

Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

В. А. ШТАЛЬ, Н. Ф. БЕЛОВ, Г. В. ЦИЦЕНКО

ПРИКЛАДНАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ

Учебное пособие

Рекомендовано Министерством высшего и среднего специального образования
СССР для использования в учебном процессе

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени М. И. КАЛИНИНА

ЛЕНИНГРАД
1981

УДК 551.58

Одобрено Ученым советом

Ленинградского гидрометеорологического института

Рецензенты:

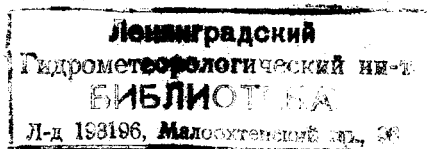
кафедра климатологии Ленинградского государственного университета имени А. А. Жданова,
Л. Е. Анапольская, канд. геогр. наук (Главная геофизическая обсерватория имени А. И. Воейкова).

В учебном пособии изложены современные методы учета климатических данных в авиации, строительстве и здравоохранении. Показаны способы обработки данных метеорологических наблюдений для составления авиационно-климатических описаний и справок, научно-обоснованных рекомендаций строительным и медицинским организациям.

Пособие рассчитано на студентов метеорологических специальностей гидрометеорологических институтов и географических факультетов университетов.

ОТВЕТСТВЕННЫЕ РЕДАКТОРЫ:

д-р физ.-мат. наук **Л. Т. МАТВЕЕВ**,
канд. геогр. наук **О. Г. БОГАТКИН**



© Ленинградский гидрометеорологический институт (ЛГМИ), 1981 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Курс прикладной климатологии в гирометеорологических институтах имеет важное практическое значение. Правильный учет влияния метеорологических факторов на различные отрасли народного хозяйства значительно повышает экономическую эффективность этих отраслей.

Изучение данного курса осложняется многообразием прикладных аспектов использования климатических данных, а также неодинаковостью воздействия климатических факторов на различные отрасли народного хозяйства; кроме того, число учебных часов по данному курсу ограничено.

Формирование этого курса в Ленинградском гидрометеорологическом институте осуществлялось Л. Е. Анапольской, М. В. Завазиной, В. Ю. Милевским, В. М. Шапаевым.

Трудность подготовки и разработки данного курса состояла в том, что не было работ, обобщающих исследования в различных отраслях прикладной климатологии.

В настоящее время имеется ряд работ по вопросам прикладной климатологии, но изучение курса по отдельным монографиям и статьям для студентов является затруднительным.

В настоящем учебном пособии обобщен современный опыт учета климатологических данных в различных отраслях народного хозяйства, за исключением сельского хозяйства, поскольку студентам метеорологического факультета читается курс агрометеорологии.

В учебном пособии вопросы авиационной климатологии освещены В. А. Шталем, био- и медицинской климатологии — Г. В. Циценко. Вопросы строительной, технической и транспортной климатологии обобщены Н. Ф. Беловым.

Авторы глубоко признательны за ценные советы и замечания, высказанные в рецензиях Л. П. Серяковой, О. Г. Богаткиным, Л. Е. Анапольской и сотрудниками кафедры климатологии ЛГУ им. А. А. Жданова.

ВВЕДЕНИЕ

На раннем этапе развития климатологии ее задача ограничивалась обработкой накопленных рядов метеорологических наблюдений, изучением и описанием климатов Земли. Для этого использовались полученные по данным многолетних наблюдений общие климатические характеристики, главным образом в виде средних и экстремальных значений метеорологических величин.

В дальнейшем климатические данные потребовались для решения многих практических задач в разных отраслях народного хозяйства, что побудило развитие прикладной климатологии — раздела климатологии, в котором рассматриваются возможности и методы использования климатических данных в целях повышения экономической эффективности производств.

Уже на ранней стадии развития климатологии русские ученые уделяли особое внимание практической направленности своих исследований. Еще в работах основоположника русской климатологии А. И. Воейкова были заложены основы агроклиматологии и медицинской климатологии, в частности курортологии и климатотерапии.

В процессе обеспечения разных отраслей народного хозяйства климатологическими данными развились различные направления прикладной климатологии.

В связи с выдающимися достижениями советских летчиков (М. И. Громов, С. А. Шестаков, В. П. Чкалов, С. А. Леваневский и др.) в 30 гг. возникла потребность в климатических характеристиках, интересующих авиацию. Специально подготовленных данных, приспособленных к нуждам и запросам авиации, тогда еще не было. Приходилось пользоваться общими климатическими справочниками, описаниями, статьями.

В 30-х гг. В. А. Шталем, М. В. Беляковым, А. А. Кулаковым и другими специалистами метеослужбы были сделаны первые разработки основ авиационной климатологии. В частности, было сделано много попыток разработать наиболее подходящий для авиации шаблон климатического описания аэродрома, маршрута полетов, района базирования.

В годы Великой Отечественной войны специалисты метеослужбы обеспечивали авиацию авиационно-климатическими справками,

что было крайне необходимо в условиях частого перебазирования авиационных соединений. В послевоенный период потребность в авиационно-климатических сведениях в связи с развитием гражданской авиации сильно возросла. Вместе с тем во многом видоизменились и усложнились требования к авиационно-климатическим описаниям и справкам. Как и раньше, наиболее важными климатическими характеристиками продолжали оставаться характеристики сложных условий посадки самолетов, ветра и опасных явлений погоды. Появление реактивных, а затем и сверхзвуковых самолетов привело к необходимости изучения струйных течений, режима ветра и температуры в нижней стратосфере в целях получения их климатических характеристик.

Успешному развитию авиационной климатологии способствовали исследования К. Г. Абрамович, Л. А. Гавриловой, С. С. Гайгерова, В. И. Воробьева, М. В. Завариной, З. М. МахOVERA и многих других советских ученых. Р. Я. Спасский разработал методы расчета ветровой загрузки взлетно-посадочной полосы. Г. Ф. Молоканов впервые в СССР применил методы расчета эквивалентного ветра и целесообразность его использования при выполнении и планировании полетов. Г. Я. Наровлянский подробно изложил методику обработки наблюдений для получения всех необходимых авиационно-климатических характеристик и составления авиационно-климатических описаний применительно к современным методам и требованиям.

Климатические данные важны для планирования полетов на сезон или иной отрезок времени, составления расписания воздушного движения, организации отдельных особо важных перелетов, выбора типа самолета применительно к трассе или району.

Летчику надо знать климатические особенности каждого сезона в том районе, где он выполняет полет, и время, в которое преимущественно можно ожидать те или иные явления.

Работа технического состава по подготовке самолетов к вылету, производимая на открытом воздухе, зависит от суровости (жесткости) зимних условий. Так, например, установлено, что работы на открытом воздухе нельзя производить при температуре ниже -42° и ниже -25° в сочетании со скоростью ветра более 5 м/с, а также при температуре ниже -10° , когда скорость ветра достигает более 15 м/с.

Климатические данные важны и для планирования загрузки аэродромной техники по очистке взлетно-посадочной полосы (ВПП) от снега и гололеда.

Строители ВПП и аэродромных сооружений, конструируя, учитывают климатические характеристики ветра (выбор наиболее целесообразного расположения ВПП, расчет ее ветровой загрузки),

осадков, снежного покрова (расчет дренажных сооружений), температуры воздуха и почвы, глубины промерзания почвы.

Для правильного анализа атмосферных процессов и составления правильных прогнозов синоптикам надо также знать климатические условия в районе аэропорта и на авиатрассах.

Расширение жилищного и промышленного строительства в существующих населенных пунктах и на вновь осваиваемых территориях, применение новых строительных материалов потребовали более тщательного учета климатических условий, а следовательно, и разработки специальных показателей, которые входят в «Строительные нормы и правила» (СНиП). Это и послужило стимулом для быстрого развития строительной климатологии.

Первые запросы советских строителей к климатологии были очень скромными, что можно проследить по ГОСТам и Строительным нормам и правилам, издаваемым Госстроем СССР.

В 1930 г. были изданы «Правила и нормы застройки населенных мест, проектирования зданий и сооружений», в которых были даны указания об учете отношений световой площади окон к площади пола в жилых зданиях в зависимости от их ориентировки в различных широтах. Там же приводились нормы уклонов крыш в северной, средней и южной полосе Европейской территории Союза. Кроме того, было проведено районирование территории РСФСР по снеговой нагрузке на крыши зданий. Первое схематическое деление территории СССР по климатическим условиям для целей строительства проводилось в «Основных строительных нормах» 1934 г.

При планировании городских кварталов и размещении новых промышленных предприятий прежде всего необходимы климатические показатели скорости и направления ветра (для оценки продуваемости) и распределения температуры с высотой (для оценки условий распространения вредных газов, выделяемых промышленными предприятиями и транспортом).

В процессе проектирования зданий учитывается ветровая нагрузка на стены и снеговая нагрузка на крышу здания.

Расчет отопления и вентиляции зданий основывается на использовании данных о режиме температуры воздуха и ветра, характеристик притока солнечной радиации на стены различной ориентации и продолжительности их нагрева солнечными лучами и данных о количестве солнечного тепла, поступающего в помещения через окна.

Для обеспечения необходимого микроклимата внутри жилого дома учет климатических данных начинается на этапе проектирования. Специалисты насчитывают более 60 планируемых задач, связанных с использованием климатических характеристик 23 метеорологических параметров.

Вопросы транспортной климатологии развиты еще недостаточно. Особенно это касается автомобильного транспорта и оценки влияния климатических условий на перевозку грузов.

Для наземного транспорта значительные трудности по эксплуатации дорог представляют снеготраносы. Они определяют необходимые мероприятия по снегозащите дорог. Теорией переноса снега занимались известные ученые нашей страны (Н. Е. Жуковский, С. А. Чапрыгин, А. Х. Хргиан и др.). Значительная часть теоретических и экспериментальных исследований, выполненных до начала 60-х гг. текущего столетия, обобщена в монографии А. К. Дюнина, который своими работами внес существенный вклад в эту проблему.

Д. М. Мельником разработана методика расчета объема переносимого снега на основании метеорологических наблюдений. Вопросами отдельных территорий СССР по снеготраносимости дорог занимались Н. С. Муретов, Г. Д. Рихтер, И. Д. Копанев и другие. Более детальное районирование всей территории СССР, выполненное по большому числу характеристик переноса снега, опубликовано за последние годы В. М. Михелем и А. В. Рудневой. Географическое распределение климатических характеристик снежного покрова выполнено В. И. Липовской.

Для повышения эффективности эксплуатации наземного транспорта в зимних условиях обычно применяются различные способы борьбы со снежными заносами.

Вопросами защиты дорог от снеготраносов занимаются многие научные учреждения. Например, Московский автомобильно-дорожный институт, Новосибирский институт инженеров железнодорожного транспорта, Сибирский научно-исследовательский институт энергетики и другие.

Зависимость эксплуатации морского транспорта от гидрометеорологических условий довольно широко используется учеными Центрального научно-исследовательского института морского флота и Союзморниипроекта. Климатическое районирование Атлантического, Индийского и Тихого океанов для целей навигации выполнено А. Г. Морозовой. В основу районирования положена пространственно-временная общность и закономерная последовательность атмосферных процессов, позволившая с учетом обобщенных сроков возможной встречи судов с опасными явлениями погоды (ветром, волнением) наметить на акватории трех океанов шесть районов штормовой деятельности. Карты вероятности обледенения судов в Северной части Атлантического океана построены В. И. Смирновым. Большое значение для дальнейшего развития вопросов учета климатологических данных для нужд морского транспорта имеет работа В. М. Шапаева «Гидрометеорологические условия и мореплавание» [14].

Давно известно, что погода и климат оказывают большое влияние на здоровье, самочувствие, работоспособность и настроение человека.

Во второй половине XIX в. А. А. Лихачев в Военно-медицинской Академии впервые измерил калориметрическим путем количество тепла, отдаваемого телом человека в окружающий воздух. В этот же период начались систематические наблюдения с помощью пергелиометра в целях оценки влияния солнечной радиации на людей, находящихся на курортах в Швейцарских Альпах. С этими наблюдениями связывают становление био- и медицинской климатологии и появление приборов — кататермометра и фригориметра, применяющихся для измерения охлаждающего действия окружающего воздуха.

Одновременно физиологи занялись изучением вопроса выработки энергии, освобождающейся в результате окислительных процессов в организме, представляющих основное свойство живых существ. Главной задачей таких исследований было определение интенсивности процесса выработки энергии в организме животных и людей в состоянии покоя при различных климатических условиях.

В 1923 г. группой исследователей Американского общества инженеров отопления и вентиляции было сформулировано понятие об эффективной температуре, выражающей количественную связь между атмосферными условиями и теплоощущением человека. В работах многих советских гигиенистов и климатологов — М. Е. Маршака, П. Г. Мезерницкого, В. А. Яковенко и других были сделаны попытки усовершенствовать метод эффективных температур путем учета солнечной радиации и одежды.

Разработке методов классификации погоды и оценки влияния ее на человека посвящены многочисленные исследования, выполненные Е. Е. Федоровым, Л. А. Чубуковым, Е. М. Ильичевой и другими.

В 30—40 гг. наиболее ценные сведения были получены немецким биоклиматологом К. Бюттнером при изучении теплового обмена между телом человека и окружающей средой. Исследования проводились в лабораторных условиях путем измерений составляющих теплового баланса у испытуемых людей.

В годы второй мировой войны и в послевоенное время изучение реакции человека на климатические воздействия расширилось. Выдающиеся исследования реакции человеческого организма в условиях жаркого и сухого климата выполнил А. Адольф (1949), в условиях теплого и влажного климата — С. Робинзон (1949), в условиях холодного климата — О. Эдхолм и А. Бартон (1957). Армейскими научно-исследовательскими лабораториями были проведены биоклиматические испытания в полевых условиях Аляски, Канады, Долине Смерти в Калифорнии. К исследованию пробле-

мы теплозащитных свойств одежды в различных климатических условиях проявляют большой интерес службы снабжения армий США, Канады и других стран.

В 1961 г. на II конгрессе биометеорологов в Брюсселе были сформулированы основные положения биометеорологии как науки. В эти годы организовано международное биометеорологическое общество.

В 60—70 гг. в Советском Союзе широко проводились исследования влияния климатических факторов на тепловое состояние человека в различных географических районах. Наиболее известные результаты получены в биоклиматических исследованиях, выполненных М. И. Будыко, Г. В. Циценко, Т. Н. Лиопо, Н. В. Гвасалией, Н. П. Поволоцкой и другими для равнинной и горной территории и Б. А. Айзенштат — для районов Средней Азии.

Одной из основных проблем медицинской климатологии является изучение влияния метеорологических факторов на возникновение и обострение заболеваний. В последнее время главное внимание в соответствии с решениями Всемирной Метеорологической Организации (ВМО) и Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) в таких исследованиях обращается на выявление связей сердечно-сосудистых заболеваний с метеорологическими условиями.

Климатологические данные используются врачами-курортологами при выборе мест и лучшего использования климатических условий для курортов, а также гигиенистами для обоснования санитарного нормирования строительства промышленных и жилых объектов, при обосновании гигиенических требований к одежде и определении возможной длительности пребывания человека на открытом воздухе.

Данное пособие рассчитано на студентов вузов, в которых изучается климатология.

В первом разделе настоящего пособия приведены климатические характеристики, необходимые для авиации разных назначений, показаны методы обработки наблюдений для получения этих характеристик. Влияние метеорологических характеристик на деятельность авиации не рассмотрено, поскольку этот вопрос подробно изложен в учебниках авиационной метеорологии.

В последующих разделах пособия обсуждаются вопросы влияния метеорологических факторов на различные стороны человеческой деятельности и возможности использования климатических данных при строительстве и эксплуатации различных сооружений, работе механизмов и транспорта, а также при оценке влияния климатических условий на организм человека. Рассмотрены и специальные климатические показатели, необходимые строителям, руководителям предприятий и врачам курортно-лечебных учреждений. Показаны приемы получения различных климатических нормативов.

1. АВИАЦИОННАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ

1.1. ОСОБЕННОСТИ И ЗАДАЧИ АВИАЦИОННОЙ КЛИМАТОЛОГИИ

Авиационная климатология, как и другие ответвления прикладной климатологии, имеет свои особенности. Авиацию интересует большое количество климатических характеристик многих метеорологических величин. Эти климатические характеристики необходимы авиационным специалистам разных профилей и для разных целей.

В готовом виде многих климатических данных, пригодных для непосредственного использования в авиации (для принятия конкретных решений) нет. Такие данные нельзя заранее подготовить, поскольку невозможно предвидеть что, где, в каком виде и объеме может потребоваться. Поэтому в каждом отдельном случае, когда возникает потребность в авиационно-климатических данных, приходится составлять авиационно-климатическую справку для требуемого пункта, района или авиатрассы на определенный период времени, например, на месяц или сезон.

Для составления авиационных климатических справок обычные справочники и описания малопригодны, поскольку в них нет наиболее важных для авиации данных.

Чтобы иметь возможность составить такую справку, надо располагать заранее подготовленными (систематизированными, обработанными) данными в виде авиационно-климатического описания, справочника, сборника необходимых таблиц, картотеки и т. д.

Для большинства аэропортов теперь имеются подробные климатические описания. Но в связи с развитием авиации часто возникает необходимость накапливать и обрабатывать данные для новых аэропортов, пересматривать и дополнять ранее составленные авиационно-климатические описания.

Решениями XXV съезда КПСС предусмотрено дальнейшее развитие воздушных перевозок и других видов деятельности гражданской авиации. Будет расширяться сеть внутренних и международных авиатрасс, планируется строительство новых и реконструкция действующих аэропортов, появятся новые типы самолетов. Все это не может обойтись без широкого и разностороннего использования климатических данных и потребует от метеоспе-

циалистов, обеспечивающих авиацию, соответствующей подготовки в области авиационной климатологии.

Авиационная климатология имеет ряд существенных особенностей. Она отличается от других ответвлений прикладной климатологии тем, что охватывает не только интересующие авиацию приземные климатические факторы, но и рассматривает климатические характеристики свободной атмосферы до требуемых высот.

До появления реактивных самолетов удовлетворялись данными в пределах тропосферы. Затем авиацию начала интересовать тропопауза и нижняя стратосфера.

В настоящее время большое внимание уделяется ветровому и температурному режиму в нижней стратосфере в связи с вводом в эксплуатацию сверхзвуковых самолетов. Особенно интересны неперiodические стратосферные потепления (районы, повторяемость, интенсивность), а также сезонная смена стратосферной циркуляции и связанные с ней изменения теплового режима, отклонение средних температур на разных уровнях от стандартных значений. Это имеет большое значение, поскольку летно-технические данные самолетов, характеристики авиадвигателей и показания ряда приборов (барометрический высотомер, указатель воздушной скорости, вариометр) относятся к условиям стандартной атмосферы.

Исходными данными для получения высотных климатических характеристик могут быть данные радиозондирования, самолетного зондирования атмосферы, карты барической топографии, фотоснимки распределения облачных полей, получаемые от МИСЗ.

В связи с возникновением и развитием сверхзвуковой авиации возникла новая проблема. Важно не только знать влияние климатических особенностей нижней стратосферы на полеты сверхзвуковых самолетов, но и влияние этих полетов на возможное изменение химического состава воздуха в нижней стратосфере, в частности, знать, не произойдет ли разрушение слоя озона.

О важности этой проблемы свидетельствуют заявление ВМО «Воздействие на слой озона в результате деятельности человека и некоторые возможные геофизические последствия», и новый проект ВМО по глобальному исследованию и мониторингу озона.

Для изучения этого вопроса в начале 70-х гг. в ряде стран были организованы подробные исследования.

Структура авиационно-климатического описания должна быть подчинена требованиям авиации, а расположение материала должно обеспечивать возможность быстрого составления авиационно-климатической справки. Поэтому авиационно-климатическое описание также строится по периодам времени (обычно по сезонам с детализацией внутри сезонов по месяцам), а не по метеовеличинам.

Полезным дополнением является и краткий обзор годового хода основных метеорологических величин, но это не главное в авиационно-климатических описаниях.

Авиационно-климатические характеристики следует связывать с атмосферными процессами, типами атмосферной циркуляции и местными особенностями. Поэтому, приводя характеристики важных для авиации явлений, надо дополнить их данными о повторяемости типов синоптических положений, при которых возникают рассматриваемые явления.

Иногда на повторяемости метеорологических величин и явлений погоды существенно сказываются местные факторы, влияние которых накладывается на влияние макромасштабных процессов. Например, построенное вблизи аэропорта водохранилище, загрязненность воздуха промышленными предприятиями, наличие вблизи аэропорта заболоченной местности, большой реки, озера могут увеличить повторяемость малой видимости. Близость возвышенностей или большого города может создать местную циркуляцию, способствовать образованию сдвигов ветра.

Авиационно-климатическое описание должно быть конкретным и наглядным. Следует четко указывать границы района, участков трассы, а также высоты, к которым относятся приводимые в описании данные. Так же четко, как это будет показано ниже, должны быть разграничены сезоны и периоды суток.

1.2. ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ АВИАЦИИ

Погода существенно влияет на всю деятельность авиации. Она быстро и часто меняется во времени и пространстве.

Климат отражает многолетний режим погоды. Он практически на данном отрезке времени может считаться постоянным фактором, хотя все же медленно меняется. Небольшие изменения климата могут быть замечены на протяжении нескольких лет или нескольких десятков лет. Более крупные изменения происходят на протяжении сотен и тысяч лет, еще более крупные на протяжении десятков и сотен тысяч и миллионов лет.

Изменчивость погоды влечет необходимость четкого метеорологического обеспечения каждого полета. Климатические данные вследствие относительного постоянства климата определенного района или определенной авиатрассы не требуются при обеспечении отдельных полетов. Но они необходимы при решении вопросов более крупного масштаба, например при планировании рейсов на сезон, выборе типа самолета для полетов по определенной трассе в заданных климатических условиях, оценке условий посадки на разных аэродромах, при планировании сельскохозяйст-

венных и строительных работ, ледовой разведки, проектировании аэропортов.

На разные виды деятельности авиации климатические условия оказывают разные влияния.

Ниже рассмотрены влияния климатических условий на транспортную авиацию, деятельность других видов авиации, а также на проектирование аэропортов.

1.2.1. Воздушные перевозки на местных авиатрассах

Местные авиатрассы отличаются малой протяженностью. Полеты по этим трассам производятся на самолетах легкого типа по правилам визуального полета (ПВП), без захода в облака. При сплошной или значительной облачности на трассе и высоте облачности, не обеспечивающей выполнения требований ПВП, и при посадочных условиях ниже установленных минимумов для данных аэропортов и для эксплуатируемых типов самолетов полеты не производятся. Поэтому районы (участки авиатрассы) и периоды времени с большой повторяемостью низкой облачности при покрытии неба более 6—7 баллов отличаются повышенной повторяемостью нарушений регулярности полетов.

Эксплуатация легкомоторных самолетов затрудняется в районах с большой повторяемостью сильных ветров. Сильный встречный ветер на трассе может существенно уменьшить путевую скорость и увеличить продолжительность полета (рис. 1.1). Попутный ветер (при полете в обратном направлении) не компенсирует эффект встречного ветра во время полета «туда». Сильные боковые ветры также неблагоприятны. Они создают большие углы сноса. Легкомоторные самолеты особенно чувствительны к сильным и порывистым ветрам во время снижения, выравнивания и посадки, а также на стоянке.

Полеты легкомоторных самолетов ограничиваются также наличием осадков, ухудшающих видимость на трассе и вле-

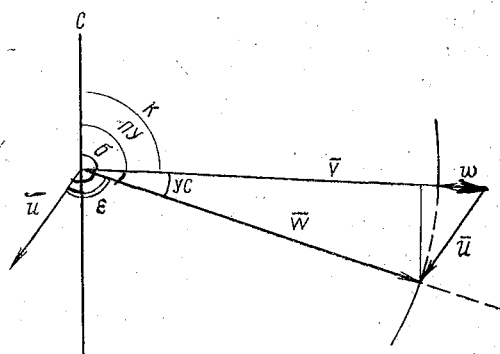


Рис. 1.1. Навигационный треугольник скоростей:

$\bar{V}$ —воздушная скорость, $\bar{u}$ —вектор ветра, $\bar{W} = \bar{V} + \bar{u}$ —путевая скорость, ПУ—путевой угол, К—курс, УС—угол сноса, δ —направление ветра (куда дует), ϵ —угол ветра, w —эквивалентный ветер

кущих обледенение (переохлажденный дождь), и туманом.

Таким образом, для рейсовых полетов на местных воздушных линиях неблагоприятна интенсивная циклоническая деятельность, поскольку с ней связана большая повторяемость низкой облачности, малой видимости, сильных ветров, летом гроз, зимой условий возможного обледенения.

Неблагоприятные условия для полетов на местных воздушных линиях могут быть связаны не только с циклонической деятельностью. Частые радиационные туманы на трассах могут нарушать регулярность полетов при наличии антициклона или гребня.

В некоторых районах местные факторы могут усиливать или ослаблять степень благоприятности климатических условий для выполнения полетов. Местные факторы гораздо сильнее влияют на работу легкомоторной авиации. Для средних и дальних магистральных самолетов внезапное образование тумана на трассе не имеет значения. Легкомоторный самолет, выполняющий полет по Правилам визуального полета, встретив неожиданно полосу тумана, должен вернуться (если не пройден рубеж возврата) или совершить вынужденную посадку.

Авиационно-климатические характеристики, интересующие легкомоторную авиацию, приведены в таблице (см. табл. 1.1).

1.2.2. Воздушные перевозки на линиях средней и большой протяженности

Такие полеты выполняются на средних и дальних магистральных самолетах на больших высотах всегда по Правилам полета по приборам (ППП).

Облачность на трассе не является препятствием для полета, который может производиться в облачном слое. Самолет также пробивает его при наборе высоты и снижении. Исключение представляют кучево-дождевые облака, заходить в которые запрещается, а обход этих облаков надо выполнять с соблюдением установленных правил.

Ветер в полете обычно оказывает на средние и дальние магистральные самолеты меньшее влияние, чем на самолеты с малой воздушной скоростью. Однако, когда полет совершается в струйных течениях, отношение u/V (скорости ветра к воздушной скорости самолета) может быть примерно таким же, какое наблюдалось обычно при полетах тихоходных самолетов в нижней тропосфере. Поэтому климатические характеристики струйных течений представляют большой интерес для современной авиации.

Неблагоприятными климатическими условиями для полетов средней и большой протяженности являются также большая пов-

торяемость гроз на авиатрассе и условий ниже установленных минимумов в пунктах посадки.

Грозы бывают обычно (над сушей) при прохождении атмосферных фронтов, особенно холодных, или окклюзий по типу холодного фронта в теплое время года днем или при сильном развитии конвекции в антициклонах и гребнях. Сложные условия для посадки также связаны с фронтами или с сильным ночным выхолаживанием.

Капли дождя и особенно градины при сверхзвуковой скорости самолета пробивают его обшивку.

Местные условия иногда способствуют образованию или усилению сдвигов ветра в приземном слое.

Важным климатическим фактором может быть преобладание у земли высоких температур в сочетании со слабым ветром и (или) пониженным давлением (ограничение максимального взлетного веса) или преобладание низких температур с сильными ветрами (затруднительность эксплуатации авиационной техники).

Для сверхзвуковых самолетов важны климатические характеристики вертикального распределения температуры, режима температуры в нижней стратосфере, турбулентности в ясном небе, дождя и особенно града.

Расход топлива увеличивается в полете при повышении температуры окружающего воздуха. У сверхзвуковых самолетов расход топлива особенно значителен в слое перехода от дозвуковой к сверхзвуковой скорости. Поэтому этот переход стремятся совершать при температуре окружающего воздуха ниже стандартной. Особенно неблагоприятны для полетов сверхзвуковых самолетов стратосферные потепления.

Эксплуатации сверхзвуковых транспортных самолетов благоприятствуют климатические условия, характеризующиеся небольшой повторяемостью рассмотренных вредных факторов.

Рейсовые полеты на международных воздушных линиях производятся на дальних магистральных самолетах на больших высотах. Ввиду большой протяженности международных воздушных линий в каждом рейсе самолет пересекает зоны с разными климатическими условиями. Для планирования таких полетов нужны климатические данные, аналогичные используемым для внутренних воздушных перевозок по авиатрассам большой протяженности. Но вместе с тем на международных линиях приходится выполнять требования Международной организации гражданской авиации (МОГА) в отношении обеспечения климатическими данными. Поэтому в международных аэропортах должны быть климатические данные, составленные по формам, установленным для всех стран, являющихся членами МОГА.

1.2.3. Другие виды деятельности авиации

Кроме перевозки пассажиров и грузов авиация выполняет много других важных задач. К ним относятся обслуживание сельского хозяйства, выполнение ледовой разведки, аэрофотосъемочных работ, использование вертолетов для строительных работ и другие. Все эти виды деятельности авиации зависят в той или иной степени от климатических условий. Например, для полярной авиации особенно важны климатические характеристики видимости, низкой облачности, ветра, температуры и осадков. Большая повторяемость условий для посадки ниже установленных минимумов лимитирует летную работу. Сильные ветры, метели, снегопады, резкие колебания температуры создают дополнительные трудности при эксплуатации авиационной техники на земле и требуют дополнительных усилий для обеспечения сохранности самолетов на стоянке.

Используя вертолеты для строительных работ, следует помнить, что изменение температуры воздуха на 10° изменяет грузоподъемность вертолета в среднем на 12—14%.

1.2.4. Проектирование, строительство и эксплуатация аэропортов

При выборе места для строительства нового аэропорта руководствуются обычно политическими и экономическими соображениями и учитывают географические, топографические и климатические особенности, которые не являются решающими, но все же могут иметь большое значение. Необходимо знать, в каких условиях будет происходить эксплуатация будущего аэропорта.

Географические особенности (широта места, высота над уровнем моря, близость большой реки, озера, водохранилища, горного хребта или берега моря) могут существенно повлиять на мезоклиматические условия. Например, близость гор или берега моря иногда ограничивает возможные направления взлета и посадки.

Ветровой режим определяет выбор направления ВПП. Оно должно быть наиболее эффективным, чтобы обеспечить нормальную загрузку (85—95%) ВПП. Коэффициент ветровой загрузки рассчитывается по годовой повторяемости ветров разной скорости по направлениям в данном пункте. При этом исходят из допустимых боковых (перпендикулярных к направлению ВПП) скоростей ветра 8—10 м/с, а для аэропортов низшего класса — 6 м/с.

Для оценки, как часто и насколько эффективно в том или ином месяце можно использовать встречный ветер для увеличения взлетного веса самолета, необходимы данные о повторяемости скоростей продольных составляющих ветра разных градаций.

Для расчета загрузки ВПП и вероятности превышения скорости продольной составляющей ветра заданного значения исполь-

зуют развернутые и совмещенные розы ветров, рассмотренные в разделе 1.4.4. При значительной высоте аэропорта над уровнем моря приходится считаться с пониженным давлением на уровне ВПП. Если пониженное давление на аэродроме совпадает с высокой температурой, особенно при слабом ветре, то эти условия приведут к необходимости уменьшения взлетного веса.

Длина взлетно-посадочной полосы, рассчитанная для эксплуатации в нормальных условиях, может оказаться недостаточной, если имеются резкие отклонения плотности воздуха от расчетной.

Длина ВПП определяется с учетом возможных отклонений плотности воздуха у земли от стандартной. Устанавливаемая по летно-техническим соображениям длина ВПП относится к условиям стандартной атмосферы. При проектировании аэропорта в установленную длину ВПП вводят поправки на температуру, давление и влажность воздуха.

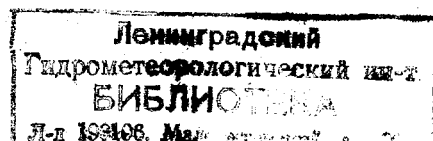
Для введения поправок на температуру и давление рассчитываются поправочные коэффициенты ($k_{t,p}$) для самолетов с поршневыми и турбореактивными двигателями соответственно по формулам

$$k_{t,p} = \left(\frac{273+t}{0,379p} \right)^2 \text{ и } k_{\tau,p} = \frac{k_{\text{разб}} h_0 - t}{k_{\text{разб}} \eta_0 \frac{p}{760} \left(\frac{288}{273+t} \right)^t - f}. \quad (1.1)$$

В этих формулах t и p — расчетные температуры ($^{\circ}\text{C}$) и давления (мм рт. ст.) воздуха, $k_{\text{разб}}$ — коэффициент, учитывающий изменение тяги двигателей в зависимости от скорости при разбеге, η_0 — относительная тяга двигателей на 1 кг взлетного веса, f — коэффициент, характеризующий силу сопротивления качению колес, τ — параметр, зависящий от конструкции турбокомпрессора. Принимается, что $t = 6 + \bar{t}_{13}$, где $\bar{t}_{13}$ — средняя температура воздуха самого теплого месяца в 13 ч, а $p = p_{\text{ст}}$ на высоте проектируемого аэропорта над уровнем моря.

При строительстве ВПП учитываются суточные и годовые колебания температуры воздуха для предотвращения образования трещин и последующего разрушения бетонных плит.

Обеспечение надежной эксплуатации аэропорта. Проектировщикам аэропорта надо заранее знать, в каких условиях будет эксплуатироваться этот аэропорт. Как часто погодные условия будут нарушать возможность взлета и посадки? Как часто регулярность полетов будет нарушаться из-за непригодного состояния ВПП? Какова будет общая годовая и сезонная продолжительность закрытия аэропорта по метеорологическим условиям? Какие экстремальные явления или условия, причиняющие авиации ущерб, могут быть в данном районе, какова их интенсивность и продолжительность? Каков их период возврата? К



таким явлениям можно отнести туманы продолжительностью в несколько суток, дезорганизующие работу аэропорта и влекущие большие убытки; шквалы, могущие опрокинуть, повредить или даже привести в негодность самолеты; грозы, гололед, сильные снегопады, влекущие необходимость быстрой расчистки ВПП.

Ответы на поставленные вопросы могут дать климатические данные, полученные по наблюдениям ближайших, репрезентативных для данного района метеостанций.

1.3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВИАЦИИ КЛИМАТИЧЕСКИМИ ДАННЫМИ

1.3.1. Авиационно-климатические характеристики метеорологических величин

При описании климатов пользуются разными климатическими характеристиками или показателями. Наиболее важными из них являются следующие: 1) средние значения метеорологических величин; 2) среднее число случаев метеорологического явления или среднее число дней с явлением; 3) абсолютное и среднее максимальное и минимальное значение метеорологической величины; 4) повторяемость разных значений или градаций метеорологических величин или явлений; 5) обеспеченность, т. е. вероятность превышения или непревышения заданного значения метеорологической величины; 6) изменчивость (дисперсия) метеорологической величины, т. е. размах колебаний ее значений около средней величины; 7) период возврата явления или значения метеорологической величины; 8) средние даты наступления (или окончания) явления; 9) средние даты установления и разрушения устойчивого снежного покрова, начала и окончания безморозного периода, устойчивого перехода температуры через 0° , и другие; 10) стандартные отклонения от среднего значения.

Для оценки условий полета и посадки самолетов и вертолетов используют главным образом повторяемости, среднее число дней с явлениями, максимумы и минимумы метеорологических величин, средние и крайние даты интересующих авиацию периодов, например периода весеннего (осеннего) размораживания грунтового аэродрома, средний эквивалентный ветер.

На многих метеостанциях, обеспечивающих авиацию еще с 30-х гг., были введены ежечасные наблюдения. Это дало возможность рассчитывать повторяемости видимости, высот облаков, скоростей ветра, ясного, полужасного и пасмурного неба разных градаций. В дальнейшем повторяемости начали включать в климатические описания и справочники.

Некоторые авиационно-климатические характеристики, широко применявшиеся ранее, теперь потеряли свое прежнее значение в связи с происшедшими в авиации изменениями, а вместе с тем и с изменившимися требованиями к климатологии. Устарели такие характеристики, как среднее число дней с туманом, среднее число ясных, полужасных и пасмурных дней. Эти характеристики были очень неопределенны. День с кратковременным радиационным туманом мог быть в дальнейшем полноценным летным днем. Его нельзя сравнивать с днем, когда туман держался с утра до вечера.

Прежде туман считался в известной мере критерием возможности или невозможности посадки. Теперь возможность посадки ограничивает не туман (видимость $V < 1$ км), а установленный минимум погоды для аэропорта, типа самолета и подготовки летчика. Иногда посадка допускается при наличии тумана, например, в некоторых международных аэропортах при условиях I или II категории МОГА (т. е. при $V = 800$ м или $V = 400$ м), а иногда посадка не допускается и в тех случаях, когда отсутствует туман (например, при $V = 1800$ м, если минимум $V = 2000$ м).

Для реактивных и турбовинтовых самолетов в полете облачность не имеет прежнего значения: рейс одинаково выполняется по ППП при облачности (кроме Cb) и без нее. Поэтому теперь такие характеристики, как повторяемость ясного, полужасного и пасмурного неба представляют интерес главным образом для летчиков, летающих на легкомоторных самолетах, по ПВП. Важной характеристикой осталась повторяемость низкой облачности, если высота менее установленного минимума и покрытие неба более 5 баллов.

Появились новые характеристики, которых не было раньше, например, протяженность зон турбулентности, повторяемость болтанки разной интенсивности, отклонение средних температур от стандартных значений, средний эквивалентный ветер. Вместо среднего числа дней с туманом теперь приводят повторяемость сложных условий для посадки (в часах по отношению к общему числу наблюдений).

Кроме климатических характеристик отдельных величин используются характеристики комплексов. Одним из наиболее важных комплексов является повторяемость сложных условий для посадки: ограниченная видимость (по любой причине) и (или) низкая облачность, когда ее высота ниже установленных минимумов.

Другим важным для авиации комплексом является критическая для посадки скорость ветра при разных углах скоса.

В качестве третьего комплекса можно указать на условия возможного обледенения самолетов (наличие капельно-жидкой облачности в сочетании с отрицательной температурой или переохла-

лажденным дождем). Важной климатической характеристикой для авиации является повторяемость гроз и грозовых периодов разной продолжительности.

В табл. 1.1 перечислены основные климатические характеристики, которые могут представить интерес для лиц, занятых планированием или обеспечением полетов. Но эту таблицу не следует понимать как незыблемый перечень климатических характеристик, которые обязательно должны быть отражены в каждой климатической работе. Появляются новые типы самолетов, новое их оборудование, новые посадочные системы и методы обеспечения полетов, осуществляется их автоматизация. Все это ведет к тому, что иногда отпадает надобность в некоторых климатических характеристиках, которые раньше считались важными, и появляются новые требования.

Все же можно полагать, что многие из приведенных в таблице характеристик еще долго сохранят свое значение.

Таблица 1.1.

Климатические характеристики используемых в авиации метеорологических величин

Категория самолетов	Метеорологические величины, явления, состояние ВПП и грунта	Климатические характеристики
Для самолетов всех категорий	<i>Взлет и посадка</i>	
	1. Сложные условия для взлета и посадки: малая видимость по любым причинам ($\equiv$, ∞ , $+$, $*$, $:$) и (или) малая высота облачности (ниже установленных для данного аэропорта минимумов)	1. Повторяемость в процентах по месяцам 2. Повторяемость периодов сложных условий разной продолжительности 3. Повторяемость синоптических положений, влекущих сложные условия
	2. Ветер в слое 0—200 м	1. Повторяемость направлений в процентах 2. Повторяемость скоростей разных градаций 3. Повторяемость больших скоростей разных градаций при больших углах скоса
	3. Плохое состояние ВПП (гололед, снег, талый снег, вода)	1. Среднее число случаев 2. Средняя продолжительность периода

Категория самолетов	Метеорологические величины, явления, состояние ВПП и грунта	Климатические характеристики
Для легкомоторных самолетов	4. непригодное состояние грунтового аэродрома	1. Средние и крайние даты начала и окончания распутицы
Для самолетов и вертолетов всех категорий	Выполнение полета	
	1. Ветер	1. Повторяемость направлений 2. Повторяемость скоростей разных градаций } На требуемых высотах
	2. Грозы	1. Общая повторяемость гроз по месяцам и за сезон 2. Суточный ход повторяемости гроз 3. Повторяемость турбулентности разной интенсивности
	3. Град	Среднее число случаев по месяцам
Для легкомоторных самолетов и вертолетов	1. Облачность 2. Условия возможного обледенения	Повторяемость высот низкой облачности разных градаций при $N \geq 4$ баллов по месяцам 1. Повторяемость комплекса капельно-жидкая облачность и отрицательная температура по месяцам 2. Средняя высота изотерм 0, -10, -20° по месяцам
Для турбовинтовых и реактивных до- и сверхзвуковых самолетов	1. Турбулентность в ясном небе	1. Повторяемость турбулентности разной интенсивности на основных эшелонах 2. Повторяемость зон турбулентности разной протяженности на основных эшелонах
	2. Струйные течения	1. Повторяемость 2. Средняя высота оси 3. Средняя, вертикальная протяженность 4. Средние, вертикальные и горизонтальные сдвиги ветра

Категория самолетов	Метеорологические величины, явления, состояние ВПП и грунта	Климатические характеристики
Для сверхзвуковых самолетов	Температура	1. Распределение средних месячных температур на поверхностях, 100, 50 и 30 мбар 2. Климатические карты отклонений температур от стандартных значений на поверхностях 100, 50 и 30 мбар 3. Вертикальные профили средних месячных температур
Для самолетов и вертолетов всех категорий	<i>Самолеты на стоянке</i> 1. Условия возможного обледенения на земле, (резкие колебания температуры, дождь, снег) 2. Штормовой ветер, шквалы	
		Среднее число случаев по месяцам или за сезон 1. Повторяемость больших скоростей разных градаций по месяцам 2. Повторяемость преобладающих направлений при больших скоростях 3. Среднее число шквалов
Проектирование, строительство и эксплуатация аэропорт.	Метеорологические величины	Климатические характеристики
Оценка климатических условий будущего аэропорта	Подробный климатический обзор условий взлета и посадки, эксплуатации самолетов на земле, эксплуатации ВПП с учетом особенностей намечаемых к эксплуатации типов самолетов	
Строительство ВПП и аэродромных сооружений	Температура воздуха	1. Годовой ход средних месячных температур 2. Абсолютные и средние максимумы и минимумы (годовой и месячные)
	Температура почвы	3. Годовой ход средних месячных температур на поверхности и глубинах

Проектирование, строительство и эксплуатация аэропорт.	Метеорологические величины	Климатические характеристики
Строительство ВПП и аэродромных сооружений	Ветер	4. Розы ветров: обычная, совмещенная, развернуто-совмещенная разностная, скоростная
	Осадки	5. Годовой ход средних месячных сумм осадков
	Снежный покров	6. Число дней с осадками разных градаций 7. Средняя высота по месяцам
Проектирование, строительство и эксплуатация аэропорт.	Метеорологические величины, явления, состояние ВПП и грунта	Климатические характеристики
Эксплуатация грунтового аэродрома	Осадки	Средние и максимальные годовые и месячные суммы осадков
	Снежный покров	1. Средняя высота снежного покрова по месяцам 2. Продолжительность устойчивого снежного покрова 3. Средние и крайние даты начала и конца залеганий устойчивого снежного покрова
	Состояние грунта	Средние и крайние даты начала и окончания весеннего и осеннего размокания аэродрома

1.3.2. Содержание авиационно-климатического описания района аэропорта и авиатрассы

Содержание и структура климатических работ, предназначенных для авиации, подробно и четко изложена в книге Г. Я. Наровлянского «Авиационная климатология». Автор этой книги справедливо отмечает, что несмотря на наличие довольно обширной литературы по методике составления описаний все еще имеет место большое разнообразие в их построении и содержании. Тем не менее, как показала практика, авиационно-климатические описания обычно содержат три раздела: 1) физико-географический об-

зор, 2) общие черты климата и 3) авиационно-климатическую характеристику сезонов.

