
	Калинин	5	16	32	28	26	16	3	0	-	-	126	
	Клин	7	16	28	24	22	13	3	0	-	-	113	
	Лосиноостровская	7	18	34	30	24	18	5	-	-	-	136	

Таблица 3.7

Основные статистики прироста снежного покрова

№ п/п		Среднее \bar{x} , см	Средне- квадратиче- ское откло- нение δ , см	Асиммет- рия A	Эксцесс E	$\chi^2 (\chi^2_{0,05})$
1	Средний прирост снежного покрова	135	29	0,34	0,33	3,6 (5,9)
2	Максимальный прирост высоты снежного покрова	216	51	1,15	2,91	5,7 (5,9)
3	Мурманск	160	26	0,00	1,13	0,1 (3,8)
4	Медвежьегорск	189	52	0,34	-1,09	3,4 (3,8)
5	Ленинград (Фарфоровский пост)	114	49	0,01	-0,28	0,5 (3,8)

**3.5.3. Задача об оптимальном размещении снегоочистительной
и снегоуборочной техники на сети железных дорог****3.5.3.1. Общие замечания**

Вот уже свыше ста лет железнодорожники ведут борьбу со снежными заносами транспортных магистралей. На разных исторических этапах развития транспортной науки ученые разрабатывали различные средства снегозащиты перегонов и станций, придумывали более совершенные конструкции снегоочистителей и снегоуборочных машин. За многие десятилетия на железных дорогах сети ручной труд по очистке путей от снега постепенно заменялся машинизированным. Эволюция механизации снегоуборочных работ, а также физико-механические свойства снега, устройство различных средств снегозащиты путей и станций обстоятельно рассмотрены в монографии Д.М. Мельника “Предупреждение снежных заносов на железных дорогах”, вышедшей в издательстве “Транспорт” в 1966 году. В ней, в частности, констатируется, что работы по очистке от снега главных путей дорожной сети механизированы на 95-98%, а уровень механизации снегоуборочных работ на станциях, узлах и раздельных пунктах зимой 1963/64 года равнялся 59%. В книге “Путевые машины”, изданной в 1985 году, т.е. спустя два десятилетия, указывается, что уровень механизации очистки пути на перегонах составляет 97%, на станциях — 60-65%.

Оставляя достоверность приведенных данных на совести авторов, отметим, что проблема снегоборьбы на транспорте является одной из важнейших зимних проблем. Особенно узким местом является очистка снега у горловин и на стрелочных переводах. Для решения проблемы снегоборьбы наряду с созданием новых образцов снегоочистительной и снегоуборочной техники важную роль играет вопрос о распределении имеющегося на сети парка этих машин между железными дорогами, расположенными в различных климатических зонах нашей страны.

Задача о размещении снеготехники по дорогам для обеспечения бесперебойного движения пассажирских и грузовых поездов в зимних условиях является сложной. Отвлекаясь от деталей, в первом приближении можно полагать, что количество единиц снеготехники должно быть больше на тех дорогах, на территории которых выпадает большее количество снега и наблюдается больший метелевой снегоперенос. С другой стороны, интенсивность снегопадов и метелевой деятельности существенно меняется с течением времени. Это обусловлено нестационарностью траекторий атмосферных — вихрей циклонов и антициклонов. В реальной жизни встречаются зимы в среднем теплые и холодные, с обильными снегопадами и малоснежные. Иногда за сутки выпадает месячная норма осадков. Случайный характер заснеженности зим предполагает вероятностный подход к решению задачи о распределении снеготехники для борьбы с заносами железных дорог.

3.5.3.2. Постановка задачи и ее решение

Пусть дорога имеет некоторый парк снегоочистителей и снегоуборочных машин (снеготехники). Возьмем за единицу машину с производительностью P (например $P = 1000 \text{ м}^3/\text{час}$). Разделив суммарную производительность парка машин на P , получим число, характеризующее количество условных единиц снеготехники, имеющейся в распоряжении дороги. От года к году дороге потребуется разное количество единиц снеготехники в зависимости от снежного характера той или иной зимы.

Рассмотрим, каким должно быть оптимальное размещение на железных дорогах снегоочистительной и снегоуборочной техники на период T лет, например, на период 10-20 лет. Обозначим r — количество условных единиц снеготехники, имеющейся на дороге. Пусть к началу периода T лет поступило еще некоторое количество единиц, так что общее количество снеготехники стало z единиц. Пополнение снеготехники на T зим равно $(z - r)$ единиц (предполагается $z \geq r$). Обозначим x — случайный спрос на снеготехнику в принятых единицах, вызываемый выпадением зимних осадков, а $f(x)$ — плотность вероятностей спроса.

За критерий оптимальности примем минимум расходов на снегоборьбу, т.е. минимум функции $M(z)$ — математического ожидания суммарных расходов на снегоборьбу за период T лет.

Введем следующие обозначения:

a — стоимость работы одной машины в течение года по очистке станций (перегонов) от снега;

b — стоимость хранения единицы снеготехники, средняя за год в период T лет;

c — стоимость ручной уборки снега в количестве, убираемом одной машиной за год.

Теперь выражение для математического ожидания суммарных расходов за период T лет можно записать так:

$$M(z) = a(z - r) + b \int_0^z (z - x)f(x)dx + c \int_z^\infty (x - z)f(x)dx. \quad (3.16)$$

Определим практическую значимость слагаемых правой части выражения (3.16). Первое слагаемое выражает расходы железной дороги на вновь приобретаемую снеготехнику ($z - r$) единиц. Второе слагаемое — расходы на хранение и ремонт неиспользуемой снеготехники в период малоснежных зим. Третье слагаемое — расходы на снегоборьбу при недостатке машинной техники в период снежных зим. Найдем то значение Z_0 — числа единиц снеготехники, при котором $M(z)$ достигает минимума, для чего получим выражение производной $M'(z)$ и приравняем ее к нулю. Допустим, что дорога увеличивает число единиц снеготехники с z до $z + \Delta z$, где Δz — малая величина, тогда математическое ожидание расходов принимает вид:

$$\begin{aligned} M(z + \Delta z) &= \\ &= a(z + \Delta z - r) + b \int_0^{z + \Delta z} (z + \Delta z - x)f(x)dx + c \int_{z + \Delta z}^\infty (x - z - \Delta z)f(x)dx \end{aligned} \quad (3.17)$$

Вычитая из (3.17) (3.16), получим приращение $M(z)$

$$\begin{aligned} \Delta M(z) &= M(z + \Delta z) - M(z) = \\ &= a\Delta z + b\Delta z \int_0^{z + \Delta z} f(x)dx - c\Delta z \int_{z + \Delta z}^\infty f(x)dx + (b + c) \int_z^{z + \Delta z} (z - x)f(x)dx. \end{aligned}$$

$$\text{Обозначим } (b + c) \int_z^{z + \Delta z} (z - x)f(x)dx = \varphi(z + \Delta z). \quad (3.18)$$

Запишем выражение для производной математического ожидания суммарного расхода на снегоборьбу

$$M'(z) = \lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{\Delta M}{\Delta z} = a + b \int_0^z f(x)dx - c \int_z^\infty f(x)dx + \lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{\varphi(z + \Delta z)}{\Delta z}. \quad (3.19)$$

Нетрудно показать, что последнее слагаемое в правой части равенства обращается в нуль, т.е.

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{\varphi(z + \Delta z)}{\Delta z} = 0. \quad (3.20)$$

Вероятность того, что спрос x на снеготехнику за период T лет не превысит z единиц, можно выразить через интегральную функцию распределения соотношением

$$p(x < z) = F(z),$$

но $F(z)$ связана с плотностью вероятностей формулой

$$F(z) = \int_0^z f(x)dx. \quad (3.21)$$

Заметим, что по свойству плотности вероятностей

$$\int_0^{\infty} f(x)dx = 1,$$

а по свойству интеграла получаем

$$\int_0^{\infty} f(x)dx = \int_0^z f(x)dx + \int_z^{\infty} f(x)dx = 1,$$

откуда с учетом (3.21) имеем

$$\int_z^{\infty} f(x)dx = 1 - F(z). \quad (3.22)$$

Подставляя в выражение для производной (3.19) вместо интегралов их обозначения из (3.21) (3.22) и учитывая замечание (3.16), получаем

$$M'(z) = a + b F(z) - c [1 - F(z)].$$

Приравняв к нулю правую часть $a + b F(z_0) - c [1 - F(z_0)] = 0$, найдем

$$F(z_0) = \frac{c-a}{b+c}, \quad (3.23)$$

где z_0 — оптимальное число единиц снеготехники, при котором расходы дороги на снегоборьбу будут минимальными на предстоящий период T лет.

Пример. Октябрьская железнодорожная дорога для очистки путей от снега имеет 73 снегоуборочных машины типа СМ-2. Каждая машина за одну смену (8 часов) может убрать на станции снег объемом 2400 м³. Площадь всех станций и раздельных узлов $S = 13 \times 10^6$ м².

Какова должна быть численность парка снегоуборочных машин, чтобы на ближайший период $T = 10$ лет расходы дороги на снегоборьбу были минимальными?

Решение. Определим, какой объем снежной массы V можно убрать со станций за одну зиму (90 дней) имеющимся парком машин.

$$V = 2400 \cdot 90 \cdot 73 = 15768 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Одна машина-смена по уборке 2400 м³ снега стоит 87 рублей, а вручную — 144 рубля (по ценам 1987 года). В принятых выше обозначениях имеем

$$a = 90 \cdot 87 = 7830 \text{ р.}$$

$$c = 90 \cdot 144 = 12960 \text{ р.}$$

Хранение машины за зиму $\sigma = 240$ р.

Вычислим функцию распределения $F(z_0) = \frac{c-a}{c+\sigma}$

$$F(z_0) = \frac{12960 - 7830}{12960 + 240} = 0,39.$$

Обработка результатов наблюдений на территории дороги показала, что высота прироста снежного покрова x распределена по нормальному

закону со средней величиной $x_o = 135$ см и среднеквадратическим отклонением $\delta_o = 29$ см.

Запишем функцию распределения нормального закона

$$F\left(\frac{z_o - \bar{x}}{\delta}\right) = 0,39,$$

здесь \bar{x} — среднегодовой спрос на снегоуборочные машины;

δ — среднеквадратическое отклонение.

Выразим \bar{x} и δ в единицах машин

$$\bar{x} = \bar{x}_o \cdot S = \frac{1,35 \cdot 13 \cdot 10^6}{90 \cdot 2400} = 81,25 \text{ машин.}$$

$$\delta = \delta_o \cdot S = \frac{0,29 \cdot 13 \cdot 10^6}{90 \cdot 2400} = 17,45 \text{ м.}$$

По таблицам функции Лапласа для $F(t) = 0,39$ найдем $t = -0,28$.

Обращаясь к формуле (*), имеем

$$\frac{z_0 - \bar{x}}{\delta} = t \text{ или } \frac{z_0 - 81,25}{17,45} = -0,28,$$

откуда получаем $z_0 = 81,25 - 17,45 \cdot 0,28 = 76,36$.

Итак, для проведения снегоборьбы с минимальными затратами на предстоящий период 10 лет дорога должна иметь 76 снегоуборочных машин.

Для укомплектования необходимого парка машин дороге нужно приобрести 3 снегоуборочных машины.

Ежегодная уборка снега в среднем за 10 лет должна быть равна

$$V_{cp} = 2400 \cdot 90 \cdot 76 = 16416 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Вопрос о борьбе со снежными заносами путей и станций при метелях детально рассмотрен в работе [17]. Там изложена история исследований, проанализированы статистические характеристики объемов переносов снега. Объемы переносов снега за отдельные зимы в ранжированном ряду рекомендовано располагать в убывающем порядке, а обеспеченность каждого члена ряда в процентах вычислять по формуле:

$$p = \frac{m - 0,3}{n + 0,4} \cdot 100,$$

где m — порядковый член ряда, n — число членов ряда.

Разработана методика построения по экспериментальным данным теоретической кривой обеспеченности, которая позволяет по заданной вероятности определить соответствующий объем переноса снега за зиму. Эта методика положена в основу оценки строительных и эксплуатационных расходов на защиту дорог от снежных заносов. Приведенная сумма (\mathcal{E}) строительных и эксплуатационных расходов на снего-

защиту определяется минимумом правой части следующего выражения:

$$\mathcal{E} = E_c(P_i)\Delta + E_{\mathcal{E}}(P_i), \quad (3.24)$$

где $E_c(P_i)$, $E_{\mathcal{E}}(P_i)$ — строительные и эксплуатационные расходы соответствующей расчетной вероятности обмена снегопереноса; $\Delta = 0,1$ — коэффициент годовой эффективности капиталовложений.

На основании достижений науки и техники в области изучения физических основ снегозаносимости железнодорожных путей и станций, конструирования новой снегоочистительной техники и снегозащитных средств, а также с использованием опыта работы транспорта в зимних условиях Министерством путей сообщения в 1986 году утверждена “Инструкция по снегоборьбе на железных дорогах Союза ССР” [17]. Этот важнейший документ направлен на обеспечение бесперебойного движения грузовых и пассажирских поездов в зимних условиях. Он предполагает большую организаторскую работу службы пути и других служб железнодорожного транспорта, а также своевременное снабжение дорог снегоочистительной техникой.

Однако такой порядок не всегда имеет место. Так, газета “Правда” 17 января 1987 года в статье “Строгий экзамен зимы” писала: “Из-за нехватки снегоочистительной техники в тяжелом положении оказались путейцы, другие дорожные службы. У железнодорожников, например, парк специализированной снегоуборочной техники укомплектован едва на треть. Да и техника эта — маломощная, давно устаревшая. Коллектив Энгельсского завода транспортного машиностроения, Минтяжмаш, ученые ВНИИЖТа, другие коллективы в большом долгу у железнодорожников”. Проблема борьбы со снегом остается.

4. ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРЖНОГО ТРАНСПОРТА

Для обеспечения проектирования, строительства и эксплуатации железных дорог необходимой гидрометеорологической информацией более 60 лет назад была создана Гидрометеорологическая служба железнодорожного транспорта, которая организационно входит в структуру Главного управления пути МПС.

Основным подразделением транспортной гидрометеорологической службы на сети железных дорог страны является дорожная геофизическая станция. Геофизические станции были созданы на дорогах в 1952 году. К этому привела большая потребность в гидрометеорологической, прогностической, штормовой информации и необходимость в организации ряда специальных работ. К таким специальным работам относились следующие: изучение атмосферной коррозии железнодорожных устройств (это потребовало создания на дорогах атмосферно-коррозионных станций), наблюдение над пучинообразованием железнодорожного полотна, за температурным режимом грунта для определения расчетной глубины промерзания грунта и т.д. Гидрометеорологическое обслуживание железных дорог в 1952 году осуществлялось дорожными геофизическими станциями и метеостанциями, которые в небольшом количестве имелись, но далеко не на всех дорогах. Штат геофизических и метеорологических станций соответственно не превышал 5 человек. В 1972 году был введен новый штатный норматив дорожной геофизической станции (от 5 до 9 человек). Кроме этого, на дорогах были созданы филиалы геофизических станций со штатом 3-6 человек. Увеличение штата транспортной Гидрометеорологической службы было вызвано тем, что имеющийся штат транспортных гидрометеорологов был уже не в состоянии обеспечить потребности железнодорожного транспорта в гидрометеорологическом обслуживании. Техническая реконструкция железных дорог привела к дальнейшей зависимости их работы от условий погоды.

Резко возрос спрос на гидрометеорологическую информацию, но особенно на ее качество. Постоянно ощущается необходимость в специализированных качественных прогнозах погоды и штормовых предупреждениях большой заблаговременности.

Для повышения качества прогнозов погоды, штормовых предупреждений и другой гидрометеорологической информации на ряде дорог вводится круглосуточная работа метеорологов в зимний период. Ведется систематическое изучение климата и микроклимата дороги, крупных железнодорожных станций и узлов, опасных явлений погоды (отложение гололеда и мокрого снега на проводах, сильный ветер, снегопады и метели, низкие и высокие температуры воздуха и т.д.) и их

влияние на железнодорожный транспорт, разрабатываются методики прогноза опасных явлений погоды.

Кроме метеорологических наблюдений, проводятся специальные наблюдения, необходимые железнодорожникам (за видимостью предмета на пути в темное время суток, за температурой рельсов, за гололедно-изморозевыми отложениями на железнодорожных устройствах), оказывается помочь в организации и проведении промеров русел рек у железнодорожных мостов и т.п.

В оперативном и научно-методическом отношении дорожная геофизическая станция и ее филиалы подчиняются главному синоптику Главного управления пути.

Гидрометеорологическое обеспечение МПС и управлений железных дорог метеорологической и гидрометеорологической информацией осуществляется по трем направлениям:

- получение информации от Государственного комитета СНГ по гидрометеорологии через территориальные управления Гидрометслужбы (УГМС) и радиометцентры СНГ (РМЦ);
- от временных и постоянных гидрометеорологических подразделений транспортной гидрометеорологической службы;
- от зарубежных радиометцентров.

Вся необходимая гидрометеорологическая информация поступает на геофизическую станцию, где обрабатывается, анализируется и трансформируется в специализированную информацию, которая по телефонно-телеграфным каналам связи и личным докладом передается потребителю или выдается по запросу всем железнодорожным организациям (рис. 4.1).

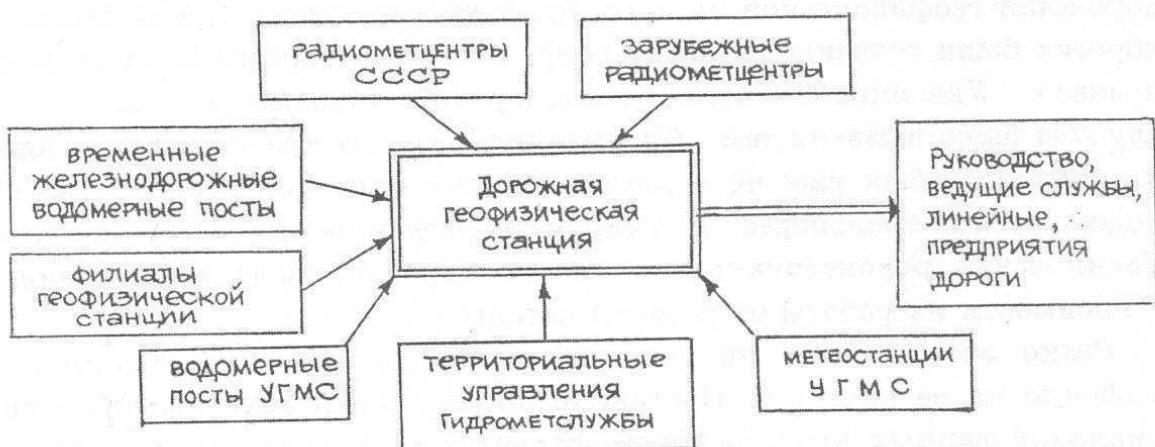


Рис. 4.1. Схема получения и передачи гидрометеорологической информации на железной дороге

От зарубежных и радиометцентров СНГ (московского, республиканских и территориальных) на геофизическую станцию по факсимильной связи поступает графическая информация в виде синоптических карт погоды, карт барической топографии, карт струйных течений, среднего

ветра, минимальных и максимальных температур воздуха, осадков, а также различные прогностические карты.

От территориальных управлений Гидрометслужбы, на основании заключаемого договора между железной дорогой и управлением Гидрометслужбы, геофизическая станция получает прогнозы погоды: полусуточные и суточные, на 2-3 дня, консультации о погоде и развитии атмосферных процессов, штормовые предупреждения об опасных явлениях погоды. Перед весенним паводком — консультации о начале весеннего паводка и характере его прохождения, прогнозы: вскрытия рек, максимальных уровней весеннего половодья, объема весеннего половодья (дата прохождения максимальных уровней).

На основании планов регулярной и штормовой метеорологической информации железной дороги метеостанциями управления Гидрометслужбы на геофизическую станцию поступают через каждые 3 часа наблюдения за погодой (облачностью, видимостью, направлением и скоростью ветра, количеством осадков, снежным покровом, гололедно-изморозевыми отложениями, температурой воздуха и почвы, промерзанием грунта, явлениями погоды и т.д.), декадные и месячные телеграммы, снегосъемки, штормовая информация о явлениях погоды. Отдельные станции ведут наблюдения и за температурой рельсов. В период весеннего паводка водомерные посты территориальных управлений Гидрометслужбы передают уровни воды на реках, пересекающих железную дорогу.