В физико-географическом обзоре авиационно-климатического описания аэропорта приводятся сведения, необходимые для лучшего понимания последующих разделов и вместе с тем представляющие интерес для авиации. В этом разделе обычно кратко рассматриваются следующие вопросы: 1) общее положение и границы рассматриваемого района радиусом 100—200 км; для показа преобладающих атмосферных процессов целесообразно рассмотреть более обширный район; 2) рельеф; 3) гидрография; 4) почвы и растительность; 5) влияние указанных факторов на климат.

Все эти факторы надо излагать с точки зрения их значимости для авиации; например, излагая особенности рельефа, надо указать высоты над уровнем моря, охарактеризовать рельеф в отношении визуальной ориентировки и возможности выбора места для вынужденной посадки и влияния на погоду. Не следует затрагивать происхождение и возраст гор, составы горных пород и делать другие пояснения, не имеющие отношения к авиации.

Гидрографические данные, как и рельеф, представляют интерес, поскольку они влияют на мезоклиматические условия и являются хорошими ориентирами. Например, большие реки хорошо видны с высоты.

Почвы следует оценивать в отношении их способности размокать после сильных дождей и просыхать после схода снежного покрова. Это важно в отношении эксплуатации грунтовых аэродромов, а также проходимости грунтовых и проселочных дорог.

Растительность определяет общий облик ландшафта и его изменчивость от сезона к сезону.

Излагая физико-географический обзор авиатрассы, следует рассматривать те же вопросы для полосы шириной 100—200 км. При наличии гор, озер, больших рек за пределами этой полосы, но видимых с высот используемых эшелонов, о них также необходимо сказать, указав их навигационное значение.

В разделе «Общие черты климата» обычно освещаются три вопроса: типичные для данного района черты атмосферной циркуляции, определяющие общий фон погодных условий, климатическое районирование и общая характеристика климатических величин.

В этом разделе рассматриваются общие закономерности и сезонные колебания атмосферной циркуляции как для районов аэропорта, так и для авиатрассы.

Единого шаблона изложения атмосферной циркуляции не существует. Можно указать на два более распространенных шаблона: во-первых, описание наиболее типичных в данном районе или на данной авиатрассе синоптических положений, связанных с определенными типами погоды и, во-вторых, показ повторяемости

типов атмосферной циркуляции (например, по Г. Я. Вангенгейму) и типичных для них авиационно-климатических характеристик.

Для примера можно привести заимствованные из книги Г. Я. Наровлянского выдержки описания атмосферных процессов на авиатрассе Марсель — Рим — Афины — Каир в осенне-зимний период.

В холодное время года в связи с усилением циклонической деятельности по сравнению с теплым периодом значительно увеличивается повторяемость сложных условий для выполнения полета по трассе и посадки в ее конечных пунктах. Обострению фронтов и развитию циклонов способствуют контрасты температуры, возникающие за счет вторжения холодного воздуха с Северной Атлантики и Европейского континента или притока теплого воздуха из Африки. Холодный воздух на север Средиземного моря часто проникает через пониженные участки горных цепей, окаймляющих Средиземное море с севера. При этом бывают сильные ветры, особенно в долине Роны (мистраль), в районе Триеста (бора), вдоль Адриатического и Эгейского морей.

Заметное влияние на условия полета вдоль трассы оказывают циклоны, формирующиеся в районе Алжира и Ливии и перемещающиеся на восток вдоль побережья; на теплом фронте из-за сухости континентального воздуха образуются только облака среднего и верхнего ярусов, осадков обычно не бывает. Прохождение холодного фронта сопровождается образованием облаков вертикального развития, иногда с интенсивными ливнями. Для теплых секторов циклонов характерны сильные южные ветры (хамсин), дающие начало песчаным бурям, захватывающим иногда большую территорию от Ливии до Египта. Во время песчаных бурь мелкая пыль поднимается на высоту более 3 км, видимость снижается до 50—100 м. Продолжительность пыльной бури может достигать двух — трех суток.

Климатическое районирование дается в авиационно-климатических описаниях при наличии на рассматриваемой территории существенных для авиации климатических различий.

Принципы авиационно-климатического районирования еще не разработаны, хотя в этом направлении были сделаны некоторые попытки. Они изложены в разделе 1.5.3.

Отсутствие методики и необходимых данных для авиационно-климатического районирования вынуждает пользоваться обычным районированием, хотя оно мало помогает уяснению различий в условиях выполнения полетов и особенно посадок.

При изложении подраздела «Общая характеристика элементов климата» надо показать закономерность территориального и временного (годовой ход) распределения основных климатических характеристик в данном районе. Здесь целесообразно представить годовой ход повторяемостей низкой облачности (например,

$h < 200$ м) и малой видимости, сильных ветров, среднего числа дней с различными явлениями погоды, средних месячных и экстремальных температур, средних месячных сумм осадков. Эти данные необходимо изложить кратко, приводя таблицы и графики, в целях сравнения отдельных месяцев и сезонов между собой.

Не следует приводить характеристики, которые не могут быть использованы в авиации, например, средние высоты низкой облачности. Вместо них лучше дать повторяемости (реальных) скоростей ветра (облачности, видимости) трех-четырех наиболее важных градаций.

Авиационно-климатические характеристики сезонов. Выше уже указывалось, что для удобства пользования климатическими описаниями, справочниками, материал должен быть изложен по периодам времени (по сезонам или месяцам), а не по метеорологическим величинам. Поэтому основной, наиболее обширный раздел авиационно-климатических описаний (справочников) рекомендуется излагать по календарным сезонам, детализируя их по месяцам. В рамках каждого месяца (и сезона в целом) надо приводить климатические характеристики метеорологических величин.

В авиаклиматических характеристиках сезонов сначала указываются типичные для данного сезона особенности атмосферных процессов. Затем приводятся приземные и высотные климатические характеристики, важные для каждого месяца, сезона и для всего года в целом. Эти климатические характеристики перечислены в табл. 1.1, а методика обработки наблюдений для получения этих характеристик рассмотрена в разделе 1.4.

Поскольку важных для авиации климатических элементов и явлений много и каждый из них может быть представлен несколькими характеристиками, то составление климатического описания в полном объеме очень трудоемко. Иногда отдельным специалистам поручается выполнение части этой работы. В таких случаях отбор метеовеличин, характеристик и продолжительности рядов наблюдений производится составителями с учетом располагаемых возможностей.

1.3.3. Изложение текста, графики, карты

Изложение текстовой части авиационно-климатического описания должно отвечать требованиям, предъявляемым к любой научной работе.

Структура (архитектоника) работы. Прежде всего должен быть хорошо продуман план работы (оглавление), т. е. последовательный перечень названий разделов (глав) и подразделов (параграфов), которые будут в данной работе.

При разработке плана должно быть четко определено, на сколько ступеней (рубрик) будет делиться излагаемый материал и как будут сформулированы названия рубрик (часть, раздел, глава, па-

параграф, подпараграф). В зависимости от объема авиационно-климатической работы она может быть одноступенчатой, двухступенчатой (обычно главы и параграфы), трехступенчатой (главы, параграфы и подпараграфы или разделы, главы, параграфы) и т. д.

Небольшие работы имеют обычно одноступенчатую рубрикацию.

Более крупные авиационно-климатические работы обычно имеют двух- или трехступенчатую рубрикацию. При этом заголовки третьей ступени (подпараграфы) не обязательно имеются в каждом параграфе каждой главы.

Изложение текста должно быть последовательным. Нельзя об одном вопросе говорить в разных местах, возвращаться к вопросу, который уже затрагивался раньше.

Необходимо избегать унылого однообразия, постоянного повторения одного и того же шаблона. Например:

«Как видно из табл. 9, зимний сезон отличается наибольшей повторяемостью сложных условий для посадки. Как показывает табл. 15, весной повторяемость сложных условий уменьшается... Анализируя табл. 21, видим, что максимум повторяемости гроз приходится на июль» и т. д.

Для пояснения текста в климатических работах приводятся иллюстрации и таблицы. Иллюстрациями могут быть графики, технические рисунки, схемы, карты, фотоснимки. Все эти виды иллюстраций называются «рисунками» и обозначаются как в тексте, так и в подписных подписях сокращенно «Рис.»

Простые зависимости, которые можно легко и кратко изложить в тексте, не требуют пояснения графиком. Рисунок необходим, когда надо избежать в тексте длинного или сложного объяснения или перечисления.

Виды применяемых в авиационно-климатических описаниях графиков, диаграмм, карт рассмотрены ниже в подразделе 1.3.

Таблицы имеют сквозную нумерацию. Над таблицей пишется ее заголовок, а еще выше справа слово «Таблица» и ее порядковый номер (знак № не употребляется).

Заголовок таблицы должен объяснять, что означают стоящие в таблице числа и какова их размерность. Ниже приведены примеры заглавий таблиц.

Таблица 19

Суточный ход среднего числа случаев перехода низкой облачности в туман.
Аэропорт Вологда. 1960—1974 гг. Январь

Таблица 40

Годовой ход числа случаев нарушений регулярности воздушных перевозок
по метеорологическим причинам. Аэропорт Кустанай. 1978

Таблица 71

Повторяемость в процентах условий ниже минимума $V=1500$ м, $h=150$ м.
Аэропорт Рига. 1970—1975

Не следует делать неопределенные заголовки таблиц. Например, «Результаты исследования взаимозаменяемости аэропортов при сложных условиях погоды» или «Режим приземного ветра в аэропорту Краснодар в зимний период», так как они не объясняют содержания таблицы. Большие таблицы могут быть вынесены в приложение.

Приложениями могут быть графики, схемы, карты, фотоснимки, таблицы. Одно приложение (например, большая таблица) может занимать несколько страниц. Приложения имеют свою нумерацию: приложение 1; приложение 2 и так далее, независимо от нумерации рисунков и таблиц в тексте.

Климатические графики дают возможность наглядного изображения закономерностей временного или пространственного распределения климатических характеристик характера связи между климатическими элементами.

В климатических описаниях, справочниках, монографиях, статьях и других источниках, содержащих авиационно-климатические данные, имеется большое разнообразие графиков. Их можно свести к нескольким типам:

1. Графики, связывающие две переменные величины, например повторяемость (P) какого-либо явления как функцию времени (t). Такие графики используют для показа годового или суточного хода повторяемости явления или значений (градаций) метеовеличин. По оси абсцисс откладываются месяцы или часы суток, а по оси ординат повторяемость или средние температуры ($^{\circ}$), значения осадков (мм), скорости ветра (м/с) или (км/ч) и т. д. Графики такого типа используются также для изображения изменений значений метеорологического элемента от высоты (h), например, $u=f(h)$, где u — скорость ветра.

2. Графики вида $P=f(t, T)$, связывающие три переменные величины, например повторяемость сложных условий для посадки (в процентах) в зависимости от месяца года (абсцисса) и времени суток (ордината), как показано на рис. 1.6 и 1.7. К этому типу графиков относятся вертикальные разрезы температуры, скорости ветра или иной метеорологической величины. По оси абсцисс на таких графиках откладывают обычно расстояния, градусы широты или долготы, а по оси ординат — высоту.

3. Графики, характеризующие зависимость метеорологических величин или явлений от направления ветра. Такие графики называются климатическими розами. К ним относятся розы ветров $P_{\varphi i}=f(\varphi i)$, где $P_{\varphi i}$ — повторяемость ветра, направление которого φi (см. рис. 1.3а, 1.4а); термические розы $\bar{A}=f(\varphi)$, где $\bar{A}$ — средняя температура; розы туманов $P_a=f(\varphi)$, где P_a — повторяемость туманов. Для авиации представляют интерес не только обычные розы ветров, но также совмещенные, развернуто-совмещенные и скоростные, показанные на рис. 1.3б, 1.4б и 1.5.

Для характеристики климатических условий в некотором пункте, районе или на отрезке авиатрассы применяются комплексные графики. На них изображается несколько климатических характеристик для какого-нибудь месяца или сезона или дается годовой ход средних месячных значений метеорологических элементов. На таких графиках должны быть отражены наиболее важные для авиации климатические характеристики: повторяемости условий погоды ниже установленных для данного аэропорта минимумов, опасных явлений, сильных ветров, струйных течений, разных высот тропопаузы, совмещенной и скоростной розы ветра и среднее вертикальное распределение температуры.

Климатические карты служат для показа территориального распределения повторяемостей авиационно-климатических характеристик метеорологических величин или их средних значений. В качестве примера можно указать на карты повторяемости (%) зон возможного обледенения в облаках при температуре от 0 до -10° , на карты отклонения средних суточных температур от стандартных значений.

Вырезка форматки карты должна быть произведена так, чтобы средний меридиан был перпендикулярен к основанию карты. На рис. 1.2 показаны правильная (сплошной линией) и неправильная (прерывистой линией) вырезка карты.

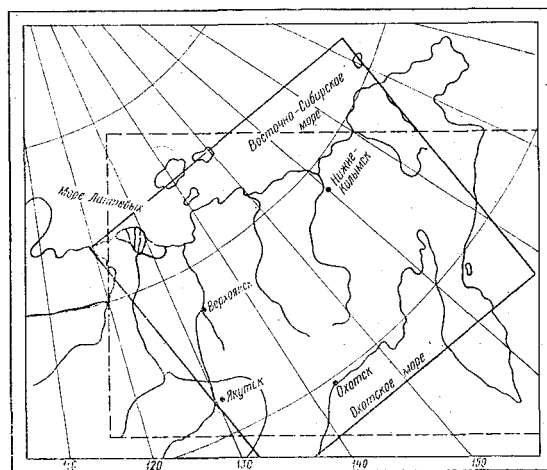


Рис. 1.2. Вырезка карты:

——— — правильная, - - - - - — неправильная

На климатических картах могут быть показаны климатические области, районы и подрайоны с разной степенью благоприятности (или сложности для воздушных перевозок или для других видов

деятельности авиации). На этих же (или на отдельных) картах проводят изолинии повторяемости опасных явлений или важных параметров, например средних значений эквивалентного ветра.

Получили также распространение карты-диаграммы и комплексные карты.

1.3.4. Составление авиационно-климатических справок

Авиационно-климатические справки составляются специалистами АМСГ или других учреждений ГМС СССР по требованию руководящего, летного или технического состава, а также органов, занимающихся проектированием и строительством аэропортов.

Назначение авиационно-климатической справки заключается в том, чтобы дать быстрый и четкий ответ на возникшие вопросы, связанные с учетом или использованием климатических особенностей в данном месте в течение определенного периода времени.

Обычно авиационно-климатические справки составляются на месяц или сезон для района аэропорта или участка авиатрассы.

Справка должна удовлетворять следующим требованиям: 1) она должна быть составлена быстро, 2) отличаться краткостью и четкостью изложения текста и наглядностью приведенных графиков, 3) содержать все необходимые данные для ответа на возникшие вопросы.

Для составления авиационно-климатической справки могут быть использованы авиационно-климатическое описание и другие климатические данные.

1.4. ОБРАБОТКА НАБЛЮДЕНИЙ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ТРЕБОВАНИЯМ АВИАЦИИ

1.4.1. Общие положения

Обработка метеорологических наблюдений представляет собой сложный и трудоемкий процесс. Теория и методика обработки метеорологических наблюдений рассматривается в курсах общей климатологии. Особенности обработки наблюдений для получения авиационно-климатических показателей изложены в работе Г. Я. Наровлянского «Авиационная климатология». До появления ЭВМ обработка производилась вручную. В настоящее время в СССР и за рубежом широко применяется машинная обработка наблюдений.

Для получения авиационно-климатических характеристик по данным ежечасных наблюдений АМСГ в СССР составлена программа обработки применительно к использованию ЭВМ «Минск-22». На АМСГ данные наблюдений заносятся на телетайпную перфоленку по метеорологическому коду КН-01.

В региональных вычислительных центрах (РВЦ) перфоленка вводится в ЭВМ для контроля, обработки следующих данных:

а) таблица первичных наблюдений (цифровые данные), зашифрованных по коду КН-01; б) основная итоговая таблица, содержащая данные о средних и экстремальных значениях давления, температуры, скорости ветра, числе часов с туманом и другими явлениями погоды за каждый срок наблюдений и за месяц; в) таблицы, согласно регламенту ВМО, по форме *A* (число часов с сочетаниями высоты облаков и видимости в определенных пределах), по форме *B* (распределение скоростей ветра по разным направлениям) и по форме *C* (повторяемость сложных условий погоды трех классов).

Указанная автоматизированная обработка климатических данных осуществляется в РВЦ или в других учреждениях, располагающих соответствующей техникой. Наряду с этим пока еще применяется (и, по-видимому, еще долгое время будет применяться) ручная обработка. Обычно к ней прибегают при необходимости выполнить работу небольшого объема, например получить авиационно-климатические характеристики двух-трех метеовеличин или явлений за отдельные месяцы и при продолжительности ряда наблюдений в несколько лет.

В данном разделе рассмотрена ручная обработка наблюдений некоторых важных для авиации метеовеличин.

Прежде всего, приступая к обработке данных, следует решить, какую продолжительность рядов наблюдений надо использовать для выполняемой работы.

Практика составления авиационно-климатических описаний и справок показала, что с достаточной для нужд авиации точностью можно использовать ряды наблюдений в пять и более лет с последующим уточнением полученных характеристик через каждые пять лет.

Количество градаций (K) по каждой метеовеличине не должно быть слишком велико. Для обеспечения статистической достоверности оно должно удовлетворять уравнению $K=5 \lg N$, где N — число наблюдений. Если количество наблюдений невелико, целесообразно ради обеспечения статистической достоверности укрупнить градации, например, объединив ежечасные данные за трех- или шестичасовые промежутки времени.

Выше было показано, что наиболее широко применяемая климатическая характеристика в авиационно-климатических описаниях и справках — это повторяемость. Она обычно выражается в процентах. Пользуясь такими данными, надо отчетливо представлять себе, по отношению к чему вычислены проценты.

Если проценты вычислены по отношению к общему числу наблюдений (например, в октябре за пятилетний период), то получена общая или абсолютная повторяемость. Если же проценты вычислены по отношению к общему числу случаев какого-либо явле-

ния или значения метеорологической величины, то получена частная или относительная повторяемость данного явления.

Частная повторяемость является детализацией общей повторяемости. Если общая повторяемость неизвестна, то частная повторяемость не имеет смысла. Например, в пунктах А и В в июле (продолжительность которого равна 744 часам) повторяемость гроз в период с 14 до 20 часов составляет $\sim 80\%$ от их общего количества. Можно ли утверждать, что грозовая деятельность в июле в этих двух пунктах примерно одинакова? Не зная общей повторяемости, это утверждать нельзя. Если допустим, что в пункте А общая повторяемость гроз была 10% (74,4 ч), а в пункте В 2% (14,8 ч), то при одной и той же частной повторяемости (80%) условия в обоих пунктах существенно различны: в пункте А в июле от 14 до 20 ч общая (суммарная) продолжительность грозового положения равна 80% от 74,4 ч, т. е. приблизительно равна 60 ч, а в пункте В — 80% от 14,8 ч, т. е. приблизительно равна 12 часам. В табл. 1.2 показан пример соотношения между общей и частной повторяемостью (проценты с округлением) сильного ветра в апреле.

Таблица 1.2

Соотношения между общей и частной повторяемостью					
Общая повторяемость			Частная повторяемость		
Распределение общего числа наблюдений	ч	%	Распределение числа наблюдений с сильным ветром	ч	%
Общее число наблюдений (часов)	720	100	Общее число наблюдений с сильным ветром	115	100
Из них:			Из них:		
с сильным ветром	115	16	ночью	28	24
без сильного ветра	605	84	днем	87	76

Выше было показано, что при расчете повторяемостей раньше за единицу счета, т. е. за «случай», часто брали день, ночь или сутки. Такие единицы счета (день с туманом, день с грозой, ясный день и т. д.) отличаются неопределенностью. Поскольку теперь наблюдения производятся ежечасно, удобно за единицу счета (за «случай») брать час.

1.4.2. Исходные данные и производство выборок

При выполнении климатических описаний исходными данными являются записи в книжках наблюдений (КМ-1), метеорологиче-

ские таблицы (ТМ-1), ежегодники наблюдений и климатические справочники и атласы. Иногда в качестве исходных данных используют приземные синоптические карты, карты барической топографии, аэрологические диаграммы и другие материалы. При выполнении климатических работ для авиации обычно наиболее полными и удобными исходными данными являются записи в дневнике погоды АМСГ.

Прежде чем приступить к выборке необходимых данных, надо установить продолжительность периода, за который будет производиться обработка данных, убедиться в пригодности записей наблюдений (карт). Первичные данные должны быть однородны, последовательны, без пропусков. Ошибочные записи или вызывающие сомнение должны быть изъяты. Это относится и к неувязкам или ошибкам на синоптических картах.

Для производства выборок необходимо сначала тщательно продумать, что надо выбрать в соответствии с намеченным планом работы, и подготовить таблицу для каждого месяца, который потребуется отразить в выполняемой работе. В таблице размечаются все дни месяца и все сроки наблюдений. В соответствующие клетки таблицы заносят условными знаками выбираемое явление.

Пример. Требуется произвести выборку случаев сложных условий для посадки ниже минимума $V=1500$ м и (или) $h=150$ м для шести зим (декабрь 1967—1972 г., январь и февраль 1968—1973 гг.). Для каждого из указанных трех месяцев и каждого из шести лет расчерчиваем рабочую таблицу, примерный образец которой приведен ниже (табл. 1.3). Всего получится 18 таблиц.

Произведем выборку случаев, когда $V<1500$ м и (или) $h<150$ м, при $N>4$ независимо от причины ухудшения видимости. К этим случаям будут отнесены все наблюдения с отметкой видимости 1500 м и меньше (из-за тумана, дымки, снегопада, метели) и все случаи с облачностью 150 м и ниже (при $N>4$) независимо от видимости.

Аналогично заполняем остальные подготовленные таблицы. Если выборки нужны для получения каких-либо характеристик по некоторому району, а не только по одному пункту, то в пределах этого района выбирают несколько точек и для них делают такие же выборки за те же месяцы и за то же число лет.

Количество пунктов, данные которых надо использовать, зависит от протяженности района, наличия метеорологических станций с рядами наблюдений требуемой длительности и от располагаемого времени для обработки.

Выборки случаев сложных условий для посадки $V < 1500$ м и (или) $h < 150$ м

Февраль 1973

Дата	Видимость и высота	Сроки наблюдений								Сутки, число случаев					
		01	02	03	04	05	06	07	08		...	22	23	24	
1	V h				120	120	150	=1000	1500						
2	V h								130			500	500		
3	V h														
4	V h														
...															
27	V h	*1200	*1500												
28	V h														
	Σ														

1.4.3. Обобщение выборок и расчет повторяемостей

Когда закончена выборка данных, приступают к их обобщению. Оно обычно производится по следующим этапам:

1) выборки, произведенные для какого-либо месяца за отдельные годы, обобщаются по данному месяцу за все количество взятых лет;

2) месячные многолетние данные обобщаются по сезонам;

3) многолетние сезонные данные для какого-либо пункта обобщаются (если это требуется) по району, при этом используются многолетние месячные данные нескольких пунктов.

Рассмотрим указанные три этапа обобщения на примерах.

1. *Обобщение данных отдельных лет за весь период.* Имеется шесть таблиц выборок сложных условий для посадки ($V < 1500$ и (или) $h < 150$ м) за декабрь с 1967 по 1972 г. Требуется обобщить эти данные за шесть лет. Для этого составляют таблицу (табл. 1.4), в которую записывают последние строчки из таблиц выборок. Затем подсчитывают суммы случаев за каждый срок наблюдения и за сутки (за шесть лет в декабре). Эти суммы записывают в строку суммы Σ .

Далее производится расчет общих повторяемостей для каждого срока и за сутки. Для этого кроме имеющихся в таблицах выборок данных о числе наблюденных случаев за каждый срок ($n_{01}, n_{02}, \dots, n_{24}$) и за сутки (n) надо еще знать число возможных случаев N_i (i — срок наблюдения). Для каждого срока оно будет 31 (день) $\times 6$ (лет) $= 186$ (в каждый срок производилось наблюдение один раз в сутки). Для суток число возможных случаев, т. е. общее число наблюдений, $N = 24$ (часа) $\times 31$ (день) $\times 6$ (лет) $= 4464$.

Общая повторяемость для каждого срока (P_i) определяется по формуле $P_i = \frac{n_i}{N_i} \cdot 100\%$, а для суток $P = \frac{n}{N} \cdot 100\%$.

Пример. Допустим, что в 10-часовой срок наблюдений было отмечено в течение шести лет в декабре (1967—1972) 50 случаев (наблюдений) с погодой ниже минимума (см. табл. 1.4). Тогда повторяемость таких условий в 10 часов будет

$$P_{10} = \frac{50}{186} \cdot 100 = 26,8 \approx 27\%.$$

Если за все сроки наблюдений в течение тех же шести лет в декабре было 1037 случаев с погодой ниже минимума, то их суточная повторяемость для декабря за шесть лет будет

$$P = \frac{1037}{4464} \cdot 100 = 23,3 \approx 23\%.$$

Таблица 1.4
Число случаев и повторяемости в процентах условий погоды $V < 1500$ м, $h < 150$ м в декабре за 1967—1972 гг. в пункте А

Год	Часы суток																								Р %
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1967	6	7	7	8	6	5	7	5	5	10	8	6	8	7	6	5	7	6	6	7	7	5	4	6	154
1968	8	5	6	9	4	10	3	10	12	11	9	4	2	4	5	5	7	6	7	3	4	4	6	5	149
1969	10	11	10	11	10	8	5	6	6	7	4	3	6	5	4	5	4	5	3	6	4	5	5	7	151
1970	7	7	9	9	10	11	12	7	6	5	5	4	7	6	5	5	3	5	6	4	5	5	6	7	157
1971	8	6	10	8	11	6	10	11	6	4	10	11	10	9	11	10	10	12	10	6	9	7	7	8	210
1972	9	10	4	8	10	10	9	9	14	13	8	10	9	10	8	6	7	6	8	11	9	10	8	10	216
$\Sigma n_i, n$	48	46	46	53	51	50	46	48	49	50	44	38	42	41	39	37	38	41	40	37	38	36	36	43	1037
P_i^*, P (%)	26	25	25	28	27	27	25	26	26	27	24	20	23	22	21	20	20	22	22	20	20	19	19	23	23,0

* С округлением

$$N_i = 31 \times 6 = 186 \quad P_i = \frac{n_i}{N_i} \cdot 100\%$$

$$N = 24 \times 31 \times 6 = 4464 \quad P = \frac{n}{N} \cdot 100\%$$

Таблица 1.5
Число случаев (n) и повторяемость P сложных условий для посадки ($V < 1500$, $h < 150$) в пункте А зимой (1967—1972)

Месяц	Ч а с ы с у т о к																								Сутки
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Декабрь	47	40	38	60	62	50	46	40	30	44	38	42	50	40	32	40	44	47	42	46	32	44	48	43	1042
Январь	28	30	36	34	39	21	37	42	30	28	22	18	22	16	12	24	30	16	38	30	34	33	28	40	687
Февраль	32	32	30	36	37	38	46	34	50	22	24	12	14	16	20	32	32	30	32	32	38	36	26	20	705
Сезон n_i, n	106	102	104	130	138	109	123	116	110	94	84	72	86	72	64	96	106	93	112	98	164	110	102	103	2434
P_i^*, P (%)	19	18	19	24	25	20	23	22	20	17	15	13	16	13	12	18	19	17	21	18	19	20	18	19	19

* С округлением

$$N_{\text{сез}} = 24 \times 90 \times 6 = 12960$$

$$n_{\text{сез}} = 90 \times 6 = 540 \quad P_{\text{сез}} = \frac{2434}{12960} \cdot 100 = 19\%$$

Можно поступить иначе: сложить повторяемость каждого из этих шести декабрей и полученную сумму (139,4) разделить на число лет. Получим тот же результат: $139,4/6 \approx 23\%$.

2. *Обобщение по сезонам.* Для обобщения полученных месячных повторяемостей за сезон (за теплое или холодное полугодие или вообще какой-либо период) составляют следующую таблицу (табл. 1.5). В нее заносят предпоследнюю строчку из табл. 1.4 за каждый месяц (число случаев), складывают и полученные суммы вписывают в строку «Сезон». Повторяемость за сезон ($P_{\text{сез}}$) рассчитывают по той же формуле, но за значение N берут число наблюдений за то же число лет, но уже не за 31, а за $31+31+28=90$ дней, т. е. $24 \times 90 \times 6 = 12960$.*

Пример. За шесть лет в декабре было 1042, в январе 687, а в феврале 705 случаев с условиями ниже минимума. Какова их сезонная повторяемость?

$$P_{\text{сез}} = 1042 + 687 + 705 = 2434; N_{\text{сез}} = 12960;$$

$$P_{\text{сез}} = \frac{2434 \cdot 100}{12960} \approx 19\%.$$

3. *Обобщение по району.* Иногда возникает необходимость оценки климатических условий не только в отдельных пунктах, но и по некоторому району в целом, по авиатрассе или ее отдельным участкам. Для этого данные отдельных пунктов обобщаются по площади или трассе. Это можно выполнить, во-первых, путем арифметического осреднения рассчитанных значений для отдельных точек и, во-вторых, путем картографирования.

В первом случае получают среднее число дней с каким-либо явлением (с грозой, градом, струйным течением), среднее значение метеорологической величины (например, среднюю скорость эквивалентного ветра по маршруту φ_m для полета туда и обратно) или среднюю повторяемость тех или иных условий по месяцам или сезонам.

Во втором случае месячные или сезонные повторяемости или иные характеристики наносят на бланк карты и проводят изолинии или используют иные приемы графического изображения преобладающих типов погоды на трассе. Некоторые образцы картографирования климатических условий на авиатрассах показаны в работе И. Г. Гутермана и М. Г. Найшуллера.

Полученные климатические характеристики по району или трассе в виде таблиц, графиков или карт дают возможность, во-

* В течение шести лет бывает один-два високосных года. Поэтому к числу часов 12960 надо было бы добавить 24 или 48 часов. Если считать точность до 1% достаточной, то учетом високосного года можно пренебречь.

первых, оценить влияние климатических условий на выполнение поставленных перед авиацией задач и, во-вторых, сравнивать степень благоприятности в климатическом отношении для деятельности авиации разных районов или участков авиатрасс.

Общая повторяемость важных для авиации явлений, значений отдельных метеорологических величин или их комплексов дает возможность судить, в какой мере они затрудняют взлет и посадку в данном аэропорту или выполнение полетов в данном районе. Общая повторяемость отвечает и на ряд важных вопросов: какая доля продолжительности месяца, составляющей 720 или 744 ч (в феврале 672 ч), не пригодна для выполнения посадки, как часто на трассе бывают грозы, струйные течения, умеренная или сильная турбулентность, условия возможного обледенения и т. д.

Однако для получения исчерпывающего ответа на подобные вопросы одной общей повторяемости иногда бывает недостаточно. Например, в аэропорту «К» общая повторяемость сильных ветров у земли равна 16%. Следовательно, в течение месяца набирается 115 ч., когда по условиям ветра затрудняется посадка. Возникают дополнительные вопросы: на какое время суток приходятся преимущественно эти 115 ч.? Если они бывают главным образом ночью, когда полетов меньше, значимость их невелика. Если же они наблюдаются преимущественно днем, когда выполняется большинство рейсов, то ветровые условия будут оказывать существенное влияние на выполнение посадок.

Для ответа на этот вопрос надо выяснить, как распределяется общее число случаев сильного ветра (115) по часам суток. Иначе говоря, надо вычислить частные повторяемости сильных ветров в разные часы суток по отношению к их общему числу (т. е. к 115 случаям сильного ветра, которые, в свою очередь, составляют 16% от общего числа наблюдений).

Ниже приведен примерный образец таблицы (табл. 1.6) для расчета частных повторяемостей больших скоростей ветра по часам суток. В этой таблице в графах 01, 02, ... показано для конкретного года число случаев с сильным ветром в каждый срок наблюдений, а в последней графе — за все сроки, т. е. за сутки. В предпоследней строке показаны суммы случаев сильного ветра за все шесть лет по каждому сроку и за сутки.

Таблица 1.6^в

Число случаев и частная повторяемость (%) ветров $u \geq 15$ м/с
Аэропорт К. Январь. 1968—1973 гг.

Год	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Сутки
1968	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	3	4	1	—	1	1	—	—	1	—	—	16
1969	2	1	1	—	1	2	3	1	—	—	3	2	2	2	3	2	1	1	2	2	1	1	2	—	21
1970	—	—	—	—	1	1	1	2	—	—	—	—	1	1	1	2	3	2	2	—	—	—	1	—	24
1971	1	—	—	—	1	1	1	2	—	—	—	—	2	1	1	2	1	1	—	—	2	—	1	2	18
1972	1	1	1	—	1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	1	3	—	—	—	—	—	14
1973	1	1	2	—	—	2	3	2	—	—	—	—	—	2	1	8	1	6	9	2	5	2	3	2	22
За 1968—1973	5	6	6	—	3	7	6	5	—	—	4	3	5	9	10	9	8	6	9	2	5	2	3	2	115
$P_{\text{частн}} (\%)^*$	4	5	5	—	3	6	5	4	—	—	4	3	4	8	9	9	7	5	8	2	4	2	3	2	100

* С округлением до 1%.

1.4.4. Обработка данных наблюдений отдельных метеорологических величин

Основной климатической характеристикой метеорологических величин и явлений, представляющих интерес для авиации, является, как было показано выше, повторяемость. Обработка наблюдений для их получения была рассмотрена в разделе 1.4.3 на примере самого важного для авиации комплекса видимости и облачности (или одной из этих метеовеличин).

Видимости и высота нижней границы облачности. Кроме указанного комплекса рассматривают также отдельно повторяемости видимости и высоты низкой облачности. Расчет повторяемости каждой из этих метеорологических величин производится аналогично повторяемости их комплекса рассмотренного в разделе 1.4.3. Градации для этого всегда берутся односторонние в соответствии с установленными для данного аэропорта минимумами. Например, для видимости могут быть выбраны градации меньше 2000, 1500, 1000, 800 и 400 м, а для высоты облачности меньше 300, 200, 150, 100, 60 и 30 м.

Поскольку минимумов много и дать климатические характеристики для каждого из них практически невозможно, выбирают наибольшее число наиболее типичных минимумов.

Сумма повторяемостей видимости $P(V)$ и высоты облачности $P(h)$ для некоторого минимума $\Pi = P(V) + P(h)$ может быть использована для приближенного расчета повторяемости комплекса $P(M)$, характеризующего данный минимум. Если $\Pi \leq 40\%$, то $P(M) = 0,87 \Pi$ [7].

Ветер. Повторяемость направлений ветра рассчитывается обычно для 8 или 16 румбов.

По рассчитанным повторяемостям направления ветра строят розы ветров. Обычные розы ветров показаны на рис. 1.3а, 1.4а.

а) Поскольку взлет и посадка с каждой ВПП производится с двух противоположных направлений, можно рассчитать суммарные повторяемости этих двух направлений и по ним построить совмещенную розу ветров.

Допустим, что имеется следующее распределение повторяемостей (%) направления ветра

С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Сумма
10	5	11	7	9	12	18	28	100

Сложив повторяемости противоположных румбов, получим

С+Ю	СВ+ЮЗ	В+З	ЮВ+СЗ	Сумма
19	17	29	35	100

б) Построенная по этим данным совмещенная роза ветров по-

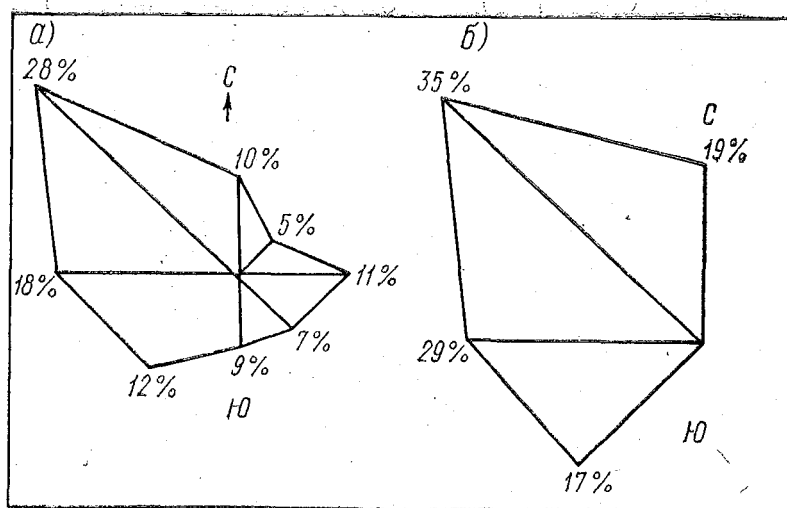


Рис. 1.3. Обычная (а) и совмещенная (б) роза ветров

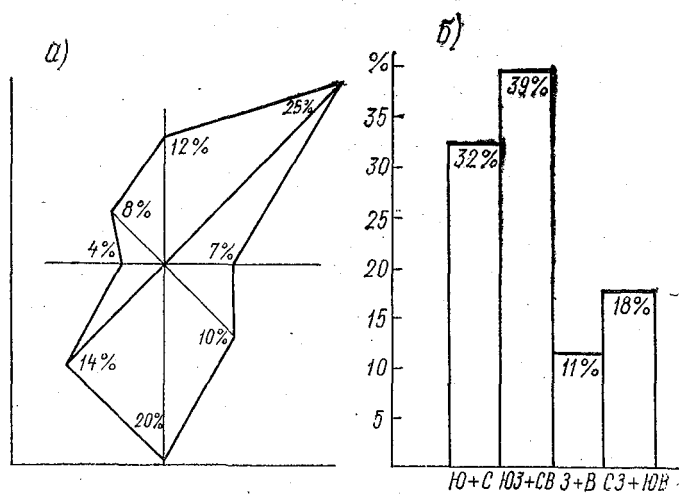


Рис. 1.4. Обычная (а) и развернутая совмещенная (б) роза ветров

казана на рис. 1.36. Если построить по суммарным повторяемостям противоположных румбов совмещенную розу ветров в прямоугольной системе координат, получим развернутую совмещенную розу (рис. 1.46).

Бывает необходимость знать распределение повторяемостей направлений ветра по градациям скорости. Для этого рассчитывают повторяемости сочетаний направления и скорости ветра. По этим данным строится скоростная роза ветров (рис. 1.5).

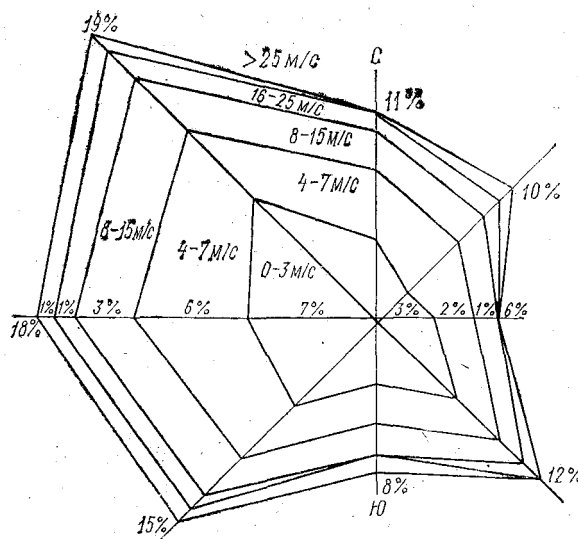


Рис. 1.5. Скоростная роза ветров

Для получения среднего (результатирующего) вектора ветра пользуются формулой

$$|\vec{u}_r| = u_r = \frac{1}{n} \left| \sum_1^n \vec{u}_i \right|, \quad (1.2)$$

где $\left| \sum_1^n \vec{u}_i \right|$ модуль суммы векторов ветра, n — число наблюдений.

Направление суммарного вектора ветра является направлением результирующего ветра.

Для выполнения расчета по указанной формуле надо; во-первых, по данным ветрового зондирования получить векторы скоростей ветра на данном уровне за некоторый промежуток времени, во-вторых, сложить полученные векторы и, в-третьих, разделить полученную векторную сумму на число наблюдений.

По средним картам абсолютной топографии можно при помощи градиентной линейки по густоте изогипс определить модуль результирующего ветра. Направление его примерно совпадает с касательной к изогипсам.

Характеристики изменчивости ветра. Изменчивость ветра характеризуется двумя параметрами:

1) изменчивостью модуля скорости (σ_s). Она характеризуется скалярным средним квадратическим отклонением и рассчитывается по формуле

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (u_i - u_s)^2}{n}}, \quad (1.3)$$

где u_s — средняя скорость ветра;

2) изменчивостью вектора скорости (σ_r), которая оценивается средним квадратическим отклонением вектора ветра. Ее расчет производится по формуле

$$\sigma_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\vec{u}_i - \vec{u}_r)^2}{n}} \quad \text{или} \quad \sigma_r = \sqrt{u^2 - u_r^2}, \quad (1.4)$$

где u^2 — средний квадрат модулей индивидуальных векторов ветра, u_r — результирующий вектор скорости ветра.

Расчет сдвигов ветра. Сдвигом ветра (β) называют векторный вертикальный градиент скорости ветра, равный разности векторов скорости ветра на двух соседних уровнях единичного слоя атмосферы, отнесенной к толщине слоя:

$$\beta = \frac{\bar{u}_2 - \bar{u}_1}{\Delta z}, \quad (1.5)$$

где u_1 и u_2 — векторы скорости ветра на верхней и нижней границах слоя, толщина которого Δz . Вертикальные сдвиги ветра рассчитываются в километрах в час на 1 км.

Средний вектор вертикального сдвига ветра определяется модулем β_r и направлением α :

$$\beta_r = \frac{1}{n} \left| \sum_{i=1}^n \vec{\beta}_i \right|, \quad (1.6)$$

где $\left| \sum_{i=1}^n \vec{\beta}_i \right|$ — модуль суммы векторов отдельных вертикальных сдвигов.

Расчет среднего эквивалентного ветра. Эквивалентным ветром (ω) называется расчетный ветер, направленный вдоль маршрута и оказывающий на величину путевой скорости (W) такое же влияние, как фактический ветер (см. рис. 1.1).

$$\omega = W - V, \quad (1.7)$$

где V — воздушная скорость. Если $W > V$, то ω имеет знак + (попутный).

При навигационных расчетах для конкретного вылета значение ω берется из таблиц, рассчитанных для разных воздушных скоростей и углов ветра.

При планировании полетов на некоторый период пользуются климатическими характеристиками эквивалентного ветра.

Рассмотрим порядок действий при расчете среднего эквивалентного ветра для пункта и для маршрута.

Сначала для пункта рассчитывается средний эквивалентный ветер (ω_j) для каждого отдельного румба (j) по формуле:

$$\omega_j = u_j \cos \varepsilon_j - \frac{u_j^2}{2V} \sin^2 \varepsilon_j \quad (1.8)$$

и составляется таблица эквивалентного ветра (км/ч) при различных путевых углах (ПУ), углах ветра (ε), направлениях (δ) и скоростях (u) ветра и разных воздушных скоростях V (табл. 1.7).

Затем надо составить таблицу повторяемости в процентах ветров разных направлений по градациям скорости.

Значения ω_j из табл. 1.7 и соответствующие им выраженные в процентах повторяемости ветров P_j подставляются в формулу среднего эквивалентного ветра по всей совокупности наблюдений

$$\frac{1}{100} \sum_{j=1}^k \omega_j p_j. \quad (1.9)$$

Получив значения эквивалентного ветра для ряда пунктов, можно рассчитать среднюю многолетнюю скорость эквивалентного ветра на маршруте по формуле

$$\omega_m = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^n \omega_i S_i, \quad (1.10)$$

где S — длина маршрута, S_i — длина участка маршрута i .

При малых различиях длины отдельных участков маршрута можно пользоваться формулой

$$\omega_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \omega_i. \quad (1.11)$$

Таблица 1.7

Эквивалентный ветер (км/ч) при разных путевых углах (ПУ), направлениях и скоростях ветра

Угол ветра направление- (в)вин		Путевой угол						Градации скорости ветра, м/с (км/ч)											
		0	45	90	135	180	225	270	315	0-4 (7)	5-9 (25)	10-14 (43)	15-19 (61)	20-24 (79)	25-29 (97)	30-34 (115)	35-39 (133)	40-44 (151)	45-49 (169)
0	Ю	ЮЗ	З	СЗ	С	СВ	В	ЮВ	7	25	43	61	79	97	115	133	151	169	187
45	ЮЗ	З	СЗ	С	СВ	В	ЮВ	Ю	5	17	32	62	54	66	78	89	101	112	123
90	З	СЗ	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	0	0	1	2	4	5	7	10	13	16	19
135	СЗ	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	-5	-18	-33	-44	-57	-71	-85	-99	-113	-127	-142
180	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	-7	-25	-43	-61	-79	-97	-115	-133	-151	-169	187
-135	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	С	-5	-18	-33	-44	-57	-71	-85	-99	-113	-127	-142
-90	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	С	СВ	0	0	1	2	4	5	7	10	13	16	19
-45	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	С	СВ	В	5	17	32	42	54	66	78	89	101	112	123

$V=900$ км/ч

V=900 км/ч

Пункты, для которых рассчитывались средние значения эквивалентного ветра на каждом участке маршрута, должны быть по возможности близки к середине участка.

Для облегчения расчета необходимых в штурманской практике значений эквивалентного ветра можно пользоваться картами эквивалентного ветра, которые имеются в специальных атласах.

Климатические характеристики струйных течений. Для расчета повторяемости струйных течений по данным ежедневных карт абсолютной топографии строится карта расположения выбранной ПВФЗ. Вдоль ее оси выделяют соизмеримую с размерами барических образований область спущения изогипс и подсчитывают число случаев (карт), когда ось струйного течения располагалась в пределах выбранной площади. Затем рассчитывают повторяемость струйных течений по отношению к общему числу рассмотренных ежедневных карт.

Средние значения вертикальных градиентов скорости ветра обычно рассчитываются по слоям толщиной 1 км от оси струйного течения вверх и вниз.

Среднюю ширину и среднюю вертикальную протяженность находят простым осреднением полученных значений этих параметров в пределах скорости ветра обычно больше или равной 100 км/ч.

1.5. НЕКОТОРЫЕ ПРИМЕРЫ АВИАЦИОННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.5.1. Климатическая оценка возможности замены аэропорта посадки при сложных условиях погоды

Для решения вопросов, связанных с выполнением плана развития воздушных перевозок, надо располагать научно обоснованными авиаклиматическими данными. В частности, авиаклиматические характеристики необходимы для оценки возможностей замены одного аэропорта другим при сложных для посадки условиях погоды.

Задача сводится к следующему: если основной аэропорт А закрыт по метеорологическим условиям, то какова вероятность, что одновременно не будут закрыты запасные аэропорты Б и В, на которые можно было бы направить прибывающие в аэропорт А самолеты.

Такие исследования производились в СССР и других странах. Советские авторы применяли следующую методику. Рассчитывались повторяемости сложных условий в зимние месяцы для разных минимумов:

1) в каждом из трех аэропортов при условии, что в двух других аэропортах посадка возможна, по формуле $P = \frac{n}{N} \cdot 100\%$;

2) одновременно в аэропортах А и Б по формуле $P_{AB} = \frac{n_1}{N} \times 100\%$;

3) одновременно во всех трех аэропортах по формуле $P_{A, B, B} = \frac{n_2}{N} \cdot 100\%$.

В этих формулах $P_A \cdot P_{AB} \cdot P_{ABV}$ — соответственно повторяемости (вероятности) условий ниже минимума только в аэропорту А, одновременно в аэропортах А и Б и одновременно в аэропортах А, Б, В; n, n_1, n_2 — число случаев условий ниже минимума только в пункте А, одновременно в пунктах А и Б и одновременно во всех трех пунктах.

Расчет вероятности, что аэропорт Б не будет закрыт при закрытии аэропорта А рассчитывается по формуле

$$\Pi = 100 - P_{A, B} \%$$

Произведя расчет этих повторяемостей, можно установить, какие пункты наиболее целесообразно использовать в качестве запасных аэродромов.

Результаты аналогичного исследования, произведенного в ГДР, были опубликованы в статье Венера. По ежечасным наблюдениям в аэропортах Берлин-Шёнефельд, Дрезден и Эрфурт были определены повторяемости посадочных условий ниже 1-й категории (видимость менее 800 м или облачность ниже 60 м). По этим данным построены графики изоплет повторяемости указанных условий в каждом из трех аэропортов. Из графиков видно, например, что в Берлине-Шёнефельде с апреля до августа повторяемость указанных сложных условий менее 1%, а в октябре и ноябре между 00 и 09 ч по среднему гринвичскому времени — более 15% (рис. 1.6).

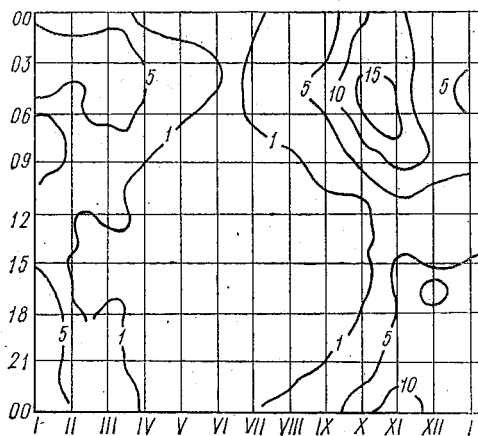


Рис. 1.6. Суточный и годовой ход сложных условий для посадки

Таблица 1.8

Вероятность (%) плохой погоды в запасных аэропортах, когда в основном аэропорту (Берлин) отмечается такая же погода (с 6 до 9 ч)

Месяц	Берлин (основной аэропорт)		Гамбург (250)	Бремен (310)	Копенгаген (350)	Нордберг (380)	Кельн (470)	Мюнхен (510)	Амстердам (580)	Брюссель (650)	Франкфурт (730)	Париж (880)	Лондон (920)
	N	P											
I	119	15,9	51	42	31	17	20	22	32	38	32	50	31
II	133	19,7	69	49	32	38	17	30	26	26	47	30	36
III	108	14,6	61	49	44	10	23	15	28	37	20	18	33
IV	19	2,6	16	11	16	5	0	26	5	0	6	0	11
V	4	0,5	50	25	0	0	0	0	25	25	0	0	0
VI	9	1,2	0	0	11	11	22	11	11	11	22	0	11
VII	17	2,3	29	23	0	0	18	0	29	23	6	0	0
VIII	9	1,2	56	11	0	0	0	0	22	0	0	0	0
IX	23	3,2	30	17	9	30	17	9	9	39	25	9	17
X	111	14,9	70	46	30	33	28	23	22	33	50	33	19
XI	178	24,8	60	40	11	12	12	21	17	24	20	31	46
XII	202	27,1	59	41	30	37	59	41	52	22	47	46	25
Год	932	10,6	59	41	26	24	17	25	29	28	34	33	26

Примечание: В скобках указано примерное расстояние от Берлина (в километрах)

Повторяемость одновременного ухудшения посадочных условий ниже минимума 1-й категории в аэропортах Дрезден и Эрфурт в октябре и ноябре достигает 8,5%. Когда оба эти аэропорта закрыты, запасным может служить Берлин-Шёнефельд. Одновременное закрытие по условиям погоды всех трех аэропортов бывает в ночные часы периода сентябрь — ноябрь и с 04 до 10 ч в январе. Вероятность таких случаев осенью 3—4%, а продолжительность обычно не превышает 3 часов, хотя в одном случае в сентябре она составила 9 и в двух других случаях 12 и 13 часов.

Выше приведена заимствованная из книги Г. Я. Наровлянского [7] таблица вероятностей (%) плохой погоды в запасных аэропортах, когда в основном аэропорту (Берлин) отмечается такая же погода (табл. 1.8).

Эта таблица была рассчитана Гуссом (Guss, 1966) по данным за период с 1941 по 1954 г. Обработка данных производилась для каждого месяца и для разных периодов суток с интервалом через 3 ч. Повторяемость погоды ниже минимумов $V=1$ мили, $h=500$ футов и $V=0,5$ мили и $h=200$ футов производилась по формуле

$$P = \frac{n}{N} \cdot 100\%.$$

Повторяемость условий погоды, не пригодных одновременно для посадки как в основном, так и в запасном аэропорту, рассчитывалась по формуле $P_1 = \frac{n_1}{n} \cdot 100\%$, а повторяемость условий, пригодных для посадки в запасном аэропорту, по формуле $P_2 = 100 - P$.

Средние годовые данные таблицы свидетельствуют о том, что повторяемость одновременного наступления условий погоды, исключающих возможность посадки как в основном, так и в запасном аэропорту уменьшается по мере удаления запасного аэропорта от основного. Эта закономерность сохраняется до удаления запасного аэропорта от основного на 400—500 км. При дальнейшем увеличении расстояния до 700—800 км между основным и запасным аэропортом намечается обратная тенденция. Однако эту закономерность иногда нарушает влияние местных факторов.

1.5.2. Оценка климатических условий как фактора, нарушающего регулярность полетов

Наряду с проблемой обеспечения безопасности полетов стоит другая важная проблема — обеспечение регулярности воздушных перевозок. Нарушение регулярности полетов может произойти по

техническим, организационным, метеорологическим и другим причинам.

Здесь рассмотрим только метеорологические причины. Они могут, во-первых, помешать вылету (условия ниже минимума, скорость ветра больше критической для данного угла скоса); во-вторых, оказаться неприемлемыми для посадки данного типа самолета, ввиду чего самолет придется направить на запасной аэродром; в-третьих, помешать продолжению полета (например, гроза на маршруте). В этом случае самолет придется вернуть, если им еще не пройден рубеж возврата, или направить на запасной аэродром.

Возникает вопрос, в какой мере климатические условия в том или ином аэропорту (или на тех или иных участках трассы) способствуют нарушению регулярности воздушных перевозок, работы сельскохозяйственной авиации и других видов ее применения.

Ответ на этот вопрос могут дать специально выполненные для этой цели исследования.

В последнее время были сделаны такие попытки. Принципиальная схема подобных исследований сводится к следующему.

1. Делается выборка запланированных самолето-вылетов (N) по месяцам за один или несколько лет. (табл. 1.9, строка 2-я).

2. Делается выборка случаев нарушения регулярности полетов по метеорологическим причинам (задержек и отмен вылетов, возвратов вылетевших самолетов, отказа в приеме прибывающего самолета). Выборку производят по каждому месяцу года за тот же ряд лет. Подсчитывается число случаев по каждому виду нарушения регулярности в каждом месяце и за год ($n_{\text{зад}}$, $n_{\text{возвр}}$, $n_{\text{отм}}$, $n_{\text{отк}}$) и общее число нарушений регулярности $n_{\text{зад}} + n_{\text{возвр}} + n_{\text{отм}} + n_{\text{отк}} = n$. Полученные значения n записываются в первую строку таблицы.

3. Рассчитываются повторяемости $P = \frac{n}{N} 100\%$ и делается обобщение за несколько лет.

Если построить график, то кривая повторяемости нарушения регулярности по метеорологическим причинам будет сходна с кривой повторяемости условий для посадки.

Для получения суточного хода нарушений регулярности воздушных перевозок надо рассчитать частную повторяемость нарушений регулярности полетов в разные часы или периоды суток по отношению к общему числу нарушений. Поскольку зимой и летом суточный ход может быть различен, целесообразно рассмотреть его, например, для января и июля. Форма таблицы для такого расчета показана ниже (табл. 1.10).

Можно отдельно сделать выборку разных факторов, повлекших нарушения регулярности полетов.

Таблица 1.9

Число случаев (n) и повторяемость в процентах (P) нарушений регулярности полетов по метеорологическим причинам
Аэропорт К. 1970—1974

Характеристика	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
n	1030	654	669	578	575	135	113	67	126	388	897	1141	5972
N	3640	3766	3844	4178	5387	8507	11861	8661	5589	4912	3764	3718	67861
$P(\%)$	28	18	17	14	3	2	1	1	2	8	24	31	9

Таблица 1.10

Суточный ход повторяемости нарушений регулярности полетов по метеорологическим причинам
Аэропорт К. 1970—75. Январь

Часы	01—06	06—12	12—18	18—24	Сутки
Число случаев, n	19	228	95	38	380
Вероятность, $P(\%)$	5	60	25	10	100

Далее представляет интерес выяснить, при каких синоптических положениях происходят нарушения полетов. Для этого составляется примерно следующая таблица (табл. 1.11).

Таблица 1.11

Число часов с условиями ниже минимума ($V=2000$ м, $h=200$ м)
Аэропорт К. 1970—1975

Синоптическое положение	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Теплый фронт	142	34	69	14	24	20	20	2	3	44	66	134	572
Холодный фронт	24	11	25	13	22	15	15	21	12	14	19	26	217
Вторичн. холодный фронт	66	12	64	61	45	24	9	34	10	70	77	14	486
Окклюзия по типу теплого фронта	27	44	23	63	10	18	5	2	2	7	21	6	228
Окклюзия по типу холодного фронта	44	6	7	9	12	18	19	6	3	6	10	20	160
Теплый сектор	67	20	89	15	17	7	6	5	39	—	160	61	486
Антициклон Отрог	29	59	76	54	17	8	3	2	3	66	208	255	780
Малоградиентное поле	51	21	20	24	—	4	7	7	3	7	44	81	269
Σ	450	207	373	253	147	114	84	79	75	207	605	597	3198

Располагая перечисленными данными, можно сделать вывод о годовом и суточном ходе повторяемости нарушений регулярности, а также о значимости отдельных метеорологических факторов и синоптических положений.

Многими авторами, как у нас в стране, так и за рубежом, делались попытки провести районирование различных территорий в интересах авиации. Эта работа в настоящее время до конца не доведена, так как, учитывая многофакторность влияния погодных условий на деятельность авиации, очень трудно установить оптимальные критерии, по которым было бы целесообразно разграничивать климатические районы.

2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛИМАТОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ

2.1. ЗАДАЧИ СТРОИТЕЛЬНОЙ КЛИМАТОЛОГИИ

Учетом климатологических данных для нужд строительства занимается строительная климатология.

Климатические факторы, конечно, нельзя считать главными определяющими направление строительства и стоимость его объектов, но нельзя и недооценивать их значение, поскольку учет климатических данных помогает более рационально и экономично вести строительство.

Современный уровень техники позволяет обеспечить независимость строительных объектов от внешней среды, но это значительно удорожает строительство. В преобладающем большинстве случаев при планировании строительных объектов ориентируются на правильную оценку внешней среды, максимально используя благоприятные природно-климатические факторы и предусматривая меры защиты от неблагоприятных.

Основная задача градостроителей состоит прежде всего в том, чтобы создать наилучшие условия в здании, так как человек проводит большую часть своей жизни в закрытом помещении. Гигиенические же условия жилого помещения зависят не только от качества строительного материала, планировки комнат, этажности квартиры, благоустройства ее и всего дома, но также от степени благоустройства всей застройки, климата населенного пункта и окружающей его местности.

В практике проектирования зданий и производства строительных работ используются следующие климатические данные:

- а) определяющие микроклимат городов и населенных пунктов;
- б) влияющие на долговечность ограждающих конструкций, зданий и микроклимат помещений;
- в) создающие нагрузки на элементы сооружений;

г) тормозящие организацию строительных работ посредством воздействия на человеческий организм, различные механизмы и строительные материалы.

Климатологическая информация, используемая в строительном проектировании зданий и сооружений, в настоящее время регламентируется «Строительными нормами и правилами» (СНиП), которые состоят из четырех частей и 177 отдельно издаваемых глав. Указания по использованию климатологической информации помещены в 38 главах второй части СНиПа, называемой «Нормы проектирования». В указанных главах помещены климатические характеристики, используемые при проектировании, и показано, как надо их использовать в расчетах. Значения же климатических характеристик для разных районов, разных сезонов и месяцев содержатся только лишь в трех главах СНиПа. Глава II — А.6—72. «Строительная климатология и геофизика» — является полностью справочной и состоит из таблиц и карт климатических характеристик и пояснений к ним. Главы II—6—74. «Нагрузки и воздействия» и II—33—75. «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» содержат как указания по использованию климатологической информации, так и саму информацию в виде таблиц и карт.

Число различных климатических показателей, используемых в строительном проектировании, сравнительно невелико. Не менее половины из них относятся к общему типу и должны содержаться в «Справочнике по климату СССР»; другая часть климатических показателей содержится в соответствующих главах СНиПа или вычисляется на основе данных наблюдений. Одни и те же климатические показатели могут входить в несколько глав СНиПа, посвященных разным областям проектирования.

Следует указать на ряд отрицательных моментов, связанных с использованием данных СНиПа. Это, прежде всего, недостаточная точность карт-схем районирования нашей страны по специальным характеристикам, что объясняется привлечением малого числа станций для их построения. Кроме того, для разных глав СНиПа могут использоваться разные расчетные показатели одной и той же метеорологической величины. Например, расчетные температуры воздуха могут определяться по температуре наиболее холодных пятидневок, суток и периода. Нормативные параметры, входящие в СНиП, не всегда обоснованы и не соответствуют современным представлениям о механизме взаимодействия внешней среды и объекта, а также и новым методикам их расчета.

По-видимому, в настоящее время целесообразно создать некоторое справочное нормативное пособие, которое содержало бы инструкции о том, как получать климатологическую информацию в районе строительства.

2.2. УЧЕТ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРИ ПЛАНИРОВКЕ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ И НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Чтобы создать в городах и населенных пунктах оптимальные условия, удовлетворяющие физиологическим потребностям и культурным запросам людей, условия, пригодные для труда и отдыха человека, необходимо обеспечить в жилищах тепловой комфорт, соблюдение норм освещенности, чистоты и увлажнения воздуха. Эти требования следует учитывать уже при планировке населенных пунктов.

Проект застройки города не составляется без климатической справки, т. е. без метеорологической оценки планируемого капитального строительства.

В климатической справке должны содержаться следующие данные:

- 1) показатели общих характеристик климата, обусловленные макропроцессами в атмосфере (радиация, температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра и т. д.);
- 2) нормативные показатели специальных характеристик климата, необходимые для определения оптимального размещения и проектирования различных объектов;
- 3) показатели микроклиматических условий отдельных районов застройки;
- 4) оценка возможного влияния города и отдельных его частей на климат данной местности;
- 5) рекомендации к планировке города с учетом особенностей местного климата.

Учет климатических условий в градостроительстве должен начинаться с выбора мест населенного пункта, с наиболее целесообразного размещения жилых и промышленных зданий, площадей, скверов, с определения типов и видов застройки, ширины и ориентации улиц. При решении этих вопросов в первую очередь используются средние и экстремальные значения, повторяемости и показатели изменчивости метеорологических величин. Прежде всего оцениваются характеристики радиационного, ветрового и температурно-влажностного режима на застраиваемой территории.

При выборе мест для населенного пункта используются физико-географические и климатические характеристики района, проводятся дополнительные изыскательские работы. Для изучения физико-географических описаний используются топографические карты в целях уточнения высоты места, гидрографии и заболочиваемости, почвенные карты (для закладки фундаментов), карты растительности (для озеленения городов). Климатические показатели позволяют оценить условия жизни человека в данном типе климата, выбрать типы и виды застройки, разработать защитные климатические мероприятия, чтобы человек, живя в городе, затрачивал меньше усилий на борьбу с вредными влияниями климата,

Правильность размещения жилых и промышленных зданий диктуется прежде всего необходимостью обеспечения в городах достаточной чистоты воздуха. Жилые кварталы должны располагаться по отношению к промышленным предприятиям с наветренной стороны. Тип и вид застройки также в значительной степени определяется климатическими условиями. Например, в районах с холодным климатом, а также в районах с сильными ветрами должны преобладать замкнутые застройки и использоваться искусственные методы ветрозащиты, создаваться утепленные переходы из дома в дом и т. д. Для областей с сухим жарким климатом типичен дом с фасадом без наружных окон, что защищает его от избытка солнечных лучей и от проникновения пыли. Двери жилого помещения открываются на защищенный со всех сторон внутренний двор и перед ними обычно имеется крытая галерея.

В областях с влажным климатом главной задачей является обеспечение хорошего проветривания и надежной защиты от частых и сильных ливней. Правильный выбор ширины и ориентации улиц связан с обеспечением режима инсоляции зданий, естественной освещенности и количества необходимой для человеческого организма ультрафиолетовой радиации. Согласно санитарным нормам, в любой сезон года помещения и жилая территория должны ежедневно подвергаться непрерывному солнечному облучению не менее трех часов.

Оптимум количества солнечной радиации, поступающей в жилые кварталы и квартиры, и процент облучаемой площади в них регулируются прежде всего ориентацией зданий, шириной улиц, расстоянием между зданиями, а затем уже планировкой отдельных элементов зданий (глубина помещений, размеры окон, балконов, карнизов, лоджий). Все эти нормы дифференцируются в зависимости от свето-климатических условий отдельных районов нашей страны.

Выбор ширины и ориентации улиц, ориентации зданий определяется также и ветровым режимом района. С помощью градостроительных средств обеспечивается увеличение или уменьшение скорости ветра. Для защиты от сильных ветров рекомендуется применять так называемую периметральную застройку, при которой скорость ветра снижается по сравнению с открытым местом на 60—80%.

В районах с жарким климатом особое значение приобретает озеленение улиц, создание парков и искусственных водоемов. Они же служат и средством оздоровления воздушного бассейна — уменьшают концентрацию вредных примесей в воздухе.

Многие характеристики климата, используемые на стадии планирования населенных пунктов, могут быть заимствованы из справочников по климату СССР или рассчитываются на их основе.

Например, освещенность горизонтальных поверхностей может быть оценена по методике, разработанной Г. В. Евневич и Н. П. Никольской. Освещенность оценивается по данным наблюдений за солнечной радиацией путем использования светового эквивалента солнечной радиации (табл. 2.1)

Таблица 2.1

Световой эквивалент солнечной радиации K (клк/кал см ² мин)									
Состояние неба и подстилающей поверхности	K	Высота солнца (град.)							
		10	15	20	25	30	40	50	60
Ясно	K_s	41	46	50	55	58	64	65	65
	K_d	66	72	77	80	80	80	80	80
	K_Q	54	58	62	65	67	69	69	69
3—7, нижняя облачность	без снега	K_d	56	60	64	66	68	72	76
		K_Q	53	58	62	65	68	69	69
	со снегом	K_d	54	60	66	70	72	77	
		K_Q	51	54	57	59	60	60	
3—7, общая облачность	без снега	K_d	53	58	63	68	72	77	79
		K_Q	50	55	60	65	68	69	69
	со снегом	K_d	60	68	74	78	80	82	
		K_Q	52	58	60	61	62	62	
10/10	без снега	K_Q	42	48	52	55	58	60	61
	со снегом	K_Q	56	59	62	62	63	64	—

Световые эквиваленты для прямой (K_s) и суммарной (K_Q) радиации берутся непосредственно из табл. 2.1. Для рассеянной радиации он определяется как средневзвешенный из трех световых эквивалентов рассеянной радиации, выбираемых в зависимости от облачности.

$$K'_d = p_y K_{d,y} + p_{п/я} K_{d,п/я} + p_n K_{d,п}, \quad (2.1)$$

где $K_{d,y}$, $K_{d,п/я}$, $K_{d,п}$ — световые эквиваленты рассеянной радиации для ясного, полuyасного и пасмурного состояния неба, p_y , $p_{п/я}$, p_n — вероятности состояния неба в долях единицы (берутся из Справочников по климату СССР, часть 5).

В те месяцы, когда наблюдается установление или исчезновение устойчивого снежного покрова, взвешенный эквивалент необходимо вычислять по формуле

$$K_{д\text{ вэ}} = \frac{K_{д}}{N} n + \frac{K_{д\text{ сн}}}{N} \cdot n_{\text{сн}}, \quad (2.2)$$

где $K_{д}$ — световой эквивалент для периода без снега, $K_{д\text{ сн}}$ — световой эквивалент для периода со снегом, N — число дней в месяце, n — число дней без снежного покрова, $n_{\text{сн}}$ — число дней со снежным покровом.

На тех станциях, где измеряется только суммарная солнечная радиация, пересчет можно проводить по световому эквиваленту суммарной радиации (K_Q). Различия в расчетах не будут превышать 4—5%.

В период планирования наряду с общими характеристиками климата используются и специальные. К ним относятся показатели, позволяющие рассчитать метеорологические нагрузки (температурные, ветровые, снеговые, гололедные), определить возможный нагрев, охлаждение или увлажнение ограждающих конструкций зданий в зависимости от их ориентации и др. Методы получения специальных характеристик будут рассмотрены в следующих параграфах.

В условиях неоднородного ландшафта и изрезанного рельефа местности, на которой предполагается строительство населенного пункта, необходимо учитывать микроклиматические особенности. Для получения достаточно полных микроклиматических показателей обычно проводятся микроклиматические исследования в период изыскательских работ. Данные, полученные в результате короткого периода наблюдений, увязываются с климатическими показателями сетевых метеорологических станций. Микроклиматические исследования позволяют оценить влияние высоты места над уровнем моря, близости водоема, реки, гор, ориентации и крутизны склона, типа и ориентации долины и так далее на изменение метеорологических величин.

Например, в зависимости от рельефа местности может значительно различаться температура воздуха. На выпуклых формах рельефа средняя минимальная температура воздуха на 3—6° выше, а в пониженных на 3—12° ниже, чем на ровных участках местности. Близость водоемов оказывает существенное влияние на температурный режим. С. А. Сапожниковой и З. А. Мищенко подтверждено существование линейной зависимости изменения абсолютного минимума температуры воздуха от логарифма расстояния от берега, т. е.

$$T_{\text{мин}} = K \lg s, \quad (2.3)$$

где s — расстояние от берега, K — коэффициент, характеризующий влияние местных физико-географических условий на изменение абсолютной температуры.

Это уравнение может быть использовано при вычислении температурного режима только на расстоянии не более 10 км, так как при большем удалении от берега водоема влияние его на температуру не сказывается.

Необходимо учитывать не только среднее различие температурных условий в зависимости от местоположения, но также и от времени суток и условий погоды. Установлено, что средние июльские температуры воздуха для различных форм холмистого рельефа отличаются от температур равнинных станций днем на 1° , а ночью — на $4-5^{\circ}$.

Изменение характера подстилающей поверхности особенно сильно сказывается на изменении ветрового режима. Даже в условиях равнинной открытой местности две близкие друг к другу станции могут различаться по ветровым показателям в зависимости от защищенности флюгера окружающими предметами.

Скорость и направление ветра значительно зависят от местных условий.

Установлено, что на вершинах открытых возвышенностей скорость ветра возрастает по сравнению со скоростью ветра на открытых местах на $10-80\%$ в зависимости от времени суток и скорости ветра. В нижней части склонов и в непродуваемых долинах скорость ветра на $10-40\%$ меньше, чем на открытом месте. На побережьях водоемов также отмечается усиление скоростей ветра. При планировании населенных пунктов необходимо учитывать и возможности изменения ветрового режима под влиянием возникновения местных ветров. В горных районах могут возникать горно-долинная циркуляция и фёны. На берегах больших водоемов наблюдаются бризы, а если вблизи берегов имеются возвышенности, то при определенных макросиноптических процессах образуется бора.

Для удобства использования морфометрических показателей рельефа в целях оценки микроклиматических особенностей строятся крупномасштабные карты, на которых условной штриховкой обозначаются основные формы рельефа. Одна из карт может характеризовать ориентировку склонов, другая — углы наклона местности (крутизну склонов), третья — относительное превышение высот и т. д.

При планировке города очень важно предусмотреть возможные изменения климатического режима под его воздействием. Застройка должна планироваться так, чтобы она способствовала улучшению микроклимата. Для достижения этой цели необходимо знать особенности городского климата и причины, их вызывающие. Городские застройки приводят к изменению шероховатости подстилающей поверхности, а следовательно, и к изменению циркуляции атмосферы. В городах появляются дополнительные источники теп-

ла за счет предприятий и зданий, увеличивается загрязнение атмосферы промышленными выбросами.

Наиболее важным фактором, формирующим климат города, является загрязнение воздушной среды промышленными предприятиями, транспортом, отопительными системами, выбрасывающими в воздух большое количество примесей и пыли. При определенных макроциркуляционных процессах загрязнение воздуха промышленными выбросами в городах может достигать выше предельно допустимых концентраций (ПДК), что создает опасность для человеческой жизни.

Максимальная концентрация вредных примесей, выбрасываемых в атмосферу трубами предприятия (C_m), может быть оценена по формуле:

$$C_m = \frac{AMFm}{H^2} \sqrt[3]{\frac{N}{V\Delta T}} \quad (2.4)$$

где N — число труб, H — высота трубы в метрах, ΔT — разность между температурами выходящих газов и атмосферы на уровне устья трубы, M — суммарное количество вредной примеси в г/с, A — коэффициент, зависящий от температурной стратификации и физико-географических условий ($120 \leq A \leq 200$), F — безразмерный коэффициент (учитывает влияние скорости осаждения тяжелой примеси и зависит от характера выбросов, определяемых КПД пыле- и золоуловителей), m — безразмерный коэффициент, учитывающий условия выхода газозооуловительной смеси из устья источника, V — суммарный объем дымовых газов, выбрасываемых в единицу времени в м³/с.

Расстояние X_m , на котором достигается максимальная концентрация, определяется по соотношению:

$$X_m \approx 20 H. \quad (2.5)$$

Концентрации выбросов, отличающихся от максимальной концентрации C_m не более чем на 30% наблюдаются на расстояниях 10—40 H .

Температура воздуха в городах в среднем выше, чем в его окрестностях. Наибольшую повторяемость имеет разность температур воздуха в 1°, но в отдельных случаях она достигает 5° и более. Утепляющее влияние города наиболее сильно сказывается в ночные часы. В городе раньше приходит весна и позже наступает осень.

Влажность воздуха в городе понижена по сравнению с сельской местностью. Зимой понижение невелико (2—4%). Летом, особенно в вечерние часы, оно составляет 10—15% и более. Эти различия объясняются тем, что в черте города за счет асфальтированных дорог и зданий уменьшена поверхность испарения влаги.

Город оказывает существенное влияние на силу ветра. Городские строения тормозят движение воздушных масс, и ветер в городе по сравнению с ветром на открытой местности ослабевает. Меняется и вертикальный профиль скорости ветра.

Направление ветра в городе определяется направлением улиц. Если общий воздушный поток встречает препятствие, то он ослабевает, меняет направление движения, порывистость в нем возрастает. В случае, когда воздушный поток оказывается направленным вдоль улицы, идущей с окраины города к центру, линии тока сгущаются, и скорость ветра возрастает. Она возрастает также в местах сужения улиц и на подветренных участках площадей.

Поскольку город прогревается сильнее окрестностей, то между городом и окрестностями возникают температурные контрасты, способствующие возникновению местных ветров. Нагретый в городе воздух начинает подниматься вверх, а на его место поступает воздух из окрестностей. Так возникает местная циркуляция. Местная циркуляция меньшего масштаба может образоваться в городах летом вблизи водоемов, парков, на улицах, по-разному освещенных солнечными лучами. Это усиливает вентиляцию, создает более благоприятные гигиенические условия.

2.3. УЧЕТ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖИЛИЩ И ОБЪЕКТОВ

Климат оказывает существенное влияние на долговечность зданий, длительность и режим их эксплуатации.

Длительность и надежность эксплуатации здания определяется его способностью противостоять климатическим воздействиям. В соответствии с климатическими и физико-географическими условиями выбираются толщина стены, площадь окон, уклон крыш, материалы стен и т. д. С учетом этих условий планируется внутреннее устройство дома и предусматриваются инженерные средства защиты от неблагоприятных климатических воздействий (отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха).

От строителей требуется оптимальное решение — построить здание, достаточно хорошо противостоящее климатическим воздействиям (прочное, долговечное и в то же время удобное), при соблюдении санитарно-гигиенических требований к внутренним помещениям и с минимальной затратой средств.

Стоимость каждого жилого дома, его прочность, длительность существования зависят от того, насколько хорошо изучены климатические условия, в которых он будет находиться, и насколько правильно учтено влияние этих условий при его проектировании.

Ниже рассматриваются влияния метеорологических факторов на долговечность зданий и комфортность условий в них, а также и климатические параметры, учитывающие эти влияния.

2.3.1. Температура воздуха

Температурный режим оказывает наиболее существенное влияние на жилища. Он в значительной степени определяет условия теплообмена здания. В зависимости от температурного режима выбирается тип здания и определяется требуемое термическое сопротивление его ограждающих конструкций, планируются системы отопления и вентиляции, определяется необходимое количество топлива. При оценке влияния термического режима на сооружения прежде всего используются такие климатические характеристики, как средние температуры воздуха, средние и абсолютные экстремальные температуры, повторяемости температуры по градациям, средняя продолжительность (в часах) температуры воздуха данной градации (через 1°C), средние и максимальные суточные амплитуды температуры.

Существенное влияние на состояние ограждающих конструкций зданий оказывает изменение температуры. Материалы, из которых они строятся, под переменным воздействием тепла и холода разрушаются. Разрушение происходит интенсивнее при быстрой смене температур и особенно при перепадах температуры с переходами через 0°C . Чем быстрее понижается температура после оттепели, тем больше это сказывается на наружной части ограждений. Поэтому при проектировании зданий необходимо учитывать не только периодические амплитуды колебаний температуры воздуха (суточные, месячные, годовые), но также перепады температур при оттепелях — их частоту, интенсивность, продолжительность.

Степень температурных воздействий на здание зависит от тепловой инерции ограждающих конструкций, т. е. от их массивности. В зависимости от скорости охлаждения здания при теплотехнических расчетах выбираются специальные показатели температурного режима — расчетные температуры воздуха. Расчетная температура — это температура наружного воздуха, используемая для оценки теплоотдачи зданий.

К расчетным температурам холодного периода года относится средняя температура отопительного периода, средняя температура самой холодной пятидневки, трехдневки, одних суток, зимняя вентиляционная температура.

Средняя температура отопительного периода и его продолжительность используются для расчета системы отопления и для определения норм топлива. За продолжительность отопительного периода принято число дней со средней суточной температурой ниже $+8^{\circ}\text{C}$, что определяется по графику годового хода. Средняя температура воздуха за этот период является температурой отопительного периода.

В настоящее время расчетная температура наружного воздуха, используемая при теплотехнических расчетах ограждающих конструкции зданий и систем отопления в них, определяется в зависимости от массивности стен. Для массивных конструкций используется средняя температура самых холодных пятидневок, для средних конструкций — трехдневок, а для легких конструкций — средняя температура самых холодных суток. Для длиннорядных станций расчетные температуры определяются как средние температуры из 16% самых низких значений, представленных в рядах наиболее холодных пятидневок, трехдневок и суток не менее чем за 50 лет.

Для короткорядных станций и для более быстрого определения расчетных температур может быть использована зависимость между расчетными температурами и средней температурой воздуха самого холодного месяца (t_x).

Расчетная температура наиболее холодной пятидневки (t_5) определяется по уравнению

$$t_5 = 1,25 t_x - T, \quad (2.6)$$

а самых холодных суток — по уравнению

$$t_1 = 1,31 t_x - T_1. \quad (2.7)$$

В этих формулах T и T_1 — постоянные эмпирические коэффициенты. Они определяются в зависимости от района расположения станции (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Значения T и T_1 для различных районов (°C)

Район	IB	IA	I	II	III	IV		
T	20,6	17,6	14,6	11,6	8,6	5,6		
Район	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
T ₁	24	21	18	15	12	9	6	3

По величине T территория нашей страны разделена на шесть районов. К району IB относятся небольшие территории между Енисейском и Красноярском, Печорой и Сыктывкар. К району IA принадлежит почти вся северная часть ЕТС до широты 55° (исключая запад Карелии), южные и центральные районы Красноярского края, значительная часть Алтайского края, северное побережье Азовского моря, Корякский национальный округ. Район I включает в себя всю остальную часть ЕТС, Западной Сибири, Казахстан (кроме западных районов), юг Туркмении, западное побережье Чукотки, северную часть Камчатки. К району II относятся территории Средней Азии и Казахстана, примыкающие к Каспийскому и Аральскому морям, Эвенкийского национального округа

и Прибайкалья, центральные районы Камчатки. К району III принадлежит восточная часть Ненецкого национального округа. Забайкалье, Магаданская область, юг Камчатки, центральные и южные районы Сахалина. К району IV относятся Якутия, Амурская область и большая часть Приморского края.