Филиалы геофизических станций ведут метеорологические наблюдения и наблюдения за температурой рельсов через каждые 3 часа, а в период летних путевых работ в дневные часы — ежечасные наблюдения, проводят совместно с геофизической станцией климатологическую обработку материалов метеорологических станций, ведущих наблюдения на территории железной дороги, ведут необходимые геофизической станции и железнодорожным организациям специальные наблюдения. Например, за обледенением устройств службы электрификации сравнительные наблюдения: за промерзанием оголенной почвы под естественным покровом и под асфальтом; за количеством осадков, измеренных в миллиметрах, и высотой снежного покрова в сантиметрах; за температурным режимом рельсов, измеряемых различными термометрами т.д.

Все материалы наблюдений передаются на геофизическую станцию.

На период весеннего паводка на дороге в дистанциях пути на железнодорожных мостах организуются временные водомерные посты, которые ежедневно ведут наблюдение за уровнями воды на реках и за состоянием ледовой обстановки. Эта информация сразу после наблюдений передается на геофизическую станцию, а после окончания паводка высылаются журналы водомерных наблюдений. Проводят промеры русел рек у железнодорожных мостов до начала и после окончания паводка.

Дорожная геофизическая станция, получая вышеуказанный материал, его обрабатывает, анализирует и предлагает следующую специализированную информацию:

1. Разные виды прогнозов погоды:

- полусуточный и суточный прогнозы погоды по территории, по отдельным районам и пунктам дороги, причем прогнозы не общего пользования, а с указанием количественных характеристик метеоэлементов. Такие прогнозы являются составной частью производственного плана;
- штормовые предупреждения для линейных подразделений и руководства дороги с заблаговременностью не менее 4-6 часов. В штормовом предупреждении обязательно указывается район ожидаемого явления, время его начала и интенсивность;
- прогноз погоды на 3 и 7 суток, месяц, сезон. Такие прогнозы позволяют руководству и предприятиям дороги планировать характер своей будущей работы, с большой заблаговременностью готовить хозяйство к определенным условиям погоды.

2. Метеорологическую и гидрологическую информацию, которая используется работниками управления дороги и линейными предприятиями для проектирования, планирования, отчетности и другой текущей работы.

3. Прогноз начала и характера весеннего паводка, ежедневную информацию о его прохождении руководству дороги, линейным предприятиям.

За прошедшие 15 лет (с 1972 по 1987 г.) транспортные гидрометеорологи внесли значительный вклад не только в улучшение гидрометеорологического обслуживания железнодорожного транспорта, но и в развитие транспортной гидрометеорологии. Закончены работы по атмосферной коррозии железнодорожных устройств, климатические описания железных дорог подготовлены почти на всех дорогах, изучен температурный режим рельсов, что позволяет прогнозировать максимальную и минимальную температуру на рельсах, а полученные знания использовать при эксплуатации и укладке бесстыкового пути. Климатическую и гидрометеорологическую информацию систематически стали использовать железнодорожники для проектных, плановых и повседневных работ, причем спрос на эту информацию увеличивается из года в год.

Очень возрос интерес к прогнозам погоды и штормовым предупреждениям. Правда, возрос не только интерес, но и требования к качеству прогнозов и штормовых предупреждений, которые растут значительно быстрее, чем возможности гидрометеорологов.

Для улучшения гидрометеорологического обслуживания железнодорожного транспорта ведутся поиски новых методов прогноза опасных явлений погоды, разрабатываются прогностические указания.

Например, прогноз значительных осадков на основе солнечно-лунных сил притяжения, влияние планет земной группы (Меркурий,

Венера, Марс, Луна) на выпадение осадков, проверка народных примет для различных районов страны и использование их в долгосрочных прогнозах, прогноз высоты снежного покрова, в зависимости от интенсивности и времени выпадения снега, расчет месячных и годовых многолетних величин высоты прироста снежного покрова, прогноз и развитие барических образований с использованием карт струйных течений и карт среднего ветра и т.д. Разумеется, эти работы требуют времени, знаний и рабочих рук.

Практика показывает, что для того, чтобы полностью обеспечить железную дорогу качественной гидрометеорологической информацией, необходимо иметь штат дорожной геофизической станции в количестве 5-7 человек в зависимости от сложности климатических условий дороги:

1. Начальник станции.

2. Оперативная группа инженеров-метеорологов во главе с начальником группы — 4-5 человек.

3. Инженер-гидролог.

Оперативная группа обеспечивает круглосуточную работу геофизической станции в наиболее тяжелый для дороги период года.

Например, на Октябрьской железной дороге оперативная группа круглосуточно работает с 1 октября по 15 мая. На работников оперативной группы возлагаются следующие обязанности:

- прием синоптических телеграмм с метеостанций, расположенных на территории дороги, не менее 4 раз в сутки (летом 2-3 раза в сутки);
- штормовой информации с метеостанций;
- прогностической и штормовой информации с территориальных управлений Гидрометслужбы;
- карт погоды, барической топографии, струйных течений, осадков, температуры воздуха и т.д. от зарубежных и отечественных радиометцентров;
- обработка и анализ поступивших материалов;
- составление прогнозов погоды на 12 часов, 1-3 суток, штормовых предупреждений и передача их потребителю.

В летний период, когда работа геофизической станции организована в одну смену, работники оперативной группы, свободные от дежурств, выполняют климатологические работы (работа с таблицами ТМ-1, ежемесячниками, ежегодниками, справочниками и т.д.), участвуют в научно-исследовательских работах, проводимых на станции. Ежегодно выезжают в командировки в территориальные управления Гидрометслужбы для сбора информации, для ознакомления с новыми исследовательскими работами этих коллективов, посещают метеостанции с целью контроля и оказания помощи в специальных наблюдениях, проводимых ими для нужд железной дороги. Руководитель оперативной группы в отсутствие начальника геофизической станции исполняет его обязанности.

Инженер-гидролог уточняет прогноз весеннего паводка на территории дороги, получаемый от всех расположенных на территории дороги территориальных управлений Гидрометслужбы и их подразделений.

В течение паводка, включая выходные и праздничные дни, собирает и обрабатывает материалы наблюдений временных водомерных постов, организуемых на дороге на период паводка и постоянных водомерных постов, принадлежащих территориальным управлениям Гидрометслужбы, обеспечивает информацией о проходе паводка руководство дороги и линейные предприятия дороги.

Например, на Октябрьской железной дороге в период паводка инженер-гидролог собирает и обрабатывает материалы наблюдений со 120 временных и 73 постоянных водомерных постов. По окончании паводка инженер-гидролог составляет обзор о прохождении паводка на реках, пересекающих железную дорогу, проверяет и обрабатывает журналы водомерных наблюдений, присылаемые в его адрес мостовыми мастерами. В зимний период собирает и обрабатывает снегосъемки, поступающие с метеостанций и постов, рассчитывает запасы воды в снеге по отделениям дороги и по бассейнам рек и выполняет ряд других работ применительно к соответствующим условиям дороги.

Оптимальный штат филиала геофизической станции, как показывает практика, 3-4 человека:

1. Начальник филиала.
2. Инженер-метеоролог — 2-3 человека.

Работники филиала круглосуточно или ежедневно, включая выходные и праздничные дни, проводят метеорологические наблюдения и наблюдение за температурой рельсов в основные синоптические сроки (03, 09, 06 и т.д.). В период летних путевых работ наблюдения проводятся ежечасно. По заказу предприятий и организаций дороги организуются и проводятся специальные, необходимые железнодорожникам, метеонаблюдения.

Работники филиала выполняют функции климатологической группы, то есть проводят обработку данных о всех опасных для железнодорожного транспорта метеорологических элементах (температура воздуха и рельсов, осадки, снежный покров, метели, грозы, промерзание почвы и ветер, гололедно-изморозевые отложения и т.д.). Например, филиал "Фарфоровский пост" геофизической станции Октябрьской железной дороги ежегодно ведет обработку материалов наблюдений 170 метеорологических станций. Ежегодно работники филиала выезжают в командировки в территориальные управления Гидрометслужбы для выписки и обработки необходимых дороге и геофизической станции материалов наблюдений метеорологических станций и постов, для ознакомления с новыми работами ученых климатологов, посещают метеорологические станции с целью контроля и оказания помощи в специальных наблюдениях, проводимых станциями для железной дороги.

Количество филиалов на дороге устанавливается начальником дороги в зависимости от производственной необходимости.

5. ИСТОЧНИКИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

5.1. Климатические справочники

Основным источником получения климатических характеристик служат климатические справочники. В справочниках содержатся обобщенные метеорологические данные за весь имеющийся к моменту создания справочника многолетний ряд лет. По прошествии двух-трех десятков лет накопленные за это время данные присоединяются к имеющимся, и создается обновленный справочник. За годы советской власти увидели свет три издания Справочника по климату СССР и в настоящее время заканчивается четвертое издание.

Первые два издания полностью перекрываются двумя последующими.

Третье издание имеет очень большой объем (170 томов) и тем не менее не охватывает всех потребностей в климатических данных [53].

Невозможность беспредельного увеличения объема справочника и в то же время усложняющиеся требования к климатической информации привели к тому, что четвертое издание справочника — научно-прикладной справочник по климату СССР [41] уже не полностью перекрывает содержание предыдущего издания Справочника по климату СССР. В научно-прикладном справочнике основные традиционные характеристики, прежде всего средние многолетние значения метеорологических величин, приведены по ограниченному числу станций. Зато по этим станциям в научно-прикладном справочнике содержится много новых статистических характеристик, достаточно подробно выражающих структуру метеорологических рядов. Это — среднеквадратические отклонения, коэффициенты асимметрии, автокорреляционные функции основных метеорологических величин. Имея в распоряжении данные характеристики, можно получить многие другие более сложные прикладные характеристики.

В работах по обеспечению климатической информацией народного хозяйства наряду с последним изданием справочника, научно-прикладным справочником, можно использовать и некоторые таблицы предыдущего издания. Ниже будут даны рекомендации по совместному использованию двух последних изданий климатического справочника.

Не перечисляя всех таблиц этих справочников, перечислим основные виды климатических характеристик, в них содержащихся.

Научно-прикладной справочник по климату СССР состоит из четырех серий:

Первая серия, называемая “Ежемесячники, ежегодники”, содержит результаты самой первой степени обобщения метеорологических данных по станциям всего за месяц данного года или за год. Материалы этой серии редко используются для прикладных целей сами по себе. Они служат основой для дальнейших климатологических обобщений.

В данной серии помещены средние месячные и годовые значения метеорологических величин, суммы за месяц некоторых величин (например, осадков или солнечной радиации), экстремальные за месяц и год значения и месячное число дней с некоторыми значениями величин или атмосферными явлениями (например, число ясных и пасмурных дней, число дней с туманом, с метелью, с грозой и т.п.).

Вторая серия включает характеристики, аналогичные характеристикам первой серии, но обобщенные за пятилетие. По сравнению с первой серией здесь приводятся не только данные по станциям, но и обобщения по административно-хозяйственным районам. Кроме того, во второй серии имеются характеристики так называемых стихийных явлений: штормовых ветров, сильных ливней, пыльных бурь и др.

Третья серия, основная, состоит из многолетних обобщений данных по станциям. Обобщенные за длинный период данные имеют большой спектр климатических характеристик. Наиболее важными из них являются характеристики распределений метеорологических величин. Это средние значения, среднеквадратические отклонения, коэффициенты асимметрии распределений месячных, суточных и "срочных" (за каждый из 8 сроков наблюдений) основных метеорологических величин, температуры воздуха и почвы, скорости ветра, влажности воздуха, количества осадков, высоты снежного покрова. По многим из этих распределений имеются также значения корреляционных функций.

Совокупность перечисленных характеристик позволяет переходить ко многим другим прикладным данным, например, рассчитать повторяемость отдельных значений метеорологической величины, если подобрана теоретическая функция ее распределения, максимум или минимум заданной обеспеченности (суммарной вероятности). Имея характеристики внутрирядной связности срочных или суточных значений метеорологической величины, можно перейти к климатическим характеристикам рядов данных, осредненных за другой, более крупный период. Например, по характеристикам срочных значений можно рассчитать характеристики распределения дневных (средних за дневные часы) или срочных значений, а также характеристики значений за определенные рабочие часы дня. По характеристикам суточных значений можно определить характеристики распределения декадных, пентадных, недельных значений. Методы таких косвенных расчетов изложены в работах [6, 7, 20, 41].

Кроме названных характеристик, по многим метеорологическим величинам определены экстремальные наблюденные значения из суточных, месячных и годовых выборок этих величин. При резко асимметричном характере распределений ряда величин, например, скорости ветра, осадков, количества облачности рассчитаны и приведены в справочнике распределения повторяемости по градациям. По осадкам традиционно указывается интегральная повторяемость в виде числа дней с количеством осадков $\geq 0,1$ мм, $\geq 0,5$, $\geq 1,0$, $\geq 2,0$ мм и т.д. По направлению и скорости ветра и по облачности дана повторяемость опре-

деленных градаций, например, скорости ветра 1-2, 3-4 м/с и т.д. или облачности 0-2, 3-7, 8-10 баллов.

Значительное место в научно-прикладном справочнике отводится датам (самой первой, средней и последней) перехода через заданные пределы и наступления некоторого периода. Например, находят важное применение даты наступления мороза, образования снежного покрова, даты, являющейся началом отопительного периода и периода кондиционирования. Наряду с датами помещаются характеристики продолжительности периода, ограниченного указанными датами. Так, определены продолжительности периода с отрицательными температурами, периода без осадков (засушливого периода), жаркого периода (с температурой воздуха выше некоторых заданных значений), отопительного периода и т.д. Помимо характеристик продолжительности некоторых заданных периодов определяют общую и среднюю продолжительность различных явлений и пребывания значений метеорологической величины ниже или выше некоторого заданного уровня.

Специальная часть (шестая) посвящена характеристикам комплексов двух разных метеорологических величин. В ней характеризуются наиболее употребительные сочетания метеорологических величин: температуры и относительной влажности и отрицательной температуры и скорости ветра. Данные комплексы служат для оценки теплового режима различных помещений и их можно использовать при конструировании вагонов, определяя необходимость отопления, кондиционирования и вентиляции последних.

В справочнике приведены совместные распределения повторяемости различных сочетаний температуры с относительной влажностью или ветром, а также коэффициенты корреляции значений этих пар величины.

Четвертая, заключительная серия научно-прикладного справочника, сравнительно не велика по объему, называется "Климатические ресурсы СССР" и состоит из осредненных по административно-хозяйственным районам (республикам, областям, экономическим районам) средних многолетних значений, температуры воздуха, осадков, высоты снежного покрова, а также ветровых потенциальных энергоресурсов и освещенности районов. Эта серия может быть использована для сравнительной общей характеристики отдельных участков железнодорожных магистралей.

5.2. Рекомендации по использованию данных двух последних изданий климатических справочников

Справочник по климату СССР имеет значительно больший объем, чем научно-прикладной справочник, и поэтому в нем содержатся некоторые характеристики, не имеющие аналогов в научно-прикладном справочнике.

Такими характеристиками являются: средняя межсуточная изменчивость температуры воздуха и повторяемость межсуточной изменчивости температуры воздуха в определенных пределах (часть 2, табл.4 и 4а) [2, 53], число дней с максимальной и минимальной температурами воздуха в различных пределах (часть 2, табл.9 и 13) [53], средняя месячная и годовая температура почвы по вытяжным термометрам (часть 2, разд.2, табл.3) [53], месячное количество осадков с поправками на ветер (часть 4, разд. 2, табл. 1а) [53].

Не имеют аналогов в научно-прикладном справочнике многие таблицы повторяемости различных градаций метеорологических величин (табл. 6, часть 2, разд. 1; табл. 6, часть 3; табл. 3, 4, 6, часть 4, разд. 2; табл. 6, 9-11, часть 4, раздел 3 [53]). Полностью отсутствуют в научно-прикладном справочнике таблицы, называемые “Вероятностные характеристики” (часть 2, табл. 17, 22-46). Эти таблицы выражают зависимость между средними значениями метеорологической величины и повторяемостью ее различных значений.

Все перечисленные характеристики могут выбираться из Справочника по климату СССР и использоваться. Вместе с тем многие из них могут быть заменены близкими к ним характеристиками научно-прикладного справочника или вычислены по данным последнего. Так, например, межсуточная изменчивость тесно связана с корреляционной функцией температуры, и в задачах, требующих учета первой характеристики, всегда можно использовать вторую. В данные табл. 4.23 Научно-прикладного справочника, где приведено месячное количество осадков без учета ветра, можно ввести поправочный коэффициент на ветровой недоучет осадков из табл. X пояснительного текста, и в этом случае табл. 4.23 вполне заменяет и к тому же уточняет данные табл. 1а из Справочника по климату.

Значения повторяемости различных метеорологических величин можно рассчитывать косвенным способом, используя модели распределений. Набор моделей применительно к каждой метеорологической величине представлен в работе [6], а параметры этих моделей имеются в Научно-прикладном справочнике по климату СССР. Используя “вероятностные” характеристики Справочника по климату, следует входить в таблицы этих характеристик со средними значениями метеорологической величины, заимствованной по той же станции из научно-прикладного справочника.

В тех случаях, когда требуется характеристика, имеющаяся как в том, так и в другом справочнике, безусловно, ее следует брать из Научно-прикладного справочника, так как его данные рассчитаны по более длинному (на 20 лет) ряду. Однако может оказаться, что характеристика, в частности среднее значение, нужна по такой же станции, данные которой есть в первом справочнике и отсутствуют во втором. Тогда, если станция из Справочника по климату (назовем ее первой) имеет репрезентативную станцию (назовем ее второй) из Научно-

прикладного справочника (т.е. станцию, расположенную поблизости и в аналогичных условиях местности), то в данные первой станции следует ввести поправку (разность данных этих станций). Если такую станцию подобрать не удается, то характеристику берут по первой станции, но рассматривают ее как ориентировочную.

Экстремальное значение величины можно заимствовать из Справочника по климату лишь тогда, когда на окружающих станциях разности экстремумов между данными обоих справочников не велики. В этом случае в экстремумы также следует вводить поправки, как и для средних.

Не рекомендуется выбирать из Справочника по климату среднее число дней с относительной влажностью ≥ 80 и $\leq 30\%$, ясных и пасмурных дней, так как рассчитывались они по четырехсрокным, а не восьмисрочным наблюдениям и при других критериях дня с заданным значением величины. В случае необходимости получить указанное число дней для пункта, отсутствующего в Научно-прикладном справочнике, следует проинтерполировать данные между двумя соседними станциями, находящимися, по возможности, в аналогичных условиях местности, где такие данные есть.

5.3. Дополнительные источники

Существует большое количество работ: монографий, журнальных статей, нормативных изданий, в которых содержится некоторая климатическая информация по территории СНГ, которая может отсутствовать в климатических справочниках. Однако в большей части этих источников данная информация отрывочна, относится лишь к отдельным пунктам или временным интервалам. Перечислить все эти работы в рамках одной книги практически невозможно. Но некоторые наиболее важные и содержащие достаточно большие объемы информации, особенно такой информации, которая может быть полезна для ж.-д. транспорта, авторы считают все же полезным указать.

Прежде всего следует отметить Климатический атлас СССР [19], в котором содержится серия климатических карт по основным климатическим характеристикам. Карты построены по данным Справочника по климату СССР. Так как их авторами при построении этих карт выполнена интерполяция данных, они несут некоторую дополнительную информацию о климате по сравнению с данными справочника. Ряд монографий содержит подробную климатическую информацию об одной метеорологической величине, но относящуюся ко всей территории Советского Союза. Из таких монографий, в первую очередь, следует указать монографию Ц.А. Швер об осадках [57], И.Д. Копанева — о снежном покрове [24], К.Я. Кондратьева, З.И. Пивоваровой и М.И. Федоровой — о радиационном режиме [23].

6. КРАТКАЯ КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИИ СТРАН СНГ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

6.1. Термический режим

Опасные условия для работы железнодорожного транспорта создаются при особенно низких (ниже -25 , -30°C) и высоких (выше 25 , 30°C) температурах воздуха. Такие температуры почти не сочетаются на одной территории. Опасность для ж.-д. транспорта из-за низкой температуры возникает в основном на севере страны, а из-за высокой температуры — на юге.