По величине T_1 территория СССР разбита на восемь районов. К I относится район Печоры. В район II входит север Европейской территории Союза (исключая запад Карелии и Кольский полуостров), северное и восточное побережья Азовского моря, юг Красноярского края и юго-восток Западносибирской низменности. Район III включает в себя большую часть Карелии, Центральные районы и юг Европейской территории Союза до широты 45° , Западную Сибирь (кроме северных и южных районов), некоторые районы Средней Азии. К району IV относятся территория Казахстана и Средней Азии, часть Кольского полуострова, западное побережье Чукотки и север Камчатки и узкая полоса в Восточной Сибири. Районы V и VI также занимают узкие полосы в Восточной Сибири и на северо-востоке Азии. В район VII входит территория Восточной Сибири, заключенная между $115-130^\circ$ восточной долготы, Магаданская область, Приморский край, юг Сахалина. Району VIII принадлежит Якутия и Амурская область. Районирование территории СССР по величине T и T_1 приведено на соответствующих картах (СНиП II А, 6—72).

Вентиляционная температура (t_b), используемая при проектировании вентиляции, определяется как средняя температура воздуха за наиболее холодный период, составляющий 15% от общей продолжительности отопительного периода. Более удобно определять вентиляционную температуру по уравнению:

$$t_b = 1,125 t_x - T_2, \quad (2.8)$$

где T_2 — постоянная величина, (табл. 2.3), t_x — температура самого холодного месяца.

Значение T_2 , так же как и T и T_1 , определено на основании длинных рядов наблюдений и по ним проведено схематическое районирование территории СССР.

Таблица 2.3

Значения постоянной величины T_2

Район	А	Б	В
Значение T_2	-6,5	-3,0	0,5

К району А относятся юг Средней Азии и южное побережье Крыма. Район Б включает всю Европейскую территорию Союза, Западную Сибирь, Казахстан, северные и центральные районы Средней Азии, Чукотку, Камчатку (исключая западное побережье).

В район В входит большая часть Восточной Сибири, Приморский край и горные районы страны.

Расчетные температуры существенно зависят от местных физико-географических условий. Даже при слабохолмистом рельефе, проектируя здания, строящиеся на возвышенности, нельзя использовать расчетные параметры, полученные по наблюдениям станции, расположенной на открытом ровном месте, так как расчетные температуры в различных условиях рельефа отличаются на 2—4°. В настоящее время определены поправки к расчетным температурам в зависимости от рельефа местности (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Поправка к расчетным температурам в зависимости от рельефа местности (°С)

Район	Пара- метр	Форма рельефа				
		вершина, верх- няя треть склона	середина склона	широкая долина	замкнутая до- лина, котло- вина	разность: вершина— котловина
I. Слабовсхолмленный рельеф Европейской территории Союза	t_5, t_x	2	1	-2	-3-4	5-6
	t_B	2	1	-1-2	-2-3	4-5
II. Слабовсхолмленный рельеф Азиатской территории Союза и юго-востока Европейской террито- рии Союза	t_5, t_x	3	1-2	-2	-4	6-7
	t_B	2	1	-2	-3-4	5-6
III. Холмистый рельеф ЕТС и сла- бовыраженный рельеф АТС	t_5, t_x	4	2	-2-3	-4-5	7-9
	t_B	3	1-2	-2-3	-4	6-7
IV. Холмистый рельеф АТС, низ- ко и среднегорный рельеф ЕТС	t_5, t_x	4-5	2-3	-3	-5-6	9-11
	t_B	3-4	2	-3	-4-5	7-9
V. Низко и среднегорный рельеф АТС и горы Кавказа	t_5, t_x	5	—	-3-5	-6-8	11-13
	t_B	4-5	—	-3-4	-5-6	9-11
VI. Горы Тянь-Шаня, Памира, Алтая, Саян	t_5, t_x	5-6	—	-5-6	-8-9	13-15
	t_B	5	—	-4-5	-6-8	11-13
VII. Горы центральной и восточ- ной Якутии	t_5, t_x	6	—	-6-7	-9-10	15-17
	t_B	5-6	—	-5-6	-8-9	13-15

При определении поправок З. А. Мищенко использовала линейную зависимость между расчетной температурой и средней из абсолютных минимумов температуры воздуха. В частности, между температурой самой холодной пятидневки (t_5) и средней из абсо-

лутных температур воздуха ($\bar{T}_{\text{мин}}$) уравнение связи выглядит следующим образом:

$$t_5 = 0,95 \bar{T}_{\text{мин}} - 2,3. \quad (2.9)$$

Следует отметить, что в СНиП эти поправки пока еще не включены.

К расчетным температурам теплого периода года относится параметр — средняя температура воздуха за наиболее жаркие сутки ($t_{\text{н.ж}}$). Эта температура используется при теплотехнических расчетах зданий в тех районах, где средняя температура воздуха в 13 ч в летние месяцы превосходит 25° . Эта характеристика температурного режима не входит в расчеты ограждающих конструкций, а служит лишь для определения границ районов, в которых должны быть предусмотрены меры борьбы с перегревом зданий. Среднюю температуру воздуха наиболее жарких суток определяют как среднее значение из температур воздуха за самые жаркие сутки за 8 лет из 50-летнего периода наблюдений.

Приближенное значение $t_{\text{н.ж}}$ может быть найдено по уравнению

$$t_{\text{н.ж}} = t_{\text{ж}} + T_{\text{т}}, \quad (2.10)$$

где $t_{\text{ж}}$ — средняя температура воздуха наиболее жаркого месяца, $T_{\text{т}}$ — постоянная величина, определяемая по карте. Значения $T_{\text{т}}$ по территории Советского Союза меняются от $5-6^\circ$ на юге до $14-15^\circ$ на севере.

Для расчета теплоустойчивости и деформаций ограждения под влиянием температурных воздействий используется суточная амплитуда колебаний температуры. Она складывается из амплитуды расчетной температуры и амплитуды температуры за счет солнечной радиации.

Следует отметить, что методика определения различных расчетных температур может быть, по-видимому, уточнена. Например, вместо вычисления расчетных температур как средних величин из 16% определенных значений имеет смысл пользоваться расчетными температурами различной обеспеченности. Расчетные температуры, определяемые по существующим методикам, могут наблюдаться примерно раз в 12 лет, что является недостаточно обоснованным.

2.3.2. Температура почвы

Долговечность здания в значительной степени зависит от долговечности его несущих конструкций, фундамента. В настоящее время используются два типа фундаментов — ленточные и свайные. Для того, чтобы правильно выбрать и рассчитать фундаменты для зданий, необходимо знать:

- 1) состав грунта (т. е. геологические условия);

2) уровень залегания грунтовых вод (гидрологические условия);

3) теплофизические свойства почвы и грунтов;

4) глубину промерзания почвы;

5) характер постройки (жилое здание или здание промышленного назначения, этажность, наличие подвалов и их назначение, наличие нагрузки на грунты от соседних зданий).

Состав грунтов и их влагосодержание определяют теплопроводность почвы. Чем больше теплопроводность почвы, тем больше глубина ее промерзания. Например, наибольшей теплопроводностью обладают горные породы, поэтому они быстрее и глубже промерзают. Дорожные покрытия промерзают сильнее, чем участки почвы, находящиеся под растительностью или взрыхленные. От влажности почвы зависят ее теплопроводность и теплоемкость. С увеличением влажности теплопроводность почвы увеличивается. По утверждению специалистов, величина частиц почвы, ее состав и прочность оказывают меньшее влияние на теплопроводность, чем влажность.

Глубина промерзания почвы важна при закладе фундаментов, а также при проектировании подземных сооружений (коммуникации, трубопроводы, метро, тоннели и т. д.).

Известно, что при температуре почвы, близкой к 0°C , резко меняются ее механические свойства и при промерзании происходит вспучивание грунтов, что создает дополнительные напряжения на трубопроводы и элементы различных сооружений, находящихся под землей. Глубина промерзания почвы зависит от многих факторов (географической широты, высоты над уровнем моря, наличия растительного и снежного покрова, от влажности почвы, ее состава и свойств).

В «Строительных нормах и правилах» 1972 г. (СНиП II А. 6-72) за нормативную глубину промерзания почвы h_n принята средняя из ежегодных максимальных глубин сезонного промерзания грунтов за 10 лет наблюдений на участках под оголенной от снега поверхностью почвы. (Там же приводится схематическая карта нормативных глубин промерзания грунтов на территории СССР).

Поскольку на метеорологической сети станций систематические наблюдения за температурой почвы над оголенными от снега участками поверхности не проводятся, то для построения этой карты была установлена зависимость между глубиной сезонного промерзания почвы и абсолютным значением суммы средних месячных отрицательных температур за холодный период года

$$h_n = c \sqrt{\sum |t| + 2}, \quad (2.11)$$

где $\sum |t|$ — абсолютное значение суммы отрицательных темпера-

тур; c — коэффициент, зависящий от состава почвы (для глинистых и суглинистых почв $c=23$, для супесей $c=28$, для песков средней и крупной структуры $c=30$).

Согласно СНиП II.15-74 (основания зданий и сооружений) в районах, где глубина промерзания не превышает 2,5 м, она рассчитывается по формуле

$$h_n = c \sqrt{\Sigma |t|}. \quad (2.12)$$

Расчетная глубина сезонного промерзания грунта h_p у фундаментов определяется по формуле

$$h_p = m_t h_n, \quad (2.13)$$

где m_t — коэффициент, учитывающий влияние теплового режима здания (сооружения) на глубину промерзания грунта у фундамента и колонн.

Значения m_t зависят от конструктивной особенности здания и от температуры воздуха в помещении, непосредственно примыкающем к фундаменту (табл. 2.5).

Таблица 2.5

Коэффициент m_t для различных сооружений

Конструктивные особенности здания	Температура внутри помещения, примыкающего к фундаменту (°C)			
	5	10	15	20
Полы расположены на грунте (здание без подвала)	0,8	0,7	0,6	0,5
Полы лежат на лагах (здание без подвала)	0,9	0,8	0,7	0,6
Полы лежат на цокольных перекрытиях (здание без подвала)	1,0	0,9	0,8	0,7
Здания с подвалами	0,7	0,6	0,5	0,4

В настоящее время считается, что при проектировании фундаментов и оснований, при проектировании и строительстве трубопроводов необходимо использовать максимальные глубины промерзания почвы определенной вероятности.

Для решения ряда практических задач нужны данные о глубине промерзания почвы не только под оголенной поверхностью, но и под естественной поверхностью.

Для расчета вероятностных характеристик температурного режима почвы определенных значений по данным наблюдений не менее 25 лет на специальной сетчатке строится интегральная кривая

распределения. Интегральные повторяемости вычисляются по формуле

$$P = \frac{m}{n+1} \cdot 100\% \quad (2.14)$$

При более коротких рядах для получения вероятностных значений целесообразно пользоваться законом Пуассона.

Интегральная кривая, вероятности которой определены на основании закона Пуассона, достаточно хорошо выравнивается в прямую линию, если ее нанести на сетчатку с координатами $\ln h$ и $\ln(-\ln P)$. Это позволяет легко экстраполировать кривую и определять редко наблюдаемые глубины промерзания почвы.

2.3.3. Солнечная радиация

Учет солнечной радиации при строительстве зданий необходим для оценки нагревания стен и внутренних помещений, оценки комфортных условий для труда и отдыха человека, которые определяются из требуемой освещенности жилых и рабочих помещений, количества потребной для человеческого организма ультрафиолетовой радиации.

При учете влияния на строительные объекты солнечной радиации прежде всего используются средние количества тепла, поступающие от солнца на горизонтальную поверхность в виде прямой, рассеянной и суммарной радиации, а также интенсивность ультрафиолетового облучения.

Информация о количестве приходящей солнечной радиации на вертикальные поверхности различной ориентации позволяет значительно лучше учесть ее влияние на ограждающие конструкции и на микроклимат помещений в различных географических районах. При открытых окнах в помещение поступает столько же тепла от солнца, сколько и на стены здания. Если же окна закрыты, то часть радиации отражается от стекла, часть поглощается стеклом и оконными переплетами и нагревает их. Обычно коэффициент пропускания суммарной коротковолновой радиации, падающей на остекленные части ограждения, принимается равным 0,67, что соответствует пропусканию окон с двойным остеклением и с чистыми стеклами.

Нагревание стен за счет приходящей солнечной радиации во многом зависит от величины поглощенной стенами радиации. Поглощательная способность различных материалов зависит от их цвета и состояния. Это позволяет, подбирая соответствующие материалы для ограждающих конструкций зданий, окрашивая их в нужные цвета, изменять радиацию, поглощаемую стеной, и тем самым уменьшать или увеличивать нагрев стен солнечным теплом.

Подсчитано, что $80 \text{ ккал/м}^2 \text{ ч}$ поглощенной радиации повышают температуру наружной поверхности на $4\text{--}5^\circ$. Летом такое количество радиации в среднем за час получают стены зданий в большинстве районов нашей страны, а в полуденные часы стены могут поглощать до $300\text{--}400 \text{ ккал/м}^2 \text{ ч}$ солнечного тепла и нагреваться так, что их температура будет более чем на 15° выше температуры воздуха.

Особенно сильному перегреву под влиянием солнечной радиации подвергаются металлические конструкции. По наблюдениям в Якутии, летом в ясные дни, в полуденные часы, алюминиевые части ограждающих конструкций нагреваются до 60°С при температуре окружающего воздуха не выше 18°С . Температура кровли Якутской ГРЭС достигала 71°С и разность между температурами кровли и воздуха составляла 50°С .

Известно, что некоторые материалы, используемые для герметизации стыков стеновых легкобетонных панелей, при температуре 70°С плавятся; следовательно применять их в данных условиях нельзя. Кроме того, панели от нагрева деформируются, вследствие чего нарушается герметичность стыков. Если панели и другие ограждения неподвижно скреплены с каркасом здания, то при нагреве возникают температурные напряжения.

Количество суммарной радиации, поступающей на вертикальную поверхность в единицу времени (Q_v), определяют по формуле:

$$Q_v = S_v + \frac{D_r}{2} + \frac{R_r}{2}, \quad (2.15)$$

где S_v — прямая солнечная радиация, приходящая к вертикальной поверхности, D_r и R_r — рассеянная и отраженная радиация, поступающие на горизонтальную поверхность.

S_v рассчитывается по формуле:

$$S_v = S \cdot \cos h_\odot \cos (A_\odot - A), \quad (2.16)$$

где $A_\odot$ — азимут солнца (считается положительным при отсчете от точки юга в направлении движения часовой стрелки), A — азимут нормали к стене, S — прямая солнечная радиация на перпендикулярную к лучам солнца площадку, $h_\odot$ — высота солнца.

Отраженная к стене от земной поверхности радиация (R_r) определяется из соотношения

$$R_r = \frac{Q_r \cdot A_k}{100}, \quad (2.17)$$

где Q_r — суммарная радиация, приходящая на горизонтальную поверхность, A_k — альbedo участков, примыкающих к зданию (в процентах).

В настоящее время имеется и косвенный метод расчета величин солнечной радиации, поступающей на вертикальные поверхности. В этом случае используются соотношения между количеством радиации, приходящей на вертикальную и горизонтальную поверхности.

З. И. Пивоваровой [10] для стен определенной ориентации найдены отношения $K_S = \frac{S_v}{S_r}$, которые в дальнейшем используются для определения величины S_v . В этом приеме существенно то, что используемая для расчета относительная величина радиации значительно меньше зависит от облачности и прозрачности атмосферы, чем абсолютная. Таким образом, из факторов, влияющих на коэффициент K_S , остается широта места и время года. Коэффициенты K_S для расчета средних суточных или месячных сумм S_v находятся по таблицам, а для расчета часовых сумм используются соответствующие графики.

Для определения суммарной радиации, поступающей на вертикальную поверхность Q'_v используется коэффициент

$$K_Q = \frac{S_v + D_v}{S_r + D_r} = \frac{Q'_v}{Q_r}. \quad (2.18)$$

В отличие от K_S коэффициент для суммарной радиации K_Q мало изменяется с широтой места и от месяца к месяцу. Средняя ошибка коэффициентов K_Q составляет 2—3%. В зимние месяцы определить K_Q для стен южной и юго-восточной ориентации с достаточной точностью невозможно. Поэтому суммарную радиацию Q'_v в этих случаях целесообразно определять по составляющим.

Отраженную радиацию, направленную к стене, $R_v = \frac{R_r}{2}$ можно учитывать в виде поправки в процентах суммарной радиации Q'_v . Величина поправок закономерно меняется с широтой, причем в зимние месяцы ее значения в разных климатических районах различны.

Рассматривая пространственно-временное распределение суммарной радиации, поступающей на стены различной ориентации, можно отметить следующее.

В январе количество приходящей радиации возрастает с севера на юг в соответствии с увеличением широты места и с общим уменьшением облачности при продвижении к южным широтам. Отклонение от широтного распределения радиации отмечается в муссонных областях Дальнего Востока, в прибрежных районах южных морей и в предгорных районах. Наибольшее количество солнечной радиации на всех широтах получают южные стены как по

сравнению со стенами другой ориентации, так и с горизонтальной поверхностью. На Европейской территории Союза изменение радиации по территории составляет 5 ккал/см² мес, в восточных районах Европейской территории Союза приход радиации больше, чем в западных, что обусловлено как меньшей облачностью, так и большей величиной отраженной радиации за счет более высоких значений альbedo снежного покрова. На азиатской территории Союза в соответствии с режимом облачности изменение радиации в пределах тех же широт значительно — до 8—9 ккал/см² мес. Большим приходом суммарной радиации характеризуется Забайкалье (7—9 ккал/см² мес.), южные районы Средней Азии (8—9 ккал/см² мес.), а максимальные величины отмечаются на юге Приморского края (более 11 ккал/см² мес.).

Приход радиации на восточные и северные стены значительно меньше и более равномерно меняется с широтой во всех географических районах. На юге ЕТС восточные стены получают 2 ккал/см² мес., а северные — менее 1 ккал/см² мес. В пустынных районах Средней Азии и на Дальнем востоке восточные стены получают около 4 ккал/см², а северные около 2 ккал/см² мес. До 55° с. ш. на восточные стены поступает приблизительно такое же количество радиации, как и на горизонтальную поверхность, южнее 55° с. ш. стены получают на 1—2 ккал/см² мес. меньше, чем горизонтальная поверхность.

В июле на восточные стены в большинстве районов приходит около 8—9 ккал/см² мес., что на 30—40% меньше, чем на горизонтальную поверхность. Сравнительно высокий приход радиации (10—11 ккал/см² мес.) отмечается в районах Средней Азии. Июльские суммы радиации здесь максимальны или близки к максимальным и только севернее 70 с. ш. и на Дальнем Востоке максимум приходится на май и достигает 12—14 ккал/см² мес. Максимум в мае на севере обусловлен в основном большим приходом рассеянной и отраженной радиации (велико альbedo поверхности), а в Приамурье — значительным приходом прямой солнечной радиации.

На северные стены в июле тепла поступает в 2—3 раза меньше, чем на горизонтальную поверхность (5—6 ккал/см² мес.) и только за полярным кругом суммы радиации достигают 7 ккал/см² мес. Для большинства районов приход тепла в июле мало отличается от прихода тепла в июне и даже мае, лишь на севере максимум сдвинут на май и составляет 11—12 ккал/см² мес.

Южные стены в июле получают повсеместно меньшие радиации, чем горизонтальная поверхность (2/3 на севере, 1/2 на юге). Приход радиации мало меняется с широтой, что характерно в летние месяцы для стен любой другой ориентации. На большей части территории южные стены получают около 9 ккал/см² мес., т. е.

столько же, сколько и восточные стены, а в низких широтах даже меньше.

Величина поглощенной стеной радиации (B_v) может быть определена по формуле

$$B_v = Q_v (1 - A_c), \quad (2.19)$$

где A_c — альbedo стены.

Альbedo поверхностей зданий, строительных материалов и некоторых естественных поверхностей приводится в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Альbedo (A_c) некоторых строительных материалов

Наименование материала и обработка	Характеристика поверхности	Цвет поверхности	Альbedo, %
Кирпич оштукатуренный	гладкая	белый	70
		розовый	50
		светло-желтый	53
		светло-голубой	45
		темно-розовый	30
Кирпич неоштукатуренный:	шероховатая	коричневый	10
Панель:	новая	красный	23—30
		светлый	45—60
бетонная оштукатуренная	шероховатая		
Рубероид	гладкая	белый	70
		светло-голубой	45
		темно-серый	28—30
		темно-коричневый	12
		светло-серый	35
Оцинкованная сталь		светло-красный	40
Черепица			

Для получения количественной оценки температурной поправки за счет солнечной радиации может быть использована установленная З. И. Пивоваровой зависимость [10] между величиной поглощенной стеной радиации (B_v) и величиной самой поправки (Δt_c) (табл. 2.7).

$$\Delta t_c = 0,04 B_v - 0,8. \quad (2.20)$$

Для учета перегрева стены за счет солнечного облучения А. М. Шкловер ввел понятие суммарной, или условной температуры ($t_{\text{усл}}$)

$$t_{\text{усл}} = t_n + \frac{p \cdot Q_v}{\alpha_n}, \quad (2.21)$$

Таблица 2.7

Поправка (Δt_c) к температуре наружной поверхности стены за счет радиации

B_v ккал/ч. м ²	0	20	32	45	57	70	83	96	109	121	134	146
B_v ккал/мес. см ²	0	1,3	2,2	3,2	4,2	5,2	6,2	7,1	8,0	9,0	9,8	10,8
Δt_c	-0,6	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0

где t_n — температура наружного воздуха, Q_v — суммарная радиация, падающая на наружную поверхность ограждения, ккал/м²·ч, α_n — коэффициент теплообмена между наружной поверхностью ограждения и наружным воздухом, равный в среднем 20 ккал/ч·м²·град., p — поглощательная способность стены.

При отрицательных температурах воздуха получают близкие значения t_c и $t_{усл}$. Только для случаев низких температур и при наличии радиации t_c и $t_{усл}$ различаются на 0,5—0,7°. При положительных температурах t_c и $t_{усл}$ могут различаться до 1—2°.

2.3.4. Влажность воздуха и осадки

Повышенная влажность воздуха ухудшает эксплуатационные качества конструкции, уменьшает срок их пригодности и отрицательно влияет на микроклимат жилища. Во влажном ограждении легко образуются плесень и грибки, поэтому деревянные части ограждения быстро гниют. Теплоотдача влажных стен, построенных из гигроскопических материалов, может оказаться в несколько раз больше, чем предусмотрено строительными нормами и правилами. Сухие стены дольше сохраняются при любой температуре. Влажные, даже каменные, стены в суровые зимы быстро разрушаются. Водяной пар, проникший в поры материалов, замерзает и производит разрушительное действие.

При смене морозной погоды оттепелью водяной пар конденсируется на наружных поверхностях стен зданий, так как они оказываются холоднее окружающего воздуха. Кроме того, в ряде случаев на облицовочной части зданий образуется иней.

В районах с влажным климатом в холодное время года возможна конденсация влаги на внутренних стенах зданий. В таких климатических условиях неприменима сухая штукатурка и оклеивание стен. Расчеты показывают, что при наружной температуре -25°С нельзя допускать, например, чтобы в шлакобетонном здании относительная влажность превышала 75%.

При учете влияния на сооружения влажности воздуха прежде всего используются средние значения абсолютной и относительной

влажности, а также средняя амплитуда суточных колебаний относительной влажности наиболее жаркого месяца.

Особенно увлажняются стены при дождях, сопровождающихся сильными порывистыми ветрами.

Многие строительные материалы быстро впитывают влагу, и она перемещается в более глубокие слои ограждений. Если строительные конструкции легкие, то при сильном ветре, который ускоряет проникновение влаги, влага может достигать внутренней поверхности стены. Случаи сквозного промокания стен некоторых зданий могут наблюдаться в прибрежных районах Камчатки и Чукотки при штормовых ветрах с дождем. Массивные каменные конструкции не допускают сквозного промокания, но такие стены медленно высыхают.

Длительные, морозящие дожди оказывают на здания более вредное действие, чем интенсивные, но непродолжительные осадки, так как мелкие капли лучше удерживаются на поверхности и впитываются пористыми материалами.

В районах с дождливой осенью и холодной зимой строители предусматривают защиту стен от влаги.

В период сильных и продолжительных дождей увеличивается влажность грунта. Влажный грунт при замерзании пучится, что влияет на устойчивость здания, сооружение деформируется и может преждевременно разрушиться. Большое количество осадков повышает уровень грунтовых вод, что оказывает вредное влияние на подземную часть здания. Требуется специальные меры гидроизоляции стен, полов, подвалов, фундаментов.

При учете влияния на сооружения осадков прежде всего используются их годовые суммы, годовые значения только жидких осадков, а также и их суточные максимумы.

Для оценки увлажнения стен зданий дождями разработаны различные климатические показатели. К ним относится индекс косоугольного дождя, предложенный Р. Е. Лаци и Г. К. Шелардом. Он определяется как произведение годовой суммы осадков и средней за год скорости ветра, деленное на 1000. Для территории СССР этот индекс был рассчитан Ц. А. Швер, причем использовались не средние годовые скорости ветра, а скорости ветра при выпадении жидких осадков, что, очевидно, более точно. Оказалось, что на территории СССР индекс косоугольного дождя имеет максимальное значение на Сахалине, Камчатке, на Курильских островах, в Приморском крае. На Европейской территории Союза индекс косоугольного дождя оказался наибольшим на побережьях Баренцева и Балтийского морей.

Суммы осадков, выпадающих на вертикальную поверхность (R_v), можно рассчитать по следующей формуле:

$$R_v = (1,4 p_1 + 2,4 p_2 + 3,0 p_3) R, \quad (2.22)$$

где p_1, p_2, p_3 — вероятности скоростей ветра при дожде по градациям соответственно 6—9, 10—14 и ≥ 15 м/с; R — общая сумма осадков.

Коэффициенты, используемые в формуле (2.22), определены на основе натурных наблюдений.

Количество осадков, выпадающих на стену определенной ориентации, можно приближенно определить путем умножения R_v на значение вероятности направления ветра соответствующего румба.

Для более точных расчетов этой величины необходимо иметь сведения о повторяемости ветра различных румбов при каждой градации скорости ветра в дни с дождями.

В этом случае формула принимает вид:

$$R_v = (1,4 p_1 \Pi_1 + 2,4 p_2 \Pi_2 + 3,0 p_3 \Pi_3) R, \quad (2.23)$$

где Π_1, Π_2, Π_3 — вероятности определенного направления ветра при скоростях ветра вышеуказанных градаций.

Ц. А. Швер показала, что расчет количества осадков, попадающих на вертикальные поверхности, по формуле 2.23 производится точнее, чем по индексам косого дождя. Следует отметить, что в отдельных районах СССР на вертикальные поверхности попадает до 100% выпавших осадков. Это наблюдается на побережьях северных морей и на Курильских островах.

Оценку промачивания стен косыми дождями Ц. А. Швер предлагает выполнять по индексу

$$I_n = \frac{I_r}{V_p} \bar{V}^3, \quad (2.24)$$

где I_r — интенсивность дождя, выпадающего на горизонтальную поверхность за 5 мин; $\bar{V}$ — средняя скорость ветра в дни с дождями; V_p — скорость равновесного падения капель дождя (она определяется по графику Э. Г. Богдановой). Для практического использования расчетов по данной формуле необходимо знать критическое значение I_n , при котором влага будет проникать в жилые здания через швы ограждающих конструкций. В некоторых случаях за критическое значение принимается $I_n = 100$. Однако критическое значение I_n , по-видимому, зависит от типа здания.

Следует отметить, что в СНиП показатели количества осадков, попадающих на вертикальные поверхности, и оценки промачивания стен косыми дождями пока еще не включены.

2.3.5. Ветер

Ветровой режим оказывает на сооружения как положительное, так и отрицательное воздействие. Теплоотдача зданий в значительной степени зависит от скорости ветра. При усилении ветра увеличиваются инфильтрационные теплопотери здания через неплотности окон и дверей.

Ветер создает ветровую нагрузку на здание, поэтому надо правильно рассчитать ее, чтобы обеспечить сооружению необходимую прочность, не удорожая строительства. В то же время во влажных районах ветер способствует увеличению долговечности зданий, так как ускоряет просушивание ограждающих конструкций. Ветер можно использовать и для улучшения микроклимата жилищ. В условиях жаркого климата создаются приспособления для улавливания прохладного ветра; комнаты в домах располагаются так, чтобы обеспечивалось сквозное проветривание квартир.

При учете влияния на сооружения ветрового режима используются средние скорости и повторяемости направлений ветра, повторяемости и средние скорости ветра по направлениям, повторяемости штилей, максимальные скорости ветра определенного периода повторения, средние наибольшие и наименьшие скорости ветра в январе и июле.

Инфильтрационные теплопотери зданий, согласно действующим СНиП, учитываются путем введения надбавки к расчетам теплопотерь за счет разности температур воздуха внутри и снаружи помещения. Надбавки к теплопотерям вводятся только в тех районах, где средняя скорость ветра за три самых холодных месяца превосходит 5 м/с. Величина этой надбавки при средней скорости ветра более 10 м/с не превышает 30% при любой ограждающей конструкции и любой проемности окон. Необходимое сопротивление стен воздухопроницаемости определяется по средней скорости ветра за самый холодный месяц.

Вследствие того, что расчетная температура относится к коротким периодам (не более пяти дней), а скорость ветра учитывается за холодный месяц, причем берется ее среднее значение за месяц (а не фактически наблюдаемое в короткий холодный период); в районах сильных ветров действительные теплопотери зданий значительно превышают рассчитанные. Очевидно, что учет теплопотерь здания за счет инфильтрации воздуха путем введения поправок, учитывающих лишь среднюю скорость ветра, в ряде районов СССР недостаточен.

2.3.6. Комплексный учет метеорологических факторов

На сооружение действуют совместно сразу несколько метеорологических факторов, оказывая сложное воздействие.

В настоящее время разработаны климатические показатели, позволяющие учитывать совместное влияние двух и более метеорологических факторов.

Комплексный климатический показатель для расчета теплопотерь зданий за счет теплопроводности и воздухообмена предложен Л. С. Гандиным. Этот показатель назван эффективной температурой. С помощью эффективной температуры определяется теплопотеря здания при штиле, эквивалентная действительной теплопотере при определенном сочетании температуры и скорости ветра.

Математическое выражение этого показателя имеет следующий вид:

$$t_s = t_n - m(A-1)(t_b - t_n), \quad (2.25)$$

где t_s — эффективная температура; t_n — температура наружного воздуха, t_b — температура внутри помещения; m — параметр, зависящий от теплотехнических характеристик ограждающей конструкции (площадь окон, термическое сопротивление окон и стен); A — параметр, зависящий от скорости ветра и коэффициента воздухопроницаемости здания. Он может быть определен по графику (см. рисунок).

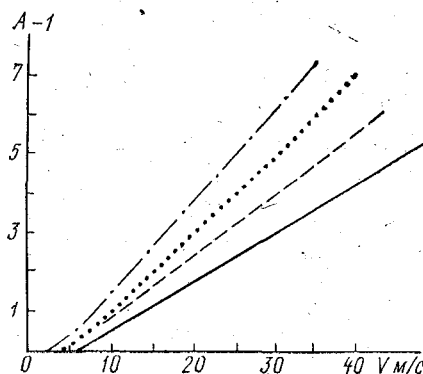


Рис. 2.1. Зависимость множителя $(A-1)$ от скорости ветра v

При расчетах параметр m принимают равным 0,45, что соответствует зданиям с двойным остеклением окон и их площади, равной 30% от площади стен, а температуру воздуха внутри помещения (t_n) — равной 18°С. На основании формулы (2.25) рассчитаны таблицы эффективных температур при различных сочетаниях отрицательной температуры наружного воздуха и скорости ветра для значений коэффициента воздухопроницаемости $\gamma=0,16; 0,20; 0,24; 0,28$ с/м.

Обычно в теплотехнических расчетах используется эффективная температура определенной обеспеченности. Наиболее часто за расчетный норматив принимают значение эффективной температуры 0,1% или 0,4% обеспеченности. Вероятность 0,1% соответствует тому значению t_e , которое осуществляется в среднем в течение 9 ч ежегодно, а вероятность 0,4% — в течение 36 ч.

Эффективную температуру можно рассматривать как особый, новый климатический показатель, позволяющий судить о суровости зим на территории СССР.

В различных районах Советского Союза в формировании t_e в большой степени участвуют или термический, или ветровой факторы. На ЕТС низкие эффективные температуры наблюдаются в северных прибрежных районах, в ее северо-восточной части и в степных районах. На побережьях и в степных районах низкие значения t_e обусловлены действием ветра, а на северо-востоке — действием низких температур.

В равнинных районах Западной Сибири и Казахстана эффективные температуры формируются в основном под действием ветра и диапазон изменений скорости ветра и температуры при одних и тех же t_e весьма велик. Так, на о. Диксон эффективная температура обеспеченностью 0,1% равна —110°, а при самых низких температурах и малых скоростях ветра t_e достигает лишь —60, —65°.

В Восточной Сибири на северном побережье фактические температуры воздуха могут опускаться до —56, —58° при штиле и слабом ветре, в то же время при более высоких температурах могут иметь место большие скорости ветра. Поэтому для этих районов характерен большой диапазон температур и ветров, обуславливающих одинаковые значения t_e .

В Якутии основную роль в формировании эффективных температур играет температура наружного воздуха, поэтому здесь нормативные эффективные температуры не очень низкие, несмотря на то, что эти районы наиболее холодные (t_e при $P=0,1\%$ равны —56, —61°С). На северо-востоке СССР в прибрежных открытых районах температура воздуха значительно выше, чем в Якутии, а эффективные температуры опускаются до —90°С и ниже. Основную роль в формировании t_e играет ветер, скорость которого здесь

очень велика. Так, в Анадыре эффективная температура обеспеченностью 0,1% составляет -92°C .

На побережье Охотского моря, Дальнем Востоке, Камчатке и Сахалине основную роль в формировании эффективных температур играет ветер (t_e при $P=0,1\%$ равна $-55, -65^{\circ}\text{C}$).

Следует отметить большую ежегодную изменчивость расчетной t_e и особенно в тех районах, где эффективная температура определяется скоростью ветра.

Л. Е. Анапольской и Л. С. Гандиным [1] выполнено районирование территории СССР по расчетным эффективным температурам. Всего выделено одиннадцать районов (табл. 2.8).

Таблица 2.8

Расчетная эффективная температура в различных районах СССР

Район	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
$t^{\circ}\text{C}$	-20	-21, -25	-26, -30	-31, -35	-36, -40	-41, -45	-46, -50	-51, -60	-61, -70	-71, -90	-91, -110

В район XI входят северные побережья морей Западной и Восточной Сибири, а также Чукотки. К районам X и IX относятся северные районы Сибири, Чукотки, побережья Дальнего Востока. Район VIII наиболее обширен. Он занимает центральные и южные районы Западной и Восточной Сибири. К районам VII—I относится территория Казахстана и Средней Азии.

На территории ЕТС выделяются районы III—VII. В отличие от других территорий СССР на ЕТС границы районов имеют не широтное, а меридиональное распределение. К району III относятся западные, а к району VII восточная часть ЕТС.

Другим показателем теплоотдачи зданий в зависимости от температуры наружного воздуха (t_n) и скорости ветра (V) может являться эквивалентная температура ($t_{экр}$), по смыслу аналогичная эффективной температуре (предложен А. А. Цвидом):

$$t_{экр} = t_n (1 + \alpha) - \beta, \quad (2.26)$$

где α и β — коэффициенты, зависящие от скорости ветра v ; $\alpha = 0,045 v^{1,412}$; $\beta = 0,464 v^{1,504}$.

При расчете систем вентиляции и кондиционирования помещения используется комплексный показатель теплосодержания воздуха. Расчетными климатическими параметрами теплосодержания в холодный период года являются следующие:

1) теплосодержание, соответствующее вентиляционной зимней температуре и средней относительной влажности воздуха в 13 часов самого холодного месяца;

2) теплосодержание, соответствующее температуре самой холодной пятидневки и средней относительной влажности воздуха в 13 часов самого холодного месяца;

3) теплосодержание, соответствующее абсолютному минимуму и средней относительной влажности воздуха в 13 часов самого холодного месяца.

В теплый период года расчетные параметры теплосодержания определяют в зависимости от класса систем кондиционирования. Для систем кондиционирования классов А и Б расчетными являются величины теплосодержания, которые превышаются соответственно не более 400 и 200 часов в год. Они рассчитываются на основании срочных наблюдений за температурой и влажностью воздуха за 25-летний период.

Для систем кондиционирования класса В расчет теплосодержания производится по абсолютным максимумам температуры и соответствующим им абсолютным влажностям воздуха.

Теплосодержание (I) рассчитывается по температуре воздуха (t°) и удельной влажности (d г/кг) с помощью формулы

$$I = c_p t + (L + c_n t) d \cdot 10^{-3}, \quad (2.27)$$

где $c_p = 0,24$ — удельная теплоемкость сухого воздуха при постоянном давлении (ккал/кг $^\circ$ С); L — теплота испарения (597 ккал/г), $= 0,43$ ккал/кг $^\circ$ С — удельная теплоемкость водяного пара.

По формуле (2.27) Л. К. Рамзиным построена номограмма, названная I — d -диаграммой. При ее построении использована зависимость удельной влажности d от относительной влажности воздуха:

$$d = 622 \frac{e}{p - 0,377 e} = 622 \frac{fE}{p - 0,377 pE}, \quad (2.28)$$

где p — давление воздуха, f — относительная влажность, e — упругость водяного пара; E — упругость насыщенного водяного пара.

Номограмма значительно упрощает расчеты удельной влажности.

Перечисленные расчетные параметры теплосодержания, используемые в СНиП, лишь условно можно назвать комплексными показателями, поскольку они определяются по двум величинам климата, наблюдаемым не одновременно, а полученным в результате независимой статистической обработки наблюдений за температурой и влажностью воздуха.

Более надежны параметры теплосодержания, рассчитанные на основании одновременно наблюдаемых сочетаний температуры и относительной влажности. Каждому такому сочетанию соответствует определенное теплосодержание воздуха. Используя ежедневные или срочные наблюдения за температурой и влажностью воздуха,

можно определить длительность периода, за который теплосодержание воздуха в данном месяце или сезоне имело ту или иную величину.

Совместный учет влияния трех метеорологических факторов на теплообмен здания предложил Л. С. Гандин. Он разработал методику расчета теплового режима зданий с учетом кондуктивного (за счет разности температур воздуха внутри и снаружи здания), конвективного (за счет воздухопроницаемости) и лучистого (за счет солнечной радиации) теплообменов. При теоретических расчетах использовались два упрощающих предположения, относящихся ко всем механизмам теплообмена через ограждение, а именно предположение об одномерности и стационарности.

Предположение об одномерности означает, что принимаются во внимание лишь потоки тепла в направлении, перпендикулярном к поверхности ограждения. Согласно предположению о квазистационарности, не учитывается термическая инерция здания.

Уравнение теплового баланса внутреннего воздуха Л. С. Гандиным записывается в следующем виде:

$$v = \frac{t_v - t_n}{R} + \sigma_0 [A(\gamma v - 1)] \frac{t_v - t_n}{R_0} = \sigma_0 \epsilon_0 Q_b - v', \quad (2.29)$$

где v — скорость ветра; v' — количество тепла, выделяемое внутренними источниками; t_n — температура наружного воздуха; t_v — температура внутреннего воздуха, принимаемая в расчетах согласно гигиеническим нормам, 18°C ; R — осредненное по всей поверхности ограждения термическое сопротивление, оно определяется из соотношения

$$\frac{1}{R} = \frac{1 - \sigma_0}{R_c} + \frac{\sigma_0}{R_0}, \quad (2.30)$$

где R_c , R_0 — термическое сопротивление стен и окон, σ_0 — площадь окон (в долях единицы от общей площади стен здания); ϵ_0 — коэффициент пропускания потока радиации окнами ($\epsilon_0 = 0,67$), Q_b — суммарная радиация, поступающая на наружные поверхности ограждения; $A(\gamma v) - 1$ — функция, зависящая от скорости ветра v и коэффициента γ с/м, характеризующего степень воздухопроницаемости оконной части ограждения (при $\gamma = 0,20$ с/м и $v = 2-3$ м/с $A(\gamma v) - 1 = 0,1$; при $v = 4-5$ м/с $A(\gamma v) - 1 = 0,3$; при $v = 6-7$ м/с $A(\gamma v) - 1 = 0,55$).

Уравнение теплового баланса позволяет определять требуемую мощность отопления здания с заданными тепловыми характеристиками при конкретных метеорологических условиях. Переход значений v через нуль от отрицательных значений к положительным соответствует времени начала отопительного периода, а пере-

ход от положительных к отрицательным — времени конца отопительного периода. Разность между датами перехода γ через нуль определяет продолжительность отопительного периода.

Уравнение теплового баланса позволяет оценить вклад каждого вида теплообмена в суммарный, а также и рационально выбрать теплотехнические параметры ограждений.

Как показывают оценки, основную часть дефицита тепла составляют потери, возникающие под действием температуры воздуха, а радиация и ветер соответственно увеличивают или уменьшают потери тепла лишь на 10—30%.

Для большей части территории СССР дефицит тепла, обусловленный действием температуры наружного воздуха, составляет от 150—200 до 400—450°С мес. Наибольший дефицит тепла наблюдается в Восточной Сибири, где на территории восточнее Енисея и до приморских районов он составляет 300—400°С мес. Именно в соответствии с этим при расчетах по СНиП для этих районов планируются мероприятия, уменьшающие теплоотдачи, в частности тройное остекление, утепление входных дверей, увеличение толщины стен и мощности систем отопления.

Во второй, наиболее холодный район по дефициту тепла, достигающего 150—250°С мес., входят вся Западная Сибирь, Северный и Центральный Казахстан и северная часть Европейской территории Союза. В южных районах страны дефицит составляет лишь 50—100°С мес.

Годовой дефицит тепла за счет инфильтрации изменяется на территории страны до нескольких градусо-месяцев в центральных районах Восточной Сибири, южных районах Казахстана, в Средней Азии и Закавказье. Дефицит тепла за счет инфильтрации зависит как от микроклиматических особенностей, так и от общих циркуляционных условий. Так, например, на Кольском полуострове на открытых незащищенных побережьях дефицит достигает 70—80°С мес., а в некотором удалении от берега понижается до 20—25°С мес. В Восточной Сибири резкое изменение дефицита за счет инфильтрации наблюдается на побережье по сравнению с дефицитом в центральных районах Якутии. На побережье он равен 50—60°С мес., а в центре материка лишь 1—2°С мес. Таким образом, в районах с большими скоростями ветра зимой инфильтрационные тепловые потери составляют до 20—25% потерь, возникающих под влиянием температуры. В центральной Якутии тепловые потери от ветра составляют лишь долю процента от общих потерь тепла. На Европейской территории страны ветровая добавка к общим тепловым потерям составляет 10—20% в открытых районах и 5—7% в защищенных лесных районах и больших городах.

Территории, на которых ветровая добавка за год достигает 15°С мес. и более, включены в ветроопасный район. Здесь должны

быть предусмотрены мероприятия, уменьшающие инфильтрацию воздуха.

Солнечная радиация компенсирует некоторым образом теплопотери зданий. Влияние радиации на тепловой режим зданий определяется его ориентацией и площадью окон. В зимние месяцы количество тепла, поступающего от солнца, мало и уменьшение величины теплообмена небольшое. Лишь в южных районах Европейской территории Союза добавка тепла за счет радиации составляет $4-6^{\circ}\text{C}$.

Более значительное влияние радиации ($10-14^{\circ}\text{C}$) наблюдается в марте и практически одинаково для всей ЕТС. В летние месяцы почти во всех районах Советского Союза, за исключением Дальнего Востока, добавка тепла в здание за счет солнечной радиации достигает более 20°C . Дополнительное тепло, проникающее в здания под влиянием лучистых потоков, уменьшает теплопотери, возникающие под действием температуры воздуха, на $30-40\%$, а во Владивостоке — до 60% .

На большей части территории СССР здания получают в сумме за год $140-150^{\circ}$ дополнительного тепла от солнца. Наибольшее количество радиации приходится на районы Центрального и Южного Казахстана и Среднюю Азию.

Представляет интерес сравнение длительности отопительного периода, полученного по уравнению Л. С. Гандина [1] и по методике СНиП (период с температурой воздуха ниже 8°C). Расчеты показывают, что учет радиации в большинстве районов нашей страны для открыто расположенных зданий должен привести к уменьшению длительности отопительного периода на $10-20\%$. В городах, где за счет затенения здания получают радиации примерно вдвое меньше, продолжительность отопительного периода должна быть больше, чем по СНиП.

Параметры, определяемые на основании уравнения теплообмена зданий, могут быть положены в основу комплексного районирования нашей страны для нужд строительства. Так, Л. Е. Анапольская и Л. С. Гандин предлагают выполнять районирование с учетом следующих характеристик:

- 1) продолжительности отопительного периода;
- 2) общих теплопотерь здания (с учетом температуры, скорости ветра и радиации);
- 3) значений эффективной температуры $0,4\%$ обеспеченности;
- 4) теплопотерь за счет ветра и радиации;
- 5) длительности периода теплопоступлений;
- 6) добавки тепла, возникающей под влиянием солнечной радиации в июле и общих теплопоступлений в июле.

2.4. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ НА СООРУЖЕНИЯ

2.4.1. Ветровые нагрузки

Все сооружения, возвышающиеся над поверхностью земли, подвергаются ветровым воздействиям. Для сооружения высотой более 40 м необходимо учитывать величину нагрузки, создаваемой ветром. Статистическая ветровая нагрузка, нормальная к поверхности сооружения или к его элементу, определяется по формуле

$$Q = C_x \cdot q_0, \quad (2.31)$$

где C_x — аэродинамический коэффициент (коэффициент лобового сопротивления сооружения); q_0 — скоростной напор ветра (давление ветра на единицу поверхности в кг/м²).

Скоростной напор ветра (q_0) может быть рассчитан по формуле

$$q_0 = \frac{1}{2} m v^2, \quad (2.32)$$

где v — скорость ветра в м/с; $m = \rho/g$ — масса воздуха.

Если принять плотность воздуха $\rho = 1,225$ кг/м³, что имеет место при температуре воздуха 15°С и давлении 760 мм рт. ст., тогда

$$q_0 = v^2/16. \quad (2.33)$$

Таким образом, из выражения (2.33) видно, что для конкретного сооружения величина статистической ветровой нагрузки определяется скоростью ветра. Это заставляет более точно определять расчетные скорости ветра, по которым оценивается расчетная ветровая нагрузка. При занижении расчетных ветровых нагрузок по сравнению с действительными возникают аварии, а при завышении их обеспечивается большой запас прочности, но увеличивается стоимость сооружения. Возможно, что в некоторых случаях это удорожание может превзойти возможные убытки от аварий.

Как показывают расчеты, с увеличением скоростного напора ветра с 45 до 55 кг/м² (что соответствует увеличению скорости приблизительно на 3 м/с) стоимость 100 км линии ЛЭП-500 (линия электропередачи напряжением 500 км) возрастает в два раза.

В качестве расчетной скорости для определения ветровой нагрузки обычно принимается наибольшая скорость ветра определенной обеспеченности.

В СССР чаще всего при расчете ветровой нагрузки используется максимальная скорость ветра, возможная раз в пять лет. В «Справочнике по климату СССР» приведены наибольшие скорости ветра определенного периода повторения. Они рассчитаны по методике Анапольской — Гандина, согласно которой на специальной клетчатке для кривых с большой асимметрией (оси $\ln(-\ln P)$ и $\ln v$) строится интегральная кривая распределения ско-

ростей ветра и экстраполируется в сторону их больших значений. Интегральная повторяемость рассчитывается по данным четырехсрочных наблюдений за ветром по флюгеру. В некоторых случаях максимальные скорости ветра определенного периода повторения рассчитываются или по месячным, или по годовым максимумам скоростей ветра.

Период повторения T (число лет, за которые наблюдалась величина, превосходящая X), определяется по формуле

$$T = 1/NP(x), \quad (2.34)$$

где N — число наблюдений в течение одного года, $P(x)$ — обеспеченность скорости ветра выше определенного значения.

Если на клетчатке строится интегральная кривая величин ниже определенных значений, то в этом случае

$$T = 1 - 1/P(x)N, \quad (2.35)$$

где $P(x)$ — обеспеченность скорости ветра ниже определенного значения.

Если интегральные кривые строятся по годовым максимумам, то $N=1$, если по месячным, то $N=12$, если по четырехсрочным наблюдениям, то $N=1460$.

Интегральные повторяемости по четырехсрочным наблюдениям рассчитываются по формуле

$$P = \frac{m}{n} \cdot 100\%, \quad (2.36)$$

а интегральные повторяемости годовых или месячных максимумов — по формуле

$$P = \frac{m}{n+1} \cdot 100\%, \quad (2.37)$$

где m — порядковый номер каждого члена ряда, n — число членов ряда.

В настоящее время показано, что при расчете нормативного скоростного напора (q_n) следует пользоваться формулой

$$q_n = (av_5)^2/16, \quad (2.38)$$

где $a = 0,75 + 5/v^2$ — поправка к расчетной скорости ветра, возможной раз в пять лет.

Эта поправка вводится в тех районах, где расчетная скорость превосходит 20 м/с. Она обусловлена систематической ошибкой, связанной с особенностями наблюдений за ветром с помощью флюгера, а также и методикой расчета интегральной повторяемости. Нормативы скоростных напоров ветра на сооружения на высоте

10 м над поверхностью земли строители берут из СНиПа 11—6—74 (нагрузки и воздействия) в зависимости от района (табл. 2.9). Карта районов приведена в СНиП.

Таблица 2.9

Скоростные напоры ветра q_n в различных районах СССР

Районы СССР	I	II	III	IV	V	VI	VII
Скоростной напор кгс/м ²	27	35	45	55	70	85	100

На большей части нашей страны скоростной напор не превышает 45 кгс/м². Лишь на побережьях Арктических и Дальневосточных морей он достигает 85—100 кгс/м². Наименьшие скоростные напоры отмечаются во внутриконтинентальных районах. Увеличение скоростных напоров отмечается в предгорьях и на побережьях водоемов.

Ветровой напор на сооружение высотой более 10 м, согласно СНиП, определяется по формуле

$$q_n = K_z n \beta q, \quad (2.39)$$

где K_z — коэффициент пересчета ветрового напора с высоты 10 м на другие высоты, q — ветровой напор на высоте 10 м, рассчитанный по скорости ветра, возможной раз в пять лет; n — коэффициент перегрузки, с помощью которого осуществляется пересчет ветрового напора, возможного раз в пять лет, на напор, наблюдаемый реже; β — коэффициент, учитывающий пульсации ветрового напора и динамичность конструкции (реакция сооружения на порывы ветра).

Ветровая нагрузка на высокое сооружение рассчитывается по отдельным участкам сооружения и суммируется. Формула для ее расчета имеет вид

$$Q = n \sum C_x K_z \beta q s, \quad (2.40)$$

где C_x — аэродинамический коэффициент, s — проекция площади отдельного элемента сооружения на плоскость, перпендикулярную направлению ветра.

Коэффициент K_z определен на основе экспериментальных данных в зависимости от типа защищенности подстилающей поверхности (табл. 2.10).

К типу А относится открытая местность (степь, пустыня, поле, открытые побережья морей, озер, водохранилищ и т. д.). К типу Б относится защищенная местность (города, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м).

Таблица 2.10

Изменение коэффициента K_z в зависимости от типа местности и высоты							
Тип местности	Показатель m	Высота, м					
		10	30	60	100	200	350
А	0,16	1	1,4	1,8	2,1	2,6	3,1
Б	0,22	0,65	1,05	1,4	1,8	2,45	3,1

Параметр m является показателем степенной функции профиля скорости ветра, т. е. предполагается, что скорость ветра в пограничном слое атмосферы изменяется с высотой по степенному закону вида

$$v/v_1 = (z/z_1)^m, \quad (2.41)$$

где v и v_1 — средние скорости ветра на высотах z и z_1 .

Коэффициент перегрузки n на уровне флюгера может быть определен на основании экспериментальных данных. Отношение наибольшей скорости ветра, возможной раз в 20 лет, к скорости ветра, возможной раз в 5 лет, у поверхности земли составляет 1,14. Тогда коэффициент перегрузки для пересчета ветрового напора, определенный по скорости, возможной раз в 5 лет, к ветровому напору, возможному раз в 20 лет, будет около 1,3. В СНиП 11—6-74 рекомендовано при проектировании высоких сооружений в расчетах значение скоростного напора ветра увеличивать в 1,3 раза. Следовательно, введением этого коэффициента фактически осуществляется переход от учета скоростного напора, возможного раз в 5 лет, к учету скоростного напора, возможного раз в 20 лет.

Однако на практике важно уметь пересчитывать скоростные напоры к другим, а не к возможному раз в 20 лет, периодам повторения.

Если воспользоваться зависимостью между скоростями и соответствующими им периодами повторения, то по величине отношения v_{20}/v_5 можно определить отношения скоростей с другими периодами повторения.

В частности, выполняются следующие соотношения:

$$v_{10}/v_5 = v_{20}/v_{10} = v_{40}/v_{20} = 1,11 \quad (2.42)$$

и

$$v_{20}/v_5 = v_{20}/v_{10} \cdot v_{10}/v_5, \quad v_{10}/v_5 = \sqrt{v_{20}/v_5}.$$

Для определения расчетных скоростей ветра на высотах 100 м и более целесообразно использовать данные аэрологических на-

блюдений. Обычно в этом случае интегральные кривые распределения рассчитываются и строятся по месячным максимумам скорости ветра на каждой стандартной высоте (100, 200, 300, 500, 600 и 900 м над поверхностью земли). Однако к расчетным скоростям ветра для уровней 100 и 200 м следует вводить поправки (1,5—2,0 м/с), так как скорости ветра на каждом стандартном уровне определяются в результате осреднения и по слою толщиной 100—150 м, при этом предполагается, что скорость ветра линейно возрастает с высотой. На самом деле скорость ветра в нижнем слое атмосферы изменяется с высотой не линейно, а по степенному (или логарифмическому) закону: с удалением от поверхности земли ее возрастание с высотой замедляется.

На территории СССР по расчетным скоростям ветра, возможным раз в пять лет, выделено шесть районов (табл. 2.11).

Таблица 2.11

Расчетные скорости ветра на разных высотах (м/с)

Высота, м	Р а й о н					
	I	II	III	IV	V	VI
10—12	21	24	27	30	34	37
100	27	31	34	38	42	46
200	30	34	38	42	46	51
300	32	36	40	44	49	54
500	34	39	44	49	54	58

Наименьшие расчетные скорости наблюдаются в центральных частях ЕТС, Западной и Восточной Сибири и в Средней Азии, а наибольшие на побережьях морей Северного Ледовитого и Тихого океанов.

Наряду со статистической частью ветровой нагрузки на сооружения воздействует и динамическая нагрузка, обусловленная порывами ветра. Она обычно является кратковременной, однако по величине превосходит статистическую.

Эффект воздействия порывов ветра зависит от динамических свойств конструкции и его массивности.

Обычно в процессе проектирования невысоких массивных сооружений эффект динамической нагрузки не учитывается. При проектировании мачт, дымовых труб, опор линий электропередачи и тому подобных сооружений (с периодом свободных колебаний более 0,25 с), многоэтажных зданий высотой более 40 м, одноэтажных однопролетных производственных зданий высотой более 30 м и отношением высоты здания к его ширине (пролету) более единицы необходимо учитывать нагрузки, создаваемые при порывах ветра.

Кроме того, для проектирования гибких высоких сооружений круговой цилиндрической формы (дымовые трубы, мачты и т. п.) производят расчет их на резонанс, возникающий при скоростях ветра, когда частота срыва вихрей совпадает с частотой свободных поперечных колебаний сооружения. При проектировании гибких призматических конструкций учитывают возможность возникновения поперечных колебаний, которые связаны с аэродинамической неустойчивостью этих конструкций. Указания по расчету таких колебаний и по способам их уменьшения предусматриваются специальными нормами проектирования (СНиП 11—6—74).

Вообще, вопросы, связанные с определением динамической нагрузки, выходят за пределы области, которой занимается строительная климатология.

Характеристики же порывистости ветра, необходимые для расчета динамической нагрузки на сооружения, определяются путем экспериментальных наблюдений. Показателем степени порывистости воздушного потока является коэффициент, определяемый отношением максимальной скорости ветра (v_{max}) за какой-то промежуток времени к скорости (v), осредненной за этот промежуток. Коэффициент порывистости зависит от скорости ветра, шероховатости подстилающей поверхности и температурной стратификации атмосферы.

2.4.2. Гололедные и гололедно-ветровые нагрузки

2.4.2.1. Гололедные нагрузки

Гололедные отложения на предметах и сооружениях создают дополнительные нагрузки.

К гололедным отложениям относятся: гололед, зернистая и кристаллическая изморозь, налипание мокрого снега и сложные гололедообразования, состоящие из нескольких видов.

Гололедные отложения на различных предметах образуются в процессе осаднения и замерзания переохлажденных капель воды во время тумана, мороси, дождя, когда температура воздуха ниже 0°C , при сублимации водяного пара и замерзании оседающего мокрого снега.

В результате осаднения и замерзания переохлажденных капель воды образуется или гололед, или зернистая изморозь. Вид отложения зависит от размеров капель и скорости их замерзания. Крупные капли, которые чаще всего наблюдаются при температуре воздуха, близкой к 0°C , успевают растечься и образовать пленку воды, которая замерзает медленно. Замерзшая пленка образует гололед. Его образование чаще всего происходит при температуре воздуха в диапазоне от 0 до -3°C . Замерзание капель без расте-

кания, которое характерно для мелких капель и более низких температур (от -3 до -8°C), приводит к образованию зернистой изморози, так как между льдинками остаются пузырьки воздуха. Поверхность этого отложения не гладкая, как при гололеде, а бугристая, с отдельными выступами.

Кристаллическая изморозь образуется в результате сублимации водяного пара или замерзания очень мелких капель при температуре воздуха от -10 до -20°C .

Гололед является самым плотным видом отложений льда. Чаще всего его плотность равна $0,6-0,9 \text{ г/см}^3$. Плотность зернистой изморози составляет $0,1-0,6 \text{ г/см}^3$, а кристаллической — $0,01-0,08 \text{ г/см}^3$.

Гололедные отложения, образующиеся в результате налипания мокрого снега, могут быть различной плотности, от $0,10$ до $0,70 \text{ г/см}^3$.

Наблюдения за размерами гололедно-изморозевых отложений осуществляются с помощью гололедного станка, приемной частью которого являются провода длиной 90 см и диаметром $4-5 \text{ мм}$. Провода укрепляются на трех стойках: два провода в меридиональном направлении и два в широтном. Высота их крепления $1,9$ и $2,2 \text{ м}$. Один из пары проводов укрепляется неподвижно (постоянный), другой (сменный) может сниматься. Обычно измеряются большой и малый диаметр отложений и его вес.

Особенно большое влияние оказывают гололедные нагрузки на работу воздушных линий связи (ЛС) и электропередачи (ЛЭП). Они создают дополнительную весовую нагрузку на провода и опоры воздушных линий. При обледенении проводов значительно возрастает ветровая нагрузка, провода могут скручиваться, иногда возникает их вибрация, или «пляска». Гололедные отложения не только создают нагрузки, но и вызывают помехи в прохождении сигналов.

Аварии, происходящие на современных ЛС и ЛЭП из-за гололеда, наносят колоссальный ущерб народному хозяйству страны. Правильная оценка ожидаемых гололедных нагрузок при проектировании воздушных линий и опор ЛЭП и ЛС имеет особенно большое значение. Обычно при гололеде возникает и ветровая нагрузка, поэтому требуется учет гололедно-ветровых нагрузок.

Завышение проектных (нормативных) гололедно-ветровых нагрузок по сравнению с возможными обеспечивает сохранность сооружений, но увеличивает его стоимость. Занижение же проектных гололедно-ветровых нагрузок приводит к возникновению аварий — обрыв проводов, поломка опор и т. д.

В действующих СНиП гололедная нагрузка на провода, тросы и канаты рассчитывается по толщине нормативной стенки гололеда. За нормативную стенку принимается толщина гололедного

отложения на одном погонном метре провода с диаметром 10 мм и высотой подвеса 10 м, приведенная к максимальной плотности гололеда, равной $0,9 \text{ г/см}^3$ и возможная раз в 5, 10, 20 и другие периоды лет.

Величина гололедной нагрузки, возможная раз в 5 лет или раз в 10 лет, может быть принята за климатический норматив при проектировании сельских линий электропередачи, имеющих невысокое напряжение и сравнительно легко исправляемых при авариях. При проектировании высоковольтных воздушных линий и различных высотных сооружений, которые должны служить более длительный срок, их рассчитывают на большие значения гололедных нагрузок, т. е. наблюдаемых реже, чем раз в 5 или 10 лет.

Обычно расчет гололедной нагрузки и толщины стенки гололедного отложения начинается для уровня гололедного станка, а затем производится пересчет на уровень 10 м и диаметр провода 10 мм. Толщина стенки гололеда (в см) на уровне гололедного станка, приведенная к плотности $0,9 \text{ г/см}^3$ (b_n), может быть определена по формуле:

$$b_n = \sqrt{\frac{P}{283} + \frac{d^2}{4}} - \frac{d}{2}, \quad (2.43)$$

где P — вес гололедного отложения на одном погонном метре провода гололедного станка в г, d — диаметр провода в мм.

Если же вес отложения не известен, а измерены большой и малый диаметры отложения (a и c), то b_n определяют по соотношению

$$b_n = 1/2 \left[\sqrt{\left(ac - d^2 \right) \frac{\gamma'}{\gamma} + d^2} - d \right], \quad (2.44)$$

где $\gamma = 0,9 \text{ г/см}^3$ — максимально возможная плотность отложения, γ' — фактическая плотность отложения.

Согласно СНиП 318—65, при расчете приведенной толщины стенки гололеда (b_n) плотности определенных видов гололедных отложений считались постоянными на всей территории СССР. Плотность гололеда принималась равной $0,75 \text{ г/см}^3$, для смешанных отложений и замерзшего мокрого снега $\gamma = 0,2 \text{ г/см}^3$, для зернистой изморози $\gamma = 0,1 \text{ г/см}^3$, для кристаллической $\gamma = 0,05 \text{ г/см}^3$.

Однако, как показывают наблюдения, плотность гололедно-изморозевых отложений изменяется в зависимости от физико-географических условий. Поэтому в тех случаях, когда толщина приведенной стенки гололеда определяется по размерам отложения, возникают ошибки, обусловленные различием плотности фактического отложения от стандартной плотности для данного вида отложения.

Пересчет толщины стенки гололеда на провода диаметром 10 мм и высотой подвеса 10 м осуществляется с помощью умножения значения b_n на коэффициент $K_{vdh}=1,5$.

В настоящее время показано, что коэффициент k_{vdh} не является постоянной величиной, а зависит от скорости ветра и размера самого отложения (табл. 2.12).

Таблица 2.12

Коэффициенты K_{vdh} для пересчета толщины стенки гололедного отложения ($d=10$ мм, $h=10$ м)

Толщина стенки гололедного отложения, мм	Скорость ветра, м/с				
	0,1—4,0	4,1—8,0	8,1—12,0	12,1—16,0	> 16
5	1,85	2,00	2,14	2,32	2,48
10	1,65	1,77	1,90	2,07	2,18
15	1,57	1,68	1,80	1,90	2,00
20	1,25	1,30	1,37	1,45	1,50

Вес гололедного отложения, если он известен на уровне гололедного станка, может быть также пересчитан на провода диаметром 10 мм и высотой их подвеса с помощью коэффициентов K_{Pdh} (табл. 2.13).

Таблица 2.13

Коэффициенты K_{Pdh} для пересчета веса гололедного отложения ($d=10$ мм, $h=10$ м)

Вес гололедно- го отложения, г	Скорость ветра, м/с				
	1—4	5—8	9—12	13—16	> 16
<100	3,7	4,2	4,6	5,1	5,6
101—150	3,3	3,7	4,1	4,6	5,0
151—300	2,9	3,2	3,6	4,0	4,4
301—450	2,5	2,8	3,2	3,5	3,7
451—600	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9
>600	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4

В настоящее время в ГГО подготовлены «Рекомендации по расчету климатических параметров гололедных и гололедно-ветровых нагрузок», в которых приводится методика более точного определения веса гололеда на гололедном станке, учитывающая плотность гололедно-изморозевых отложений в различных физико-географических районах и использующая переменные коэффициен-

ты $K_{P_{dh}}$ для пересчета гололедной нагрузки с провода гололедного станка на провода ЛЭП.

Расчеты начинаются с того, что на основании наблюдений в данном физико-географическом районе уточняется средняя плотность каждого вида гололедного отложения.

Если P измерено в граммах, a , c , d — в сантиметрах, то при длине провода 100 см плотность отложения (в г/см³) определяется по формуле

$$\gamma' = P/78(ac - d^2). \quad (2.45)$$

На основании формулы (2.45) построена номограмма, использование которой значительно ускоряет работу. Зная среднюю плотность каждого вида отложения, вычисляются веса отложений для тех случаев, когда они не были определены, а были измерены лишь a и c .

По годовым максимумам веса гололедных отложений рассчитывается и строится интегральная кривая распределения. Эмпирические значения интегральных повторяемостей рассчитываются по формуле:

$$P = \frac{m}{n+1} \cdot 100\%, \quad (2.46)$$

где n — число лет наблюдений, m — порядковый номер членов ряда, расположенных в возрастающем порядке. Интегральная кривая распределения годовых максимумов P (или b_n) достаточно хорошо аппроксимируется функцией

$$f(x) = e^{-(x/\beta)^{-\alpha}}, \quad (2.47)$$

где $f(x)$ — интегральная повторяемость того, что вес гололеда не превысит величину X ; α и β — параметры, характеризующие особенности распределения годовых максимумов P в зависимости от физико-географических и климатических условий местности. Эмпирическая кривая, построенная на клетчатке в шкалах $\ln x$ и $\ln[-\ln f(x)]$, спрямляется и легко экстраполируется. С этой кривой снимаются значения веса гололедного отложения определенного периода повторения. Период повторения (T) максимальной величины определяется по формуле

$$T = 1/[1 - f(x)]. \quad (2.48)$$

Пересчет веса гололеда с уровня гололедного станка на высоту ЛЭП осуществляется с помощью коэффициента $K(dh)$, с учетом метеорологических условий и размеров отложений.

По вероятностным значениям гололедных нагрузок на проводе гололедного станка и на проводах ЛЭП можно определить соот-

ветствующие вероятностные значения толщины стенки гололеда, приведенной к плотности 0,9 г/см³.

Толщина приведенной стенки гололеда (в мм) на проводе гололедного станка определяется по формуле

$$b_n = \sqrt{0,35 P_c + 6,25} - 2,5. \quad (2.49)$$

Для определения нормативной толщины стенки гололеда на проводах ЛЭП используется формула

$$b_n = \sqrt{0,35 P_d + 25} - 5. \quad (2.50)$$

На основании этих формул составлены номограммы, позволяющие по весу гололеда на гололедном станке (P_c) или проводах ЛЭП (P_d) определять b_n или b_n .

Для перехода от веса гололедно-изморозевого отложения с периодом повторения в 5 или 10 лет к другому периоду повторения используются соответствующие коэффициенты пересчета.

Согласно СНиПу 11—6—74, вся территория нашей страны по величине нормативной стенки гололеда разделена на пять районов (табл. 2.14).

Таблица 2.14
Толщина стенки гололеда в зависимости от района

Районы СССР	I	II	III	IV	V
Толщина стенки гололеда, мм	≤ 3	5	10	15	≥ 20

Номер района определяется по карте, опубликованной в СНиП. К району I относится почти вся территория Западной и Восточной Сибири за исключением Арктического побережья. На Европейской территории страны в основном преобладают II и III классы гололедности. Классы IV и V гололедности относятся к горным районам нашей страны. На Дальнем Востоке и на о. Сахалин преобладают III и IV классы.

Для определения гололедной нагрузки на провода других диаметров и другой высоты подвеса используются соответствующие коэффициенты (табл. 2.15 и табл. 2.16).

Таблица 2.15
Коэффициент пересчета гололедной нагрузки на провода других диаметров

Диаметр провода, мм	5	10	20	30	50	70
Коэффициент	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6

Таблица 2.16
Коэффициент пересчета гололедной нагрузки в зависимости от высоты подвеса проводов

Высота над поверхностью земли, м	5	10	20	30	50	70	100
Коэффициент	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0

В случае расчета гололедных нагрузок на ЛЭП необходимо учитывать влияние на них закручивания проводов и электрического напряжения путем введения коэффициентов K_{P_2} и K_{P_3} . Как показали исследования, выполненные во ВНИИЭ, изменение K_{P_2} зависит от величины гололедных нагрузок. При небольших нагрузках (до 500—600 г/м) происходит возрастание K_{P_2} , а с увеличением нагрузки этот коэффициент уменьшается.

Когда толщина стенки b_n изменяется от 1 до 5—7 мм, коэффициент K_{P_3} возрастает от 1 до 1,6, а при $b_n = 15$ мм понижается до 1,2. С уменьшением сечения провода максимум сдвигается в сторону больших нагрузок.

Наличие электрического поля провода создает условия, благоприятные для увеличения гололедной нагрузки на провода. Эта зависимость, выраженная через погрешность K_{P_3}/P , по данным ВНИИЭ, является криволинейной — при малом весе гололеда происходит быстрое возрастание K_{P_3} , а при увеличении гололедной нагрузки, начиная с 800—1000 г/м коэффициент K_{P_3} уменьшается (K_{P_3} изменяется от 1,25 до 1,4).

Следует отметить, что поправки к гололедным нагрузкам на закручивание и электрическое напряжение пока еще не вошли в СНиП.

2.4.2.2. Ветровые нагрузки при гололеде

Ветровые нагрузки при гололеде на 1 м² поверхности обледеневшего провода определяются по формуле

$$Q = C_x q_s, \quad (2.51)$$

где C_x — аэродинамический коэффициент, равный 1,2; q — скоростной напор ветра в кг/м², s — площадь осевого сечения одного метра обледеневшего провода в м².

Согласно действующему СНиПу 11—6—74, для расчета ветровой нагрузки при гололеде скоростной напор ветра q принимается в четыре раза меньше скоростного напора ветра без гололеда. Площадь s определяется по толщине нормативной стенки гололеда, т. е. диаметр осевого сечения обледеневшего провода принимается равным $2b_n + d$, где d — диаметр провода.

Учитывая, что под воздействием ветра обледеневший провод закручивается, целесообразно диаметр обледеневшего провода (D) принимать равным средней геометрической величине из a и c , т. е.

$$D = \sqrt{ac}. \quad (2.52)$$

Различие в определении площади осевого сечения s по толщине стенки гололеда и по среднему геометрическому диаметру будет определяться как

$$K_s = \frac{\sqrt{ac}}{2b_n + d} \quad (2.53)$$

Как показали исследования, K_s для гололеда составляет около 1,08, а при других видах гололедных отложений доходит до 2,0—2,5 и зависит не только от плотности отложения, но и от размеров самого отложения.

Согласно методике ГГО, ветровая нагрузка при гололедных отложениях на уровне гололедного станка определяется с помощью номограммы, построенной на основании следующей формулы:

$$Q = 0,15 v^2 \sqrt{ac}, \quad (2.54)$$

где Q — значение ветровой нагрузки в г/пог. м, a и c — диаметры гололедно-изморозевого отложения на гололедном станке в мм, v — скорость ветра в м/с.

В качестве нормативной ветровой нагрузки при гололеде обычно выбирается наибольшая нагрузка, наблюдаемая раз за определенный период лет. (Чаше всего раз в 10 лет). Она рассчитывается на основании статистического ряда годовых максимумов, по которым строится интегральная кривая распределения на специальной клетчатке для кривых с большой асимметрией. (Так же как и при определении гололедной нагрузки).

Максимальная за год ветровая нагрузка определяется как наибольшее из двух сочетаний: максимального за год размера отложения и наибольшей скорости ветра, замеренной в тот же период, а также при максимальной за все случаи гололеда скорости ветра и размеров отложений при ней.

Пересчет ветровой нагрузки с уровня станка на провода с параметрами $d=10$ мм и $h=10$ м осуществляется с помощью коэффициентов пересчета K_{Ddh} (табл. 2.17), который зависит от размеров и вида отложения и скорости ветра.

Таблица 2.17

Коэффициенты пересчета K_{Ddh}						
Размер отложения ac , мм ²	v , м/с					
	0,1—8,0		8,1—16,0		>16,0	
	Гололед	Смесь	Гололед	Смесь	Гололед	Смесь
≤50	2,25	2,75	2,38	2,90	2,52	3,10
51—100	1,90	2,40	2,10	2,74	2,30	2,95
101—200	1,80	2,20	2,00	2,58	2,23	2,78
201—800	1,70	2,00	1,90	2,43	2,16	2,70
>800	1,58	1,82	1,80	2,35	2,10	2,62

При определении ветровой нагрузки во время гололеда на провода другого диаметра и другой высоты подвеса используются также специальные коэффициенты.

2.4.2.3. Результирующие нагрузки при гололедно-изморозевых отложениях

Результирующая, или суммарная гололедно-ветровая нагрузка R на провода воздушных линий равна геометрической сумме двух составляющих — вертикальной нагрузки, определяемой весом гололеда и весом провода, и горизонтальной нагрузки, возникающей под действием ветра:

$$R = \sqrt{(P+p)^2 + Q^2}, \quad (2.55)$$

где P — гололедная нагрузка на провода воздушных линий, p — вес провода (200 г), Q — ветровая нагрузка.

Обычно при проектировании воздушных линий результирующая нагрузка определяется на основании нормативных значений P и Q . Однако полученная таким образом результирующая нагрузка не является результатом синхронного воздействия гололедной и ветровой нагрузок. Более правильными следует считать результирующие нагрузки, снятые с интегральной кривой повторяемости годовых максимумов R .

Расчет R по весу отложения и величине ветровой нагрузки легко выполняется с помощью номограммы, построенной на основании формулы (2.55).

В ГГО построены карты распределения на территории СССР нормативных гололедных нагрузок, возможных раз в 10 лет, на которых выделены различные районы гололедности (Труды ГГО вып. 425).

Нормативная толщина стенки гололеда, возможная раз в 10 лет, меняется по территории СССР в зависимости от района гололедности (табл. 2.18).

Таблица 2.18

Нормативная толщина стенки гололеда в зависимости от района гололедности

Район гололедности	I	II	III	IV	V особый
Толщина стенки, мм	≤ 7,4	7,5—12,4	12,5—17,4	17,5—22,4	≥ 22,4

Большая часть нашей страны относится к I и II районам гололедности. К III и IV районам гололедности относятся высокогорные области, южная часть ЕТС, Приморье, о. Сахалин и восточное побережье Камчатки.

2.4.2.4. Методика определения гололедных нагрузок на элементы конструкции различной конфигурации

Нормативная гололедная нагрузка (в кг/м²) на различные элементы сооружений, согласно СНиП, рассчитывается по формуле

$$P_n = K_0 \gamma b_n, \quad (2.56)$$

где K — коэффициент охвата, представляющий собой отношение покрытой гололедом площади поверхности элемента ко всей его поверхности (принимается равным 0,6 независимо от формы и размеров элемента), b_n — нормативная стенка гололеда на проводе диаметром 10 мм, γ — объемный вес гололеда, принимаемый равным 0,9 г/см³.

Экспериментальные наблюдения показали, что K_0 меняется с изменением диаметра провода. Наблюдения за обледенением элементов других форм не проводятся.

Поэтому оценка влияния форм и размеров деталей сооружений на величину гололедных отложений выполнена методом моделирования. Процесс гололедообразования аппроксимировался с помощью модели чисто инерционного осаждения переохлажденного водного аэрозоля на препятствия. В результате удалось определить поправочные коэффициенты для пересчета гололедных нагрузок с круглого цилиндра диаметром 10 мм на элементы другой конфигурации. Интенсивность гололедообразования на всех рассматриваемых элементах заметно убывает с увеличением их размеров и с уменьшением скорости ветра, поскольку в этих случаях резко уменьшается эффективность инерционного осаждения. Наиболее интенсивное нарастание происходит на плоской пластинке, в том числе на диске.

Возможные гололедные нагрузки на высотное сооружение в различных частях СССР можно определять косвенными методами, используя данные наблюдений за облачностью и температурно-ветрового зондирования на стандартных уровнях в сезоны, благоприятные для развития гололедно-изморозевых процессов.

Расчет гололедной нагрузки на определенном уровне осуществляется в том случае, когда температура на данном уровне ниже 0° и количество облаков не менее 8 баллов. Приближенная рабочая формула имеет вид:

$$P = \tilde{E} \beta \cdot \bar{w} \cdot \bar{v} \cdot d \cdot \tau, \quad (2.57)$$

где P — вес отложения в кг/м; $\bar{w}$ — средняя водность облаков в кг/м³; $\bar{v}$ — средняя скорость ветра в м/с; d — диаметр провода в метрах, τ — продолжительность нарастания гололеда в секундах.

Интенсивность нарастания гололедного отложения за промежуток времени 1 ч можно определить с помощью специальной номограммы по водности и скорости ветра. Умножив значение снятой интенсивности нарастания гололедно-изморозевых отложений на продолжительность периода нарастания τ , получим вес гололедного отложения.

В промежутки времени между стадиями нарастания наблюдается процесс испарения либо таяния и последующего разрушения отложений. Таяние отложений происходит при положительной температуре. Практически отложения любого веса разрушаются за 6—8 часов. Испарение льда наблюдается при отрицательной температуре, когда влагонасыщение воздуха невелико (т. е. отсутствие облачности и тумана). Этот процесс протекает очень медленно. Средняя скорость испарения по экспериментальным данным составляет около 15 г/ч с одного погонного метра.

Таким образом, последовательность изменения веса отложения за весь гололедный период можно выразить следующим соотношением:

$$\sum_k P_i - \sum_s P_j = 0. \quad (2.58)$$

При проектировании ЛЭП, ЛС, антенных устройств помимо нормативных гололедных и гололедно-ветровых нагрузок необходимо также учитывать продолжительность обледенения этих объектов. Для учета длительности обледенения объектов лучше всего использовать непосредственно регистрируемую на станциях продолжительность обледенения проводов гололедного станка τ (в часах).

Предложенная выше методика уточнения гололедных нагрузок на высотные сооружения пока еще в СНиП не вошла.

2.4.3. Снеговые нагрузки

Снеговая нагрузка на различные покрытия определяется весом снежного покрова на единицу площади. В СНиП СССР 1972 г. норматив P_0 кгс/м² по снеговой нагрузке на горизонтальную поверхность определяется по формуле

$$P_0 = \rho H, \quad (2.59)$$

где ρ — средняя плотность снега для определенной территории; H — средняя из ежегодных максимальных высот снежного покрова на защищенных участках. Пересчет веса снежного покрова с горизонтальной поверхности на покрытия, имеющие различный уклон и форму, осуществляется по формуле

$$P_n = c P_0, \quad (2.60)$$

где P_n — нормативная снеговая нагрузка; c — коэффициент, зависящий от технических параметров покрытия.

При расчете конструкции покрытия за расчетную нагрузку P_p принимался $P_p = 1,4 P_n$, т. е. нормативные нагрузки увеличивались на 40%. Эта поправка оправдана тем, что норматив P_0 определен как среднее из максимальных весов снега за каждый год. Опыт эксплуатации зданий показал, что конструкции покрытий, рассчитанные по действующим нормам, очень редко выходят из строя. По-видимому, это объясняется тем, что снеговая нагрузка на плоское горизонтальное покрытие меньше веса снежного покрова на поверхности земли, вследствие того, что снег с покрытия сносится ветром. Он сносится как во время снегопадов при скорости ветра 4 м/с и более, так и в случае отсутствия снегопада, но при скоростях ветра более 6 м/с.

В настоящее время предлагается определять расчетные снеговые нагрузки как годовые максимумы, возможные раз в 10 или другие периоды лет и снимаемые с интегральной кривой распределения, построенной на клетчатке для кривых с большой асимметрией. Годовые максимумы снеговой нагрузки рассчитываются по формуле

$$P = (1,24 - 0,13 v_m) P_s - q \pi \tau, \quad (2.61)$$

где P — снеговая нагрузка в кг/м² с учетом сноса снега; P_s — максимальный вес выпавшего за зиму снега; v_m — средняя скорость ветра при снегопадах; q — средняя интенсивность сноса снега за сутки (в кг/м² сутки) при метели без снегопадов; π — повторяемость скоростей ветра более 6 м/с за период отсутствия снегопадов; τ — продолжительность сноса снега за период отсутствия снегопадов.

v_m обычно определяется как средняя скорость ветра, начиная с 4 м/с. Значение q определяется в зависимости от средней скорости ветра при $v \geq 6$ м/с по табл. 2.19.

Таблица 2.19

Зависимость интенсивности сноса снега q (кг/м²·сут) от скорости ветра (v м/с)

v	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0
q	0	0,05	0,15	0,25	0,45	0,60	0,80	1,00	1,30	1,70	2,20	2,80	3,40

Поскольку нет данных о продолжительности сноса снега за период отсутствия снегопадов, то они определяются приближенно по формуле:

$$\tau = T_y - n - 40, \quad (2.62)$$

где T_y — продолжительность периода с устойчивым снежным покровом, n — число дней со снегопадами.

Выполненные расчеты показали, что снеговые нагрузки, определенные по новой методике, в среднем на 20% ниже, чем принятые в СНиП 1962 г. Это позволило уточнить карту районирования территории СССР по снеговым нагрузкам. На ней выделено шесть районов по величине снеговой нагрузки P_0 на горизонтальной поверхности (табл. 2.20).

Таблица 2.20

Вес снегового покрова для различных районов СССР (СНиП 11-6-74)

Районы	I	II	III	IV	V	VI
Вес, кгс/м ²	50	70	100	150	200	250

К району I относятся южная часть ЕТС и Средняя Азия (южнее 50 с. ш.), а также западные области Белоруссии, Украины, Молдавии и Литвы. К районам II—III относятся территории средней полосы ЕТС и Западной Сибири, Восточная Сибирь, побережья морей Северного Ледовитого океана. К району V относятся Северо-западное Предуралье, территория вдоль среднего и нижнего течения Енисея, о. Сахалин и Курильские острова, западная часть Камчатки. Наибольшие снеговые нагрузки наблюдаются на восточном побережье Камчатки (район VI).