В районах Средней Азии повторяемость “срочных” температур выше 25°C превышает 50% в июле [41], а в наиболее южных точках (Ашхабад, Термез) превышает 80% [41]. В этих районах отрицательных температур ниже -25°C практически не бывает.

Несколько иначе дело обстоит на севере и северо-востоке нашей страны (Восточная Сибирь). Здесь температуры января и других зимних месяцев преимущественно ниже -25°C . Повторяемость таких температур, как правило, превышает 90% [41]. Но и летом возможны, хотя и не часто отмечаются, температуры выше 25°C . Даже в Якутии в ряде пунктов (например, в Верхоянске) повторяемость температуры выше 25°C превышает 10% [41].

В умеренных и высоких широтах всей азиатской части СНГ наибольшую опасность представляют зимние температуры, так как вплоть до Урала повторяемость температуры ниже -25°C превышает 20% [41], резко возрастая к востоку. Летние температуры выше 25°C в Западной Сибири имеют малую повторяемость до 10% [41], и поэтому для железных дорог на азиатской части СНГ серьезной опасности не представляют.

Относительно благоприятные термические условия для эксплуатации железных дорог наблюдаются на ЕТС, главным образом в ее центральной и западной частях. Здесь как низкие температуры (ниже -25°C), так и высокие (выше 25°C) наблюдаются редко, как правило, реже 10% [41] всех случаев.

Таким образом, наиболее неблагоприятные условия для ж.-д. транспорта складываются в зимнее время на азиатской территории СНГ (без Казахстана) и на севере ЕТС, а в летнее время на территории Средней Азии, Казахстана и на юге ЕТС. В данных районах следует учитывать неблагоприятные температурные условия как при планировании мероприятий Службы пути (предусмотреть дополнительные осмотры пути обходчиками), так и при проектировании и эксплуатации Службы связи.

6.2. Снежный покров и осадки

Выпадение снега, его перенос, как уже отмечалось, представляет наибольшую опасность для железных дорог на значительной части СНГ и приводит к большим трудозатратам и расходам денежных средств на снегоуборку и расчистку регулировочных стрелок.

Составление программ контроля за снегом, как-то: использование снегоочистителей, установка снегозадерживающих заборов, растапливание и очистка снега у стрелок и др. — зависит от преобладающих климатических условий на ж.-д. магистралях.

Рассмотрим распределение основных климатических характеристик снежного покрова, выпадения и переноса снега.

Средняя наибольшая декадная высота снежного покрова, как это видно из рис. 6.1. [24], — 80 см, по данным снегосъемок, наблюдается в долине р. Енисея, на границе между Западной и Восточной Сибирью. Высота 70 см наблюдается в северных предгорьях Урала, а больше 60 см — на Камчатке и побережье Охотского моря.

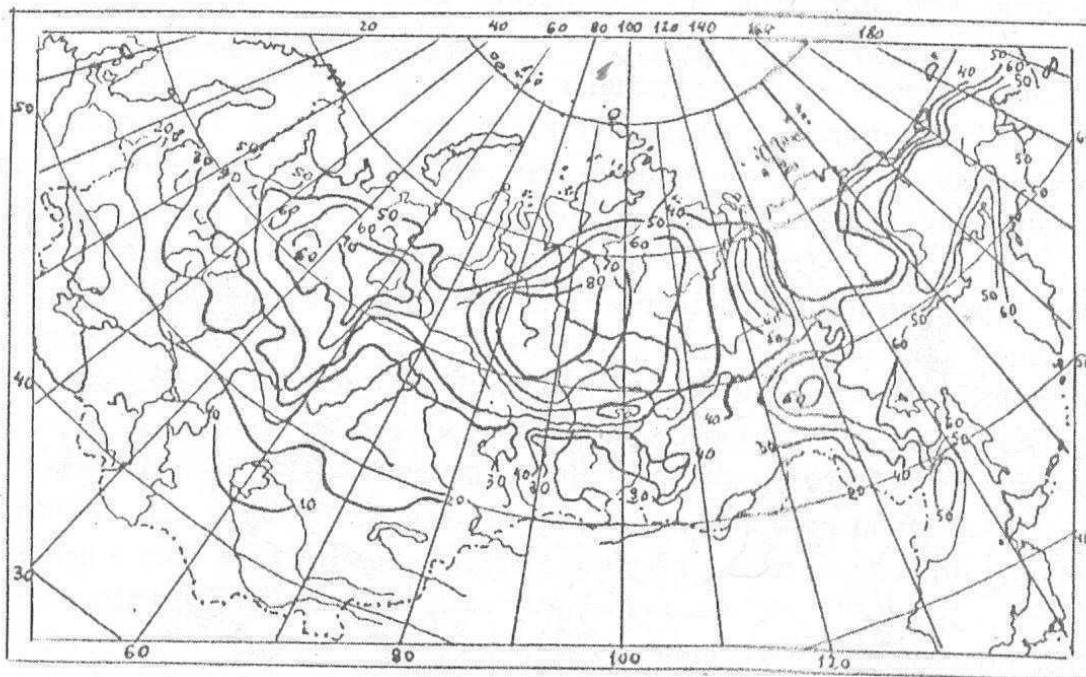


Рис. 6.1. Средняя наибольшая декадная высота снежного покрова

В южных районах ЕТС, в Средней Азии, на юге Казахстана, а также на западе ЕТС, кроме высоких широт, устойчивый снежный покров либо вообще не образуется, либо его наибольшая декадная высота не превышает 20 см, а в Средней Азии — 10 см.

В.М. Мехелем, А.В. Рудневой и В.И. Липовской построены карты интенсивности (рис. 6.2.) и максимальной продолжительности (рис. 6.3) снегопереноса при метелях [38], которые резко отличаются от карты высоты снежного покрова. Заметим, что нанесение на эту карту новых данных о снегопереносе, полученных в процессе подготовки

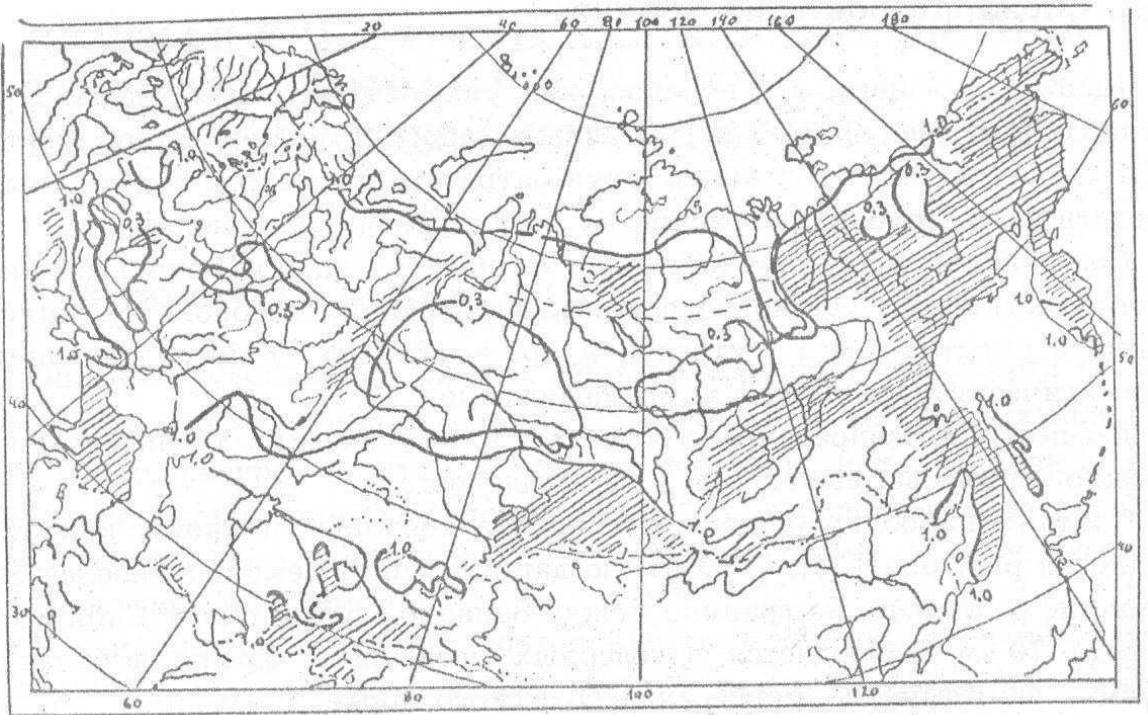


Рис. 6.2. Интенсивности переноса снега ($\text{м}^3/\text{пог.м}\cdot\text{ч}$) при метелях (без поземок) зимой с максимальной продолжительностью метелей. 1939-1950 гг.

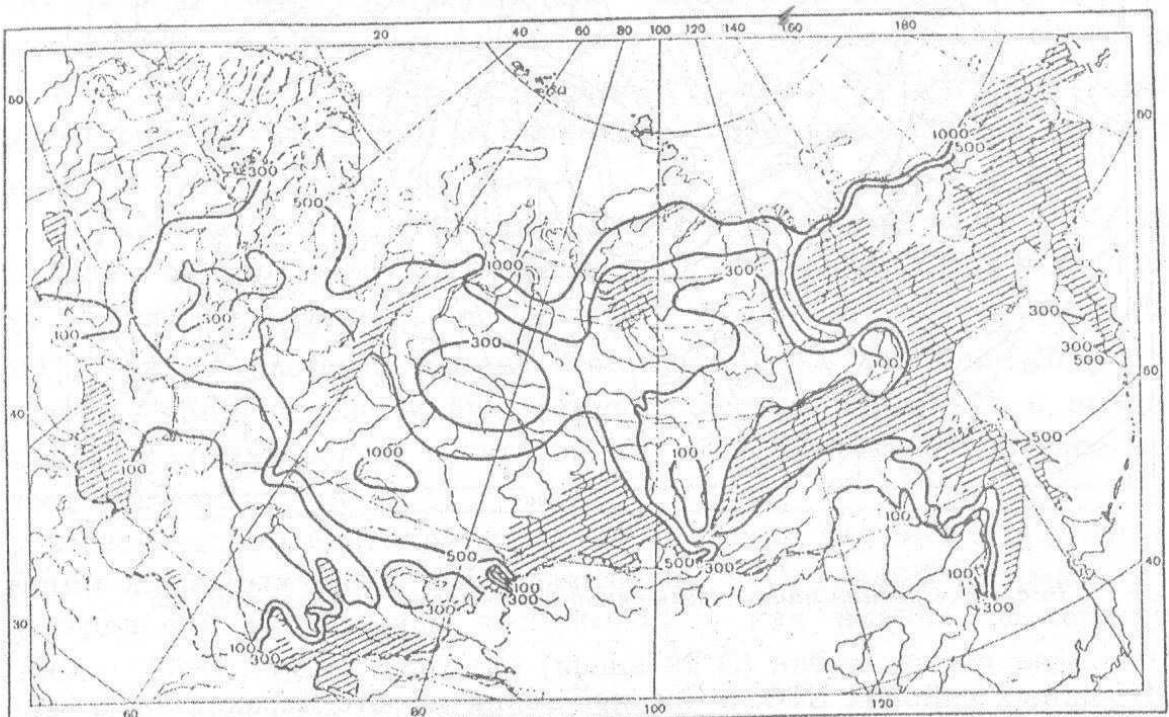


Рис. 6.3. Максимальная за зиму продолжительность переноса снега (часы) при метелях (без поземок). 1939-1950 гг.

Научно-прикладного справочника не изменило сколько-нибудь существенно картину географического распределения. Как видно по этим картам, в районах наибольшей высоты снежного покрова, кроме Камчатки, интенсивность снегопереноса невелика и составляет около

0,3 м³/пог.м·ч при метелях, в то время как на юге страны (но не в Средней Азии) и на побережье Северного Ледовитого океана, а также на Камчатке, снегопереносы из-за преобладания здесь сильных ветров достигает 1,0.

Максимальная продолжительность снегопереноса при метелях наблюдается на всем побережье Северного Ледовитого океана, где она достигает от 500 до 1000 часов и более, а также на юге Камчатки, на юге Западной Сибири и севере Казахстана — от 500 до 1000 часов.

Три рассмотренные карты определяют планирование и составление программ контроля за снегом в интересах ж.-д. транспорта. Так как географическое распределение климатических данных, представленных на этих картах, не аналогичны, то представляется интересным совместить указанные карты с тем, чтобы получить некоторое представление о районах, не благоприятных по условиям снегозаносов. Однако, помимо снегозаносимости дорог, сложные условия на дорогах создаются и просто при обильных снегопадах, не сопровождающихся сильными ветрами. Не приводя четвертой карты, охарактеризуем географическое распределение сильных снегопадов (по величине прироста снежного покрова). Далеко не всегда многоснежные районы отличаются большим числом снегопадов, хотя снегопады более часты и интенсивны в районах с высоким снежным покровом и большим количеством твердых осадков. Вместе с тем интенсивные снегопады наблюдаются и в малоснежных районах на фоне преобладания слабых снегопадов. В этих случаях они представляют большую опасность.

На ЕТС в среднем интенсивные снегопады (увеличивающие высоту снежного покрова более чем на 10 см) — явление не очень частое, оно наблюдается не ежегодно. В горных районах (на Кавказе, в предгорьях Южного Урала) интенсивные снегопады наблюдаются до 43 случаев в году, а на севере ЕТС — менее 10 случаев (например, Усть-Цильма — 3 случая). На АТС снегопады в среднем несколько более часты — до двух раз в год. Наибольшее число случаев на Камчатке (286 случаев) и на Сахалине (95 случаев).

В Западной Сибири и на Дальнем Востоке их число сокращается до 20, а в Восточной Сибири, где преобладает антициклональный режим погоды, они наблюдаются еще реже (в Иркутске 15 случаев), а в Чите и Верхоянске не наблюдаются совсем.

Максимальная величина суточного прироста высоты снежного покрова на ЕТС составляет около 20-30 см, несколько меньше — на западе и в Предуралье, и больше — в горах Кавказа.

Примерно таков же прирост и на АТС, за исключением Приамурья, и Сахалина, и Камчатки, где прирост больше полуметра, а местами превышает метр. Однако на севере Западной Сибири, в Якутии, в Предбайкалье прирост значительно меньше (до 20 см).

Суммируя перечисленные климатические сведения о характере залегания снежного покрова на территории СНГ, его приросте и переносе, можно получить следующие выводы:

- Наиболее сложные условия с точки зрения воздействия снега на железнодорожное движение создаются на Сибирской магистрали в ее западной части, где наблюдаются довольно обильные снегопады, частые метели и большие снегопереносы, которые могут продолжаться достаточно долго.
- Сложные условия снегозаносимости характерны также для железнодорожных магистралей, расположенных на ЕТС и ориентированных на северо-восток (на Киров, Свердловск и на южный Урал (Куйбышев — Уфа — Челябинск).
- Очень сложные условия эксплуатации железных дорог создаются на Сахалине, где и снегопады обильные, и ветры сильные, благодаря которым снег переносится в большом количестве в районе железной дороги.
- Возможны значительные заносы на Северо-Кавказской железной дороге за счет больших приростов высоты снежного покрова.

В остальных районах ЕТС на Среднеазиатской магистрали при движении скоростных поездов больших осложнений снегозаносы не приносят. Основная опасность и экономические затраты возникают при снегопадах, засыпающих регулировочные стрелки.

Осадки, в том числе и жидкие, в целом за год наиболее часто [33] выпадают на северо-востоке ЕТС, в Западной Сибири и на Дальневосточном Побережье, где число дней с осадками превышает 200 дней в году (см. рис. 6.4). Небольшой очаг повышенной повторяемости осадков приходится на Предбайкалье. Наоборот, в окрестностях ж.-д. магистралей, где наблюдаются наиболее сложные условия по снегозаносимости, т.е. прежде всего вдоль Сибирской магистрали, число дней с осадками меньше и не превышает 100-140 дней в год, а суточный максимум составляет меньше 100 мм (рис. 6.5). Так же как и зимой, осадки часто выпадают вдоль магистралей, расположенных на ЕТС и направленных на северо-восток, где их частота превышает 200 дней. Однако ливневые осадки здесь наблюдаются относительно редко, суточный максимум осадков составляет меньше 75 мм, а во многих местах меньше 50 мм.

Суточный максимум осадков более 100 мм выпадает в ряде мест на ЕТС. На западе центральной зоны ЕТС местами суточный максимум превышает 150 мм. Таким образом, возможность размывания полотна в теплые месяцы и образование всучивания почвы и разлома рельсов в переходные сезоны наибольшие на ж.-д. магистралях ЕТС. Суточный максимум осадков более 150 мм встречается также и на Сахалине, и в Приморье, где также часто создается опасность размыва и всучивания ж.-д. путей.

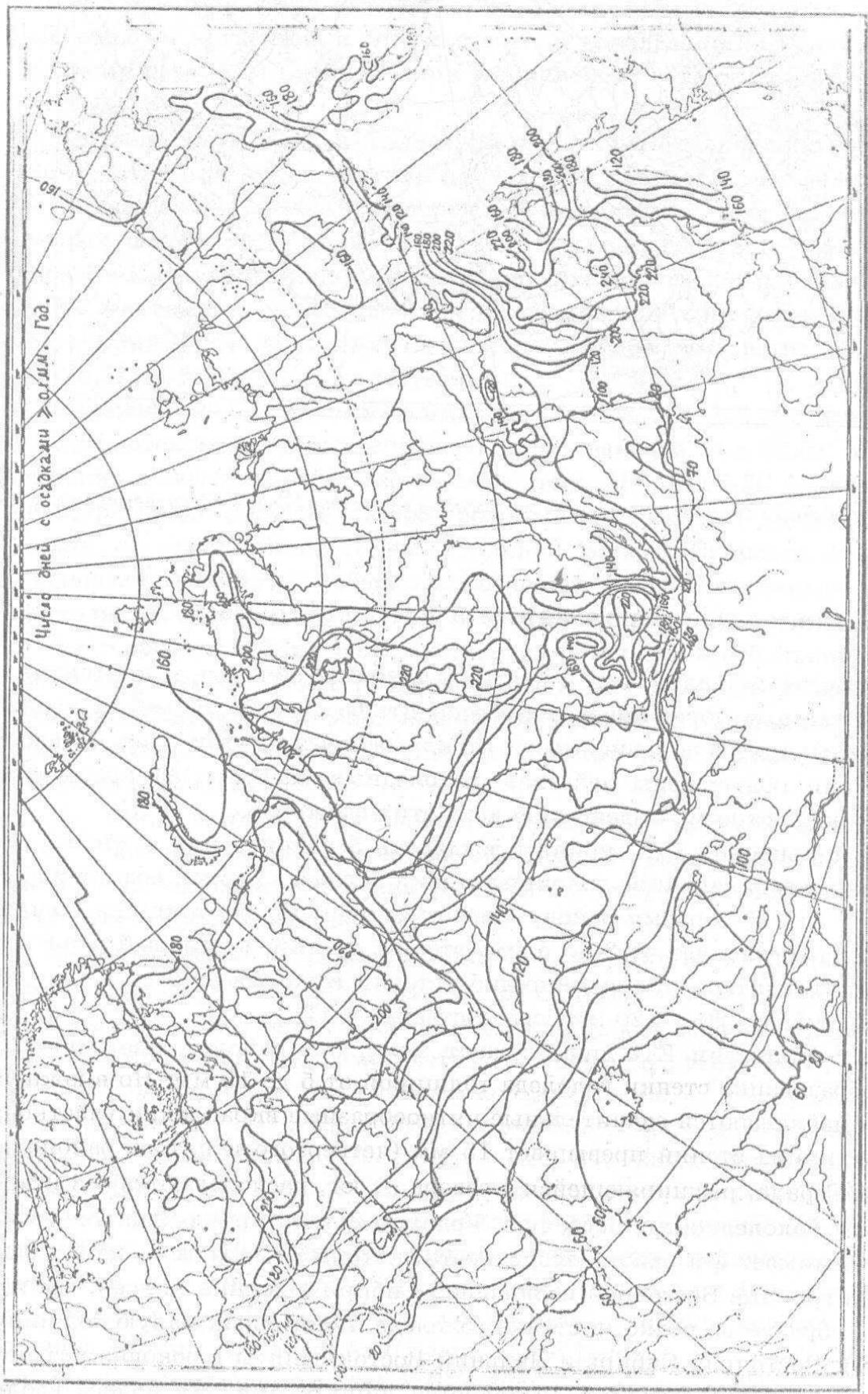


Рис. 6.4. Число дней с осадками $\geq 0,1$ мм/год

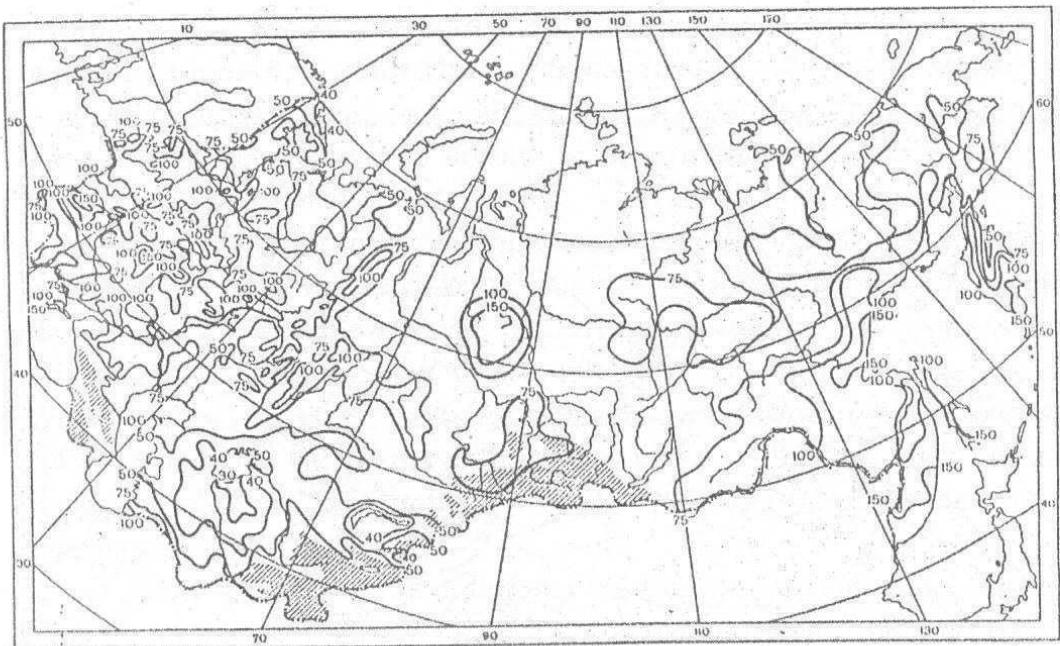


Рис. 6.5. Суточный максимум (мм) жидких осадков 1%-ной обеспеченности

6.3. Гололедные образования и ветровой режим

Средства сигнализации и связи, а также воздушные и контактные сети железных дорог призваны обеспечить безаварийную работу транспорта, находятся в зависимости от климатических факторов. Прежде всего они подвержены действию гололедных нагрузок на провода, а также совместному действию двух этих факторов.