Однако и предложенная методика в дальнейшем может быть уточнена. В частности, в качестве v_m может быть взята средняя скорость ветра более 4 м/с только при снегопадах. Величина этой скорости будет меньше принятой в расчетах, так как при снегопадах редко наблюдаются скорости более 12 м/с.

Кроме того, скорость ветра, входящая в формулу, определяется на уровне флюгера, а высота покрытий отличается от высоты флюгера; следовательно, должна быть введена поправка к скорости, учитывающая ее изменение с высотой.

Возможно уточнение и других метеорологических переменных, входящих в расчетную формулу, в частности, продолжительности действия метелей при снегопадах и в случае отсутствия их, а также предельных скоростей ветра, определяющих начало сноса снега с покрытий.

Коэффициент перегрузки (n) для снеговой нагрузки на покрытия принимается в зависимости от отношения нормативного собственного веса покрытия q к нормативному весу снегового покрытия P_0 (табл. 2.21).

Таблица 2.21

Коэффициент перегрузки в зависимости от q/P_0

q/P_0	$\geq 1,0$	0,8	0,6	$\leq 0,4$
n	1,40	1,50	1,55	1,60

3. ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ И МЕХАНИЗМЫ

Опыт эксплуатации технических изделий и механизмов в различных районах земного шара показывает, что надежность и продолжительность их работы находится в зависимости от метеорологических условий. Поэтому возникает необходимость предусматривать меры защиты промышленных изделий и материалов от неблагоприятных климатических воздействий. Климатическая защита изделий техники охватывает широкий комплекс мер, которые должны быть предприняты для обеспечения длительности жизни и надежности работы этих изделий. Такие меры могут быть разработаны лишь на основании изучения воздействий, производимых метеорологическими факторами. Меры защиты от климатических воздействий в основном сводятся к следующему:

1) выбор подходящих материалов при изготовлении изделий и механизмов;

2) покрытие поверхностей защитными пленками (красками, лаками и т. д.);

3) создание конструктивных особенностей технических изделий и механизмов (создание систем защитных изолирующих кожухов, кондиционирование воздуха).

Влияние метеорологических факторов на технические изделия и механизмы многообразно. Главными же метеорологическими факторами являются следующие:

а) температура и влажность воздуха; б) осадки; в) солнечная радиация; г) аэрозоли.

Одно из опасных явлений, вызывающее разрушение материалов, — коррозия. Атмосферная коррозия ускоряет старение лакокрасочных покрытий, ухудшает работу электро- и радиоаппаратуры и т. д.

Коррозийный процесс разрушения металлов может быть химическим и электрическим. Если поверхность металла окисляется в сухом воздухе, то происходит химический процесс. Образующийся при этом тонкий коррозионный слой препятствует дальнейшему процессу коррозии. Поэтому химическая коррозия мало разрушает металл, она только меняет отражательные свойства его поверхности. Если поверхность металла увлажняется, то возникает электрохимический процесс, в результате действия которого металл растворяется.

При увлажнении органических строительных материалов (дерева, бумаги, пластмассы и т. д.) развивается микробиологический процесс, разрушающий материалы, который также называют коррозией. Микробиологическая коррозия вызывается деятельностью грибов, плесени. Если материалы находятся на открытом воздухе

и загрязняются, то на их поверхности всегда можно обнаружить споры грибков. Влага способствует их активному развитию.

На увлажненной поверхности материала образуется слой плесени, под которым все время сохраняется влага, даже если относительная влажность воздуха ниже 75%.

Интенсивность коррозии одного и того же материала может отличаться в несколько десятков раз в зависимости от климатических условий. Так, например, в районах с влажным климатом в воздухе, насыщенном промышленными выбросами, скорость коррозии мартеновской стали примерно в 100, а малоуглеродистой в 300 раз больше, чем в зоне сухого климата.

Установлено, что в СССР срок службы проводов связи в сельской местности составляет 50—60 лет. Эти же провода вблизи промышленных предприятий служат 3—4 года.

Исследования показали, что интенсивность коррозии материалов зависит от степени увлажнения материалов, температуры воздуха и от наличия в атмосфере активно коррозионных примесей (сернистых газов, различных солей).

Увлажнение поверхности материалов происходит или при образовании на ней адсорбционной пленки, или образовании фазовой пленки воды. Первая возникает в случае конденсации водяного пара, содержащегося в воздухе, причем это может иметь место, когда относительная влажность менее 100%, если поверхность материала холоднее окружающего воздуха и температура ее ниже температуры точки росы.

Для расчета скорости коррозии необходимо знать среднюю продолжительность существования той и другой пленки. Следовательно, для расчета продолжительности существования адсорбционной пленки должны быть показатели, характеризующие относительную и абсолютную влажность воздуха в сочетании с определенными значениями температуры воздуха. Наличие и продолжительность существования фазовой пленки на поверхности изделий могут быть определены по климатическим показателям, характеризующим повторяемость и продолжительность осадков, росы, туманов. Однако пленки влаги на поверхности материалов не могут вызывать значительного коррозионного процесса, если они образуются из чистой воды. Коррозия главным образом обусловлена наличием в пленках растворенных солей или коррозионно-активных газов. При выпадении осадков и конденсации водяного пара на поверхность металла всегда попадают те или иные соли и пленки являются минерализованными. Соли в воздухе могут быть морского, вулканического и промышленного происхождения.

Данные о концентрации различных примесей в атмосфере позволяют правильно определить интенсивность коррозии и предусмотреть возможности климатической защиты изделий.

Для оценки термического режима поверхности изделия необходимы сведения: 1) о количестве поступающей радиации; 2) об абсолютных и средних экстремумах температуры воздуха; 3) о продолжительности заданных интервалов температуры воздуха; 4) о суточном ходе температуры.

Согласно ГОСТу СССР ПГ—421—275—73, продолжительность увлажнения поверхности материала фазовой пленкой (τ_{ϕ}) определяется по средней годовой продолжительности выпадения жидких и смешанных осадков (τ_o в часах) и по числу часов за год с росой (τ_p):

$$\tau_{\phi} = \tau_o + \tau_p. \quad (3.1)$$

Значения τ_o определяются при помощи климатологических данных (по справочнику), значение τ_p рекомендуется определять по комплексу метеорологических величин, при котором образуется роса. В. Н. Карпенко получены данные о продолжительности росы по наблюдениям метеорологических станций СССР.

Продолжительность увлажнения материалов адсорбционной пленкой ($\tau_{адс}$) определяется по сумме числа часов за год, когда температура воздуха была равна или больше 1°C при относительной влажности воздуха более 70%. Общая продолжительность увлажнения равна $\tau = \tau_{\phi} + \tau_{адс}$. Для навесов и неотапливаемых помещений $\tau = \tau_{адс}$.

Расчет ожидаемых коррозионных потерь (M) в первый год эксплуатации, выраженных в $\text{г}/\text{м}^2$, производится по формуле

$$M = (K_{адс} + a[c])\tau_{адс} + K_{\phi}\tau_{\phi}, \quad (3.2)$$

где $K_{адс}$ и K_{ϕ} — скорости коррозии в $\text{г}/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$ под адсорбционной и фазовой пленками влаги. $\tau_{адс}$ и τ_{ϕ} — продолжительности увлажнения под этими пленками в часах; a — ускорение коррозии в $\text{г}/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$ на $1 \text{ мг}/\text{м}^3$ в загрязненной атмосфере под адсорбционной пленкой влаги коррозионно-активного агента в воздухе; c — концентрация коррозионно-активного агента в $\text{мг}/\text{м}^3$.

Значения K определяются в результате испытаний, ускорение коррозии a рассчитывается по скорости коррозии при наличии какой-либо примеси в атмосфере

$$a = \frac{K_2 - K_1}{[c_2] - [c_1]}, \quad (3.3)$$

где K_1 — скорость коррозии при концентрации примеси c_1 ; K_2 — скорость коррозии при концентрации примеси c_2 .

Определение коррозионных потерь за длительные сроки эксплуатации производится по формуле

$$M\tau = M\tau n, \quad (3.4)$$

где M — потери за первый год, τ — продолжительность эксплуатации, n — коэффициент, учитывающий влияние продуктов атмосферной коррозии на скорость коррозионного процесса (определяется экспериментально).

Расчет по этой формуле не учитывает изменение скорости коррозии под фазовой пленкой влаги в зависимости от степени загрязнения атмосферы.

В настоящее время сделаны попытки районировать территорию СССР и всего земного шара по агрессивной коррозионности атмосферного воздуха. Так, А. И. Голубевым и М. Х. Кадыровым районирование территории СССР по оценке атмосферной коррозии металлов выполнено по двум факторам. Один из этих факторов — продолжительность увлажнения поверхностей, которая может быть определена, в основном по данным наблюдений метеорологических станций. Второй фактор — степень загрязненности атмосферы. На основе натурных наблюдений, выполненных в различных районах СССР, установлена зависимость скорости коррозии от концентрации примесей в атмосфере.

Общая продолжительность увлажнения поверхности металла в часах определялась по формуле

$$\tau = \tau_d + \tau_r + \tau_p + \tau_o + \tau_v, \quad (3.5)$$

где τ_d — продолжительность выпадения дождя; τ_r — продолжительность тумана; τ_p — продолжительность выпадения росы; τ_o — продолжительность оттепели; τ_v — продолжительность высыхания поверхности после каждого дождя или тумана.

Первые четыре члена уравнения могут быть определены с помощью «Справочника по климату СССР». Продолжительность высыхания поверхности металлов рассчитана по испаряемости, причем толщина пленки влаги, остающаяся на поверхности металла после осадков и тумана, определена лабораторным путем. Она принята равной примерно 30 мкм.

По средней годовой продолжительности смачивания поверхности металла на территории СССР построена карта, на которой выделено 11 районов. Наименьшая средняя годовая продолжительность смачивания (750 ч) оказалась в Средней Азии и вблизи о. Балхаш, наибольшая — в Прибалтике (3250 ч). Наибольшая коррозионная агрессивность наблюдается на побережьях морей, океанов, на значительной части Европейской территории Союза.

Теми же авторами предложена классификация климатов земного шара по агрессивности атмосферного воздуха. Согласно этой классификации, выделено пять основных климатических зон (сухая зона умеренного климата, среднеувлажненная, увлажненная и зона избыточного увлажнения).

Зона сухого климата подразделяется на три подзоны по средней длительности смачивания поверхности металла за год (500,

1000 и 1500 ч/год). В умеренной зоне длительность смачивания металла колеблется в пределах 1500—3000 ч/год, в зоне среднего увлажнения — 3000—4500 ч/год, во влажной — 4500—6000 ч/год, в избыточно увлажненной — 6000—8700 ч/год. Далее каждая зона и подзона разделяются на три группы по коррозионной агрессивности атмосферы — слабая, средняя и сильная.

Для каждой зоны авторы приводят данные средней загрязненности атмосферы SO_2 , NaCl , HCl (в мг/м^3). Кроме того, приводится величина коррозии (в мкм/год) стали, цинка, кадмия, меди, алюминия. Она рассчитана на основании опытных данных с учетом продолжительности увлажнения поверхности металла в каждой зоне и с учетом загрязнения воздуха коррозионно-агрессивными веществами.

В целях уточнения компонентов формулы по определению общей продолжительности увлажнения поверхности в ГГО Б. Л. Кожевниковым выполнена соответствующая работа. Оказалось, что между расчетными и зарегистрированными значениями τ_d расхождения невелики. При определении же других членов уравнения основные ошибки связаны с тем, что в климатологических данных недостаточно разграничены явления, при которых увлажняется поверхность металла. Так, например, в районе Ленинграда в зимний и переходные сезоны встречаются случаи, когда температура воздуха в течение суток равна $\pm 1^\circ$, причем в течение этих суток несколько часов наблюдался туман с моросью. При расчетах продолжительности τ по формуле с использованием климатологических данных часы таких суток войдут в члены τ_d , τ_i , τ_o , τ_v . Таким образом, продолжительность τ , определяемая по климатологическим данным, может быть завышена в 2,5—3 раза.

Наиболее благоприятными условиями для образования коррозии является наличие большой влажности, высокой температуры и аэрозольных примесей (табл. 3.1).

В условиях влажного тропического климата аэрозольные компоненты обычно растворены во влаге воздуха и образующиеся агрессивные растворы в первую очередь вызывают коррозию металлов. Адсорбция активных элементов окружающей среды, их внедрение в металл приводит к образованию развитых поверхностей (трещин, изломов), снижению сопротивления разрушению. Адсорбционный эффект вызывает усталость металла, хрупкость и является первоначальной стадией коррозии. Наиболее интенсивные коррозионные процессы вызывает тропический морской воздух, для которого характерна большая концентрация хлоридов и сульфидов. Агрессивное действие последних объясняется их повышенной химической активностью в связи с тем, что ионы галогенов являются активными адсорбционными веществами, снижающими уровень поверхностной энергии металлов.

Таблица 3.1

Скорость коррозии металлов в различных климатических условиях

Условия	Материал	Скорость коррозии, мкм/год
Тропический влажный климат: побережье	сталь	400—500
	литое железо	610
	цинк	14,0
приморский промышленный район	литое железо	112
	цинк	4,75
Тропический сухой климат	литое железо	25
	цинк	0,5
Умеренный климат: сельская местность	сталь	18,0
	литое железо	62,5
	цинк	3,0
промышленный район	сталь	73,0
	литое железо	170,0
	цинк	7,0

Долговечность материала, находящегося под воздействием влаги, может быть найдена из соотношения.

$$\tau_{кр} = A \cdot e^{\frac{B}{T}}, \quad (3.6)$$

где B — коэффициент энергии активации процесса, A — коэффициент, зависящий от относительной влажности, T — абсолютная температура воздуха.

Наиболее интенсивно процесс коррозии начинает проявляться при относительной влажности воздуха более 80%.

Коррозия металлов интенсифицируется также с повышением температуры. Рост температуры воздуха от 20 до 60° может увеличить скорость коррозии стали в пять раз. При наличии химически активных примесей в атмосфере скорость коррозии металлов и их сплавов связана с температурной зависимостью, близкой к параболической (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Изменение скорости коррозии железа в 18%-ном растворе HCl в зависимости от температуры

Температура, °C	20	30	40	50	55
Скорость коррозии, мм/год	0,045	0,075	0,120	0,210	0,300

Воздействие влаги на неметаллические материалы связано с диффузионными процессами, которые приводят к ухудшению их

физических и механических свойств вследствие поглощения влаги материалом. Изменение прочностных свойств органических и полимерных материалов происходит за счет объемного увеличения материала, набухания при насыщении внутренних слоев влагой.

При оценке коррозионной опасности определенного района важно иметь данные не только о наличии осадков, росы, туманов, но и совместном распределении температуры и влажности воздуха, а также и о наличии аэрозольных примесей.

Для различных строительных материалов, оборудования, аппаратуры существуют критические пределы температуры воздуха, при которых нарушаются нормальные условия их эксплуатации.

С понижением температуры уменьшается способность металлов к деформации и при некотором критическом значении температуры металл становится хрупким. Особенно быстрый рост поломок механизмов наблюдается, когда температура воздуха ниже -15° . Если температура ниже -35° , то число поломок машин бывает в 10—12 раз больше, чем при 0° .

Длительность простоя и поломок механизмов и машин зависит не только от интенсивности морозов, но и от их непрерывной продолжительности.

Высокие температуры воздуха практически не влияют на свойства сталей и сплавов, но на отдельные детали, выполненные не из стали, они могут оказывать влияние. Например, с повышением температуры до значений, свойственных тропическому климату, резко уменьшается предел прочности при растяжении и заметно снижается модуль упругости полимерных материалов.

Длительное воздействие повышенных температур приводит к старению материалов. Старение определяется как постепенный переход материала из метастабильного состояния в стабильное с потерей внутренней энергии и характеризуется структурными превращениями.

Старение полимерных материалов происходит главным образом по причине распада или изменения основных цепей молекулярного строения. Распад молекул вызывают в основном температура, солнечная радиация и кислородное воздействие.

Повышение температуры на 10° приводит к увеличению скорости окисления в 2,5 раза для каучука и к сокращению срока службы обычной пластмассовой электроизоляции в 1,5—2,5 раза.

Для решения задач защиты изделий от вредных воздействий климата необходимо знать не только число дней и их обеспеченность с температурами ниже или выше определенных значений, но и непрерывную продолжительность этих температур. Их значения лучше всего рассчитывать по данным ежедневных метеорологических наблюдений.

Климатическое районирование территории СССР применительно к хранению и эксплуатации технических изделий и материалов

впервые выполнено С. К. Копелиовичем. С.К. Копелиович в соответствии с предшествующими ему исследованиями по технической климатологии сохранил в качестве показателя термического режима температуру самого теплого и холодного месяцев (июля и января), а также влажность воздуха выше определенного уровня.

Территория СССР разбита в основном на три зоны (холодная, умеренная и жаркая), которые, в свою очередь, делятся на районы в зависимости от термического и влажностного режима [табл. 3.3].

Таблица 3.3

Критерии техноклиматического районирования СССР по С. К. Копелиовичу

Климатический район	Климат	Критерии
Ia ³	Очень холодный	$T_I < -30^\circ$
Iб ³	Холодный	T_I от -30 до -15°
IIa ¹	Умеренно холодный	T_I от -15 до -8° $r < 80\%$ при $T > 20^\circ$
IIб	Умеренно теплый	$T_I > -8^\circ$ $r < 80\%$ при $T_{13} > 20^\circ$
IIв	Умеренно теплый влажный	$T_I > -8^\circ$ $r_{13} \geq 70\%$ при $T_{13} > 20^\circ$
IIв	Умеренно холодный влажный (муссонный)	$T_I \geq -15^\circ$ $r_{13} \geq 80\%$ при $T_{13} > 15^\circ$ (на Крайнем севере $> 10^\circ$)
IIIa	Жаркий сухой	$T_{VII} \geq 25^\circ$ r_{13} до 30%
IIIб	Очень жаркий, сухой	$T_{VII} \geq 30^\circ$ r_{13} до 20%
IV	Теплый влажный	$T_{VII} \geq 22^\circ$ $r_{13} \geq 70\%$

T_I — средняя месячная температура воздуха января,

T_{VII} — средняя месячная температура воздуха июля,

T_{13} — средняя месячная температура воздуха в 13 ч,

r_{13} — средняя месячная относительная влажность самого теплого месяца в 13 ч.

С. А. Сапожниковой проведено уточнение климатического районирования территории СССР применительно к хранению и эксплуатации технических изделий и материалов. Это уточнение выполнено за счет учета числа дней с температурой ниже определенных значений. В частности, С. А. Сапожниковой учитывалось число дней с минимальной среднесуточной и максимальной температурой воздуха. Эти критерии температуры позволяют определять среднюю продолжительность (в часах) с температурой ниже определенных значений, что позволило уточнить районирование территории СССР для технических целей [табл. 3.4].

Признавая целесообразность критерия Копелиовича при выделении зоны и ее деления на районы, С. А. Сапожникова предлагает делить холодный район на два подрайона: Ia, в котором

Таблица 3.4

Характеристика климатических районов СССР для технических изделий
(по С. А. Сапожниковой)

Зона	Район и подрайон	Условные обозначения	Средняя температура января	Число дней в году с $T_{\min} < -45^\circ$	Средняя температура июля	Средняя относит. влажность %, в июле в 13 ч
Холодная	очень холодный	Ia	-50—-30°	100—10	2—18°	—
	холодный район	I6'	-30—-15°	10—1	2—18°	—
	1-й подрайон	I6''		1—0,1	6—25°	—
Умеренная	2-й подрайон					
	холодный (в горах)	I'6	> -15°	—	—	—
	умеренно холодная	IIa	-15—-8°	< 0,1	8—25°	< 80
	умеренно холодный и влажный подрайон	IIав	-15—-16°	нет	10—20°	≥ 80
	умеренно теплый	IIб	-8+4°		16—25°	< 70
Жаркая	умеренно теплый влажный подрайон	IIбв	-5—-3°		16—18°	≥ 70
	умеренный (в горах)	II'	> -15°		< 25°	
	жаркий сухой	IIIa	-15+2°		25—30°	20—40
Субтропическая	жаркий умеренно влажный подрайон	IIIав	-6+4°		25—27°	> 40
	очень жаркий, сухой	IIIб	-4+2°		30—32°	15—25
	субтропический влажный	IV	+4+6°		22—23°	> 70

средний из абсолютных годовых минимумов температуры ($T_{\min}$) меньше -45° , и I6 — где $T_{\min} > -45^\circ$.

В дополнение к районированию Копелиовича в жаркой зоне выделен жаркий умеренно влажный подрайон (IIIав), который вытянут вдоль побережья Каспийского моря к югу от Баку — на западе и от Форта Шевченко — на востоке. Основанием для его выделения послужило большое число часов с относительной влажностью 80% при температуре выше 20° .

Границы умеренно холодного влажного и умеренно теплого влажного районов взяты по Копелиовичу.

Теплая зона переименована в субтропическую зону, так как последнее название соответствует особенностям ее климата.

Л. Е. Анапольская (ГГО) предложила при учете влияния климатических факторов на технические изделия использовать следующие характеристики: абсолютный минимум и максимум тем-

пературы; средний из абсолютных минимумов; средние температуры самых холодных суток, трехдневок, пятидневок, разность абсолютных максимумов температуры почвы и воздуха; продолжительность (в часах) относительной влажности в пределах 70—100 и 90—100%; число часов за год с жидкими осадками; число дней со снегом и высоту снежного покрова. По этим критериям вся территория СССР разбита на шесть районов [табл. 3.5]. Районы I—III, незначительно различающиеся по кратковременности понижения температур, могут рассматриваться как один район, в котором оборудование должно поставляться только в специальном северном исполнении.

В районе IV—VI температурные условия эксплуатации оборудования более легкие.

Предложенное выше районирование вошло в ГОСТ 15150—69 и используется при проектировании оборудования и различных изделий.

В последние годы в ГГО под руководством А. Н. Лебедева выполнена работа, в которой оцениваются параметры тропического климата для технических целей, что вызвано расширением экономических и технических связей СССР со многими странами Азии, Африки и Латинской Америки.

Работа выполнена с учетом современных требований к технической климатологии с позиции проектирования и эксплуатации некоторых современных машин и оборудования. В ней рассмотрены возможные воздействия основных климатических факторов на оборудование и механизмы, приводятся наиболее удобные формы представления климатических величин для технических целей и даются общие характеристики типов тропического климата.

Для технических целей предлагается следующая схема районирования тропического климата (районы земного шара между 40° северной и южной широты);

1) влажный тропический (ТВ); 2) сухой тропический (ТС); 3) умеренно-влажный субтропический (УВС); 4) высокогорный холодный (ВХ).

При выделении типов учитывались общие закономерности, которые выступают в общих и технических классификациях климата.

Влажный тропический климат (ТВ) характерен для экваториальных и приэкваториальных областей. Обильные, нередко продолжительные дожди, большое испарение влаги с подстилающей поверхности и значительная облачность создают условия для длительного существования высокой абсолютной и относительной влажности. Сильное увлажнение наблюдается почти круглые сутки при температуре воздуха 20—25° и выше. Сочетание температуры выше 20—22° и относительной влажности выше 70% доминирует над всеми другими возможными сочетаниями и составляет

Таблица 3.5

Основные климатические характеристики районов СССР, которые следует учитывать при изготовлении технических изделий (по Л. Е. Анапольской)

Район	З и м а				Л е т о				Влажность (число часов)		Число часов с жидкими осадками (в год)	Число дней со снегом	Высота снега
	Абсолют- ный мини- мум тем- пературы	Средний минимум темпера- туры	Средняя температура самых холодных			Абсолют- ный макси- мум темпе- ратуры, °С	Разность абсолютных минимумов почвы и воздуха, °С	Влажность (число часов)					
			суток	3-дневок	5-дневок			70—100	70—100				
I	—60 и ниже	—55	—55	—53	—50	30—35	15—20	4500	1500	35°	280	60—70	
II	—55	—50	—50	—47	—45	30—35	15—20	5000	1500	450	280	120	
III	—55	—50	—45	—43	—40	35	20—25	5000	1500	420	240	80	
IV	—55	—50	—40	—37	—35	35	20—25	5000	1500	440	220	100	
V	—50	—45	—35	—33	—30	40	20—25	4000	2000	570	200	80	
VI	—45	—40	—30	—27	—25	40	25—30	4000	1000	500	100	100	

до 7000 ч за год. Температурно-влажностный режим является одним из активных, агрессивно действующих элементов на промышленные изделия.

Сухой тропический климат (ТС) широко распространен на всех континентах и предопределяется распределением пустынь и полупустынь. Характерным для него является малое количество осадков, небольшая относительная влажность, длительные периоды бездождья, большие величины суммарной солнечной радиации, высокие температуры воздуха, большие суточные и годовые колебания температуры и относительной влажности, частое возникновение песчаных и пыльных бурь.

К умеренно влажному субтропическому климату (УВС) относятся районы с умеренно жарким, сухим или умеренно теплым и влажным летом. Зима является прохладным временем года, с ежегодными или почти ежегодными понижениями температуры до 0° и ниже. Дождливый период в одних местах приходится на осенне-зимнее время, в других — на летнее. Количество осадков достаточно для того, чтобы исключить формирование здесь полупустынных и пустынных типов климата.

Высокогорный холодный климат (ВХ) характерен для высокогорных хребтов и межгорных плато. Фактором, определяющим климат ВХ, является большая высота над уровнем моря (более 2000 м). Она служит основной климатообразующей причиной. Зимой постоянно наблюдаются морозы, устойчиво лежит снежный покров, дуют сильные ветры. Летом, особенно в засушливых местах, температура воздуха днем может повышаться до 30—35° и выше, ночью опускаться до 0° и ниже. Количество осадков определяется региональной орографией (формой рельефа, экспозицией горных склонов и т. д.).

4. ТРАНСПОРТНАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ

В связи с освоением восточных районов нашей страны и расширением торговых связей с зарубежными странами все большее значение приобретают перевозки грузов различными видами транспорта. С увеличением расстояний все больше увеличивается зависимость эксплуатации транспорта и перевозки грузов от метеорологических условий. Правильный и своевременный учет метеорологических факторов при перевозке грузов позволяет обеспечить безаварийность работы транспорта и сохранность грузов.

Перевозки грузов осуществляются авиационным, морским и речным, железнодорожным и автомобильным транспортом. Эксплуатация того или иного вида транспорта во многом зависит от метеорологических условий. Каждому виду транспорта свойственна своя собственная зависимость от метеорологических условий.

4.1. ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА

Метеорологические факторы оказывают значительное влияние на эксплуатацию наземного транспорта. Одни из них могут полностью приостановить движение, другие, хотя и не прекращают его полностью, но в той или иной мере препятствуют нормальному движению.

Интенсивность перевозок в единицу времени зависит от скорости движения транспорта, плотности движения и грузоподъемности отдельной транспортной единицы. Грузоподъемность транспорта зависит от особенности его конструкции, т. е. от чисто технических факторов. Скорость и плотность движения транспорта, особенно автомобильного, прямо и косвенно зависит от метеорологических условий.

Прямое воздействие метеорологических условий на транспорт состоит в том, что за счет наличия определенного метеорологического фактора необходимо снижать скорость движения и увеличивать дистанцию между машинами. Косвенное же влияние имеет место в том случае, когда дорожный покров бывает поврежден за счет воздействия метеорологических факторов, а восстановительные работы приводят к уменьшению скорости и плотности движения по данной магистрали.

К серьезным нарушениям работы наземного транспорта приводят снежные заносы, они могут быть вызваны сильными снегопадами, метелями, а в горных районах и снежными обвалами (лавинами). Сильные снежные заносы на железнодорожных путях и автомобильных дорогах могут остановить движение даже на несколько суток. Так, из-за снежных заносов перерывы в движении железнодорожного транспорта на отдаленных участках Южносахалинского отделения Дальневосточной железной дороги (ДВЖД) в отдельные годы составляет около двух тысяч часов. Расходы на их ликвидацию доходят до 0,5 млн руб. в год.

В настоящее время расчеты нормативов, характеризующих заносы снегом дорог, производятся на основании использования данных метеорологических наблюдений за величинами, определяющими интенсивность переноса снега и его продолжительность. В частности, можно рассчитать средний за зиму объем переносимого снега, объем снега заданной обеспеченности, определить среднюю и максимальную интенсивность переноса снега, а также продолжительность переноса снега метелями.

Рассчитывая, необходимо иметь в виду, что при метеорологических наблюдениях учитывают три вида метелей: метель с выпадением снега, низовую метель и поземок.

Низовая метель наблюдается без снегопада, когда перенос снега осуществляется сильным ветром в слое не менее 2 м над

поверхностью земли. Поземком называют перенос снега только у поверхности земли в слое менее 2 м.

Интенсивность переноса снега I определяется как масса его (в граммах), переносимая за единицу времени (мин) через площадку размером 200 см². Очевидно, интенсивность переноса пропорциональна кинетической энергии ветра; следовательно,

$$I = K m v^2 / 2, \quad (4.1)$$

где m — масса воздуха, проходящего через площадь сечения $F = 200$ см² за единицу времени, v — скорость ветра; K — коэффициент пропорциональности.

Так как $m = \rho F v$,
где ρ — плотность воздуха (в г/см³), тогда

$$I = K \rho F v^3 / 2. \quad (4.2)$$

Если принять $F = 200$ см² и обозначить $K \rho F / 2 = C$, то получим

$$I = C v^3, \quad (4.3)$$

т. е. интенсивность переноса снега пропорциональна кубу скорости ветра.

Коэффициент пропорциональности C определен эмпирически на основании данных метелемеров и его среднее значение равно 0,0129 г/см²·мин. Он численно равен массе снега, переносимого через площадь поперечного сечения шириной 1 см и высотой 2 м, перпендикулярную ветру, в единицу времени при скорости ветра 1 м/с на уровне флюгера.

Применяя эти расчеты к переносу снега, выраженному в единицах объема на единицу пути (метр) в единицу времени (час) и принимая плотность снега равной 0,17 г/см³, получим

$$C = \frac{0,0129 \cdot 10^2}{0,17 \cdot 10^6} \cdot 60 = 0,00046 \text{ м}^3/\text{пог. м. ч.}$$

Количество переносимого ветром снега за время метели зависит от ее продолжительности. Если обозначить продолжительность метели через τ , то за время ее действия через единицу пути в направлении ветра будет перенесена масса снега

$$q = I \tau = C v^3 \tau. \quad (4.4)$$

Если ветер дует под углом α к данному объекту, то

$$q = I \tau \cdot \sin \alpha. \quad (4.5)$$

Обозначив длину заносимого участка через l и суммируя действие всех n метелей, получим количество снега, переносимого за зиму;

$$Q = l \sum_1^n q_i = l \sum C v_i^3 \tau_i \sin \alpha. \quad (4.6)$$

Расчет объема переносимого снега при метелях в течение зимы удобно выполнять по ниже приведенной схеме (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Схема расчета объема снеготранспорта

Параметр	v м/с									
	6	7	8	10	12	13	14	15	16	Σ
n_v	4	3	19	14	14	5	2	1	5	67
$I \text{ м}^2/\text{пог. м.ч}$	0,099	0,158	0,236	0,460	0,795	1,012	1,262	1,533	1,886	
$V \text{ м}^3/\text{пог. м.}$	0,4	0,5	4,5	6,4	11,1	5,1	2,5	1,5	9,4	42

Таким образом, сначала определяется объем переноса снега при каждом значении скорости ветра более 6 м/с путем умножения значения интенсивности переноса при данной скорости ветра на число случаев наблюдений метелей при ней (n_v). Суммарный перенос снега за зиму, рассчитанный со всеми скоростями ветра и разделенный на число случаев, дает среднюю интенсивность переноса снега за данную зиму, т. е.

$$I_{cp} = \frac{\sum n_v C V^3}{\sum n_v}. \quad (4.7)$$

Продолжительность метелевого периода τ может быть определена как промежуток времени, за который высота снежного покрова была не менее 10 см и температура воздуха ниже нуля. Тогда возможный объем переносимого снега при метелях за зиму определится по формуле

$$V = I_{cp} \cdot \tau. \quad (4.8)$$

Аналогичным образом выполняются расчеты по каждому району, а также для каждого вида метели отдельно.

Вероятностные значения снеготранспорта могут быть сняты с интегральной кривой распределения, построенной на специальной клетчатке. Обычно расчет интегральных повторяемостей того, что величина снеготранспорта не превзойдет заданную величину, выполняется по формуле

$$P(x) = \frac{m-0,3}{n+0,4} \cdot 100\%. \quad (4.9)$$

В настоящее время построены карты продолжительности метелей, интенсивности и объемов переносимого снега на территории СССР.

Средняя продолжительность метелей за год изменяется от 10 ч на юге Средней Азии до 1000 ч на побережье Карского моря. На значительной части территории СССР продолжительность метелей составляет более 200 ч за зиму. Продолжительность одной метели на большей части территории СССР составляет 6—8 ч.

Что касается интенсивности переноса, то наибольшие ее значения наблюдаются в прибрежных северных и восточных районах СССР, где часты снегопады с метелями и скорости ветра велики (в Петропавловске-Камчатском $I=2,55$ м³/пог м, в Анадыре $I=3,10$). Наименьшая интенсивность снеготранспорта в лесной зоне нашей страны (в Ленинграде $I=0,17$, в Якутске $I=0,30$).

Поскольку объем снеготранспорта зависит от интенсивности и продолжительности метелей, то его наибольшие значения наблюдаются в тех районах, где интенсивность и продолжительность метелей максимальны.

Объемы снеготранспорта на дорогах могут быть получены путем введения поправки на плотность снега, которая определена в декаду наибольшей его высоты. Оказалось, что в северных и восточных районах Европейской территории Союза снеготранспорт на дорогах с обеспеченностью 5% (раз в 20 лет) могут превосходить 600 м³/пог м, в центре Европейской территории Союза — 200—300 м³/пог м, а в северо-западных и юго-западных районах — менее 100 м³/пог м.

В районах, где наблюдается большая заносимость дорог снегом, необходимо предусматривать меры снегозащиты. Это достигается как путем соответствующего проектирования поперечных профилей земляного полотна дорог, так и устройством защитных ограждений.

В районах с благоприятными для лесонасаждения почвенно-климатическими условиями основным видом защиты дорог от снежных заносов являются лесонасаждения. Рекомендуются лесонасаждения, состоящие из отдельных узких полос (шириной 10 м) и междуполосных разрывов от 30 до 45 м. Меньшую величину разрыва принимают при косых ветрах, а большую — при прямых.

В тех районах, где разведение лесонасаждений затруднено, надежным средством защиты являются снеготрансформирующие или постоянные заборы высотой не более 4—5 м.

Нарушение движения по дорогам также может быть связано со сходом снежных лавин и селей, при которых сильно страдает дорожное полотно и дорожные сооружения.

На эксплуатации железнодорожного транспорта, который в настоящее время переходит на электротягу, большое влияние ока-

зывает гололед, который может привести к нарушению работы линий электропередач.

Снижение скоростей и плотности движения транспорта часто связано с ухудшением видимости вдоль дорожной магистрали. Ухудшение видимости связано с такими явлениями погоды, как туман, дымка, пыльные бури, осадки.

При очень сильных туманах движение может совсем прекратиться. Большая угроза для безопасности движения транспорта на таких отрезках дорог, куда могут наплывать полосы тумана с соседних лугов, лесных просек и т. д. Эти полосы тумана часто очень сильно и, главное, неожиданно ухудшают видимость как раз на уровне глаз водителя. Наиболее опасными в смысле возможности туманообразования являются те участки местности, на которых могут образовываться озера холодного воздуха, т. е. лощины и долины, а также участки, на которых те или иные источники водяного пара — сырые луга, болота, реки и озера — вызывают местные увеличения влажности воздуха.

Для более эффективной эксплуатации транспорта необходимо использовать многолетние данные о повторяемости и продолжительности условий ограниченной видимости на отдельных участках магистралей.

Наряду с туманом значительные затруднения в работе автотранспорта чаще всего вызывает гололед.

Гололед на дорогах образуется либо вследствие выпадения переохлажденных дождевых капель, либо при выпадении обычных, непереохлажденных дождевых капель на дорогу, поверхность которой имеет температуру ниже 0°C , вследствие чего выпадающие капли также замерзают. В обоих случаях образуется гладкий и большей частью прозрачный ледяной покров. Следовательно, условием образования такого гололеда всегда являются жидкие осадки в виде дождя, мороси или капель воды, осаждающихся из тумана. Переохлажденные осадки почти всегда обусловлены макросиноптическими процессами и потому охватывают обширные пространства.

Интенсивность и продолжительность гололеда на дорогах будет также зависеть от местных условий. Так, например, на участках дорог с хорошей теплопроводностью покрытия таяние гололеда начинается раньше, чем на участках с покрытием, плохо проводящим тепло.

Гололедица на дорогах образуется в результате замерзания воды. Это может быть талая вода, дождевые лужи и т. п. Благоприятные условия для образования гололедицы — оттепели.

Снежный гололед образуется на накатанном или утоптанном снежном покрове. Дополнительные трудности для дорожного транспорта при снежном гололеде создаются в связи с тем, что

при этом часто образуются промоины, разрушающие дорожный покров.

Гололедные образования на дорогах увеличивают аварийную опасность и требуют дополнительных расходов для поддержания дорог в исправном состоянии.

Жидкие осадки также ухудшают эксплуатационные свойства дорог. На мокрых дорогах ухудшается сцепляемость колес с покрытием, создается опасность заноса машин и увеличивается длина пути торможения.

Дожди, особенно ливневые, размывают покрытия и насыпи, создают условия для сильных паводков, при которых возможно смывание дорожных мостов.

Температура воздуха влияет на самочувствие водителя, эксплуатацию машин и дорожные покрытия. При низких температурах воздуха водителю необходим обогрев, а эксплуатация машин затрудняется, поскольку возможно замораживание смазки и охлаждающих двигатель жидкостей. Низкие температуры на дорогах способствуют «морозным вспучиваниям почвы». Оно возникает в том случае, когда под верхним водопроницаемым слоем почвы располагается водонепроницаемый. Тогда вода накапливается в верхнем слое, а при замерзании она расширяется и приподнимает дорожный покров.

При высоких температурах воздуха в кабине водителя необходимо предусмотреть хорошую вентиляцию. Повышенные температуры могут вызвать нарушение нормального режима работы двигателя, а также типичные повреждения и разрушения: растрескивание до измельчения резиновых и пластмассовых деталей, меление и отслаивание покрытий. Высокая температура воздуха размягчает дорожные покрытия, и они могут под ее влиянием претерпевать деформацию.

Ветер влияет на работу дорожного транспорта не только тем, что создает снежные заносы, но в еще большей степени как непосредственный возмущающий фактор. При больших скоростях ветра и большой скорости движения транспорта на последний могут действовать заметные аэродинамические силы, возникающие за счет бокового ветра.

Таким образом, видно, что климатические данные должны учитываться при выборе трассы магистрали, ее строительстве и эксплуатации. В процессе проектирования трассы необходимо путем оценки имеющихся метеорологических данных по возможности избегать тех участков местности, на которых особенно часто или особенно интенсивно развиваются метеорологические явления, препятствующие нормальному движению транспорта. Если же это невозможно, то в ходе строительства должны применяться меры, ослабляющие влияние этих неблагоприятных метеорологических факторов.

Увеличение перевозок пассажиров и даже грузов в летний период может являться примером косвенного влияния метеорологических факторов на эксплуатацию транспорта, особенно железнодорожного.

4.2. ВЛИЯНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ МОРСКОГО ТРАНСПОРТА

В настоящее время весь обширный комплекс проблем современного судоходства сводится к двум основным задачам — безопасности плавания и, следовательно, снижению аварийности, а также экономичности; сюда же относится повышение провозной способности и рейсообразиваемости. В решении этих задач немалая роль принадлежит климату, погоде и состоянию поверхности океана. Хотя современные суда и отличаются высокими мореходными качествами, тем не менее эффективность работы флота и портов во многом зависит еще от гидрометеорологических условий. Неблагоприятные воздействия метеорологических условий на суда, технологию морских перевозок грузов, техническое оснащение портов часто вызывают материальный ущерб, а в ряде случаев и гибель людей.

Одним из путей снижения убытков и разного рода потерь, которые несет флот и порты от погоды и состояния моря, является глубокое понимание специфики неблагоприятных влияний гидрометеорологических условий на судно, а также на эксплуатационные показатели портового оборудования и машин.

Наиболее сильно заметно влияние на судно скорости и направления ветра и связанных с ними волнения моря и течений. Ветер совместно с волнами объединяют многочисленные и разнообразные по своим последствиям воздействия, зависящие не только от его силы и направления, но и от многих характеристик судна (формы и размеров обдуваемой поверхности надводной части, осадки, положения центра парусности, крена, дифферента, скорости). В результате эффект действия ветра данного направления и силы проявляется по-разному для различных судов.

Ветер и ветровое волнение обуславливают снос или дрейф судна. Величина дрейфа определяется направлением и скоростью кажущегося ветра (ветер, возникающий при совместном действии истинного ветра и ветрового потока, возникающего при движении судна), скоростью судна, его конструктивными особенностями, загрузкой, характером палубного груза. Направление дрейфа, как правило, совпадает с направлением ветра и происходит при любом курсовом угле с одного борта в сторону другого. Однако при определенных условиях, когда поверхностное дрейфовое течение, создающее давление на подводную часть корпуса судна,

не совпадает с направлением ветра, уход судна с курса происходит в сторону наветренного борта.

Ветровой дрейф снижает точность счисления места судна в море, так как сносит его с курса, и возникающие при этом ошибки неблагоприятно отражаются на судовождении. В случае отсутствия навигационных опасностей дрейф не относится к явлениям, угрожающим судну в океане или открытом море, но может стать опасным, если в районе плавания имеются отмели и банки, на которые судно может быть выброшено, когда величина дрейфа большая. В сильный шторм дрейф может достигать двух узлов, особенно у судна, следующего малым ходом.

Ветровой дрейф судна усложняется влиянием волнения морской поверхности. Волновой дрейф обычно мал и практического значения не имеет, но иногда увеличивает ветровой дрейф.

Ветер вызывает крен судна в сторону подветренного борта, а также рысканье по курсу за счет возникновения пары сил, вызывающих вращение судна около вертикальной оси. Рыскливость судна зависит от скорости ветра, волнения моря, размеров судна. Рысканье судна относится к отрицательным явлениям условий плавания, так как при значительных величинах оно снижает точность счисления пути, а также может быть причиной снижения скорости судна с возрастанием амплитуды рыскливости, а также из-за перекладки руля.

В результате ветрового волнения и зыби судно испытывает качку и судно заливают водой. Килевой качке сопутствует слеминг — удар носа судна о воду. Все это способствует уменьшению скорости судна, изменению гидродинамического режима работы винта, появляются явления резонанса и вибрации корпуса. Ухудшается маневренность, управляемость и остойчивость судна. При качке и заливаемости судна возможно смещение и намокание грузов, что может привести к увеличению его осадки с возможным ухудшением остойчивости. Возможны деформации и поломки корпуса судна, а также его палубных механизмов и сооружений. Ухудшается работа силовой энергетической установки и руля. Гребные винты и рули подвергаются сильным ударам волн при подъеме на волну кормы судна. В результате судно плохо слушается руля и может оказаться латом к волне.

Штормовые погоды способствуют увеличению расхода топлива, смазочных материалов. Ускоряется износ машин и корпуса судна. Возможны помехи в эксплуатации РЛС, навигационных приборов и других механизмов. Ухудшается видимость, затрудняется работа на открытых рейдах и в порту.

Ветер оказывает заметное влияние на налив и слив нефтепродуктов на судах танкерного флота. В частности, налив многих нефтепродуктов приостанавливается, когда ветер направлен к од-

ному из бортов танкера, так как в этом случае с подветренной стороны судна может возникнуть местное понижение давления воздуха, благоприятствующее высокой концентрации газа.

Когда сила ветра достигает 5 баллов, а волнение — 3 баллов, прекращается перевозка портовых рабочих на суда, стоящие на рейдах, или в другие районы порта. При силе ветра, равной 6 баллам, останавливают башенные краны, а если сила ветра достигает 7 баллов и больше прекращают работу порталные краны и перегрузочные мосты.

Особенно опасны для эксплуатации судов и морских портов штормовые ветры и волнения моря, возникающие при тропических ураганах, циклонах умеренных и высоких широт и цунами.

Для учета влияния на морской транспорт ветрового режима необходимо использовать данные о скорости и направлении ветра, повторяемости максимальных скоростей ветра, повторяемости циклонов и ураганов, данные о волнении моря.

Очень большое значение на безопасность мореплавания, особенно при выполнении маневра на расхождение со встречными судами, а также на экономические показатели работы флота имеет ограниченная видимость.

Плавание в условиях пониженной видимости представляет значительные трудности, особенно когда затруднена визуальная ориентировка в море. В этих условиях суда зачастую оказываются вынужденными уменьшать скорость до безопасной в целях своевременного обнаружения и расхождения со встречными судами. В сложной навигационной обстановке в районах многочисленных мелких островов, подводных рифов, банок, отмелей повышается физическая и психологическая напряженность в работе экипажа.

В настоящее время радиотехнические средства и методы судовождения существенно ослабили влияние изменений дальности горизонтальной видимости на скорость движения судов и маневрирование их при расхождении со встречными судами. Тем не менее метеорологические условия могут сильно повлиять на работу радиолокаторных систем.

Во время плавания судна в зоне тумана степень ослабления эхо-сигналов от встречного судна находится в определенном соотношении с дальностью визуальной видимости, которая зависит от густоты тумана, т. е. большего или меньшего содержания капель воды в единице объема воздуха.

В практическом отношении важным является то, что заметное ослабление эхо-сигнала отмечается только в очень плотных туманах с видимостью примерно 80 м, причем этот эффект ослабления оказывается выраженным более заметно для объектов, имеющих плохие отражательные способности. В тех случаях, когда в туманах видимость не превышает 30 м, а температура воздуха около

0°, дальность радиолокационного обнаружения судов и других объектов снижается на 45—50% по сравнению с нормальными условиями. При полном отсутствии видимости и волнении, равном 1—2 баллам, радиолокационная дальность обнаружения малых объектов, например траулеров, составляет только 60% нормальной. Во время плавания при сильном волнении РЛС может совсем не обнаружить деревянные суда небольшого размера до встречи с ними вплотную.

Таким образом, в условиях ограниченной видимости и особенно во время тумана РЛС не может гарантировать безопасность плавания судна из-за понижения надежности в работе, тем более что РЛС, как любому другому прибору, свойственны ошибки и неточности в показаниях.

В качестве примера можно сослаться на одну из многих катастроф, происшедшую 26 ноября 1964 г. в Атлантическом океане. Израильский пассажирский лайнер «Шолом», валовой вместимостью 25 тыс. т., оборудованный новейшей радиолокационной аппаратурой, в том числе РЛС с истинным и относительным движением, и средствами связи, в 40 милях от Нью-Йорка в зоне густого тумана столкнулся с норвежским танкером «Стрелт Дагали» дедвейтом 19 500 т, который также имел современные электронавигационные приборы. В результате столкновения танкер оказался разрезанным на две части. Оба эти судна шли с повышенными скоростями, не подавали звуковых сигналов, и, вероятно, капитаны их допустили ошибки в использовании радиолокационной информации при решении задачи на расхождение.

Использование климатических показателей о повторяемости и продолжительности туманов различной интенсивности значительно повышают эффективность мореплавания.

Серьезную опасность для плавания судов в полярных районах и на акваториях замерзающих морей умеренных широт представляет ледовый покров и обледенение судов.

Процесс обледенения судна может развиваться в двух направлениях: за счет кристаллизации брызговых капель, или за счет оседания и замерзания гидрометеоров (капель дождя, мороси, мокрого снега). Однако основной причиной опасного обледенения судов является брызговое обледенение. Оно представляет собой функцию температуры воздуха, скорости ветра, температуры и солености воды и высоты волны. Температура воздуха, ветер и вызываемое им волнение имеют решающее значение в брызговом обледенении судов. Брызговое обледенение особенно интенсивно осуществляется во время штормового ветра, когда над взволнованной морской поверхностью несутся брызги и водяная пыль, сорванные ветром с гребней волн.

Опасность обледенения судна состоит в том, что резко ухудшаются его мореходные качества. Происходит утяжеление судна за счет дополнительной массы образовавшегося льда и связанное с этим увеличение осадки, уменьшение высоты надводного борта, потеря скорости, начальной остойчивости, изменение дифферента и появление крена. Обледенение отрицательно сказывается на эксплуатации палубных механизмов и устройств, вызывает повреждение рангоута, такелажа и антенн, особенно жестких, ухудшая этим работу средств связи и навигации или полностью лишая экипаж судна возможности пользоваться ими.

Для крупных торговых судов с мощной силовой установкой и высокими бортами обледенение не представляет такой опасности, как для малотоннажных судов. Однако и крупные суда в результате обледенения могут оказаться в очень тяжелом положении.

В настоящее время борьба с обледенением судов предусматривает, кроме околки льда, выбор района плавания, учитывающий состояние погоды и поверхности моря, что дает возможность избежать зоны обледенения или, если судно оказалось в ней, своевременно выйти из нее. Кроме пассивных, намечаются и активные методы борьбы с обледенением судов: разработка способов механического разрушения и удаления льда, создание тепловых и химических средств предотвращения обледенения судов и т. п.

При учете этого опасного для мореплавания метеорологического фактора необходимо использовать климатические карты вероятности обледенения судов.

Температура и влажность воздуха, температура и соленость воды, осадки оказывают влияние на эксплуатацию судов, их механизмов, машин и оборудования.

Так, например, осадка судна зависит от плотности воды, которая, в свою очередь, определяется ее температурой и соленостью. Влияние изменения плотности воды на осадку судов оценивается следующим соотношением:

$$\Delta H = \frac{D}{F} \cdot \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_2}, \quad (4.10)$$

где ΔH — изменение осадки судна в м; D — объемное водоизмещение судна; F — площадь ватерлинии, принимаемая неизменной; ρ_1 и ρ_2 — плотности морской воды в разных районах океана.

Статическая осадка судна в пресной воде в 1,03 раза больше, чем в морской воде, имеющей соленость 35‰ при такой же температуре. Отсюда следует, что судно с осадкой в морской воде 12,2 м увеличивает ее до 12,6 м в пресной воде, а крупнотоннажный танкер — с 24,4 до 25,1 м соответственно. Более высокая температура воды увеличивает скорость коррозии стальной обшивки подводной части корпуса. Например, в тропических широтах кор-

розия в 1,5—2 раза выше по сравнению с умеренными широтами. В теплых и нормально соленых водах происходит интенсивное обрастание подводной части корпуса растительными и животными микроорганизмами. Обрастание почти всегда имеет отрицательные последствия для судна. Оно вызывает общее утяжеление корпуса, достигающее у судна среднего размера 300 т. В результате возрастает сопротивление воды движению судна, на которое, в свою очередь, влияют относительные размеры обрастателей и характер расположения их на подводной части корпуса.

Обрастанию подвергаются также ступицы и лопасти гребных винтов, в результате чего увеличивается шероховатость их, что вызывает падение КПД винтов. Поэтому для обеспечения заданной скорости потребная мощность главного двигателя может возрасти в 1,5—2 раза.

Современные лакокрасочные необрастающие покрытия на антикоррозийном грунте, а также катодная и ультразвуковая защита снижают эффекты обрастания судна и, следовательно, несколько улучшают его мореходные качества. Тем не менее существует необходимость в регулярной постановки судна в док не только для очистки, перекраски днища и бортов, но и для принятия мер по уменьшению потерь скорости хода от обрастания.

Температура и влажность воздуха влияют на работу судовых двигателей. На экономичность работы двигателей оказывают высокие температуры и влажность воздуха. В большинстве случаев при высоких температуре и влажности воздуха увеличивается расход топлива, а также возникает необходимость в снижении мощности судового двигателя.

Высокие температуры воздуха сказываются на степени нагрева электродвигателей. При продолжительной их работе температура масла в подшипниках может значительно повышаться, что вынуждает сбавлять частоту вращения двигателя и, следовательно, снижать производительность различных механизмов. Кроме того, под влиянием высоких температур происходит ухудшение свойств смазочных материалов, а также и режима смазки подшипников.

Высокая температура воздуха влияет и на работу аккумуляторов. По этой причине может произойти быстрое испарение электролитических кислотных аккумуляторов — их приходится доливать более часто, чем в обычных условиях эксплуатации.

Эксплуатационная надежность судового электрооборудования ухудшается также под воздействием больших значений относительной влажности воздуха. Например, у некоторых электродвигателей электрическая прочность изоляционных материалов резко понижается с увеличением относительной влажности воздуха.

Неблагоприятное воздействие температуры и влажности воздуха сказывается и на эксплуатации аппаратуры средств проводной связи, сигнализации, трансляции и радиосвязи. Оно выра-

жается в появлении влаги на деталях, клеммах, проводах, это вызывает иногда ухудшение сопротивления окислению контактов, а также в некоторых случаях благоприятствует появлению плесени и коррозии, что приводит к различным неисправностям.

Атмосферные осадки, иногда сопровождаемые грозами, создают помехи в работе судовых радиостанций и средств радионавигации. Потери энергии радиоволнами возникают также в результате влияния осадков и появления слоя воды на обтекателе антенны или на ее ограждающих поверхностях.

В результате влияния температуры, влажности и циркуляции воздуха, а также интенсивности тепловыделения силовых энергетических установок помещения машинно-котельных отделений (МКО) являются, особенно во время плавания судов в тропических широтах, постоянной зоной перегрева. Высокий температурный режим в МКО способствует интенсивному испарению летучих фракций из топлива и масел и насыщению ими помещений машинного отделения. Это неблагоприятно сказывается на здоровье личного состава машинной команды и затрудняет длительное пребывание его в машинно-котельных отделениях.

Кроме того, поглощение поверхностью тела человека тепловых лучей, интенсивно испускаемых нагретыми поверхностями силовых установок, нарушает терморегуляцию его организма, что может привести к заболеваниям.

Одним из путей снижения убытков и разного рода потерь, которые несет флот и порты от погоды и состояния моря, является учет гидрометеорологических условий в мореплавании и при работе морских портов. Одним из путей, способствующих решению этих задач, является своевременное штормовое предупреждение судов и портов. Это позволит судам, находящимся в плавании, либо избежать встречи с опасными и особо опасными гидрометеорологическими явлениями, либо заблаговременно принять необходимые меры предосторожности. Последнее касается и морских портов.

Другой путь — это выбор маршрута судна с благоприятными гидрометеорологическими условиями, который производится с учетом особенностей климатического режима в различные сезоны года.

Сезонные климатические пути имеют очень существенное значение для нерегулярных плаваний. В этих случаях они позволяют осуществить предварительное планирование, выбор более безопасного, но, может быть, сравнительно длинного пути, а также благоприятного месяца для перехода судна. Сезонные климатические пути могут быть оптимальными в районах с более или менее постоянным режимом погоды, хотя и здесь плавание по таким путям может привести к ошибкам.

В последнее время расширяется тенденция плавания судов наивыгоднейшими путями в зависимости от гидрометеорологических условий. Этот метод судовождения дает возможность максимально ускорить переход и, следовательно, сократить время пребывания судна в море, даже если судну приходится изменять путь на обход опасных по гидрометеорологическим условиям районов Мирового океана. Кроме сокращения времени перехода, плавание судна наивыгоднейшими в гидрометеорологическом отношении маршрутами позволяет повысить безопасность нахождения судна в море, создать наиболее благоприятные условия для находящихся на его борту пассажиров и улучшить сохранность перевозимых грузов.

Применение наивыгоднейших путей плавания судов в зависимости от заданных гидрометеорологических условий тесно связано с учетом климатического режима различных районов Мирового океана и условий погоды, влияющих на характер морских перевозок.

В тропических широтах Мирового океана погода и состояние водной поверхности в условиях пассатной и муссонной циркуляции являются относительно стабильными и нарушаются в местах зарождения и перемещения тропических ураганов. В указанных широтах наивыгоднейшие трассы выбираются не так часто, так как судам выгодно следовать кратчайшим путем, экономя топливо и воду. Совсем иное положение складывается в субтропиках зимой и в умеренных широтах в течение всего года. В этих районах интенсивно развито судоходство и более или менее заметны отклонения погоды сезона, месяца от нормальных условий. Здесь выбор наивыгоднейшего пути при длительных переходах в районах с изменчивыми гидрометеорологическими условиями имеет большое значение и прибегать к нему приходится повседневно.

В районах арктических морей и вообще дрейфующих льдов плавание каждого каравана или отдельного судна производится только наиболее благоприятными в гидрометеорологическом отношении маршрутами, проложенными среди льдов в зависимости от их количества, толщины, размера, сплоченности, торосистости. Это обеспечивает судну наибольшую безопасность. Очевидно, что более длинный путь по свободной от льда воде предпочтительнее прямому пути через ледяные поля.

При выборе наивыгоднейшего пути следует учитывать специфические особенности перевозимых грузов и физическое состояние судна. Например, для пассажирских судов следует выбирать маршруты с учетом силы волнения моря.

Предварительные теоретические расчеты эффективности использования в гидрометеорологическом отношении маршрутов плавания судов показали, что применение этого вида навигации дает выигрыш во времени 5—6% по сравнению с плаванием судов по сезонным климатическим путям.

4.3. ВЛИЯНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПЕРЕВОЗКУ ГРУЗОВ

При перевозке и хранении грузы подвергаются воздействию гидрометеорологических условий. Изменения, которые могут происходить в изделиях под действием гидрометеорологических условий, могут быть как обратимыми, так и необратимыми. Обратимыми являются изменения, полностью исчезающие после прекращения или уменьшения данного внешнего воздействия. Неблагоприятные воздействия климата и погоды при перевозке и хранении товаров могут быть устранены или, по крайней мере, уменьшены, если известно, к каким последствиям приводит изменение комплекса метеорологических условий на перевозимые грузы. Лучше всего изучены изменения состава и качества грузов во время морских перевозок. Морские грузы подразделяются на генеральные, навалочные (насыпные) и жидкие.

Генеральные грузы под воздействием температуры и влажности воздуха, наличия в нем солей, атмосферных осадков ухудшают свое состояние — намокают, корродируют, расплавляются, меняют свои физико-химические свойства, которые могут привести к полной или частичной порче груза. Особенно значительны эти влияния при перевозке грузов на палубе судна.

Тяжеловесные грузы транспортируются с учетом гидрометеорологической обстановки района плавания. Этим достигается установление оптимальных сроков перевозки, выбор места на палубе.

Существенное значение имеет влияние гидрометеорологических условий на контейнеры и грузы, находящиеся в них. При качке судна на контейнеры начинает действовать сила инерции пропорционально значениям вертикальных ускорений палубы судна. Силы инерции, действующие на контейнер и груз, создают условия, которые осложняют обеспечение сохранности их перевозки. Под влиянием качки судна груз в контейнере, если он уложен неплотно и без соответствующего крепления, может смещаться внутри контейнера. От этого возникают повреждения самого груза в контейнерах, соседних контейнеров и приспособлений для их креплений.

Вероятность повреждения контейнеров во время перевозки их на неспециализированных судах резко возрастает. При заливаемости судна контейнеры подвергаются значительным гидродинамическим нагрузкам. Не исключена возможность разрушения стенок контейнеров и их срыв.

Транспортировка генеральных грузов в трюмах судов осложняется тем, что приходится принимать во внимание условия совместимости их по температурно-влажностному и вентиляционному

режимам, т. е. в одном трюме нельзя совмещать грузы, для которых необходим различный режим тепла и влаги.

Отпотевание трюмов приводит к коррозии металлических поверхностей машин и другого оборудования и приборов. Транспортировка промышленных грузов, не говоря уже о растительных грузах, является часто очень сложной. В упаковке, которая используется для защиты перевозимых грузов от неблагоприятных климатических явлений, иногда образуются особые условия из-за различной восприимчивости к температуре и влажности отдельных упаковочных материалов. Они влияют на отпотевание холодного товара внутри упаковки и образование на ней водяной пленки, сырости и плесени. Такие явления возникают во время рейсов судов из холодных климатических областей в более теплые. Кроме того, под влиянием погодно-климатических условий происходит испарение химических растворителей внутри упаковки и в ней формируются специфические микроклиматические особенности.

Насыпные грузы под влиянием динамических нагрузок, возникающих за счет качки и вибрации корпуса судна, приобретают возможность смещения, тем самым обуславливается появление кренящего момента, динамически прикладываемого к борту судна, и, как следствие этого, может наступить изменение его устойчивости и опрокидывание. Поэтому для обеспечения безопасности плавания судна, перевозящего навалочные грузы, используют принцип несмещаемости, который сводится к тому, чтобы не допустить малейшего смещения навалочного груза в его самой наиболее напряженной динамической точке.

Перевозка морем навалочных грузов осложняется наличием влагосодержания груза, который поступает на судно с определенным содержанием влаги. Во время перевозки влагосодержание груза может увеличиться, поэтому некоторые грузы, например рудные концентраты, разжижаются. Причина заключается в том, что в толще груза происходит перераспределение влаги, основная масса которой под действием силы тяжести стекает в нижний слой груза, увлекая мелкие частицы концентрата с большой плотностью. Этот процесс происходит непрерывно за счет конденсации влаги из трюмного воздуха. В результате нижний слой груза уплотняется и постоянно нарастает, вытесняя воду в вышележащий (средний) слой груза, который разжижается. Над ним располагается верхний неуплотненный слой груза. Нерегулярность качки судна создает благоприятную предпосылку для смещения груза. Так как судно на какой-то момент кренится на один борт, то вода из среднего разжиженного слоя груза перетекает на этот борт. При наклоне свободной поверхности груза на величину, превышающую угол естественного откоса, происходит обрушивание груза, создающее толчок, в результате которого увеличивается угол крена судна.

На повреждения перевозимых навалочных грузов большое влияние оказывает температура и влажность воздуха. Под влиянием температурно-влажностного режима происходит процесс слеживаемости груза, прилипания к трюмным поверхностям. При транспортировке зерна возникает опасность порчи его в результате влияния влаги, которая вызывает в массе зерна брожение, нагревание, испарение, появление неприятных запахов и насекомых. Высокие температуры обуславливают расплавление, слипание и усушку грузов, а низкие — слеживаемость и смерзаемость.

Некоторые грузы при транспортировке в трюмах могут самовозгораться. От высоких температур воздуха в трюме судна создаются условия для самовозгорания таких самонагревающихся грузов, как уголь, угольные брикеты, селитра, сульфидные медно-никелевые руды, рыбная мука, жмыхи. Самовозгорание рудных концентратов начинается при достижении температуры груза опасного предела (порядка $+32^{\circ}\text{C}$).

Жидкие грузы, в основном нефтепродукты, во время перевозки также подвергаются неблагоприятным влияниям гидрометеорологических условий. При высоких температурах воздуха происходит расширение и интенсивное испарение жидких грузов. В результате этого величина потерь может достигать значительных размеров. Особое значение имеет испарение легких фракций углеводорода, что влечет за собой понижение качества нефтепродуктов. Перевозка жидких грузов из южных в более северные районы не исключает возможности отпотевания внутренних стенок танков, что может привести к обводнению грузов.

Мытьё и просушка трюмов также зависит от климатических условий: температуры заборной воды, температуры и влажности воздуха, скорости ветра. Успешное осушение трюмов осуществляется только в том случае, если температура трюмного воздуха выше, чем температура наружного воздуха.

В целях уменьшения или предотвращения сырости в трюмах следует предусматривать их естественную и искусственную вентиляцию. Для некоторых грузов возможно предусматривать полное кондиционирование воздуха в трюмах.

На перевозке грузов *железнодорожным транспортом* влияние метеорологических факторов менее заметно, так как в большинстве случаев грузы редко пересекают различные климатические зоны. Можно лишь отметить, что для открытых грузов возникает опасность намачивания и появления коррозии. При перевозке в закрытых вагонах иногда возникают повреждения грузов вследствие их перегрева. Особенно важную роль играет нагревание вагонов-холодильников. Высокие температуры вызывают испарение нефтепродуктов.

При перевозках грузов *воздушным транспортом* следует учитывать влияние пониженного давления и перепада температур.

Влияние метеорологических факторов на перевозку грузов *автотранспортом* изучено еще недостаточно.

ГЛАВА 5. БИОМЕТЕОРОЛОГИЯ И МЕДИЦИНСКАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ

5.1. ЗАДАЧИ БИОМЕТЕОРОЛОГИИ

Биометеорология не является основным предметом метеорологии и медицины. Изучение ее проблем требует знаний медиков, биологов, физиологов, физиков и метеорологов. Биометеорология является одним из физических аспектов климатологии.

Сущность биометеорологии была определена на международном биометеорологическом конгрессе, который состоялся в 1960 г. в Лондоне, как «... изучение прямых и косвенных взаимосвязей между геофизическими и геохимическими факторами атмосферной среды и живыми организмами — растениями, животными и человеком. Термин «среда» понимается в широком смысле и включает микро-, макро- и космическую среду, поскольку они и различные физические и химические факторы, которые, составляя эти среды, влияют на атмосферу Земли. Исследования в этой области наук проводятся в природных или в лабораторных условиях, чтобы охарактеризовать измеримым образом физические, химические и биологические факторы, для которых будет обнаружена достаточно высокая статистическая корреляция с измеренными физиологическими и патологическими процессами, позволяющая предположить наличие достоверной причинной зависимости между организмом и средой».

Биометеорология, как и многие другие науки, лежащие на границе физики и биологии, быстро развивалась в последние десятилетия за рубежом и в нашей стране. Наибольшее внимание в современных исследованиях уделяется развитию двух областей биометеорологии — биометеорологии человека и биометеорологии сельскохозяйственных растений.

Такое положение объясняется практическим значением указанных проблем для здравоохранения и сельского хозяйства.

Другие разделы биоклиматологии, включающие вопросы влияния метеорологических факторов на домашних и диких животных и дикорастущие растения, менее развиты, что, по-видимому, связано с известной недооценкой их значения для соответствующих разделов биологических наук. Усиление исследований по указанным вопросам могло бы значительно расширить научную базу геоботаники, зоогеографии, экологии и других дисциплин, связанных с изучением влияния внешних факторов на живые организмы.

Ускорение процесса развития биометеорологии в последние годы в значительной мере объясняется быстрым проникновением в эту науку физических методов исследования, включающих как

методы теоретических расчетов, так и экспериментальные методы, основанные на применении современных приборов к изучению биологических процессов.

Такие методы оказались плодотворными при разработке проблемы теплового состояния человека и проблемы влияния метеорологических факторов на сельскохозяйственные растения.

Биоклиматические методы нашли применение при изучении термического режима главным образом здоровых людей, находящихся в различных географических районах, для решения некоторых вопросов оценки климатических условий, дозирования солнечных и воздушных ванн и других.

5.2. ПУТИ ОЦЕНКИ КОМПЛЕКСНОГО ВЛИЯНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ТЕПЛОВОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА

Одна из важнейших задач современной биоклиматологии состоит в изучении прямых и косвенных связей между геофизическими факторами среды и организмом человека. Термин «среда» понимается в широком смысле и включает в себя целый ряд параметров, среди которых наиболее динамичными являются метеорологические факторы.

Исследования суммарного влияния метеорологических факторов на тепловое состояние человека проводятся путем использования температурных шкал и индексов, с помощью конструирования специальных приборов — аналогов тела человека, теоретическим путем, основанным на анализе теплового баланса тела человека.

Эмпирические методы. В биоклиматических исследованиях и в практике курортологии в Советском Союзе и за рубежом до настоящего времени используется метод эффективных температур (ЭТ).

ЭТ учитывают совместное влияние температуры и влажности воздуха и могут быть определены по формуле

$$T_e = t + 1,57e, \quad (5.1)$$

где t — температура воздуха, °С; e — упругость водяного пара, содержащегося в воздухе, мбар.

Эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ) является комплексным показателем теплоощущения человека, которое складывается под влиянием трех метеорологических факторов: температуры воздуха, влажности воздуха и скорости ветра. Эффект теплоощущения такой же, как при действии неподвижного, полностью насыщенного влагой воздуха при определенной температуре.

Номограмма ЭЭТ была создана в результате многочисленных опытов в биокамерах, проведенных в США над большим количеством обнаженных и нормально одетых людей для условий помещения.

Номограмма ЭЭТ, введенная более 40 лет тому назад, до настоящего времени находит широкое применение при санитарно-гигиенических и микроклиматических оценках теплового воздействия внешней среды на человека как в помещениях, так и на затененных открытых участках.

Для расчетов ЭЭТ по номограмме необходимо иметь три входных параметра: температуру воздуха t , температуру смоченного термометра t' и скорость ветра v м/с.

Формула для расчетов ЭЭТ получена А. Б. Айзенштатом и Б. А. Айзенштат (1974) на основе номограммы ЭЭТ, составленной для обнаженного человека (основная шкала). В этой формуле ЭЭТ является функцией t , v и относительной влажности r . Формула имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \text{ЭЭТ} = & t(1 - 0,003/100 - r) - 0,385^{0,59}(36,6 - t) + 0,662(v - 1) + \\ & + (0,0015 v + 0,0008)(36,6 - t) - 0,0167(100 - r). \end{aligned} \quad (5.2)$$

Приведенная формула рекомендована для массовых расчетов ЭЭТ и выполнения статистического анализа этой характеристики с помощью вычислительной техники.

Сравнительная биоклиматическая география территорий с различным климатом во многих зарубежных странах описывается в градусах ЭЭТ. В. Ю. Милевский (1960) исследовал распределение ЭЭТ (определенных по номограмме для одетых людей) на Европейской территории Советского Союза для условий летнего дня.

В результате корректировки номограммы ЭЭТ в отношении учета влияния теплозащитных свойств одежды создана шкала нормально-эквивалентно-эффективных температур (НЭЭТ), используемая для оценки теплоощущения человека, защищенного летней одеждой одного типа. Границами комфортных условий, установленными по шкале НЭЭТ американскими учеными, являются 17,2 и 21,7°С. Советские ученые, учитывая более северное положение территории СССР и акклиматизацию жителей, приводят свои зоны комфорта. Верхняя граница НЭЭТ у всех авторов совпадает и составляет 18°, а нижняя колеблется от 6 до 13,5°.

Радиационно-эквивалентно-эффективная температура (РЭЭТ) учитывает воздействие на человека четырех метеорологических факторов: температуры воздуха, влажности воздуха, скорости ветра и поглощенной радиации. Этот показатель может быть рассчитан по формуле

$$\text{РЭЭТ} = 6,2 + \text{НЭЭТ}. \quad (5.3)$$

Биологически активная температура внешней среды (БАТ) определяет воздействие на тело человека температуры воздуха, влажности воздуха, скорости ветра, суммарной радиации и длинноволновой радиации подстилающей поверхности. БАТ оценивается по формуле:

$$\text{БАТ} = 9 + 0,8 \text{ НЭЭТ.} \quad (5.4)$$

Попытки связать наиболее важные факторы внешней среды, оказывающие термическое влияние на человека, в единый показатель нашли свое выражение также в ряде индексов.

Одним из наиболее известных критериев оценки суровости зимней погоды является показатель Бодмана, определяемый по выражению

$$S = (1 - 0,004 t) (1 + 0,272 v), \quad (5.5)$$

где S — суровость (жесткость) погоды в условных единицах.

Классификация суровости зим выполняется по следующим градациям суровости:

Характеристика суровости	
зим	S
Несуровая, мягкая	$< 1,0$
Малосуровая	$1,0 - 2,0$
Умеренно суровая	$2,1 - 3,0$
Суровая	$3,1 - 4,0$
Очень суровая	$4,1 - 5,0$
Жестко суровая	$5,1 - 7,0$
Крайне суровая	$> 7,0$

В биоклиматологической практике, главным образом зарубежной, для оценки условий внешней среды пользуются также такими единицами, как градусо-дни обогрева и охлаждения. Первая характеристика — это суммарная продолжительность сохранения разницы между оптимальной комнатной температурой и температурой наружного воздуха. Вторая — используется вместо эквивалентной температуры или ее видоизменений.

Большое значение имеет ветер. Для того, чтобы подчеркнуть роль ветра, в Канаде был введен «ветро-холодовый индекс», получивший большую популярность в ряде стран. Этот индекс определяется по таблице или номограмме на основании двух параметров — скорости ветра и температуры.

Приборы, применяемые для оценки термических условий внешней среды — кататермометр, фригориметры, позволяющие определить количество тепла, затраченное с их поверхности. Шаровой термометр используется в практике курортологии до настоящего времени. По его показаниям определяют совместное влияние температуры воздуха, скорости ветра и солнечной радиации.

При использовании перечисленных эмпирических методов (шкал, индексов) и приборов полагается, что организм человека

может лишь пассивно реагировать на влияние внешней среды. Кататермометр и фригориметр не учитывают, например, влияния одежды на температуру поверхности человека и теплообразование в организме. Аналогичные недостатки имеются в методах шарового термометра, эффективной температуры и т. п. Однако упомянутые методы используются в курортологической практике для регулирования процедур при климатическом лечении. Применение эмпирических методов дает возможность получить лишь ориентировочные оценки влияния метеорологических условий на тепловое состояние человека, поскольку в них не учитывается способность организма регулировать свой термический режим.

Также существенно изменяется влияние совокупности метеорологических факторов на человека, защищенного одеждой или находящегося в жилище. По своей сути одежда и жилище предназначены для создания условий нормального функционирования организма без каких-либо физиологических сдвигов. Наиболее ценные результаты в биоклиматических исследованиях получены теоретическим путем, основанным на анализе теплового баланса тела человека. В этих расчетных методах тепловой баланс тела и тепловое состояние человека определяется при учете всех факторов, оказывающих влияние на организм человека.

5.3. ПОНЯТИЕ О ТЕПЛОВОМ БАЛАНСЕ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА

Между человеком и окружающей его средой происходит постоянный теплообмен. Человек, как и все теплокровные животные, обладает способностью регулировать процессы теплообразования и теплопотерь в организме в границах, необходимых для жизнедеятельности.

С точки зрения теплового режима организм человека представляет собой сложную термодинамическую систему, отличающуюся высокой стабильностью температуры внутренних частей тела при возможных значительных колебаниях интенсивности теплообмена между телом и внешней средой. У подавляющего большинства людей температура тела равна $36,6-36,8^{\circ}\text{C}$ (если ее измерить в подмышечной впадине). При этом температура периферических тканей в зависимости от метеорологических условий может изменяться в значительных пределах. Организм чутко реагирует на изменение условий внешней среды. Постоянство температуры тела — это и есть результат непрерывно происходящих в организме реакций, поддерживающих жизненным, неизменным его тепловой баланс.

Для сохранения изотермического состояния необходимо, чтобы поступление и расход тепла с поверхности тела были равны между собой.

Основным источником тепла для организма человека является энергия, образующаяся в нем в процессе химических реакций биологического окисления. Окислению подвергаются в клетках организма питательные вещества — жиры, белки, углеводы. Эти превращения заканчиваются образованием воды, углекислого газа и освобождением тепловой энергии. Величину теплопродукции измеряют по количеству поглощенного кислорода. Энергетическая стоимость 1 литра поглощенного кислорода равна 5 ккал.

Интенсивность теплопродукции постоянно меняется. У человека в покое, находящегося в условиях теплового комфорта, величина теплопродукции равна 50 ккал/ч. Во время ходьбы она в два — четыре раза, а при очень напряженной работе в семь — десять раз выше, чем в состоянии покоя. Если мы примем теплопродукцию (М) человека в покое за единицу, то изменения теплопродукции при различной физической нагрузке таковы:

Физическая нагрузка:	Теплопродукция (М)
покой	1
легкая работа	1,5
работа средней тяжести	2,5—3,0

В горах выше 3000—4000 м теплопродукция увеличивается на 8—13% вследствие усиления активности дыхательных мышц.

Часть освобожденной тепловой энергии накапливается в клетках и расходуется на физиологические процессы. Больше половины энергии расходуется на нагревание тела и вдыхаемого воздуха. Если лишить организм возможности расходовать тепло, то за 2 ч температура тела повышается на 4°. Подъем ее до 43—44° уже, как правило, несовместим с жизнью.

В естественных условиях другим источником тепла для организма человека является энергия солнечной радиации.

Тепло, образующееся в организме, расходуется с выдыхаемым воздухом и путем переноса его кровью, которая забирает тепло клеток, омываемых ею тканей и органов, и уносит его по кровеносным сосудам к коже и слизистым оболочкам.

Теплообменные функции организма, регулируемые терморегуляторными центрами и корой головного мозга, обеспечивают динамическое соотношение процессов теплообразования и теплоотдачи в зависимости от конкретных метеорологических условий среды.

Передача тепла во внешнюю среду с поверхности тела происходит путем турбулентной диффузии теплового излучения и испарения влаги. В холодных условиях удельный вес турбулентных и радиационных теплопотерь возрастает. В теплых условиях теплопотери турбулентным путем и излучением уменьшаются, но увели-

чиваются за счет испарения. При температуре воздуха, равной температуре поверхности, теплоотдача излучением и турбулентная практически теряют свое значение и единственным путем теплоотдачи становится испарение пота.

Когда температура окружающей среды ниже температуры поверхности тела, скорость ветра увеличивает теплотери турбулентным путем и испарением. При высоких температурах воздуха большие скорости ветра не всегда способствуют усилению теплотери организма, в отдельных случаях это приводит к увеличению тепловой нагрузки. В данном случае изменение значения температуры, скорости ветра и влажности воздуха оказывают большое влияние на тепловое состояние.

С повышением температуры заметно возрастает влияние уровня влажности воздуха. Увеличение влажности воздуха уменьшает физиологический дефицит насыщения и тем самым ограничивает теплотери испарением. Аналогичная роль влажности при пониженных температурах воздуха значительно меньше. В то же время при низких температурах воздуха повышенная влажность увеличивает теплотери организма в результате интенсивного поглощения водяным паром энергии длинноволнового излучения с поверхности тела человека. Однако большее увеличение теплотери происходит при непосредственном увлажнении тела и одежды.

Определенное значение для теплообмена организма имеют и теплотери через органы дыхания, происходящие за счет нагревания вдыхаемого воздуха и испарения с поверхности дыхательных путей. Увеличение теплотери тем больше, чем ниже температура вдыхаемого воздуха и чем больше физиологический дефицит насыщения водяным паром окружающего воздуха и воздуха, содержащегося в легких и дыхательных путях, а также чем больше объем легочной вентиляции. Степень кондиционирующей способности органов дыхания определяют по температуре и влажности выдыхаемого воздуха и жизненной емкости легких.

При разных метеорологических условиях в организме человека возникают определенные изменения функций ряда систем и органов, принимающих участие в терморегуляции — в системе кровообращения, нервной и пототделительной. Интегральным показателем теплового состояния организма человека в тех или иных метеорологических условиях является температура тела. О степени напряжения терморегуляторных функций организма и о его тепловом состоянии можно судить также по изменению температуры кожи и тепловому балансу. Косвенными показателями терморегуляции могут служить влаготери и реакции сердечно-сосудистой системы (частота сердечных сокращений, уровень артериального давления и минутный объем крови).

В условиях чрезмерного тепла может произойти нарушение терморегуляции. При длительном пребывании в жарких условиях

возможны стойкие изменения физиологических функций организма — сердечно-сосудистой системы, угнетение центральной нервной системы, нарушения в водно-солевом обмене и понижение общей сопротивляемости организма.

В очень холодных условиях (холодовый дискомфорт) в организме человека происходят терморегуляторные сдвиги, направленные на ограничение теплопотерь (турбулентным теплообменом и излучением), и увеличение теплообразования. Уменьшение теплопотерь организма происходит за счет сужения сосудов в периферических тканях. Увеличение теплопродукции имеет место главным образом тогда, когда ограничение теплопотерь не компенсирует постоянства температуры тела.

Под влиянием охлаждающих факторов окружающей среды — низкой температуры воздуха, радиационного и контактного холода, а также совместного действия пониженной температуры, повышенной скорости ветра и влажности воздуха — может наступить переохлаждение организма, которое сопровождается возникновением простудных заболеваний и других патологических состояний.

5.3.1. Факторы теплового баланса человека

Тепловой баланс тела человека определяется влиянием комплекса метеорологических (температура воздуха, влажность воздуха, скорость ветра и энергия солнечной радиации), физиологических факторов, теплозащитных свойств одежды и физической нагрузки [6].

К физиологическим факторам теплового баланса человека следует отнести теплопродукцию, температуру кожи и характеристику условий увлажнения поверхности кожи. Понятие о теплопродукции организма было изложено выше.

В результате многочисленных исследований было установлено, что тепловое состояние человека определяется прежде всего изменениями температуры кожи. На поверхности кожи имеются около 30 тысяч тепловых и примерно 250 тысяч холодовых рецепторов (нервных окончаний), которые возбуждаются термическим влиянием метеорологических факторов. Они поставляют информацию об условиях в окружающей среде в центры терморегуляции, находящиеся в головном мозге. При постоянной температуре тела температура кожи может изменяться в широких пределах — от 20 до 38°С без значительного ущерба для всего организма. Человек испытывает различное теплоощущение, оцениваемое им субъективно как «холодно», «прохладно», «комфортно», «тепло». Объективная оценка теплового состояния человека производится по данным измерений температуры кожи с помощью термоэлектрического термометра или вычислений ее косвенным путем.

Тепловое состояние человека характеризуется температурой кожи не отдельных точек тела, а ее средним взвешенным значением, определенным для основных частей тела с учетом их площади.

Соотношения между субъективными оценками теплоощущения человека и средней температурой кожи таковы:

Температура кожи, °C	Теплоощущение
27,8—28,8	холодно
28,9—29,9	очень прохладно
30,0—32,1	прохладно
32,2—33,2	комфорт
33,3—34,2	тепло
34,3—35,5	жарко
35,6 и выше	очень жарко

Степень увлажнения кожи является необходимым условием испарения. В обычных условиях примерно 10% поверхности кожи влажные. В жарких условиях вся поверхность кожи влажная. Условия увлажнения кожи функционально связаны с температурой кожи. Эта зависимость показана графически на рис. 5.1. Из рисунка видно, что в тепловых условиях основное значение в расходовании тепла с поверхности тела имеет испарение, выраженное через показатель увлажнения кожи a .

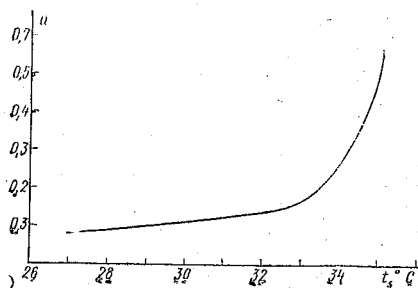


Рис. 5.1. Зависимость степени увлажнения поверхности тела (a —в долях единицы) от температуры кожи (t_s °C)

5.4. ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ОДЕЖДЫ

Роль одежды состоит в снижении потери тепла с поверхности тела и защите ее от чрезмерного влияния солнечной радиации. Теплозащитные свойства одежды не зависят от природы волокна тканей. Они определяются количеством инертного воздуха, содержащегося между волокнами тканей.