На территории СНГ принято выделять 5 районов или степеней гололедности по величине толщины стенки гололеда (в мм), возможной 1 раз в 5 лет. К первому району относятся пункты, где толщина стенки гололеда составляет от 3 до 5 мм, второй, третий, четвертый и пятый районы характеризуются величиной стенки гололеда от 5 до 10, от 10 до 15, от 15 до 20 и >20 мм соответственно [51].

На территории ЕТС преобладают 2-й и 3-й районы гололедности, т.е. образование стенки гололеда толщиной от 5 до 15 мм. Но в южной части наблюдаются значительные пятнообразные вкрапления участков, где величина стенки превышает 15 мм (четвертого и пятого районов). В зоне Урала, расширяющейся с севера на юг, располагаются 4-й и 5-й районы гололедности. Восточнее Урала всю территорию Западной Сибири занимает 2-й район гололедности, который сменяется узкой полосой на границе Восточной и Западной Сибири в долине Енисея, где гололед образуется редко, и стенка гололеда имеет очень малую толщину (3 мм). Восточная Сибирь и Дальний Восток заняты в основном третьим районом гололедности. Выделяется лишь низменная полоса вдоль р. Лены, в северной части которой расположен 1-й, а в южной — 2-й район гололедности.

В Казахстане и горных районах средней Азии гололед образуется так же часто, как и на юге ЕТС, и его распределение по территории также характеризуется пятнистостью. Местами располагаются замкнутые области четвертой и пятой степеней гололедности. Равнинные и пустынные районы Средней Азии и Прикаспия имеют вторую степень гололедности.

Резюмируя анализ распределения гололедных отложений на территории СНГ, можно сказать, что наибольшей опасности гололедообразования подвергаются железнодорожные магистрали, расположенные в южных районах ЕТС и Казахстана, а также магистрали, оканчивающиеся в Предуралье или пересекающие южные предгорья Урала.

По максимальной скорости ветра, возможной один раз в 5 лет, на территории Союза выделяют 7 районов: со скоростями ветра до 19, 22, 25, 28, 32, 35, 37 м/с соответственно.

Наименьшие значения максимальных скоростей (1-й и 2-й районы) наблюдаются в центральной полосе, опоясывающей весь Союз. К югу и особенно к северу скорость ветра возрастает. На этой ЕТС практически не встречается скоростей ветра (возможных 1 раз в 5 лет) больших 25 м/с, за исключением горных районов Кавказа. Скорости 28-32 м/с наблюдаются лишь на побережье Северного Ледовитого океана, где не проходят ж.-д. магистрали.

На территории Азии и Казахстана имеются лишь небольшие очажки со скоростями 28 м/с (4-й район). Они расположены на восточном побережье Каспийского моря в районах Кокчетава, Караганды, в горах Средней Азии, Казахстана, Алтая и в узкой прибрежной полосе на Дальнем Востоке.

Первый, шестой и даже седьмой районы по ветру имеются на Сахалине и на побережьях Камчатки. Ж.-д. магистраль, пролегающая по Сахалину, находится в очень сложных с точки зрения гололедо-ветровых воздействий условиях.

Можно ожидать затруднений при эксплуатации ж.-д. магистралей в зоне широт 48-52° на ЕТС и зоне 48-56° на АТС.

Катастрофические явления на железной дороге могут быть вызваны чрезвычайными скоростями ветра, которые сопутствуют смерчам. Смерчи [52] наиболее часто возникают на Украине, в Белоруссии, Центральном районе ЕТС, Прибалтике и на Черноморском побережье [6,9] Кавказа, подавляющее большинство смерчей наблюдается на ЕТС и Урале. Для ЕТС, включая районы Черноморского побережья Кавказа, среднее число смерчей в год составляет 8-10, но в отдельный год достигает от 2 до 18. Сильные смерчи чаще всего проявляются в центральных областях России. На азиатской территории Союза шквалы возникают редко. Небольшое их количество зафиксировано на юге Западной Сибири, Средней Азии и на озере Байкал. Восточнее Новосибирска сухопутные смерчи не отмечались.

Сезон смерчей на ЕТС начинается в конце апреля и заканчивается в первой половине сентября.

ВЫВОДЫ

1. Железнодорожный транспорт работает на огромной по географической протяженности территории страны, под открытым небом и в разных климатических зонах. Поэтому бесперебойная, четкая работа его во многом зависит от условий погоды.

2. Основным условием успешной работы железнодорожного транспорта в сложных погодных и климатических условиях является знание работниками транспорта влияния погодных условий на деятельность его основных служб.

3. На сегодняшний день выпускники средних и высших учебных заведений МПС не имеют никакой метеорологической подготовки.

Необходимо в средних и высших учебных заведениях МПС ввести курс "Основы транспортной метеорологии", который позволит будущим специалистам железнодорожного транспорта знать все обстоятельства работы транспорта в сложных погодных и климатических условиях и эффективно использовать получаемую от дорожных геофизических станций гидрометеорологическую информацию.

4. Успешное гидрометеорологическое обслуживание железнодорожного транспорта зависит от знания гидрометеорологами влияния условий погоды на работу транспорта и перспектив его развития.

Это позволит определить качественные и количественные характеристики явлений погоды, которые опасны железнодорожному транспорту сейчас или будут опасны в ближайшем будущем, сформулировать требования к климатической информации для использования ее в плановых и проектных работах на транспорте, разработать более совершенную методику прогноза опасных явлений погоды.

Например, в декабре 1988 года Совет Министров СССР утвердил государственную программу "Высокоскоростной экологически чистый транспорт" с включением в ее состав строительства магистрали "Центр-Юг" (Ленинград-Москва-Крым, Кавказ).

Наиболее эффективными скоростями поездов на такой магистрали считаются скорости движения до 300-350 км/час.

Строительство и обслуживание скоростных магистралей потребуют большого количества климатологической информации и круглосуточного гидрометеорологического обеспечения.

5. Прогноз погоды должен быть одним из звеньев технологического процесса транспортного производства. Для этого он должен быть узко-специализированным прогнозом, нести в себе достоверную и полную информацию об ожидаемых условиях погоды. Это будет возможно только тогда, когда дорожные геофизические станции, которые занимаются гидрометеорологическим обслуживанием железных дорог, будут укомплектованы специалистами и в достаточном количестве, будут вести не только оперативную, но и научно-исследовательскую работу.

6. Разрушительное воздействие на объекты железнодорожного транспорта отдельных явлений погоды независимо от заголовкенно-

сти и точности их предупреждения неизбежны. Поэтому на каждом предприятии железнодорожного транспорта необходимо разработать мероприятия и технологию производства для работы в сложных условиях погоды, что позволит до минимума сохранить потери, связанные с воздействием опасных явлений погоды.

7. Проектирование железнодорожной техники, подвижного состава и других технических устройств должно вестись для конкретных климатических районов страны, что даст значительную экономию материальных ресурсов и позволит улучшить условия труда железнодорожников.

На железных дорогах страны метеорологическая и климатическая информация может отличаться от указанной в главах I и II или быть дополнена ввиду климатических особенностей района, по которому проходит дорога.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев Н.А. Стихийные явления в природе: проявление, эффективность защиты. —М.: Мысль, 1988. —254 с.
2. Амелин С.В. и др. Устройство, ремонт и текущее содержание железнодорожного пути. —М.: Транспорт, 1981.
3. Астахов П.Н. Сопротивление движению железнодорожного подвижного состава //Труды ЦНИИ, М.: Транспорт, 1966. —Вып. 311.
4. Беляев И.В. Машинисту о контактной сети и токосъеме. М.: Транспорт, 1985.
5. Брюхань Ф.Ф., Ляхов М.Е., Погребняк В.Н. Смерчеопасные зоны в СССР и размещение атомных станций //Изв. АН СССР, серия географическая. —1989. —№ 1. —С. 40-48.
6. Булатов С.Н. Методика расчета толщины и прочности тающего ледяного покрова для целей расчета и прогноза сроков вскрытия рек и водохранилищ.
7. Булатов С.Н. Расчет прочности тающего ледяного покрова и сроков ледовых явлений на водохранилищах. МАГИ. Симпозиум “Лед и его воздействие на гидротехнические сооружения”. —Л., 1972.
8. Галкин В.Г., Парамзин В.П., Четвергов В.А. Надежность тягового и подвижного состава. —М.: Транспорт, 1981. —С. 183.
9. Галкин В.Г. и др. Надежность тягового подвижного состава. —М.: Транспорт, 1981.
10. Глухов В.Г. Обледенение высотных сооружений на равнинной территории СССР. —Л.: Гидрометеоиздат, 1989. —141 с.
11. Догаев Ю.М. Экономическая эффективность техники на севере. М.: Наука, 1969. —239 с.
12. Драневич Е.П. Гололед и изморозь. —Л.: Гидрометеоиздат, 1971. —227 с.
13. Заварина М.В. К вопросу оценки экономической эффективности исследований по прикладной климатологии //Труды ГГО. —1970. —Вып. 265. —С. 121-124.
14. Заварина М.В. Строительная климатология. —Л.: Гидрометеоиздат, 1976. —336 с.
15. Зябrikov B.A., Kobyshewa N.B., Mastrukova E.B. Методика обеспечения климатической информацией железнодорожного транспорта //Труды ГГО. —1988. —Вып. 520. —С. 137-149.
16. Зябrikov B.A., Kobyshewa N.B. О разработке климатических нормативов для расчета теплового состояния вагонов //Труды ГГО. —1981. —Вып. 460.
17. Инструкция по снегоборьбе на железных дорогах СССР. —М.: Транспорт, 1988. —С. 77.
18. Карпушенко Н.И. Надежность связей рельсов с основанием. —М.: Транспорт, 1986.
19. Климатический атлас СССР.
20. Кобышева Н.В. Косвенные расчеты климатических характеристик. —Л.: Гидрометеоиздат, 1971. —190 с.

21. *Кобышева Н.В., Наровлянский Г.Я.* Климатологическая обработка метеорологической информации. —Л.: Гидрометеоиздат, 1978. —С. 295.
22. *Кобышева Н.В., Гольберг М.А.* Методические указания по статистической обработке метеорологических рядов. —Л.: Гидрометеоиздат, 1990. —84 с.
23. *Кондратьев К.Я., Пивоварова З.И., Федорова М.И.* Радиационный режим наклонных поверхностей. —Л.: Гидрометеоиздат, 1978. —С. 216.
24. *Копанев И.Д.* Климатические аспекты изучения снежного покрова. —Л.: Гидрометеоиздат, 1982. —С. 239.
25. *Коржавин К.Н.* Динамическое воздействие льда на сооружение гидростанций и опоры мостов //Труды координационных совещаний по гидротехнике, вып. XXVII. —М.: Энергия, 1965. —С. 5-12.
26. *Коржавин К.Н.* Обзор развития методов определения давления льда на опоры мостов в СССР за 1917-1967 гг. //Труды НИИЖТ. —Новосибирск, 1968. —Вып. 79. —С. 3-17.
27. *Коржавин К.Н.* Воздействие льда на опоры мостов на трассе БАМА //Труды НИИЖТ. —1977. —Вып. 181.
28. *Кудрявцев А.А.* Несущая способность опорных конструкций контактной сети. —М.: Транспорт, 1988.
29. *Кухтина Л.П., Елисеев В.М.* Определение прочности льда в весенний период с учетом климатических факторов. —М.: Транспортное строительство, 1980. Т 2. —С. 41-42.
30. *Лебедев В.Г., Славиковский Н.А.* Укладка и эксплуатация бесстыкового пути. —М.: Транспорт, 1987.
31. *Лойцанский Л.Г.* Механика жидкости и газа. —М.: Наука. —1987. —С. 840.
32. Математическое моделирование экономических процессов на железнодорожном транспорте. —М.: Транспорт, 1984. —С. 255.
33. *Мельник Д.М.* Предусмотрение снежных заносов на железных дорогах. —М.: Транспорт, 1966. —С. 242.
34. *Мельник Д.М., Мнеев Е.В.* Комплексная механизация снегоуборочных работ на узлах и станциях. —М.: Транспорт, 1971.
35. Методические указания по организации и выполнению работ для измерения температуры рельсов и рельсовых цепей бесстыкового пути на железных дорогах. —М.: Транспорт, 1980. —С. 31.
36. *Милевский Ю.В.* Методика исследований скоростных роз и скоростных роз-диаграмм ветра //Труды ГГО. —1960. —Вып. 113. —С. 57-70.
37. *Михель В.М., Руднева А.В., Липовская В.И.* Переноска снега при метелях и снегопады на территории СССР. —Л.: Гидрометеоиздат, 1969. —С. 203.
38. *Мишель Б.* Ледовые нагрузки на гидротехнические сооружения /Перевод с английского. —М.: Транспорт, 1978. —112 с.
39. *Монокович Э.И.* Об экономическом подходе к использованию климатической информации при расчете ЛЭП //Труды Казахского НИГМИ. —1977. —Вып. 62. —С. 71-78.

40. Научно-прикладной справочник по климату СССР, серия II, ч. 1 и 2, серия 3, вып. 2-34, ч. 1-6. —Л.: Гидрометеоиздат, 1987-1991.
41. *Новиков А.П.* Основы теории вождения поездов. —М.: Транспорт, 1978. —С. 165.
42. Правила тяговых расчетов для поездной работы. —М.: Транспорт, 1985. —С. 287.
43. *Прокачева В.Г., Усачев В.Ф.* Снежный покров в сфере влияния города. —Л.: Гидрометеоиздат, 1989. —176 с.
44. *Процелан А.А., Павлов И.В., Нечанов А.А.* Борьба с гололедом на электрифицированных железных дорогах. —М.: Транспорт, 1970.—С. 150.
45. *Розенфельд В.Е., Исаев И.П., Сидоров Н.Н.* Теория электрической тяги. —М.: Транспорт, 1983. —С. 327.
46. *Семенов Ю.А.* Влияние толщины ледяного покрова на нагрузки от сплошного ледяного покрова при его температурном расширении //Труды ГГО. —Л.: Гидрометеоиздат, 1990. —Вып.—С. 97-101.
47. *Семенов Ю.А.* Уточненный метод расчета нагрузки на гидротехнические сооружения //Труды ГГО. —Л.: Гидрометеоиздат, 1986. —Вып. 501. —С. 35-40.
48. СНИП 02.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. —М.: ЦНТП Госстроя СССР, 1986. —72 с.
49. СНИП 02.06.04-82 Нагрузка и воздействие на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). —М.: Стройиздат, 1983.—38 с.
50. СНИП 02.01.87-85. Нагрузки и воздействие. —М.: ЦМТП Госстроя СССР, 1986. —С. 13 (Приложение 5. Карты районирования территории СССР по климатическим характеристикам).
51. *Снитковский А.И.* Смерчи на территории СССР. —М. и Г. —М.: Гидрометеоиздат, 1987, №9. —С. 12-25.
52. Справочник по климату СССР, часть 1-5, 1-34. —Л.: Гидрометеоиздат, 1966-1969.
53. *Старшов И.П.* О скорости ветра на сортировочных горках. //Труды УННН МПС “Повышение надежности и долговечности технических средств транспорта и эффективности их использования”. —М.: Транспорт, 1972. —Вып. 464. —С. 123-129.
54. *Старшов И.П.* Определение метеорологических условий при проектировании сортировочных горок //Вестник ВНИИЖТ-4. —1977, 58-59 гг.
55. *Сюзюмова Е.М., Романенко Г.А.* Сравнительные исследования воздушного сопротивления пассажирских поездов //Труды ВНИИЖТ.— М.: Транспорт, 1979. —Вып. 617. —С. 111.
56. *Швер Ц.А.* Атмосферные осадки на территории СССР. —Л.: Гидрометеоиздат, 1976. —С. 301.
57. *Швер Ц.А.* Закономерности распределения количества осадков на континентах. —Л.: Гидрометеоиздат, 1984. —С. 285.
58. *Ясаманов Н.А.* Занимательная климатология. —М.: Знание, 1989. —192 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПО ОСНОВНЫМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ МАГИСТРАЛЯМ

Bakу

Азербайджанская ж.д.

Месяц	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега mm	Маркизажное измерение нормы, см
				сезон	с метежами		
I	3,9	22	-13	25	-	4,9	77
II	4,1	27	-10	19	-	3,7	77
III	6,3	31	-7	23	-	4,0	77
IV	11,2	31	-0	22	73	3,5	71
V	17,7	34	4	12	-	2,5	64
VI	22,6	39	8	8	-	1,8	58
VII	25,7	40	14	5	-	1,0	58
VIII	25,7	39	13	6	-	1,1	62
IX	21,8	35,	7	15	-	2,3	68
X	16,6	35	0	29	-	4,7	74
XI	11,1	29	-6	33	-	5,5	77
XII	6,8	27	-9	25	-	5,0	76
Год	14,4	40	-13	222	-	40	70

Алма-атинская ж.-д.

Алма-Ата

Месяц	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега mm										
				маркичка содержание воды в осадках, %	маркичка содержание воды в осадках, %											
I	-6,8	17	-35	30	26	5,3	74	Ю	12	-	0,2	1	3	0,1	22	45
II	-5,2	19	-38	32	33	5,7	75	Ю	11	0,02	0,1	1	1	0,04	23	52
III	1,9	26	-25	66	36	8,7	73	Ю	20	0,2	0,02	2	0,2	0,3	16	55
IV	10,8	33	-11	100	50	9,2	60	Ю	>20	2	0,02	0,3	-	0,6	-	8
V	16,2	35	-7	98	57	9,0	56	Ю	>20	6	-	0,03	-	1,5	-	1
VI	20,9	39	2	61	74	6,8	50	Ю	18	10	-	-	-	2,3	-	-
VII	23,4	43	7	38	55	5,4	45	Ю	20	8	-	-	-	1,6	-	-
VIII	22,3	40	5	27	37	3,8	44	Ю	18	5	-	-	-	1,2	-	-
IX	16,9	36	-3	28	38	3,8	47	Ю	12	1	-	-	-	0,3	-	2
X	9,7	31	-11	51	44	5,5	58	Ю	15	0,1	-	0,3	-	0,3	-	13
XI	0,8	25	-34	51	46	6,6	71	Ю	12	0,02	0,1	1	0,9	0,2	5	22
XII	-4,8	19	-32	34	36	5,9	75	Ю	12	0,02	0,1	2	2	0,1	13	36
Год	8,8	43	-38	616	74	76	61	Ю	>20	32	0,5	8	7	9	-	-

Семипалатинск

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега mm										
				снежная маркизация	гидроэнергетика и гидротехника	снегоизвлечение и снегомелиорация	снегометрия и снегозадержание	снегометрия и снегозадержание	снегометрия и снегозадержание							
I	-16,4	5	-47	19	-	4,8	75	-	24	-	5	-	4	1,6	19	62
II	-15,8	7	-45	16	-	4,4	75	-	24	-	4	0,4	4	1,3	23	77
III	-8,6	24	-41	20	-	4,4	78	-	24	0,02	3	0,4	4	0,7	23	83
IV	4,6	33	-26	18	-	4,0	63	-	28	0,6	0,3	0,08	0,3	1,3	-	31
V	14,1	38	-10	26	-	5,5	51	-	>20	3	0,03	-	-	1,5	-	-
VI	19,8	40	-1	37	-	6,3	54	-	20	6	-	-	-	1,9	-	-
VII	21,9	42	4	40	-	6,3	59	-	20	9	-	-	-	1,2	-	-
VIII	19,3	42	-1	28	-	5,5	61	-	24	5	-	-	-	0,9	-	-
IX	13,0	38	-8	20	-	4,1	60	-	24	0,8	-	-	-	0,6	-	-
X	4,4	30	-19	28	-	5,8	68	-	20	0,02	0,1	0,1	0,08	1,3	-	8
XI	-6,0	18	-49	30	-	6,4	76	-	18	0,09	2	0,4	3	0,7	6	29
XII	-13,6	8	-46	24	-	6,0	76	-	20	0,02	4	0,2	4	1,9	15	47
Год	3,1	42	-49	306	-	6,3	66	-	28	25	18	2	19	15	-	-

Джамбул

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Среднее минимальное количество снега, мм	Среднее максимальное количество снега, мм	Число дней		Высота снега
					Безветренно	С ветром	
I	-5,3	21	-41	24	-	77	-
II	-3,4	26	-40	28	-	79	-
III	3,2	34	-26	43	-	76	-
IV	11,2	36	-9	50	-	67	-
V	16,7	42	-3	38	-	58	-
VI	22,0	42	2	23	-	48	-
VII	24,8	44	5	11	-	42	-
VIII	22,6	42	1	6	-	42	-
IX	16,9	40	-5	10	-	47	-
X	9,9	36	-12	31	-	60	-
XI	1,7	29	-37	37	-	75	-
XII	-3,8	26	-41	30	-	78	-
Год	9,7	44	-41	331	-	62	-

Чимкент

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Скорость ветра	Число дней		Высота снега с берегом 215 м/с максимальная, мм
				Безветренные дни	Ветропасные дни	
I	-2,4	20	-28	69	-	71
II	-0,1	24	-30	65	-	72
III	5,6	29	-21	92	-	70
IV	13,1	32	-10	77	-	62
V	18,5	36	-1	46	-	54
VI	23,4	40	2	18	-	42
VII	26,2	44	9	8	-	34
VIII	24,7	44	4	5	-	33
IX	19,1	38	-2	7	-	36
X	12,2	37	-10	47	-	50
XI	4,9	27	-26	69	-	66
XII	-0,2	23	-27	73	-	72
Год	12,1	44	-30	576	-	55

Фрунзе

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Скорость ветра	Число дней		Высота снега
				с октября по март	с марта по сентябрь	
I	-5,0	19	-32	23	-	5,5
II	-2,9	25	-34	27	-	5,6
III	4,0	31	-24	48	-	8,3
IV	11,7	35	-12	72	-	8,5
V	17,0	35	-3	64	-	8,0
VI	21,5	39	1	39	-	5,3
VII	24,4	43	8	20	-	3,2
VIII	22,8	40	5	13	70	2,3
IX	17,5	36	-3	16	-	2,6
X	10,5	34	-13	36	-	5,0
XI	2,5	26	-32	37	-	6,1
XII	-2,7	23	-38	27	-	5,9
Год	10,1	43	-38	422	-	66

Усть-Каменогорск

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега максимальная, см									
				снежные маркизы	снегопады снежные										
I	-17,0	8	-49	25	-	75	-	19	-	4	-	9	2,6	40	67
II	-16,0	8	-47	26	-	74	-	17	-	4	-	7	1,9	50	90
III	-7,7	20	-40	33	-	76	-	20	0,02	2	0,1	7	2,0	51	93
IV	4,7	33	-30	35	-	67	-	20	0,9	0,5	0,08	1	2,8	13	47
V	13,4	38	-9	48	-	57	-	18	4	0,02	-	-	4,8	-	-
VI	18,8	38	-2	56	-	61	-	>20	9	-	-	-	3,6	-	-
VII	20,8	43	4	62	-	64	-	20	11	-	-	-	2,7	-	-
VIII	18,3	40	-1	49	-	65	-	20	6	-	-	-	2,2	-	-
IX	12,4	37	-7	36	-	65	-	20	2	-	-	-	0,08	2,2	-
X	5,0	29	-19	46	-	68	-	18	0,2	0,2	0,1	1	3,0	1	7
XI	-6,2	19	-44	46	-	74	-	20	-	3	0,1	7	2,5	12	35
XII	-14,1	14	-48	36	-	76	-	28	-	5	0,4	10	2,3	28	69
Год	2,7	43	-49	498	-	68	-	28	33	19	0,8	42	33	-	-

Байкало-Амурская ж.д.

Чара

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега cm										
				снежинки	маркмархар											
I	-33,8	-3	54	5	-	1,1	79	ЮЗ	16	-	0,3	-	0,2	0,1	14	51
II	-29,7	4	56	3	-	0,8	75	СВ	20	-	0,1	-	0,6	0,2	16	51
III	-18,3	10	49	4	-	1,0	68	СВ	20	-	1	-	0,4	0,6	15	51
IV	-4,9	19	-37	12	-	2,3	62	СВ	20	-	0,4	-	-	1,6	8	45
V	4,4	28	-19	37	-	5,5	59	СВ	21	1	0,1	-	-	0,7	2	11
VI	12,7	35	-6	67	54	8,2	65	СВ	20	4	-	-	-	0,4	-	-
VII	16,2	35	-3	73	-	9,6	72	СВ	17	7	-	-	-	0,2	-	-
VIII	13,0	33	-5	75	-	9,9	76	СВ	20	4	-	-	-	0,3	-	-
IX	5,2	27	-18	46	-	6,8	75	СВ	20	0,4	-	-	-	0,2	-	7
X	-6,4	18	-36	15	-	2,8	75	СВ	20	-	0,2	-	2	0,6	6	43
XI	-22,0	6	-48	7	-	2,1	80	СВ, ЮЗ, СЗ	20	-	0,3	-	3	0,3	10	48
XII	-31,9	1	-54	6	-	1,5	82	СВ	17	-	0,2	-	1	0,2	12	58
Год	-8,0	35	-56	350	-	52	72	СВ	21	16	3	-	7	5	-	-

Минск

Белорусская Эк.Д.

Месяц	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега
				снежинки	маркированные снежинки	
I	-7,2	8	-39	42	-	10,0
II	-6,4	8	-35	40	-	8,5
III	-2,2	19	-30	40	-	8,6
IV	5,3	26	-18	48	-	8,7
V	12,4	30	-4	61	-	8,9
VI	16,1	33	0	81	-	10,3
VII	17,6	35	4	90	74	11,3
VIII	16,3	34	2	83	-	10,5
IX	11,7	29	-5	59	-	9,0
X	5,8	25	-13	50	-	8,9
XI	0,4	16	-20	53	-	10,1
XII	-4,3	10	-31	49	-	9,9
Год	5,5	35	-39	696	-	115

Specm

Брестск

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер		Число дней			Высота снега	
			Скорость ветра, м/с	Удельное количество осадков, %	Среднее количество снега, см				
I	-8,1	5	-41	36	-	8,4	85	Ю	20
II	-7,6	6	-38	32	-	7,6	84	ЮВ	24
III	-2,9	17	-30	35	-	7,8	80	ЮВ	18
IV	5,0	28	-18	41	-	8,2	73	ЮВ	20
V	12,4	31	-4	57	-	8,9	68	ЮВ	24
VI	15,9	32	-2	74	-	9,6	70	ЮВ, СЗ	20
VII	17,8	35	4	97	107	11,1	75	3	17
VIII	16,4	34	0	77	-	10,1	78	3	17
IX	11,1	29	-5	63	-	9,8	81	Ю	20
X	5,4	24	-15	53	-	9,9	85	Ю	20
XI	0,0	15	-23	53	-	10,2	88	Ю	20
XII	-5,0	9	-35	41	-	9,8	88	Ю	24
Год	5,0	35	-41	659	-	111	80	ЮВ	24

Годель

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней				Высота снега, см
				снежинки	маркмархары	цитоиды	окатыши	
I	-7,4	8	-35	35	-	8,8	85	Ю,Ю3
II	-6,6	11	-35	32	-	7,5	83	ЮВ
III	-1,8	20	-34	33	-	7,5	80	Ю
IV	6,6	29	-14	42	-	7,5	72	ЮВ
V	13,8	32	-3	53	-	8,2	66	СВ, С3
VI	17,2	33	0	76	-	8,8	68	С3
VII	18,7	38	6	79	90	9,0	71	С3
VIII	17,7	37	1	68	-	8,2	74	3
IX	12,6	32	-3	51	-	7,6	77	3
X	6,5	26	-12	49	-	8,0	80	Ю3, Ю3
XI	1,0	18	-18	48	-	9,0	87	ЮВ
XII	-4,1	11	-31	44	-	9,0	87	Ю
Год	6,2	38	-35	610	-	99	78	Ю, Ю3

Гродно

Месяц	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Скорость ветра	Число дней		Высота снега средняя, см
				до 15 м/с	свыше 15 м/с	
I	-5,0	9	-34	33	-	8,9
II	-4,7	10	-36	33	-	8,9
III	-0,9	22	-27	32	-	8,0
IV	6,2	29	-15	40	-	8,8
V	12,6	32	-6	51	-	8,9
VI	16,1	34	-1	78	-	10,1
VII	17,7	36	3	75	110	10,6
VIII	16,6	34	-1	77	-	10,0
IX	12,3	32	-4	50	-	9,1
X	6,9	25	-14	45	-	8,3
XI	2,1	17	-20	47	-	10,2
XII	-2,6	13	-32	41	-	10,3
Год	6,4	36	-36	602	-	112

Могилев

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега mm	Маркировка имеющаяся на карте № 15
				свыше маркировки	до маркировки		
I	-7,6	6	-37	43	-	8,9	86
II	-6,8	8	-37	37	-	8,5	84
III	-2,5	20	-35	38	-	8,7	81
IV	5,5	28	-18	47	-	8,3	75
V	12,8	32	-5	61	-	8,8	68
VI	16,4	33	-1	81	-	9,8	69
VII	18,0	36	5	86	74	10,2	73
VIII	16,7	36	1	77	-	9,6	75
IX	11,6	30	-5	55	-	8,6	79
X	5,4	25	-15	55	-	9,2	84
XI	0,0	14	-19	51	-	10,2	88
XII	-5,1	10	-33	48	-	10,2	89
Год	5,4	36	-37	679	-	111	79

Улан-Удэ

Восточно-Сибирская ж.д.

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега cm
				снежная маркировка	снегопады снегометрическое измерение	
I	-24,8	-0	-51	7	-	1,6
II	-21,0	5	-45	3	-	0,7
III	-10,2	15	-40	3	-	0,9
IV	1,1	26	-28	7	-	1,8
V	8,7	34	-15	14	-	3,0
VI	16,0	37	-4	34	-	5,8
VII	19,3	39	1	72	92	8,3
VIII	16,4	40	-4	63	-	7,9
IX	8,7	30	-11	29	-	5,2
X	-0,2	24	-28	9	-	2,2
XI	-12,4	10	-38	11	-	3,1
XII	-21,4	5	-49	12	-	3,0
Год	-1,7	40	-51	264	-	44

Владивосток

Дальневосточная ж.д.

Месяц	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней			Высота снега среди хвойных деревьев, см									
				с юго-запада или юга	с северо-востока или севера	с запада										
I	-13,1	7	-30	15	36	2,4	61	C	20	-	3	0,03	0,2	1,0	9	68
II	-9,8	11	-28	18	-	2,7	61	C	18	-	2	0,1	0,4	0,7	8	56
III	-2,4	16	-22	28	-	3,9	63	C	20	-	1	0,5	0,1	0,6	4	36
IV	4,8	23	-8	46	75	5,5	69	Ю	20	0,2	0,1	0,3	0,03	1,3	-	16
V	9,9	29	0	70	-	8,3	75	ЮВ	20	0,4	-	-	-	0,9	-	-
VI	13,8	31	5	91	-	9,8	86	ЮВ	24	2	-	-	-	0,8	-	-
VII	18,5	35	9	100	118	10,5	89	Ю	24	1	-	-	-	0,7	-	-
VIII	21,0	34	10	146	198	9,5	84	Ю	20	1	-	-	-	1,0	-	-
IX	16,8	31	2	123	-	7,4	76	C	24	2	-	-	-	1,5	-	-
X	9,7	25	-7	65	210	5,6	67	C	20	1	0,02	-	-	0,8	-	2
XI	-0,3	18	-18	45	-	4,3	61	C	34	0,1	1	0,5	0,07	0,9	2	14
XII	-9,2	10	-27	23	-	2,8	61	C	18	0,1	2	0,2	0,3	0,7	6	60
Год	5,0	35	-30	770	210	73	71	C	34	8	9	2	1	11	-	-

Донецк

Донецкая ж.-д.

Месяц	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Число дней снега	Число дней			Высота снега, см
				Безвет	с ветром 21 м/с	с ветром 15 м/с	
I	-6,5	12	-34	44	-	8,4	88
II	-5,2	14	-29	40	-	7,8	86
III	-0,5	22	-25	35	-	6,6	83
IV	8,9	31	-9	40	-	7,0	67
V	15,5	32	-4	48	-	7,4	59
VI	19,3	37	2	60	-	7,4	61
VII	21,6	39	6	50	-	6,3	59
VIII	20,6	39	2	49	-	5,3	61
IX	15,1	34	-5	32	-	4,7	62
X	7,5	28	-10	36	-	5,7	76
XI	2,0	19	-23	45	-	7,6	89
XII	-2,9	15	-28	53	-	8,7	91
Год	8,0	39	-34	532	-	83	74

Забайкальская ж.д.

Чита

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней				Высота снега mm
				снежинки	маркмархара	глыбами	всплесками	
I	-26,2	0	-47	3	-	0,6	75	-
II	-22,2	5	-45	3	-	0,9	71	-
III	-11,1	14	-39	4	-	1,5	61	-
IV	-0,4	27	-30	9	-	2,2	48	-
V	8,4	34	-12	22	-	4,2	46	-
VI	15,7	37	-5	50	-	7,2	57	-
VII	17,8	38	1	101	-	10,7	71	-
VIII	15,2	34	-3	82	-	9,8	73	-
IX	7,7	30	-11	41	-	6,3	69	-
X	-1,8	23	-33	11	-	2,2	64	-
XI	-14,3	11	-41	5	-	1,2	72	-
XII	-23,5	3	-45	5	-	1,5	77	-
Год	-2,9	38	-47	336	-	48	65	-

Актюбинск

Западно-Казахская ж.д.

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега mm
				Осадки из расчета 21 mm	Снегопады из расчета 215 mm/c	
I	-15,4	3	-48	15	-	80
II	-14,7	5	-39	13	-	79
III	-7,5	18	-34	17	-	82
IV	5,8	31	-18	20	-	67
V	15,1	38	-8	27	-	52
VI	20,0	40	-1	33	-	50
VII	22,3	42	4	35	-	51
VIII	20,4	43	1	26	-	50
IX	13,6	36	-8	23	-	56
X	4,4	29	-26	28	-	71
XI	-4,0	20	-34	22	-	82
XII	-11,6	7	-37	20	-	82
Год	4,0	43	-48	279	-	67

Гурьев

Месяц	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега среди снега, см
				снегопады	снегопады	
I	-10,0	14	-38	15	17	3,4
II	-8,8	15	-38	13	-	2,8
III	-1,7	23	-32	14	-	2,8
IV	9,4	32	-12	15	30	2,8
V	18,2	38	-4	17	-	2,9
VI	23,1	42	2	22	-	3,0
VII	25,6	43	8	17	51	2,4
VIII	23,7	45	4	13	-	1,7
IX	16,7	37	-6	13	-	2,3
X	8,1	28	-16	16	28	3,0
XI	0,3	20	-30	16	-	3,4
XII	-5,8	12	-38	19	-	4,0
Год	8,2	45	-38	190	51	34

Уральск

Месяц	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега среди, см
				с преобладающим ветром	с преобладающим ветром и снегом	
I	-13,9	7	-43	20	-	4,6
II	-13,5	5	-40	16	-	3,8
III	-6,8	19	-35	20	-	4,1
IV	6,0	31	-24	22	-	4,1
V	15,3	35	-7	26	-	4,7
VI	20,1	41	-3	28	-	4,9
VII	22,5	42	4	36	-	5,4
VIII	20,6	39	0	27	-	4,7
IX	13,8	37	-8	23	-	4,3
X	5,0	28	-19	33	-	5,9
XI	-2,9	18	-33	31	-	5,8
XII	-10,1	7	-39	25	-	5,4
Год	4,7	42	-43	307	-	58

Закавказская ж.д.

Тбилиси, город

Месяц	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега
				сезон	сезоном	
I	1,0	20	-23	18	23	4
II	2,8	24	-14	23	-	5
III	6,7	29	-13	33	-	6
IV	12,1	32	-4	55	44	8
V	17,4	35	1	90	-	10
VI	21,2	38	7	78	-	8
VII	24,4	41	9	50	80	6
VIII	24,2	40	9	40	-	5
IX	19,7	38	1	46	-	6
X	13,8	33	-5	45	64	6
XI	7,8	27	-7	38	-	5
XII	3,1	23	-19	24	-	4
Год	12,8	41	-23	540	-	73

Батуми, МГС

Месяц	Температура воздуха, °C		Количество осадков, мм		Ветер		Число дней		Высота снега	
	Марцимбара	Средняя	Марцимбара	Средняя	Марцимбара	Средняя	с метелами	с снегом	с ветром >15 м/с	с снегом
I	6,7	25	-8	255	106	14	74	ЮВ	20	1
II	6,9	27	-8	205	-	13	76	ЮЗ	20	0,7
III	8,3	32	-7	159	-	12	79	ЮЗ	20	0,3
IV	11,4	38	-1	119	74	10	80	ЮЗ	28	0,7
V	16,0	36	2	88	-	8	81	ЮЗ	20	3
VI	20,3	34	8	161	-	10	78	ЮЗ	18	6
VII	22,9	36	11	176	170	11	79	ЮЗ	18	6
VIII	23,1	36	13	248	-	11	80	ЮЗ	14	8
IX	20,9	37	7	326	-	12	82	ЮЗ	16	6
X	16,2	30	2	300	186	11	82	ЮЗ	24	4
XI	12,3	30	-4	288	-	11	79	ЮВ	16	2
XII	9,1	28	-6	274	-	13	73	ЮВ	25	2
Год	14,4	38	-8	2599	-	136	79	ЮЗ	28	40
									0,2	0,2
									-	13
									-	-

Eреван

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега, см
				снежная, %	дней с снегом, %	
I	-3,4	20	-27	24	21	5,6
II	-0,9	20	-26	26	-	5,6
III	5,4	26	-19	32	-	5,7
IV	12,4	32	-7	43	29	7,6
V	17,4	34	-1	52	-	8,9
VI	21,6	39	4	27	-	5,0
VII	25,6	42	8	13	29	2,8
VIII	25,3	41	8	10	-	1,7
IX	20,4	39	0	13	-	2,1
X	13,5	33	-7	26	35	4,5
XI	6,5	25	-14	28	-	4,6
XII	-0,1	18	-23	22	-	4,4

Красноярская Ж.Д.

Ачинск

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега cm
				снежина	маренгамина	
I	-17,7	7	-60	17	8	5,2
II	-15,6	8	-45	15	-	4,3
III	-9,1	15	-42	14	-	4,1
IV	0,4	28	-28	24	13	5,7
V	8,6	33	-17	45	-	9,0
VI	15,6	35	-6	64	-	9,9
VII	17,9	39	-1	75	99	9,2
VIII	15,0	35	-3	69	-	10,8
IX	9,0	31	-10	50	-	10,1
X	0,6	24	-34	39	20	8,9
XI	-9,3	12	-46	31	-	8,7
XII	-16,3	6	-48	25	-	7,4
Год	-0,1	39	-60	468	-	93

Красноярск

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега, см									
				среднее	свыше										
I	-18,2	6	-48	10	12	2,3	75	-	20	-	-	-	3,9	27	54
II	-16,8	9	-44	8	-	1,8	75	-	20	-	-	-	1,5	32	54
III	-7,8	15	-39	7	-	1,9	70	-	17	-	-	-	3,3	32	56
IV	2,6	32	-26	14	26	3,7	60	-	20	-	-	-	3,0	20	52
V	9,4	35	-12	36	-	7,5	55	-	17	-	-	-	5,3	-	12
VI	16,6	36	-3	52	-	8,6	61	-	17	-	-	-	1,9	-	-
VII	19,1	36	0	67	94	9,4	68	-	12	-	-	-	0,6	-	-
VIII	15,7	35	-1	62	-	9,9	73	-	16	-	-	-	0,8	-	-
IX	9,4	33	-12	42	-	8,1	74	-	17	-	-	-	1,3	-	7
X	1,5	25	-27	21	33	5,4	71	-	20	-	-	-	3,8	3	13
XI	-8,8	15	-44	16	-	4,5	73	-	28	-	-	-	3,7	14	32
XII	-16,3	10	-45	14	-	4,0	75	-	20	-	-	-	2,9	23	49
Год	0,5	36	-48	349	97	67	69	-	28	-	-	-	32	-	-

Куйбышевская ж.д.

Куйбышев, ОМС

Мес	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега cm										
				снежинки	маркмайхара											
I	-13,5	4	-43	36	25	7,8	84	ЮВ	24	-	9	2	9	1,5	27	56
II	-12,6	4	-37	29	-	5,6	81	ЮВ, З	20	0,04	8	2	5	1,1	33	88
III	-5,8	14	-31	32	-	6,1	81	ЮВ, ЮЗ	20	0,02	7	0,2	0,3	1,5	34	86
IV	5,8	31	-21	35	43	6,0	68	В	18	0,5	0,5	-	-	0,9	9	54
V	14,3	34	-5	40	-	6,3	53	3	20	4	0,1	-	-	0,9	-	-
VI	18,6	38	-0,4	45	-	6,2	58	С	20	7	-	-	-	0,5	-	-
VII	20,4	39	6	53	58	7,4	63	3	17	9	-	-	-	0,2	-	-
VIII	19,0	38	2	45	-	6,0	62	3	17	5	-	-	-	0,2	-	-
IX	12,8	34	-3	40	-	6,6	66	3	17	2	0,02	0,3	0,07	0,5	-	-
X	4,2	26	-16	49	40	8,3	76	3	17	0,04	2	3	3	0,6	-	8
XI	-3,4	12	-28	41	-	7,6	85	3	18	-	4	4	8	1,1	3	16
XII	-9,6	7	-41	38	-	7,6	86	В, ЮВ	20	-	6	2	10	1,5	10	40
Год	4,2	39	-43	483	72	82	72	3	24	28	37	14	35	11	-	-

Уфа

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега
				среднее минимальное	среднее максимальное	
I	-14,9	6	-49	39	-	9,6
II	-13,7	9	-44	33	-	7,6
III	-6,7	14	-34	29	-	7,6
IV	4,4	31	-30	33	-	6,2
V	13,3	36	-10	39	-	7,1
VI	17,3	36	-1	60	-	8,8
VII	18,9	39	3	67	58	9,0
VIII	16,8	36	-0	54	-	8,3
IX	11,1	33	-7	48	-	8,5
X	2,8	23	-26	61	-	11,4
XI	-5,1	22	-33	49	-	10,0
XII	-11,2	5	-45	45	-	9,7
Год	2,8	39	-49	557	-	104

Месяц	среднее минимальное	среднее максимальное	среднее количество осадков, мм	Число дней		высота снега, см
				среднее количество снегопадов	среднее количество снегопадов	
I	9,6	81	10	24	-	8
II	7,6	79	Ю	28	-	7
III	7,6	79	Ю	26	-	5
IV	6,2	71	Ю	20	0,5	1
V	7,1	58	ЮЗ	10	4	-
VI	8,8	65	С	24	8	-
VII	9,0	72	С	12	9	-
VIII	8,3	73	ЮЗ	12	5	-
IX	8,5	75	ЮЗ	20	1	0,04
X	11,4	80	Ю	24	0,1	1
XI	10,0	83	Ю	20	-	4
XII	9,7	83	Ю	24	-	7
Год	8,1	557	Ю	28	33	8

Львов

Львовская ж.д.

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней			Высота снега mm
				среднее маркизажное	свыше маркизажного	с осадками 21 mm и выше	
I	-4,9	13	-29	42	-	9,8	85
II	-3,5	15	-30	43	-	9,5	85
III	0,5	23	-25	43	-	8,7	80
IV	7,6	30	-12	54	-	9,2	74
V	12,9	31	-3	71	-	10,4	72
VI	16,4	33	0	98	-	10,9	74
VII	17,6	35	4	106	88	11,7	75
VIII	16,9	36	3	85	-	9,5	77
IX	13,1	31	-3	57	-	8,2	79
X	7,6	26	-7	52	-	8,1	82
XI	2,7	20	-18	48	-	9,6	87
XII	-2,1	15	-26	50	-	11,3	88
Год	7,1	36	-30	749	-	117	80

Московская ж.д.

Смоленск

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней				Высота снега mm
				северо-восточный	юго-западный	южный	северо-западный	
I	-9,4	5	-41	44	27	9,3	86	Ю
II	-8,4	4	-39	41	21	8,7	84	ЮВ
III	-4,0	18	-28	43	23	8,6	82	Ю
IV	4,4	26	-20	43	26	8,5	77	Ю
V	11,6	30	-5	54	51	9,2	71	СВ
VI	15,7	33	0	70	53	9,7	73	СВ
VII	17,1	34	4	95	67	11,4	77	С3
VIII	15,9	35	0	82	59	10,2	80	3,С3
IX	10,4	29	-4	57	65	9,6	83	3
X	4,5	23	-20	56	43	10,1	86	3
XI	-1,0	14	-30	55	30	10,9	89	Ю3
XII	-5,8	7	-35	51	22	10,6	89	Ю3
Год	4,3	35	-41	691	67	117	81	3

Брянск

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега mm
				сезон	сезон	
I	-9,1	5	-42	31	-	7,5
II	-8,4	4	-35	26	-	6,8
III	-3,2	19	-30	31	-	7,1
IV	5,9	27	-22	38	-	8,2
V	12,8	31	-4	56	-	8,9
VI	16,7	35	-2	70	-	9,3
VII	18,1	38	2	85	-	10,3
VIII	16,9	37	0	75	-	9,5
IX	11,5	31	-5	52	-	9,0
X	5,0	24	-13	44	-	9,1
XI	-0,4	16	-24	48	-	9,3
XII	-5,2	9	-39	41	-	8,8
Год	5,1	38	-42	597	-	104

Калуга

Месиу	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега мм
				среднее маркизира	выше маркизира на 10 см	
I	-10,1	6	-46	40	-	8,3
II	-8,9	6	-37	37	-	7,9
III	-3,9	18	-31	36	-	7,7
IV	4,8	27	-22	41	-	8,1
V	12,3	31	-4	54	-	8,5
VI	16,2	34	-1	69	-	9,3
VII	18,0	38	3	92	-	10,6
VIII	16,5	38	-3	75	-	9,2
IX	11,0	32	-6	55	-	9,3
X	4,7	25	-17	55	-	9,8
XI	-1,5	15	-25	54	-	9,8
XII	-6,5	7	-38	46	-	9,8
Год	4,4	38	-46	654	-	108

Kурск

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Скорость ветра	Число дней		Высота снега mm	Скорость ветра m/c				
				Окончательная влажность, %	Изменение влажности						
I	-9,3	6	-35	38	-	8,9	86	B	20	-	7
II	-7,8	6	-35	31	-	7,7	85	B,ЮВ	18	-	7
III	-3,0	18	-33	37	-	8,2	84	B,ЮВ	20	0,05	6
IV	6,6	27	-16	39	-	7,8	73	B,ЮВ	20	1	0,6
V	13,9	32	-6	53	-	8,7	63	B	20	5	-
VI	17,2	37	0	61	-	9,1	64	CB	17	8	-
VII	18,7	36	6	73	-	9,9	69	CB,З	17	9	-
VIII	17,6	37	2	56	-	8,3	69	CB	17	6	-
IX	12,2	31	-4	50	-	6,8	72	3	17	2	-
X	5,6	26	-17	43	-	7,8	80	3	20	0,3	0,3
XI	-0,4	18	-30	52	-	8,9	88	IOЗ,З	24	-	3
XII	-5,2	10	-33	54	-	10,1	89	IO3	24	-	6
Год	5,5	37	-35	587	-	102	77	3	24	31	30
									20	15	11
									-	-	-

Месяц	Temperatura воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега
				снежинки	маркмарина	
I	-9,7	4	-39	30	-	7,3
II	-8,8	4	-37	27	-	6,6
III	-4,0	15	-38	33	-	7,1
IV	5,6	29	-20	35	-	7,2
V	13,0	33	-5	53	-	8,0
VI	16,9	34	1	61	-	8,8
VII	18,5	38	4	80	-	10,1
VIII	17,1	37	-2	67	-	8,8
IX	11,7	32	-5	51	-	7,2
X	5,1	25	-18	46	-	7,8
XI	-0,9	15	-22	46	-	8,4
XII	-5,6	9	-36	42	-	9,0
Год	4,9	38	-39	571	-	96

Tula

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Быстроходное машинарное оборудование	Однотечебное машинарное оборудование	Ветер	Число дней		Высота снега	
						сезон	год	сезон	год
I	-9,9	5	-42	34	-	8,0	83	ЮВ	28
II	-9,5	7	-38	29	-	6,6	81	ЮВ	20
III	-4,1	16	-32	34	-	7,0	81	ЮВ	20
IV	5,0	27	-19	41	-	7,9	74	ЮВ	17
V	12,9	32	-4	53	-	8,2	64	В	24
VI	16,7	35	-1	62	-	8,9	65	С3	17
VII	18,6	38	4	85	68	10,6	70	3,С3	20
VIII	17,2	38	0	66	-	8,9	73	3,С3	18
IX	11,6	31	-5	54	-	8,2	76	3	18
X	5,0	24	-15	50	-	8,6	80	3	20
XI	-1,1	15	-24	46	-	8,4	85	3	20
XII	-6,7	8	-37	44	-	8,6	85	ЮВ,3	20
Год	4,7	38	-42	598	-	100	76	3	28

Выборг

Октябрьская ж.д.

Месяц	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней			Высота снега мм	Маркизатор упомянутые именем
				сентябрь	октябрь	ноябрь		
I	-7,9	6	-34	48	20,7	11	86	ЮЗ
II	-8,6	6	-38	39	12,0	9	84	ЮЗ
III	-4,6	12	-31	37	25,4	8	79	ЮЗ
IV	2,1	22	-21	44	32,0	8	75	ЮЗ
V	9,1	29	-6	46	33,3	8	66	ЮЗ
VI	14,7	31	-1	60	55,1	9	68	ЮЗ
VII	17,4	33	4	73	76,0	10	72	ЮЗ
VIII	15,5	31	0	88	62,9	11	77	ЮЗ
IX	10,4	27	-6	85	50,5	11	82	ЮЗ
X	4,6	19	-14	75	28,6	12	85	ЮЗ
XI	-0,5	11	-21	73	23,8	13	88	ЮЗ
XII	-5,2	7	-34	59	26,7	12	87	ЮВ
Год	3,9	33	-38	727	76,0	123	79	ЮЗ

Myrmanск

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер		Число дней		Высота снега	
			среднее	максимальное	среднее	самое большое	самое большое	среднее
I	-10,5	7	-39	32	11,9	6	85	Ю
II	-10,8	7	-39	26	12,9	5	84	Ю
III	-6,9	9	-33	27	8,6	5	80	Ю
IV	-1,6	15	-22	23	12,6	5	74	Ю
V	3,4	27	-10	34	19,9	6	70	С
VI	9,3	31	-3	48	45,3	9	69	С
VII	12,6	33	2	57	36,5	9	73	С
VIII	11,3	29	-2	63	56,5	11	78	С
IX	6,6	24	-5	53	32,0	11	81	Ю
X	0,7	14	-21	44	22,8	9	84	Ю
XI	-4,2	10	-28	42	26,2	8	86	Ю
XII	-7,8	5	-33	39	14,2	8	85	Ю
Год	0,2	33	-39	488	56,5	92	79	Ю

Петрозаводск

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега cm										
				среднее маркизированное сентябрь	среднее маркизированное октябрь											
I	-11,1	5	-35	31	15,8	9	86	Ю3	29	0,03	10	3	12,4	0,5	19	59
II	-10,4	5	-38	25	9,3	8	84	Ю3	30	0,03	9	2	8,3	0,9	26	63
III	-5,4	13	-29	29	14,2	8	77	Ю3	28	-	7	0,8	5,1	0,8	27	73
IV	1,3	23	-18	35	22,6	8	71	Ю3	29	0,2	2	0,8	0,2	0,3	13	38
V	7,6	30	-8	45	37,0	8	65	B	27	2	0,1	-	0,04	0,1	-	4
VI	13,6	31	-3	56	39,6	9	67	Ю3	25	4	-	-	-	0,3	-	-
VII	15,7	33	-0	69	59,1	10	74	Ю3	24	5	-	-	-	0,05	-	-
VIII	14,1	32	-2	81	49,3	11	79	Ю3	20	4	-	-	-	0,05	-	-
IX	8,9	28	-5	77	40,8	11	83	Ю3	26	1	-	-	-	0,4	-	4
X	2,9	19	-13	57	23,1	11	85	Ю3	25	0,1	1	0,3	0,6	0,3	2	12
XI	-2,6	11	-28	47	22,1	11	88	Ю3	27	0,1	4	2	3,4	0,53	7	26
XII	-7,2	6	-37	37	22,6	10	87	Ю3	26	0,03	9	3	9,4	0,3	14	56
Год	2,3	33	-38	589	59,1	113	79	Ю3	30	16	42	12	39	4,4	-	73

Санкт-Петербург

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега mm										
				снежные маркии	глыбовые маркии											
I	-7,8	6	-36	38	14,6	9	86	X	21	-	4	2	6,1	0,2	19	54
II	-7,8	6	-35	35	12,2	8	84	3	20	-	4	2	5,5	-	28	64
III	-3,9	13	-29	32	25,6	7	78	XO	18	0,1	2	0,3	3,5	0,2	27	60
IV	3,1	25	-18	38	25,5	8	72	3	19	0,4	0,4	0,1	0,4	-	6	38
V	9,8	31	-6	46	20,8	8	65	3	20	2	0,02	-	-	0,4	-	2
VI	14,7	32	0	62	44,3	9	67	3	20	4	-	-	-	0,1	-	-
VII	16,6	34	5	68	33,5	10	72	3	18	6	-	-	-	0,1	-	-
VIII	14,8	34	1	82	57,9	11	76	3	18	4	-	-	-	0,1	-	-
IX	9,5	29	-3	66	31,8	11	81	3	20	1	-	-	-	0,2	-	-
X	3,6	21	-13	58	28,1	11	84	XO	20	0,1	0,1	0,1	0,11	0,4	-	7
XI	-1,8	12	-22	51	18,7	11	87	XO	19	0,02	1	0,6	0,3	0,2	5	25
XII	-6,6	9	-34	44	16,4	10	88	XO	22	0,1	2	2	3,4	0,3	11	48
Год	3,2	34	-36	620	57,9	112	79	3	22	18	14	7	19	2	-	64

Псков

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней			Высота снега, см
				среднее минимальное	среднее максимальное	среднее количество	
I	-7,5	7	-41	32	12,3	8	86
II	-7,5	7	-38	29	11,5	7	84
III	-3,4	17	-30	30	19,1	7	80
IV	4,2	26	-21	38	19,4	8	74
V	11,3	30	-6	46	20,6	8	66
VI	15,5	32	0	67	39,5	10	68
VII	17,4	35	3	79	50,5	10	74
VIII	15,7	36	0	77	42,6	10	78
IX	10,9	30	-5	68	37,2	10	82
X	5,3	22	-11	49	20,1	10	85
XI	0,0	14	-24	48	23,0	10	89
XII	-4,5	10	-40	40	20,6	9	88
Год	4,8	36	-41	603	50,5	108	80

Новгород

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней			Высота снега с берегом 215 м/с максимальная, мм	Год								
				северо-западный маркизирующий	восточный маркизирующий	северо-восточный маркизирующий										
I	-8,7	6	-45	32	18,3	8	85	Ю	28	0,02	8	3	5,2	1,96	25	88
II	-8,7	6	-39	27	15,0	7	84	Ю	24	-	8	2	4,5	1,13	36	100
III	-4,3	13	-32	29	16,7	7	81	Ю	24	0,05	5	0,6	3,1	1,13	34	80
IV	3,3	26	-24	39	20,4	8	76	Ю	20	0,7	1	0,1	0,1	0,3	13	48
V	10,4	29	-8	45	32,9	8	67	СВ	24	3	0,02	-	-	1,1	-	2
VI	15,2	32	-3	67	36,1	9	71	СЗ	20	5	-	-	-	0,13	-	-
VII	17,3	34	1	78	74,4	10	76	Ю	35	7	-	-	-	0,5	-	-
VIII	15,4	34	-2	77	59,3	10	80	ЮЗ	24	5	-	-	-	0,6	-	-
IX	10,3	29	-10	66	45,5	10	84	ЮЗ	21	2	-	-	-	0,5	-	-
X	4,2	22	-21	52	36,1	10	86	ЮЗ	28	0,02	0,4	0,1	0,44	0,99	-	7
XI	-0,9	13	-26	51	21,6	10	89	Ю	24	0,02	3	2	1,1	0,5	4	16
XII	-5,9	10	-41	37	21,6	9	88	Ю	25	-	6	4	3,6	1,3	11	68
Год	4,0	34	-45	600	74,4	107	81	Ю	35	23	31	12	18	11,3	-	100

Великие Луки

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега										
				снежинки	кристаллы											
I	-8,6	6	-46	32	16,6	8	84	ЮВ	23	-	5	2	2,07	0,8	11	32
II	-7,7	6	-39	30	14,1	8	83	ЮВ	28	-	5	1	2,1	0,96	15	44
III	-3,2	16	-31	30	21,6	7	80	ЮВ	24	-	3	0,5	1,04	0,96	16	44
IV	4,9	27	-20	35	41,4	8	74	ЮВ	24	0,7	0,4	0,2	0,04	0,7	7	20
V	11,5	31	-7	54	34,6	9	70	ЮВ	25	4	-	-	-	0,83	-	-
VI	15,7	32	-3	70	45,5	10	73	СЗ	23	7	-	-	-	0,3	-	-
VII	17,1	34	2	86	58,1	11	77	СЗ	27	8	-	-	-	0,3	-	-
VIII	15,8	35	-3	77	105,8	11	80	ЮЗ	20	5	-	-	-	0,3	-	-
IX	10,7	30	-8	55	53,8	10	83	ЮЗ	24	1	-	-	-	0,3	-	-
X	5,1	24	-17	48	30,3	8	85	ЮЗ	29	0,1	0,2	0,2	0,07	0,6	-	-
XI	-0,1	16	-30	45	28,8	10	88	ЮЗ	24	-	1	1	0,24	0,7	1	2
XII	-5,2	9	-42	40	21,6	10	87	ЮВ	24	-	3	3	2,2	0,8	6	11
Год	4,7	35	-46	602	105,8	108	80	ЮВ	29	26	18	8	7,5	7,2	-	44

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега средняя, см										
				снегопадов	с метелами											
I	-10,0	4	-47	38	14,2	8	85	XO	22	-	6	2	11	1,1	23	52
II	-8,9	5	-39	39	15,9	8	82	XO	20	0,02	6	2	7,8	1,0	34	68
III	-4,2	17	-31	39	21,1	8	79	3	20	-	5	1	5,6	0,9	38	66
IV	4,1	27	-21	40	23,7	8	73	XO	22	1	0,9	0,2	0,37	0,5	34	59
V	11,2	30	-5	52	37,5	9	69	C3	20	4	-	-	-	0,7	-	-
VI	15,6	32	-1	74	67,7	10	72	3	20	7	-	-	-	0,8	-	-
VII	17,1	34	5	84	67,6	12	77	3	16	8	-	-	-	0,2	-	-
VIII	15,8	36	0	76	43,1	11	79	3	20	5	-	-	-	0,3	-	-
IX	10,3	30	-7	60	35,8	10	83	3	20	1	-	-	-	0,4	-	-
X	4,1	24	-15	53	21,3	10	84	IO3	24	0,05	0,3	0,7	0,8	0,4	-	10
XI	-1,4	14	-24	49	19,3	10	87	XO	21	0,02	2	2	3	0,6	2	15
XII	-6,3	8	-41	45	19,2	10	87	XO	22	-	5	3	7	0,6	14	39
Год	4,0	36	-47	649	67,7	113	80	3	24	26	25	11	36	8	-	68

Бологое

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега mm										
				маркизира емые гидро грави ационные объекты	маркизира емые гидро грави ационные объекты											
I	-10,0	5	-47	38	12,6	9	86	Ю	20	-	8	5	0,9	25	64	
II	-9,3	5	-39	32	12,6	8	84	З	16	-	8	2	5	0,5	30	80
III	-4,5	15	-32	33	15,6	8	78	З	18	-	6	1	3	0,7	35	90
IV	3,5	28	-23	36	23,2	8	71	З	20	0,6	0,9	0,2	0,2	0,2	-	44
V	10,6	31	-7	48	33,5	9	65	З	20	4	-	-	-	0,4	-	-
VI	14,7	34	-4	72	30,7	11	69	З	18	6	-	-	-	0,2	-	-
VII	16,8	36	4	84	56,5	12	74	З	20	9	-	-	-	0,3	-	-
VIII	15,1	35	0	68	56,5	11	78	З	17	5	-	-	-	0,2	-	-
IX	9,8	33	-8	59	29,7	11	82	З	18	1	-	-	-	0,4	-	7
X	3,7	23	-22	52	35,6	12	86	ЮЗ	20	-	0,3	0,3	0,3	0,6	-	16
XI	-2,0	12	-28	48	21,8	11	88	ЮЗ	20	-	3	3	2	0,2	7	49
XII	-7,1	8	-39	44	16,3	10	88	ЮЗ	22	-	5	6	6	0,3	13	58
Год	3,7	36	-47	756	56,5	119	79	З	22	26	31	18	25	5	-	90

Москва

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега cm												
				снежные маркизы	глыбистые маркизы		с метелками	с розетками	с трещинами	с изломами	с кристаллами	с изломами	с кристаллами	с глыбами	с кристаллами	с изломами	с трещинами	с кристаллами
I	-10,1	4	-43	34	18,5	8	85	3	20	-	7	2	8	1,0	26	72		
II	-9,3	6	-41	32	37,7	8	82	3	23	-	7	2	6	1,0	41	75		
III	-4,2	15	-34	35	21,3	7	78	3	21	0,04	5	1	4	1,0	42	74		
IV	4,4	27	-20	35	32,3	8	70	ЮВ	24	0,6	0,6	0,4	0,4	1,3	24	4		
V	11,9	32	-8	49	35,1	9	66	C	20	4	-	-	-	1,2	-	-		
VI	16,0	35	-3	67	59,7	9	66	3	22	6	-	-	-	1,7	-	-		
VII	18,1	37	3	81	60,3	10	70	3	20	8	-	-	-	0,9	-	-		
VIII	16,4	37	0	72	58,2	10	73	3	22	6	-	-	-	0,7	-	-		
IX	10,3	32	-6	58	43,5	10	78	3	21	1	-	-	-	1,2	-	-		
X	4,4	24	-21	54	27,5	9	82	3	22	0,04	0,3	0,2	1	1,0	-	13		
XI	-1,9	13	-33	45	23,6	9	84	3	24	-	3	2	1	1,0	6	38		
XII	-7,2	8	-39	43	28,9	9	86	3	21	-	4	4	5	0,8	15	77		
Год	4,0	37	-43	730	60,3	105	77	3	24	26	27	12	25	13	-	77		

Одесская ж.д.

Одесса

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Среднее минимальное количество осадков, мм	Среднее максимальное количество осадков, мм	Относительная влажность, %	Ветер	Число дней	Высота снега, см	ГМ	
									наибольшая марцинальная влажность, %	средняя марцинальная влажность, %
I	-2,4	14	-26	34	-	5,9	84	CB	34	-
II	-1,7	18	-28	30	-	4,8	83	CB	20	0,02
III	2,1	24	-16	26	-	4,8	80	CB	24	0,1
IV	8,4	27	-6	30	-	5,4	75	Ю	20	0,7
V	15,0	32	0	37	-	5,4	72	С	17	3
VI	19,4	36	5	47	-	6,4	69	Ю	20	6
VII	22,0	37	8	39	-	5,1	65	С	20	5
VIII	21,3	36	8	34	90	4,1	66	С	18	5
IX	16,9	32	-1	32	-	3,6	70	С	18	2
X	11,3	29	-13	35	-	4,1	76	С	22	0,4
XI	5,6	26	-15	39	-	5,5	83	3	21	0,1
XII	0,5	16	-20	39	-	5,9	85	3	24	0,02
Год	9,9	37	-28	422	-	61	76	С	34	22
									6	1
									26	-

Riga

Прибалтийская ж.д.

Месяц	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней				Высота снега		
				северо-восточный	юго-западный	южный	северо-западный	маркизира	импульсное	
I	-5,2	9	-34	32	-	9,3	85	Ю	20	0,03
II	-4,9	11	-35	29	-	7,8	83	Ю	17	-
III	-1,5	21	-30	25	-	6,8	78	Ю	18	0,1
IV	4,8	25	-13	44	-	8,7	74	С	17	1
V	10,6	30	-6	44	-	7,8	70	С	17	3
VI	15,1	32	-2	61	65	8,9	72	С	20	5
VII	16,9	34	4	85	-	11,1	76	С3	14	6
VIII	16,2	32	0	71	-	10,5	79	Ю3	12	5
IX	12,0	29	-3	74	-	12,0	82	Ю	17	2
X	6,8	23	-9	61	-	11,0	84	Ю	24	0,3
XI	1,6	17	-17	57	-	11,8	87	Ю	18	0,2
XII	-2,1	12	-32	45	-	11,5	87	Ю	16	0,1
Год	5,9	34	-35	628	-	117	80	Ю	24	23
									8	15
									6,1	-
									-	-

Приволжская Ж.Д.

Волгоград

Месяц	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега cm
				с призрачной маркировкой	с реальной маркировкой	
I	-9,1	13	-35	32	-	6,7
II	-7,6	13	-34	31	-	5,7
III	-1,4	20	-29	29	-	5,7
IV	10,0	32	-15	23	-	4,8
V	17,0	35	-4	33	-	4,8
VI	21,0	41	2	36	51	5,6
VII	23,4	42	7	33	-	5,2
VIII	22,0	44	5	31	-	4,5
IX	16,2	38	-4	25	-	4,2
X	7,5	29	-14	31	-	5,3
XI	1,4	22	-28	38	-	6,2
XII	-4,2	12	-31	44	-	6,8
Год	8,0	44	-35	386	-	66

Приднепропетровская ж.-д.

Днепропетровск

Месяц	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Среднее маркизированное гидротермическое значение	Коэффициент влажности	Оценка температуры	Среднее маркизированное гидротермическое значение	Среднее маркизированное гидротермическое значение	Среднее маркизированное гидротермическое значение	Число дней с росой	Число дней с дождем	Высота снега	Средняя температура	
												с верхом 215 м/с	с нормой
I	-6,2	12	-38	39	-	7,5	86	-	20	-	5	-	-
II	-4,6	14	-30	34	-	6,6	86	-	25	-	4	-	-
III	0,1	23	-26	35	-	6,5	82	-	24	0,09	2	-	-
IV	9,2	30	-8	40	-	6,6	67	-	24	1	0,3	-	-
V	15,9	34	-3	48	-	6,6	60	-	27	4	-	-	-
VI	19,8	37	1	67	-	7,7	60	-	18	7	-	-	-
VII	21,5	38	8	55	-	6,6	60	-	17	7	-	-	-
VIII	20,9	38	4	42	-	5,2	60	-	24	5	-	-	-
IX	15,4	34	-3	34	-	4,5	64	-	18	2	-	-	-
X	8,1	31	-7	38	-	5,6	76	-	18	0,4	0,2	-	-
XI	2,4	18	-22	42	-	6,5	86	-	24	0,09	1	-	-
XII	-2,1	14	-29	44	-	7,4	90	-	20	0,03	5	-	-
Год	8,4	38	-38	518	-	77	73	-	27	27	18	-	-

Свердловская ж.д.

Свердловск

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега
				снежинки	шарообразные кристаллы	
I	-15,5	6	-44	20	-	5,0
II	-13,6	8	-42	17	-	4,1
III	-6,9	17	-39	20	-	4,7
IV	2,7	29	-21	26	-	4,8
V	10,0	33	-14	49	-	8,0
VI	15,1	35	-2	69	-	9,7
VII	17,2	38	2	84	94	10,7
VIII	14,9	37	-1	74	-	9,7
IX	9,2	31	-9	45	-	8,3
X	1,2	25	-23	36	-	7,7
XI	-6,8	14	-39	30	-	6,4
XII	-13,1	6	-47	27	-	6,2
Год	1,2	38	-47	497	-	85

II *Lepmb*

Месец	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	cepтическое микромастихин	Маркировка	Kоэффициент выносливости	Oтносительная влажность, %	Число дней		Высота снега	
							cepтическое микромастихин	с метримин	с тромоподиум	с бертом ZL5 M/e
I	-15,3	4	-45	39	-	10,6	81	Ю	14	-
II	-13,4	6	-41	28	-	7,4	77	Ю	12	-
III	-6,9	14	-35	30	-	8,1	74	ЮЗ	17	0,02
IV	2,6	27	-24	32	-	6,7	67	ЮЗ	17	0,3
V	10,2	36	-13	56	-	9,3	60	ЮЗ, С	12	4
VI	15,7	36	-3	66	72	9,6	64	С	17	7
VII	18,0	37	2	76	-	10,3	69	С	20	8
VIII	15,4	37	-1	70	-	10,3	73	ЮЗ, З	14	5
IX	9,3	31	-8	62	-	10,8	78	ЮЗ	17	1
X	1,4	23	-25	62	-	13,8	82	ЮЗ	>20	-
XI	-6,3	12	-38	48	-	11,8	84	ЮЗ	14	-
XII	-12,7	5	-47	47	-	12,6	82	Ю	20	-
Под	1,5	37	-47	616	-	121	75	Ю, ЮЗ	20	25

Северная ж.д.

Архангельск

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней			Высота снега, см									
				снежинки	маркизира	снегопады										
I	-12,9	5	-44	35	-	9,3	86	ЮВ	18	-	6	1	15	0,6	28	53
II	-12,5	4	-45	30	-	8,0	85	ЮВ	17	-	5	1	12	0,2	35	62
III	-8,0	9	-42	30	-	8,1	81	ЮВ	20	-	5	0,5	8	0,5	38	70
IV	-0,9	20	-30	31	-	6,8	74	ЮВ	20	0,04	1	0,2	2	0,2	30	68
V	6,0	29	-16	46	-	8,5	68	C3	17	1	0,3	0,1	-	0,4	-	37
VI	12,4	33	-4	62	-	9,2	68	C3	20	4	-	-	-	0,7	-	3
VII	15,6	34	-1	64	-	8,7	72	C	17	5	-	-	-	0,3	-	-
VIII	13,6	32	-4	67	55	10,3	79	C3	20	3	-	-	-	0,3	-	-
IX	7,9	27	-8	69	-	12,1	85	ЮВ,Ю	20	0,6	0,03	-	-	0,4	-	1
X	1,5	18	-22	63	-	12,6	87	Ю	20	-	0,8	1	2	0,7	4	17
XI	-4,1	10	-37	51	-	11,7	88	ЮВ	20	-	3	1	7	0,4	11	32
XII	-9,5	4	-43	42	-	11,0	87	ЮВ	17	-	5	1	11	0,5	21	46
Год	0,8	34	-45	590	-	116	80	ЮВ	20	14	26	6	57	5	-	-

Боло́гда

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней			Высота снега cm
				сентябрь	октябрь	ноябрь	
I	-12,6	5	-47	35	-	7,9	85
II	-11,6	4	-43	26	-	6,7	83
III	-5,9	13	-35	29	-	6,5	79
IV	2,3	27	-26	35	-	7,6	74
V	9,6	30	-9	51	-	8,5	67
VI	14,9	32	-3	69	-	9,9	71
VII	16,8	35	1	74	-	10,0	76
VIII	15,0	39	-2	71	74	10,2	81
IX	9,1	29	-6	65	-	10,7	84
X	2,5	22	-20	52	-	10,5	86
XI	-3,5	11	-32	41	-	9,8	87
XII	-8,9	6	-45	40	-	9,5	86
Год	2,3	39	-47	588	-	108	80

Воркута

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега mm
				снежная марцинальная	гигиеническая марцинальная	
I	-20,3	1	-48	37	-	82
II	-20,6	0	-49	30	-	81
III	-16,5	3	-45	29	-	82
IV	-9,0	11	-39	28	-	82
V	-2,8	19	-23	45	-	82
VI	5,8	31	-10	54	-	75
VII	12,4	31	-2	56	37	72
VIII	9,5	30	-7	62	-	80
IX	3,8	23	-11	70	-	85
X	-5,1	15	-34	55	-	87
XI	-13,6	4	-45	38	-	85
XII	-15,7	2	-52	44	-	83
Год	-6,0	31	-52	548	-	81

Сыктывкар

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега mm
				сентябрь	октябрь	
I	-15,6	4	-47	30	-	7,6
II	-14,1	3	-45	22	-	5,5
III	-7,7	13	-39	27	-	6,4
IV	1,0	26	-27	35	-	7,2
V	7,6	31	-15	49	-	9,0
VI	14,0	35	-5	56	65	9,6
VII	16,7	35	0	74	-	9,7
VIII	14,0	35	-2	65	-	10,0
IX	7,8	28	-9	67	-	11,7
X	0,3	20	-30	58	-	11,8
XI	-6,7	10	-39	42	-	9,2
XII	-12,9	4	-46	35	-	8,4
Год	0,4	35	-47	560	-	106
				77		77
				19		34
				9		9
				40		40
				16		16
				-		-

Ростов-на-Дону

Северо-Кавказская ж.д.

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней				Высота снега								
				снежная марцинальная	водяная марцинальная	влажная марцинальная	сухая марцинальная									
I	-5,7	15	-33	40	-	7,0	85	B	28	0,04	4	3	0,7	2,5	6	39
II	-4,8	20	-31	38	-	6,7	84	B	34	0,02	4	2	0,7	2,8	8	37
III	0,6	28	-28	37	-	6,8	80	B	20	0,1	1	1	0,2	3,0	7	40
IV	9,4	34	-10	42	-	6,7	66	B	20	0,8	0,2	0,2	-	2,5	-	1
V	16,2	35	-2	48	-	6,2	60	B	20	4	-	-	-	1,4	-	-
VI	20,2	38	-0	66	100	7,1	61	B	17	8	-	-	-	0,9	-	-
VII	23,0	40	8	55	-	6,1	58	B	17	7	-	-	-	0,9	-	-
VIII	22,1	40	3	43	-	4,9	57	B	20	4	-	-	-	1,1	-	-
IX	16,3	36	-5	39	-	4,5	63	B	17	2	-	-	-	0,8	-	-
X	9,2	33	-10	43	-	5,6	75	B	20	0,6	0,02	0,1	-	1,3	-	-
XI	2,5	25	-25	48	-	6,8	84	B	20	0,02	0,3	0,7	0,03	1,9	-	10
XII	-2,6	19	-29	56	-	8,0	87	B	28	0,02	2	3	0,6	3,0	3	16
Год	8,9	40	-33	555	-	76	72	B	34	27	12	10	2	22	-	-

Астрапаханъ

Месяц	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней			Высота снега mm	cm
				до 15 м/c	15-30 м/c	свыше 30 м/c		
I	-6,7	13	-31	15	-	3,3	84	B
II	-5,6	17	-33	15	-	3,1	81	B
III	0,4	24	-27	15	-	3,0	76	B
IV	9,9	32	-9	16	-	2,8	61	B
V	18,0	37	-0	22	73	3,1	56	B
VI	22,8	40	6	21	-	3,3	54	3
VII	25,3	40	10	17	-	2,9	55	3
VIII	23,6	39	6	14	-	2,3	58	B
IX	17,3	36	-2	19	-	3,0	64	B
X	9,6	29	-11	17	-	3,0	73	B
XI	2,4	21	-26	17	-	3,5	82	B
XII	-3,2	16	-30	20	-	3,9	85	B
Год	9,5	40	-33	208	-	37	69	B

Краснодар

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней				Высота снега, см								
				среднее	маркизирающее	отличительное	снегопады									
I	-1,6	21	-36	53	-	8,4	83	B	34	0,2	4	1	1	1,2	5	49
II	-0,6	22	-33	50	-	7,8	81	B	28	0,1	3	1	1	1,7	6	64
III	4,3	29	-21	54	-	7,8	76	B	40	0,1	2	0,5	0,2	2,8	4	52
IV	11,3	34	-10	53	-	7,5	68	B	25	0,8	0,1	0,08	-	1,6	-	2
V	17,0	34	-2	61	-	7,5	67	B,ЮЗ	20	5	-	-	-	0,8	-	-
VI	20,7	38	4	71	107	7,6	67	ЮЗ	17	8	-	-	-	0,3	-	-
VII	23,3	40	8	61	-	6,2	64	3	18	7	-	-	-	0,2	-	-
VIII	22,7	42	4	52	-	5,3	64	CB	17	5	-	-	-	0,4	-	-
IX	17,6	37	-2	40	-	5,1	68	CB	20	2	-	-	-	0,6	-	-
X	11,4	32	-10	55	-	6,7	77	CB	28	1	-	0,07	-	0,6	-	-
XI	5,6	30	-23	64	-	7,8	82	B	17	0,4	0,1	0,3	0,04	0,8	-	9
XII	1,1	23	-29	72	-	9,3	84	CB	20	0,3	2	2	0,3	1,0	3	44
Год	11,1	42	-36	686	-	87	73	B	40	30	11	5	3	12	-	-

Среднеазиатская ж.д.

Гашкен

Месяц	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега максимальная, м
				до 15 м/с	свыше 15 м/с	
I	-0,6	22	-28	49	-	7,5
II	1,9	26	-26	52	-	7,2
III	7,9	-33	-20	73	-	8,9
IV	14,7	35	-6	57	-	7,7
V	20,1	42	0	32	50	4,8
VI	24,9	44	4	11	-	1,9
VII	27,0	45	8	3	-	0,7
VIII	25,0	43	6	2	-	0,4
IX	19,6	40	0	4	-	0,6
X	12,8	38	11	27	-	3,6
XI	6,6	31	-22	41	-	5,7
XII	1,9	24	-30	54	-	7,6
Год	13,5	45	-30	405	-	56,6

Андижан

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега, см
				снежная марцинальная	снегопады марцинальные	
I	-2,7	15	-28	31	-	5,3
II	0,9	22	-25	33	-	5,6
III	8,0	30	-16	45	-	6,3
IV	15,8	40	-4	28	-	5,0
V	21,4	40	4	23	-	4,5
VI	25,5	42	8	13	-	2,6
VII	26,9	42	10	8	43	1,4
VIII	24,9	41	9	3	-	0,6
IX	19,9	35	1	3	-	0,8
X	13,1	32	-7	21	-	2,9
XI	5,6	24	-22	28	-	4,2
XII	0,3	17	-25	25	-	4,8
Год	13,3	42	-28	261	-	43,9

Аухабад

Месяц	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега среди гор, см
				северо-западный восточный	южно-восточный	
I	2,1	29	-1,8	25	-	5,2
II	4,2	29	-0,1	28	-	5,6
III	9,3	37	4,6	45	-	7,1
IV	16,7	41	11,0	47	80	6,3
V	23,1	45	16,3	31	-	5,3
VI	28,0	45	20,5	5	-	1,3
VII	30,7	48	23,0	1	-	0,3
VIII	28,8	46	20,6	1	-	0,3
IX	23,4	44	15,6	5	-	1,0
X	15,9	40	9,3	16	-	2,9
XI	8,8	34	3,7	22	-	3,7
XII	3,8	30	0,1	22	-	4,9
Год	16,2	48	10,2	249	-	43,9

Бухара

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега cm
				снежная маркировка	снегопады на снегомере 21 mm	
I	-0,0	25	-23	18	-	3,6
II	2,6	28	-25	21	-	4,1
III	8,3	33	-18	28	-	5,1
IV	16,4	38	-6	26	-	4,2
V	22,2	42	2	10	35	1,8
VI	26,4	43	7	3	-	0,4
VII	28,0	45	12	1	-	0,2
VIII	25,4	43	8	0	-	0,03
IX	20,0	39	-2	0	-	0,03
X	13,0	36	-7	5	-	1,2
XI	6,4	30	-17	13	-	2,5
XII	2,2	24	-25	18	-	3,6
Год.	14,2	45	-25	144	-	26,6

Луцане

Месец	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега mm
				среднее маркизма	среднее измерение	
I	1,9	22	-27	70	-	8,8
II	4,1	23	-19	82	-	9,3
III	9,1	30	-13	140	-	13,2
IV	15,2	34	-10	121	-	10,8
V	19,6	39	2	85	82	7,9
VI	24,6	43	8	10	-	1,7
VII	26,7	43	10	2	-	0,4
VIII	24,3	43	8	2	-	0,3
IX	19,6	39	3	2	-	0,4
X	13,9	37	-5	25	-	2,8
XI	8,1	30	-17	50	-	5,2
XII	4,0	24	-23	63	-	7,8
Год	14,3	43	-27	652	-	69

Ламбов

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега
				средняя	минимальная	
I	-10,9	4	-39	37	-	7,8
II	-10,3	5	-37	32	-	6,5
III	-4,6	18	-30	32	-	7,2
IV	6,0	30	-18	36	-	6,5
V	14,1	33	-8	52	-	7,4
VI	18,1	37	-1	54	-	7,1
VII	19,8	38	4	75	-	9,4
VIII	18,6	38	1	53	-	7,4
IX	12,5	35	-5	48	-	7,6
X	5,2	24	-15	48	-	8,5
XI	-1,4	16	-34	47	-	8,8
XII	-7,3	8	-37	46	-	9,8
Год	5,0	38	-39	560	-	94

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега
				средняя	минимальная	
I	-10,9	4	-39	37	-	7,8
II	-10,3	5	-37	32	-	6,5
III	-4,6	18	-30	32	-	7,2
IV	6,0	30	-18	36	-	6,5
V	14,1	33	-8	52	-	7,4
VI	18,1	37	-1	54	-	7,1
VII	19,8	38	4	75	-	9,4
VIII	18,6	38	1	53	-	7,4
IX	12,5	35	-5	48	-	7,6
X	5,2	24	-15	48	-	8,5
XI	-1,4	16	-34	47	-	8,8
XII	-7,3	8	-37	46	-	9,8
Год	5,0	38	-39	560	-	94

Боронеж

Месяц	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней			Высота снега cm									
				среднее маркичное	среднее гидрологиче- ское	среднее климатиче- ское										
I	9,8	7	-37	33	-	7,9	83	3	20	-	8	3	5	1,7	19	49
II	-9,6	7	-36	26	-	6,5	82	ЮВ, З	20	-	7	3	5	1,7	21	58
III	-3,7	17	-32	30	-	6,8	82	3	25	1	5	2	3	2,1	20	56
IV	6,6	29	-17	38	-	7,2	70	ЮВ	18	6	0,5	0,2	0,04	1,1	4	25
V	14,6	33	-3	51	-	7,6	59	ЮВ	20	11	-	-	-	1,3	-	-
VI	17,9	38	-2	58	-	8,6	62	СВ	18	12	-	-	-	1,1	-	-
VII	19,9	38	5	71	-	8,8	66	3	17	14	-	-	-	0,8	-	-
VIII	18,6	38	0	59	-	7,9	67	СВ	20	13	-	-	-	0,5	-	-
IX	13,0	32	-4	45	-	6,8	70	3	17	6	-	-	-	0,6	-	-
X	5,9	25	-15	45	-	8,8	78	3	18	4	0,4	0,8	-	0,8	-	9
XI	-0,6	18	-25	41	-	8,2	85	3	20	-	3	2	1	0,9	4	14
XII	-6,2	12	-33	42	-	8,2	87	3	20	-	6	4	4	1,5	10	51
Год	5,6	38	-37	539	100	93	74	3	25	44	30	15	18	1,4	-	-

Южная Э.Л.

Полтава

Месяц	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней				Высота снега, см
				среднее	маркирующее	среднее	среднее	
I	-7,0	10	-34	33	-	6,9	85	-
II	-6,2	12	-31	30	-	6,0	84	-
III	-1,1	21	-31	32	-	6,6	82	-
IV	7,9	29	-11	38	-	7,3	69	-
V	15,0	33	-4	48	-	7,1	60	-
VI	18,4	37	0	66	-	8,1	62	-
VII	20,5	38	6	69	-	7,9	64	-
VIII	19,6	38	4	56	178	6,6	64	-
IX	14,3	35	-3	37	-	5,6	67	-
X	7,4	28	-19	44	-	6,4	78	-
XI	0,9	21	-22	42	-	7,2	86	-
XII	-4,2	13	-28	41	-	7,6	88	-
Год	7,1	38	-34	536	-	83	74	-

Xap'k'ov

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Скорость ветра	Число дней снега	Год	
					1955	1956
I	-7,3	11	-36	40	-	8,2
II	-6,1	11	-30	34	-	7,4
III	-1,2	21	-32	32	-	6,9
IV	8,3	31	-11	35	-	6,3
V	15,3	33	-2	45	-	6,7
VI	19,2	36	2	52	-	7,4
VII	20,9	38	7	67	81	7,6
VIII	19,8	38	2	62	-	6,3
IX	14,2	33	-3	37	-	5,9
X	6,9	29	-10	41	-	6,4
XI	1,3	19	-21	43	-	7,8
XII	-3,6	14	-27	45	-	8,6
Год	7,3	38	-36	533	-	86

Юго-западная ж.-д.

Киев

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней			Высота снега, см
				свежий	старческий	брекеты	
I	-6,0	10	-31	45	-	8,8	86
II	-5,0	12	-32	42	-	8,1	83
III	-0,2	22	-25	45	-	7,8	79
IV	7,8	29	-10	50	-	7,9	68
V	14,7	33	-2	57	-	8,4	64
VI	17,9	35	2	74	-	8,8	65
VII	19,7	39	6	82	103	9,4	68
VIII	18,6	39	3	69	-	8,4	70
IX	14,0	34	-3	50	-	6,9	74
X	7,6	28	-18	47	-	7,0	80
XI	1,5	23	-19	54	-	8,2	86
XII	-3,3	13	-30	49	-	8,8	88
Год	7,3	39	-32	664	-	99	76

Химомир

Месяц	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега MM
				с призабором	с метром	
I	-6,2	10	-34	35	-	5
II	-4,8	12	-30	30	-	5
III	-0,6	22	-26	34	-	3
IV	7,5	30	-11	43	-	0,4
V	13,5	31	-3	57	-	5
VI	17,2	34	1	68	-	7
VII	18,4	39	5	85	-	24
VIII	17,5	37	0	76	-	20
IX	12,9	32	-3	52	-	17
X	7,2	27	-16	44	-	2
XI	1,7	19	-25	46	-	28
XII	-2,6	14	-27	38	-	0,1
Год	6,8	39	-34	608	-	0,2

Оренбург, ГМО

Южно-Уральская ж.д.

Месяц	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Ветер		Число дней			Высота снега	
			Средняя	Максимальная	с тропоном	с метрополитеном	с тропоном	с тропоном	с снегом
I	-14,8	5	-43	27	22	5,4	80	B	28
II	-14,2	6	-40	22	-	4,5	79	B	24
III	-7,3	17	-37	24	-	5,3	82	B	28
IV	5,2	31	-26	25	36	4,8	67	B	20
V	15,0	37	-6	38	-	6,0	53	C,B,3	20
VI	19,7	40	-0,7	44	-	6,6	55	C	20
VII	21,9	42	5	41	53	6,2	57	C	25
VIII	20,0	41	-0,9	32	-	5,2	55	C,B	30
IX	13,4	35	-5	31	-	5,6	60	ЮЗ	25
X	4,5	27	-20	39	35	7,3	73	ЮЗ	20
XI	-4,0	19	-36	36	-	6,6	82	ЮЗ	18
XII	-11,2	6	-39	34	-	5,9	82	B	24
Год	4,0	42	-43	393	60	69	69	B	30

Kурган, Вороновка

Месяц	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега mm
				среднее маркинажное чтобы	среднее маркинажное чтобы	
I	-17,7	4	-48	18	-	5,0
II	-16,6	3	-48	14	-	3,9
III	-8,6	12	-40	17	-	4,0
IV	4,1	31	-27	22	-	4,3
V	12,6	36	-9	36	-	6,3
VI	17,2	38	-4	50	-	7,7
VII	19,1	41	3	60	-	8,8
VIII	16,3	36	-1	52	87	7,7
IX	10,9	33	-7	34	-	6,7
X	2,4	23	-25	32	-	6,9
XI	-7,2	12	-39	25	-	6,5
XII	-14,3	4	-46	21	-	5,7
Год	1,5	41	-48	381	-	74

Петропавловск

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней				Высота снега
				снежная марцинальная	глыбовая марцинальная	воздушная марцинальная	снегообразующая марцинальная	
I	-18,6	4	-44	14	11	3,4	81	IO3
II	-17,1	4	-42	11	-	2,8	80	IO3
III	-10,6	14	-37	11	-	2,8	81	IO3
IV	2,2	31	-29	19	24	4,2	71	IO3
V	11,6	37	-9	32	-	5,9	57	IO3
VI	17,0	40	-2	53	88	7,4	62	IO3
VII	19,0	40	3	60	56	8,8	69	C3
VIII	16,3	39	0	52	-	7,7	72	C3
IX	10,7	33	-8	31	-	6,4	72	IO3
X	1,8	27	-26	30	23	6,7	77	IO3
XI	-7,8	16	-38	21	-	5,2	83	IO3
XII	-15,4	4	-44	17	-	4,1	82	IO3
Год	0,8	40	-44	351	88	65	74	IO3

Челябинск

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега mm	cm
				снежная маркировка	снегопады на снегу		
I	-15,8	4	-48	19	-	5,0	78
II	-14,3	8	-45	16	-	4,0	75
III	-7,4	15	-36	18	-	4,1	75
IV	3,9	28	-26	23	-	4,2	66
V	11,9	35	-11	39	-	6,9	56
VI	16,8	37	-2	58	-	8,5	61
VII	18,4	40	3	82	-	10,3	69
VIII	16,2	36	-0	60	88	8,3	71
IX	10,7	32	-10	36	-	6,9	71
X	2,4	25	-24	37	-	7,2	74
XI	-6,2	16	-36	26	-	5,8	78
XII	-12,9	7	-42	25	-	5,9	79
Год	2,0	40	-48	439	-	77	71

Целинная ж.д.

Караганда

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Среднее количество снега	Ветер		Число дней		Высота снега	
				Минимальная	Максимальная	снегопадов	с метелами	с гололедом	с ветром 25 м/с
I	-15,0	6	-42	17	-	-	78	Ю	40
II	-14,4	5	-41	15	-	-	77	Ю	34
III	-7,9	22	-35	20	-	-	80	ЮЗ	34
IV	4,5	31	-24	23	-	-	66	В	28
V	12,8	36	-10	32	-	-	53	СВ	24
VI	18,3	38	-2	42	-	-	51	СВ, В	24
VII	20,2	39	3	44	-	-	54	С	22
VIII	17,7	40	-1	30	-	-	54	С, СВ	20
IX	11,9	35	-7	22	-	-	56	В	24
X	3,1	28	-19	30	-	-	69	Ю, ЮЗ	24
XI	-6,6	18	-38	21	-	-	78	ЮЗ	34
XII	-12,7	8	-43	19	-	-	79	ЮЗ	34
Год	2,7	40	-43	315	-	-	66	Ю	40

Кустанай

Месяц	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Число дней		Высота снега	
			Берег	Средний	Средний, м	Максимальное, мм
I	-17,5	5	-46	13	12	3,1
II	-16,9	3	-48	11	-	2,3
III	-10,0	13	-37	12	-	2,4
IV	3,6	31	-28	20	31	3,6
V	13,0	39	-9	29	-	5,3
VI	18,3	40	-4	40	-	6,6
VII	20,2	42	3	51	71	7,6
VIII	17,8	39	0	37	-	6,0
IX	11,9	36	-9	29	-	5,5
X	2,8	28	-23	31	28	6,2
XI	-6,2	14	-38	21	-	4,7
XII	-14,3	4	-44	16	-	3,8
Год	1,9	42	-48	310	71	57

Кокчетав

Месяц	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней		Высота снега
				снежная маркинажная	водянистая маркинажная	
I	-16,1	4	-46	13	22	3,1
II	-15,5	6	-42	9	-	2,2
III	-9,3	17	-38	10	-	2,5
IV	3,2	30	-25	17	32	3,4
V	12,2	36	-11	32	-	6,1
VI	17,6	41	-3	45	-	7,4
VII	19,6	42	3	63	55	8,5
VIII	17,0	38	0	44	-	7,1
IX	11,4	34	-9	27	-	5,3
X	2,7	28	-24	22	24	5,1
XI	-6,7	17	-39	16	-	3,7
XII	-13,7	4	-45	12	-	2,7
Год	1,9	42	-46	310	55	57

Павлодар

Месяц	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Ветер	Число дней			Высота снега м
				снежная зима	весенне-летняя зима	осенне-зима	
I	-18,1	4	-47	1,5	-	-	34
II	-17,6	5	-44	1,3	-	-	24
III	-9,6	23	-38	1,6	-	-	34
IV	4,2	34	-27	1,5	-	-	26
V	13,2	38	-12	2,5	-	-	30
VI	19,4	42	-2	34	-	-	25
VII	21,3	41	5	39	-	-	22
VIII	18,3	40	0	35	-	-	25
IX	12,2	35	-6	21	-	-	24
X	3,6	29	-22	23	-	-	34
XI	-6,9	17	-40	23	-	-	25
XII	-14,9	6	-46	19	-	-	34
Год	2,1	42	-47	278	-	-	34

Целиноград

Месяц	Температура воздуха, °C	Количество осадков, мм	Минимальная температура	Средняя минимальная температура	Средняя максимальная температура	Процент дождя	Процент снега	Число дней		Высота снега	
								Более 100	100-200	200-300	300-400
I	-17,2	6	-52	19	17	3,5	-	103	28	-	9
II	-16,7	6	-49	14	-	3,0	-	103	28	-	8
III	-10,3	22	-38	18	-	2,8	-	103	25	-	6
IV	2,8	30	-28	20	26	4,0	-	B,3	28	0,6	1
V	12,6	36	-11	31	-	5,9	-	CB,IO3,3	26	3	0,07
VI	18,0	40	-2	41	-	6,9	-	3	20	6	-
VII	20,3	42	2	52	86	7,1	-	CB	21	8	-
VIII	17,6	39	-2	41	-	6,2	-	CB	24	4	-
IX	11,4	34	-8	26	-	4,8	-	3	>20	1	0,02
X	2,5	26	-25	27	23	5,8	-	IO3	28	0,02	1
XI	-7,1	17	-39	19	-	4,1	-	IO3	24	-	5
XII	-14,2	4	-44	18	-	3,6	-	IO3	30	-	8
Год	1,6	42	-52	326	86	58	-	20	30	23	38
										10	35
										40	-
											-

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Влияние гидрометеорологических условий на деятельность основных служб железнодорожного транспорта	4
1.1. Общие сведения	4
1.2. Влияние метеорологических факторов на объекты службы пути	6
1.2.1. Снегопады	6
1.2.2. Температура воздуха, облачность и ветер и их влияние на температуру рельсов	13
1.2.3. Оттепели и пучины, дожди и туманы, весенние и дождевые паводки	22
1.3. Влияние метеорологических факторов на объекты службы сигнализации и связи	26
1.3.1. Температура воздуха	26
1.3.2. Осадки и туманы	27
1.3.3. Гололедно-изморозевые отложения	27
1.3.4. Грозы и ветер	27
1.4. Влияние метеорологических факторов на объекты службы электрификации и энергетического хозяйства	29
1.4.1. Температура воздуха и ветер	29
1.4.2. Гололедно-изморозевые отложения	29
1.4.3. Грозы	29
1.5. Влияние метеорологических факторов на объекты вагонной и пассажирской служб	30
1.6. Влияние метеорологических факторов на объекты службы контейнерных перевозок и коммерческой работы	30
1.7. Влияние метеорологических факторов на объекты локомотивной службы	30
1.7.1. Температура воздуха, гололедно-изморозевые отложения и видимость	30
1.7.2. Ветер	30
1.7.2.1. Учет влияния ветра в тяговых расчетах	30
1.7.2.2. Оценка сопротивления воздуха движению поездов	31
1.7.2.3. Пример расчета возможного экономического эффекта от учета информации о ветре на железных дорогах	44
1.7.3. Влияние метеорологических величин на работоспособность тепловозов	47
1.8. Влияние метеорологических факторов на работу службы движения поездов	50
2. Использование оперативной метеорологической информации в обслуживании и работе железнодорожного транспорта	51
3. Использование климатической информации в работе железнодорожного транспорта	55

3.1. Назначение климатической информации	55
3.2. Информация, используемая для общей характеристики климата и составления прогнозов погоды на длительные сроки на железной дороге	55
3.3. Климатическая информация, используемая для планирования работ и расходования материальных ресурсов	59
3.4. Информация для проектных работ	60
3.4.1. Перечень прикладных климатических характеристик	60
3.4.2. Климатическая информация, используемая для проектирования сортировочных горок	61
3.4.3. Климатическая информация, используемая при проектировании мостов и мостовых переходов	66
3.5. Климатическая информация, используемая для снегоборьбы на железных дорогах	69
3.5.1. Оценка средней величины объема снегонакопления на путях железных дорог	69
3.5.2. Результаты статистической обработки данных наблюдений за высотой снежного покрова	72
3.5.3. Задача об оптимальном размещении снегоочистительной и снегоуборочной техники на сети железных дорог	77
3.5.3.1. Общие замечания	77
3.5.3.2. Постановка задачи и ее решение	78
4. Организационная структура гидрометеорологического обслуживания железнодорожного транспорта	83
5. Источники климатических данных	89
5.1. Климатические справочники	89
5.2. Рекомендации по использованию данных двух последних изданий климатических справочников	91
5.3. Дополнительные источники	93
6. Краткая климатическая характеристика территории стран СНГ для целей железнодорожного транспорта	94
6.1. Термический режим	94
6.2. Снежный покров и осадки	95
6.3. Гололедные образования и ветровой режим	100
Выводы	102
Литература	104
Приложение	107