Оценка теплопроводных свойств одежды может быть выполнена с помощью измерений или расчета коэффициента, характеризующего диффузию тепла в одежде.

В настоящее время в биоклиматологических исследованиях отечественных и зарубежных показателей теплоизоляционных свойств

одежды принята «единица КЛО». Термин КЛО соответствует трем начальным буквам английского слова clothing — одежда. Величина КЛО соответствует теплоизоляции, создаваемой обычной одеждой, которую носят в помещении работники умственного труда, находящиеся в условиях теплового комфорта при температуре воздуха 18°C , а также при средней взвешенной температуре кожи, равной 33°C , и теплопродукции 50 ккал/ч . Такую теплоизоляцию имеет комплект одежды, состоящий из шерстяного костюма и белья. Физическая величина единицы КЛО равна $0,18 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{град}$.

Оценка теплозащитных свойств некоторых типов одежды в числах КЛО приводится в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Значения чисел КЛО для различных типов одежды

Числа КЛО	Тип одежды
0,5	летняя легкая
1,0	летняя (комплект белья и шерстяной костюм)
1,5	летнее пальто
2,0—2,5	демисезонная
3,0—3,5	зимняя
4,0—4,5	арктическая
5,0—6,0	утепленная арктическая

С помощью одежды, теплоизоляция которой компенсирует большую часть теплопотерь, действие низких температур окружающей среды значительно смягчается.

С увеличением высоты местности над уровнем моря плотность воздуха снижается, и это оказывает влияние на теплоизоляционные свойства одежды. Примером может служить увеличение теплоизоляционной способности одежды летчиков с 5,0 КЛО (при определении на уровне моря) до 7,0 КЛО (на высоте 6000 м). Это свойство получило экспериментальную проверку в опытах с одеждой летчиков на моделях в биокамере.

5.5. МЕТОД РАСЧЕТА ТЕПЛООВОГО БАЛАНСА И ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА

Термический режим организма человека формируется в результате сложного взаимодействия физиологических, биохимических и физических процессов. Поэтому сколько-нибудь полная разработка проблемы теплового режима человека средствами математического моделирования представляется настолько сложной, что на

современном этапе можно решать некоторые частные задачи на основе схематизации процессов формирования теплового состояния человека.

Полученные таким путем результаты отражают наиболее выраженные закономерности. Метод математического моделирования теплового баланса тела человека является достаточно эффективным, поскольку позволяет получить количественные оценки, установить взаимосвязь между отдельными сторонами явления, а также выявить некоторые закономерности, не поддающиеся непосредственному экспериментальному изучению.

5.5.1. Уравнение теплового баланса тела человека

В условиях стационарного режима, когда температура тела сравнительно мало меняется во времени, расход тепла с поверхности тела равен приходу тепла к нему в виде собственной теплопродукции и солнечной радиации.

Вытекающее из закона сохранения энергии уравнение теплового баланса в общем виде записывается так:

$$R_0 + M = LE + P + R' + B, \quad (5.6)$$

где R_0 — радиационный баланс тела человека, M — теплопродукция; LE — затраты тепла на испарение (L — скрытое тепло испарения, E — скорость испарения); P — турбулентный теплообмен между поверхностью тела и атмосферным воздухом; R' — затрата тепла длинноволновым излучением; B — затрата тепла на нагревание вдыхаемого воздуха и на насыщение его водяным паром при испарении с поверхности легких.

При этом считается, что теплопродукция (M) всегда положительная величина, а радиационный баланс (R) положительный, если он характеризует приток лучистого тепла. Остальные члены формулы (5.6) положительные, если они соответствуют затратам тепла. В уравнении теплового баланса не учтена величина теплообмена с подстилающей поверхностью (землей, полом), так как она намного меньше основных форм расходования тепла. Этот вид потери тепла происходит с небольшой площади и обычно через значительный теплоизолирующий слой обуви.

Не учтены также затраты тепла при некоторых физиологических процессах, так как они не превышают 1% от величины теплопродукции в состоянии покоя.

Величина B в уравнении (5.6) значительно меньше других членов. Однако при температуре воздуха -40°C затрата тепла при дыхании составляет около 20% от других теплопотерь организмом человека, находящегося в покое.

Учет влияния одежды был сделан в результате совместного рассмотрения уравнений, составленных для поверхности тела под одеждой и для внешней поверхности одежды. Первое из этих уравнений можно записать в виде:

$$M = LE' + P'. \quad (5.7)$$

Скорость испарения с поверхности тела определяется по формуле

$$E' = \rho D' (e_s - e_x) \cdot a, \quad (5.8)$$

а турбулентный теплообмен по формуле

$$P' = \rho c_p D' (t_s - t_x), \quad (5.9)$$

где D' — коэффициент, характеризующий средние теплопроводные свойства одежды; ρ — плотность воздуха; e_s — удельная влажность воздуха, насыщенного водяным паром, при средней температуре кожи t_s ; e_x и t_x — средняя удельная влажность и температура воздуха на уровне поверхности одежды; c_p — теплоемкость воздуха при постоянном давлении; a — коэффициент, показывающий, во сколько раз скорость испарения с поверхности тела меньше скорости испарения с равной влажной поверхности.

Уравнение теплового баланса для уровня внешней поверхности одежды выражается в форме:

$$R_0 + \rho c_p D' (t_s - t_x) = \rho c_p D (t_s - t) + 4s\sigma T^3 (t_s - t). \quad (5.10)$$

В этом уравнении R_0 обозначает радиационный баланс, вычисленный в предположении, что температура поверхности равна температуре воздуха. Второй член левой части уравнения обозначает поток тепла, приходящий от тела к внешней поверхности одежды. В правой части уравнения первый член характеризует потери тепла с поверхности одежды путем турбулентного теплообмена, а второй — длинноволновым излучением. В этих выражениях D обозначает коэффициент, характеризующий диффузию тепла в атмосферный воздух; t — температуру воздуха; s — коэффициент, характеризующий отличие свойств излучающей поверхности от свойств абсолютного черного тела; σ — постоянная Больцмана.

Учтено также, что поток водяного пара при прохождении через одежду не меняет своей величины:

$$\rho D' (e_s - e_x) = \rho D (e_s - e), \quad (5.11)$$

где e — удельная влажность воздуха.

Из формул (5.7—5.11) составляется уравнение теплового баланса тела человека, защищенного одеждой:

$$R_0 \frac{\rho c_p D'}{\rho c_p D' + \rho c_p D + 4s\sigma T^3} + M = \rho L D (e_s - e) \cdot a \frac{\rho c_p D'}{\rho c_p D' + \rho c_p D} + \\ + \frac{\rho c_p D}{\rho c_p D' + \rho c_p D + 4s\sigma T^3} [\rho c_p D (t_s - t) + 4s\sigma T^3 (t_s - t) + B]; \quad (5.12)$$

В уравнении 5.12 множитель при R_0 характеризует влияние одежды на поток тепла, направленный к коже или в обратном направлении. Величина этого множителя зависит главным образом от характеристик одежды.

При условии, что человек не защищен одеждой, т. е. при $D' = \infty$, уравнение его теплового баланса имеет вид:

$$R_0 + M = L \rho D (e_s - e) \cdot a + (\rho c_p D + 4s \sigma T^3) (t_s - t) + B. \quad (5.13)$$

Формулы (5.12—5.13) используются для расчета средней температуры кожи t_s по данным обычных метеорологических наблюдений за температурой воздуха, влажностью воздуха, скоростью ветра и при известном радиационном балансе. При заданном значении средней температуры кожи можно рассчитать величину D' , характеризующую теплопроводные свойства одежды. Эта характеристика также служит объективным показателем влияния метеорологических факторов на термический режим человека. Поэтому теплозащитные свойства одежды являются не только мерой теплового состояния, но и комплексной оценкой климатических условий. Вычисленные из уравнения (5.12) значения D' связаны с другой характеристикой теплоизоляции, одежды — числом КЛЮ соотношением

$$D' = \frac{0,53}{\text{число КЛЮ}} \text{ см/с.}$$

5.5.2. Уравнение радиационного баланса тела человека

Радиационный баланс представляет собой сумму радиационных коротковолновых и длинноволновых потоков тепла, поступающих на поверхность тела человека. Величина радиационного баланса, равная разности поглощенной коротковолновой солнечной радиации и эффективного длинноволнового излучения, рассчитывается по формуле

$$R_0 = (S_b + q_b + r_b) (1 - \alpha) - I_b, \quad (5.14)$$

где S_b , q_b и r_b — прямая, рассеянная и отраженная от земной поверхности солнечная радиация, поступающая на человека, находящегося в вертикальном положении; α — альbedo поверхности одежды или кожи человека; I_b — эффективное длинноволновое излучение.

Выражение для суммарной коротковолновой солнечной радиации, поступающей на вертикальную поверхность тела человека, имеет вид

$$Q_b = (S_b + q_b + r_b) (1 - \alpha). \quad (5.15)$$

Лучистый теплообмен между вертикальной поверхностью и атмосферным воздухом происходит с полусферы небесного свода. В этом случае количество рассеянной радиации, поступающей на единицу вертикальной поверхности, равно половине рассеянной радиации, приходящей на горизонтальную поверхность:

$$q_v = \frac{1}{2} q. \quad (5.16)$$

Величина r_v также равна половине отраженной земной поверхности суммарной солнечной радиации:

$$r_v = \frac{1}{2} (S' + q) \cdot \alpha, \quad (5.17)$$

где α_0 — альбеда земной поверхности, S' — прямая солнечная радиация, поступающая на горизонтальную поверхность.

Эффективное излучение на единицу вертикальной поверхности составляется из половины эффективного излучения земной поверхности и дополнительного влияния разности температуры между поверхностью тела, воздухом и подстилающей поверхностью. Выражение для расчета I_v имеет вид

$$I_v = \frac{I_0}{2} + \frac{1}{2} s \sigma (T_s^4 - T^4) - \frac{1}{2} s \sigma (T_s^4 - T_0^4) \quad (5.18)$$

или

$$I_v = \frac{I_0}{2} + 2s \sigma T^3 (t_0 - t),$$

где t_0 — температура подстилающей поверхности.

Учитывая это, уравнение радиационного баланса единицы вертикальной поверхности тела, человека записывается в виде:

$$R_0 = \left[S' \frac{\operatorname{ctg} h}{\pi} + \frac{1}{2} q + \frac{1}{2} (S' + q) \cdot \alpha_0 \right] (1 - \alpha) - \frac{I_0}{2} + 2s \sigma T^3 (t_0 - t), \quad (5.19)$$

где h — высота солнца.

I_0 вычисляется по формуле

$$I_0 = [s \sigma T^4 (0,254 - 0,064e) (1 - cn)], \quad (5.20)$$

где s — коэффициент, учитывающий влияние облачности на излучение; n — общая облачность, выраженная в долях от единицы; e — упругость водяного пара, содержащегося в воздухе в миллиметрах.

Формулу (5.19) следует учитывать при расчете теплового баланса по выражениям (5.12, 5.13). Средняя величина альbedo поверхности тела принимается равной 0,30.

Использование значений средней температуры кожи для оценки влияния чрезмерно жарких термических условий может дать ошибочные результаты. Такие условия соответствуют средней взвешенной температуре кожи, выше 35°С, и интенсивному потоотделению. Температура мокрой кожи ниже, чем сухой, и не отражает реального теплового состояния. Однако выделение пота происходит периодически, в связи с чем температура кожи в жарких условиях может достигать 38—40°С.

Б. А. Айзенштат (1965 г.) предложил использовать метод черного шара для расчета теплообмена между телом человека и внешней средой в жарких условиях, особенно в Средней Азии.

Температура черного шара измеряется по термометру, помещенному внутри бронзового зачерненного снаружи шара, диаметр которого 15 см. Шар подвешивается на высоте 1,5 м от поверхности земли и находится под влиянием температуры воздуха, скорости ветра и потоков коротковолновой и длинноволновой радиации. По значениям температуры шара определяют количество влагопотерь с поверхности кожи, испарившихся в воздух. Значения влагопотерь в некоторых климатических условиях заключены в определенные пределы. Например, в комфортных термических условиях влагопотери потоотделением равны 50—70 г/ч, в теплых условиях 200—300 г/ч, в жарких 400—500 г/ч, в очень жарких — могут превышать 1000 г/ч.

Температуру черного шара можно рассчитать по выражению, полученному из уравнения его теплового баланса:

$$R_{ш} = P_{ш} = k(t_{ш} - t) \cdot f(v) \quad (5.20')$$

$$t_{ш} = \frac{k(1 - A_{ш}) \cdot (S/2 + D + r) + \beta/2(t_0 + t_{ш}) + kf(v)t}{kf(v) + \beta}, \quad (5.20'')$$

где A — альbedo шара, k — коэффициент, характеризующий турбулентный теплообмен; $\beta = 4s\sigma 0^3$. Значения β , соответствующие температуре $t = T - 273^\circ$, следующие:

$t^\circ \text{C}$	10	20	30	40	50	60
$\beta \frac{\text{кал}}{\text{см}^2 \text{ мин} \cdot \text{град}}$	0,0036	0,0040	0,0044	0,0048	0,0050	0,0051

Значения функции скорости ветра $f(v)$, произведения $kf(v)$ и величины $kf(v) + \beta$ для различных значений скорости ветра приведены в табл. 5.2 и 5.3

Таблица 5.2

Значения параметров уравнения теплового баланса черного шара

Параметр	Скорость ветра, (м/с)										10,0
	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	
$f(v)$	1795	2100	2527	2847	3117	3354	3568	3764	3945	4116	4277
$k(v)$	0026	00304	00366	00413	00452	00486	00517	00546	00572	00579	0622
$k(v)+\beta$	0036	00404	00466	00513	00522	00586	00617	00646	00672	00697	0720

Таблица 5.3

Зависимость испарения с поверхности кожи (E) при скорости ветра 1 м/с от температуры черного шара ($t_{ш}$)

$t_{ш}^{\circ}\text{C}$	35	40	50	60
E г/ч	150	400	1000	1600

5.5.3. Определение затрат тепла в процессе дыхания

Потери тепла, затраченные при дыхании, можно определить по выражению

$$B = 0,41 W (e_x - e) + \rho c_p W (t - t_a) \frac{P}{P_0}, \quad (5.21)$$

где W — объем вентиляции легких л/мин, e_x — упругость водяного пара вдыхаемого воздуха, Θ_x — температура выдыхаемого воздуха, P и P_0 — давление атмосферного воздуха ($P_0 = 1000$ мбар).

Использование выражения (5.21) для расчетов представляет большие трудности из-за отсутствия данных о W , e_x и t_a .

Приближенно величину затрат тепла при дыхании можно оценить по температуре воздуха и относительной влажности воздуха (табл. 5.4).

В результате расчетов по выражениям 5.12 и 5.13 оценено влияние каждого метеорологического фактора на тепловой баланс и тепловое состояние человека. Для этой цели был выполнен дисперсионный анализ характеристик теплового состояния человека — средней температуры кожи и показателя теплозащитных свойств одежды — чисел КЛО. Для различных случаев составлены уравнения регрессии. Регрессионно-дисперсионный анализ, проведенный для различных климатических районов территории СССР, показал, что основными факторами теплового состояния человека для всех сезонов года являются температура воздуха, скорость ветра, прямая и рассеянная солнечная радиация. Из них наиболее

Таблица 5.4

Затраты тепла на дыхание E (кал/см² мин) при различных температурах t °С и относительной влажности воздуха f %

f %	t °С									
	—50	—40	—30	—20	—10	0	10	20	30	40
10	0,02	0,02	0,018	0,0166	0,0152	0,0134	0,0118	0,0102	0,0086	0,0070
30	0,02	0,02	0,018	0,0164	0,0152	0,0133	0,0114	0,0096	0,0079	0,0062
50	0,02	0,02	0,018	0,0164	0,0150	0,0129	0,0110	0,0092	0,0070	0,0052
70	0,02	0,02	0,018	0,0162	0,0148	0,0124	0,0103	0,0082	0,0062	0,0042
90	0,02	0,02	0,018	0,0162	0,0144	0,0120	0,0098	0,0076	0,0054	0,0032
100	0,02	0,02	0,018	0,0162	0,0140	0,0116	0,0094	0,0073	0,0052	0,0026

существенной оказалась температура воздуха, а значимость остальных метеорологических факторов изменяется в зависимости от выполняемой физической нагрузки и времени года.

Определить теплоизоляцию одежды можно с помощью номограммы (рис. 5.2). Определение теплоизоляции одежды в единицах КЛО с помощью номограммы производится следующим образом. Из всех метеорологических факторов выбираются основные: t , Q , v (например, 10°С, 0,6 кал/см² мин; 5 м/с). По шкале, соответствующей 0,6 кал/см² мин, находится значение $t=10$ °С. Эта точка на рис. 5.2 обозначена буквой А. Для определения теплоизоляции одежды из точки А спускается перпендикуляр до пересечения со шкалой ветра (точка В), затем надо сместиться вправо на число делений, равное скорости ветра (на 5 делений), т. е. переходим в точку С. Нормаль, проведенная из точки С на шкалу КЛО, показывает значение теплоизоляции одежды при данных значениях ведущих метеорологических факторов (в примере теплоизоляции одежды равна 2,4—2,5 КЛО).

Номограмма составлена на основании результатов расчетов по формуле 4.12. Ошибка определения теплоизоляции одежды не превышает 0,2 КЛО. Номограмма позволяет решать обратную задачу: определение климатического оптимума с фиксированной теплоизоляцией.

5.6. ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИАЦИОННОГО БАЛАНСА ПОВЕРХНОСТИ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА

По данным расчетов, выполненных по формуле 5.19, построены карты распределения радиационного баланса тела человека на территории СССР для четырех месяцев года (рис. 5.3—5.6).

Анализ этих карт показал, что на территории СССР зимой радиационный баланс меняется от значений, близких или равных ну-

Рис. 5.2. Номограмма для определения характеристики теплозащитных свойств одежды, обеспечивающей тепловой комфорт.

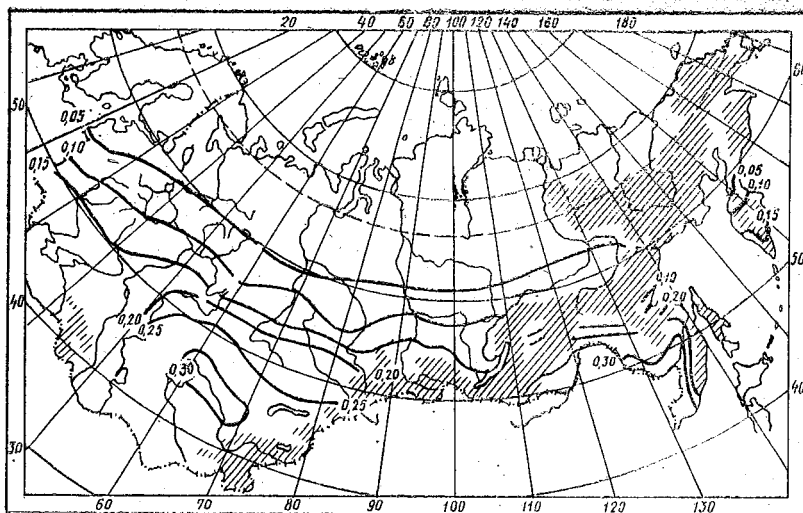


Рис. 5.3. Радиационный баланс поверхности тела человека в январе (ккал/см² мин)

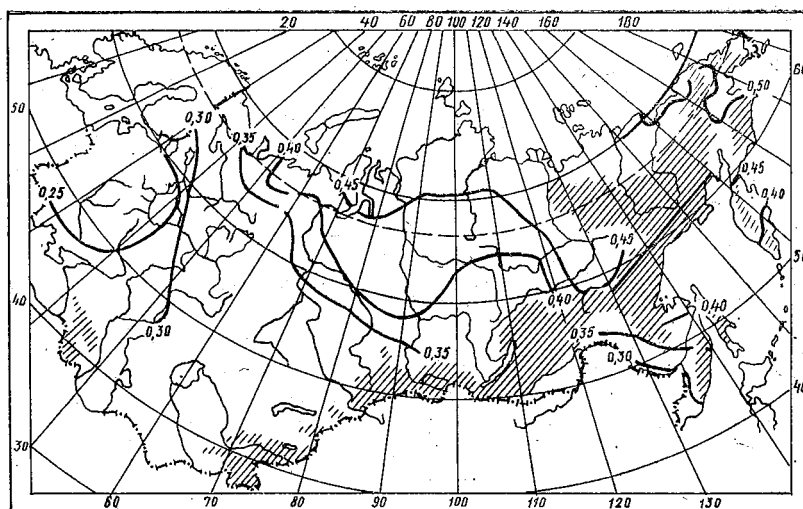


Рис. 5.4. Радиационный баланс поверхности тела человека в апреле (ккал/см² мин)

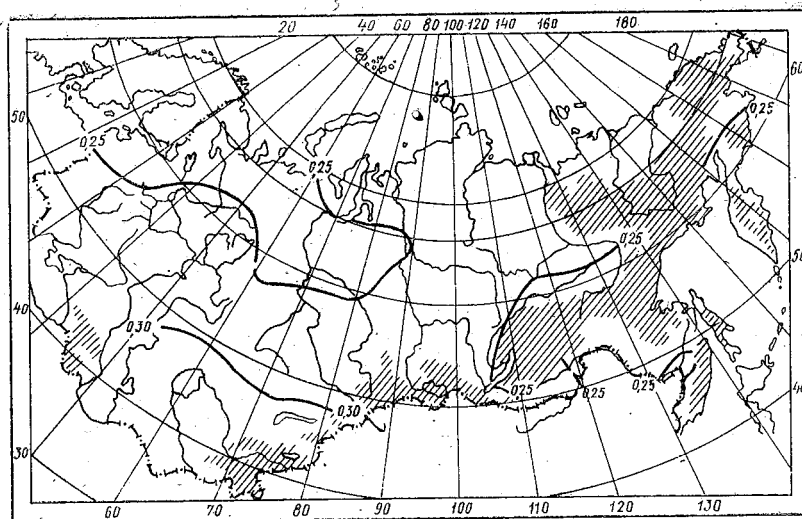


Рис. 5.5. Радиационный баланс поверхности тела человека в июле
(кал/см² мин)

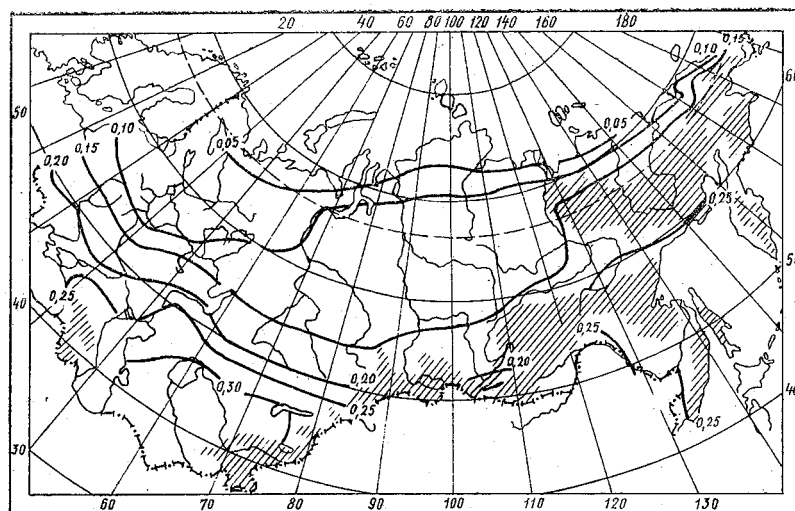


Рис. 5.6. Радиационный баланс поверхности тела человека в октябре
(кал/см² мин)

лю в северных районах, до $0,3-0,4$ кал/см²·мин в южных районах Средней Азии.

Весной радиационный баланс имеет максимальные значения. Наибольшие из них равны $0,4-0,5$ кал/см² мин в северных районах. Это связано с влиянием альбеда снежного покрова на величину отраженной солнечной радиации при сравнительно небольших высотах солнца.

Летом на всей территории СССР радиационный баланс изменяется в диапазоне $0,20-0,30$ кал/см²·мин. Наиболее низкие значения радиационного баланса — в районах с высокой повторяемостью облачности.

Южнее широты 50° радиационный баланс в течение года почти не меняется и равен $30-40$ кал/см² мин.

Относительное значение тепла солнечной радиации для теплового баланса человека в различных климатических районах можно оценить путем сопоставления величины радиационного баланса с собственной теплопродукцией человека. В результате такой оценки выяснилось, что в летний день на всей территории СССР количество солнечного тепла, которое получает человек, не защищенный одеждой, равно его теплопродукции при выполнении работы средней тяжести.

В тепловом балансе одетого человека в зависимости от теплоизоляции одежды используется всего лишь от 10 до 40% солнечной радиации, определенной как радиационный баланс. Эффективная часть радиационного баланса зависит как от теплозащитных свойств одежды, так и от скорости ветра. При скорости ветра, примерно равной 6 м/с, тепловой эффект солнечной радиации сводится к нулю. Это происходит в результате усиления турбулентного теплообмена между поверхностью нагретой одежды и атмосферным воздухом.

5.7. БИОКЛИМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ СССР ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА

По данным расчетов средней температуры кожи с помощью метода теплового баланса выделены зоны на территории СССР с различными условиями теплового состояния человека для летнего времени года. Оказалось, что зона благоприятного теплового состояния человека, границы которой соответствуют изолиниям средней температуры кожи $30,0$ и $34,5^\circ\text{C}$, в летнее время занимает большую часть территории СССР.

Использование средней температуры поверхности кожи, как биоклиматической характеристики, неудобно. В одних и тех же климатических условиях у человека может быть различное тепловое состояние в зависимости от типа одежды и выполняемой им физической работы. Оптимальный способ биоклиматического

районирования территории состоит в использовании показателей теплозащитных свойств одежды, обеспечивающих условие теплового комфорта у человека, соответствующего средней температуре кожи, равной 33°C .

Такой подход к решению вопроса соответствует одному из основных требований гигиенического нормирования в нашей стране, сформулированному как забота о сохранении теплового состояния на оптимальном уровне.

На основании материалов расчетов показателя теплозащитных свойств одежды D' были определены числа КЛО, которые использовались для оценки влияния на человека климатических условий. Эти числа КЛО соответствуют теплоизоляции, обеспечивающей тепловой комфорт у человека в покое и занятого работой средней тяжести.

По средним климатическим данным для летнего и зимнего периода года вся территория СССР разделена на 15 зон, имеющих характерные типы одежды. Для зимнего периода выделено пять, а для летнего шесть районов.

Карта районирования территории СССР по типам одежды, обеспечивающим тепловой комфорт, представлена на рис. 5.7. Характеристика этих зон приведена в табл. 5.5.

Так как один и тот же календарный период в различные годы характеризуется неодинаковыми метеорологическими условиями,

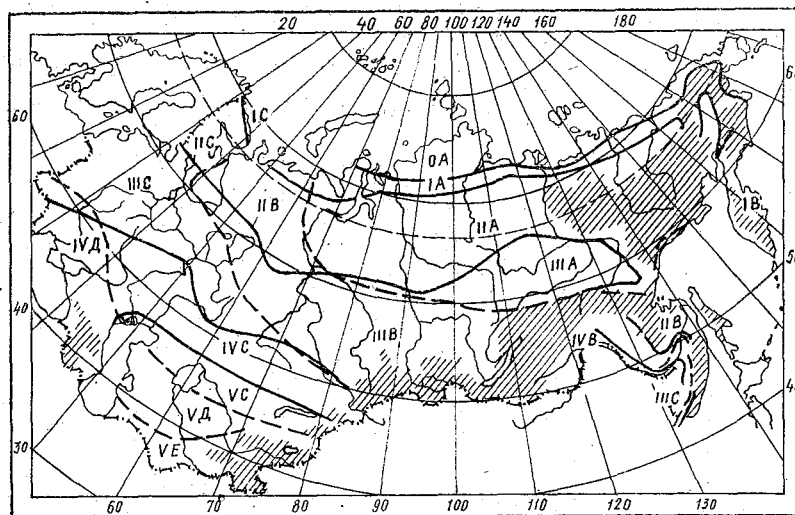


Рис. 5.7. Районирование территории СССР по теплозащитным свойствам одежды

Таблица 5.5

Типы одежды, обеспечивающие комфорт в различных районах СССР

Зо- на	Характеристика лета		Характеристика зимы	
	О д е ж д а		О д е ж д а	
	Покой стоя	Работа средней тяжести	Покой стоя	Работа средней тяжести
I	Холодное лето демисезонное пальто летнее пальто		Очень суровая зима теплоизоляция одежды недостаточна арктическая	
IA	Умеренно холодное лето летнее пальто костюм, плащ		Очень суровая зима теплоизоляция одежды недостаточна арктическая	
IB	Умеренно холодное лето летнее пальто костюм, плащ		Суровая зима утепленная арктическая теплое зимнее пальто	
IC	Умеренно холодное лето летнее пальто костюм, плащ		Умеренно холодная зима арктическая зимнее пальто	
IIA	Умеренно теплое лето костюм, плащ летняя одежда		Очень суровая зима теплоизоляция одежды недостаточна арктическая	
IIB	Умеренно теплое лето костюм, плащ летняя одежда		Суровая зима утепленная арктическая теплое зимнее пальто	
IIIA	Теплое лето летняя одежда очень легкая одежда		Очень суровая зима теплоизоляция одежды недостаточна арктическая	
IIIB	Теплое лето летняя одежда очень легкая		Суровая зима утепленная арктическая теплое зимнее пальто	
IIIC	Теплое лето летняя одежда очень легкая		Умеренно холодная зима арктическая зимнее пальто	
IVB	Жаркое лето очень легкая одежда любая одежда неэффективна		Суровая зима утепленная арктическая теплое зимнее пальто	
IVC	Жаркое лето очень легкая одежда любая одежда неэффективна		Умеренно холодная зима арктическая зимнее пальто	

Зо-на	Характеристика лета		Характеристика зимы	
	О д е ж д а		О д е ж д а	
IVД	Жаркое лето		Умеренно мягкая зима	
	очень легкая одежда	любая одежда неэффективна	зимнее пальто	демисезонное пальто
VC	Очень жаркое лето		Умеренно холодная зима	
	зона теплого дискомфорта		арктическая	зимнее пальто
VD	Очень жаркое лето		Умеренно мягкая зима	
	зона теплого дискомфорта		зимнее пальто	демисезонное пальто
VE	Зона теплового дискомфорта		Мягкая зима	
	Очень жаркое лето			

то параметры одежды, обеспечивающей тепловой комфорт, также будут изменяться в различные календарные периоды. Практика требует оценки вероятности изменения метеорологических факторов во времени и пространстве. Это необходимо для рационального использования одежды или создания одежды, отвечающей предъявляемым к ней требованиям.

В качестве вероятностной характеристики рассчитана обеспеченность чисел КЛО. Под обеспеченностью характеристик одежды, выраженной в КЛО, следует понимать процентное отношение количества лет с числами КЛО, обеспечивающими тепловой комфорт в климатических условиях конкретного периода времени и с числами КЛО ниже этого предела, но также оптимальными, хотя и меньшего периода, к общему числу анализируемых лет. В этой характеристике лучше всего проявляется возможность изменения теплоизоляции одежды в зависимости от климатических условий (т. е. можно расстегнуться, снять часть одежды и пр.).

На рис. 5.8—5.11 представлены кривые распределения чисел КЛО, вычисленные для января и июля в Братске. На этих рисунках — кривые повторяемости — (а), кривые обеспеченности — (б). С учетом вероятностных характеристик выполнено районирование территории Сибири (рис. 5.8, 5.10). Таким образом, вероятностные изменения влияния комплекса метеорологических факторов теплового состояния человека оказалось возможным выразить через вероятностные характеристики теплозащитных свойств одежды.

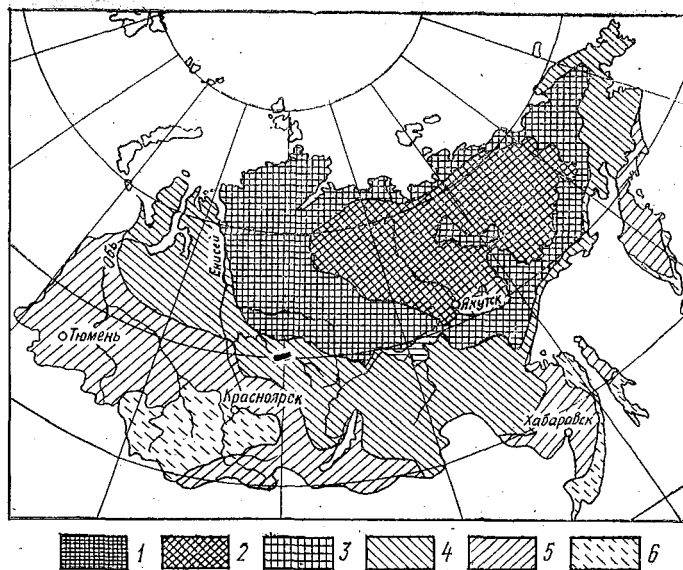


Рис. 5.8. Биоклиматическое районирование территории Сибири и Дальнего Востока. Январь:
 I—район I (климатические условия крайне высокой степени суровости), 2—район II (очень высокой), 3—район III (высокой), 4—район IV (средний), 5—район V (низкой степени суровости). 6—район VI (холодный)

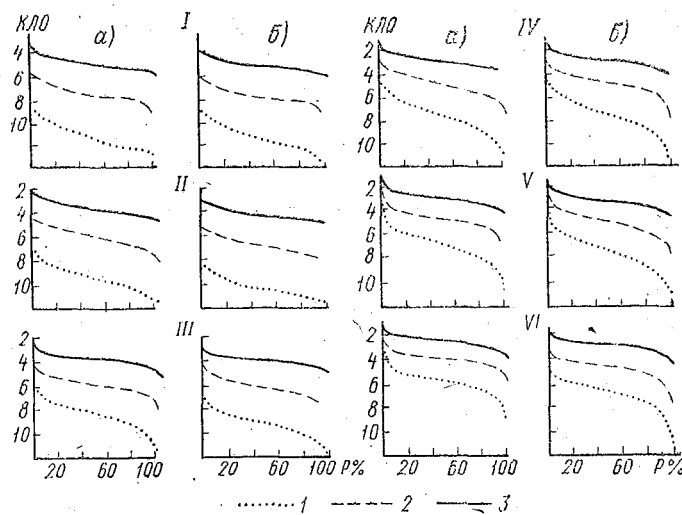


Рис. 5.9. Кривые обеспеченности теплоизоляции одежды по районам (I—IV). Январь:
 а) — 13 ч, б) — 1 ч, 1 — состояние покоя, 2 — работа легкой тяжести, 3 — работа средней тяжести

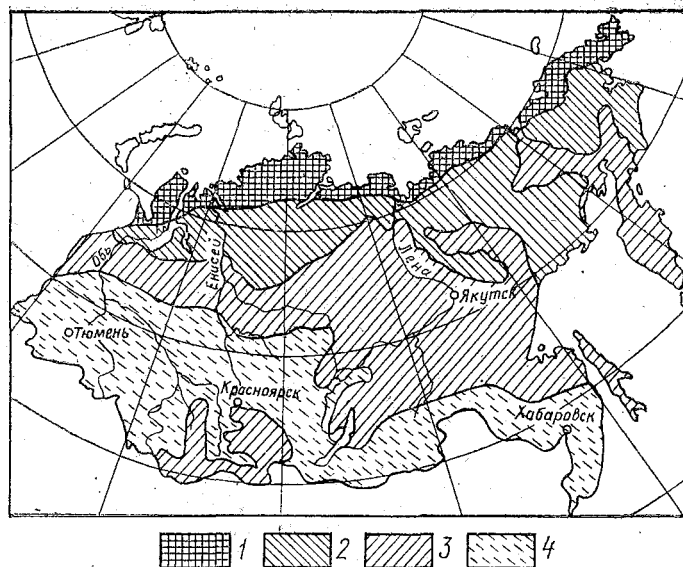


Рис. 5.10. Биоклиматическое районирование территории Сибири и Дальнего Востока. Июль.
 1—район I (холодный), 2—район II (умеренно холодный),
 3—район III (умеренно теплый), 4—район IV (теплый)

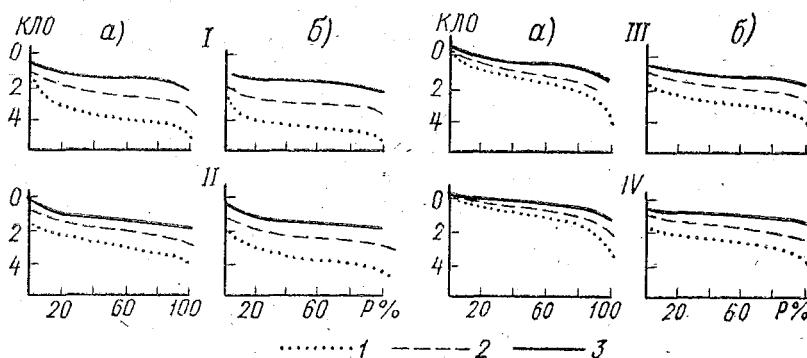


Рис. 5.11. Кривые обеспеченности теплоизоляции одежды по районам (I—IV). Июль (условные обозначения см. рис. 5.9)

Биоклиматическое районирование территории СССР имеет большое практическое значение: оно позволяет обоснованно планировать потребление одежды в различных климатических зонах,

учитывается при разработке соответствующих ГОСТов. Данные биоклиматического районирования необходимы для обоснования мероприятий по расширению зоны комфорта с помощью технических и других средств.

Одежда, сконструированная с учетом климатических особенностей, необходима для освоения новых районов и успешной акклиматизации. Данные расчетов характеристик одежды нужны для изготовления специальной одежды, которая могла бы смягчить влияние метеорологических факторов, приводящих к перегреванию и охлаждению организма человека. Созданием такой одежды для работников гидрометеослужбы занимались по изложенному методу теплового баланса в последние годы сотрудники Арктического и Антарктического научно-исследовательского института по заданию Государственного комитета по гидрометеорологии и контролю природной среды. В настоящее время не решена задача о нестационарных условиях термического режима тела человека. Решение этой задачи значительно расширит границы применения расчетного метода теплового баланса тела человека и позволит решить вопрос о нормировании времени пребывания человека на открытом воздухе.

Одна из важнейших проблем современного мира — взаимодействие человека с окружающей его средой, в том числе с процессами, протекающими в атмосфере Земли.

В последнюю четверть века по инициативе ЮНЕСКО во всем мире широко развернулись работы в области биометеорологии, включающие и исследования влияния атмосферы на здоровье человека.

В определенных случаях метеорологические факторы могут вызывать патологические сдвиги и процессы в организме человека (горная болезнь, тепловой удар, нарушение функций сердечно-сосудистой системы и т. д.).

Для целей планирования и нужд здравоохранения необходимо иметь данные о термических условиях различных географических районов. Для работников здравоохранения и медицины требуются также сведения о метеорологических условиях, вызывающих патологические состояния у человека. Такие данные применяются для профилактики и прогнозирования различных заболеваний.

5.8. МЕДИЦИНСКАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ

Медицинская климатология является отраслью прикладной климатологии, так как она изучает климатические факторы, и, с другой стороны, отраслью медицинской науки, поскольку изучает влияние метеорологических факторов на больной и здоровый организм.

На организм больного действует комплекс метеорологических условий. Кроме того, может проявляться доминирующее влияние одного из метеорологических факторов. Так, при быстром падении атмосферного давления, сопровождающемся похолоданием, возрастает количество лейкоцитов; гемоглобина больше зимой, чем летом; количество крови уменьшается в холодное полугодие. Резкие смены погоды приводят к гипертоническим кризам, сосудистым катастрофам (инсульты, инфаркты) и т. д.

Температура воздуха. При действии на организм чрезмерно высоких и низких температур может наступить перегревание и переохлаждение организма, т. е. нарушение функций регуляции тепла. Длительное воздействие низких температур вызывает повышение обмена веществ и сужение кожных капилляров, что проявляется в снижении температуры кожи.

При высоких температурах воздуха происходит учащение пульса и умеренное снижение давления крови.

Влажность воздуха как биоклиматический фактор имеет различное значение. Во-первых, ею в значительной мере определяется величина парциального давления кислорода; во-вторых, влажность воздуха влияет на радиационные условия; в-третьих, от нее зависит потеря жидкости в организме. Физиологический дефицит влажности воздуха d_{ϕ} определяется формулой Дорно:

$$d_{\phi} = E_{\phi} - P_{H_2O} \text{ мбар,} \quad (5.22)$$

где E_{ϕ} — физиологическая влажность воздуха, численно равная максимальному давлению водяного пара при температуре тела, P_{H_2O} — давление водяного пара воздуха. По мере увеличения высоты d_{ϕ} быстро растет, поэтому горный воздух отличается большой сухостью. По-видимому, влажность воздуха влияет на географическую дифференциацию условий возникновения горной патологии.

Больные гипертонической болезнью и коронарным атеросклерозом весьма чувствительны к колебаниям относительной влажности воздуха. У таких больных подавляющее большинство приступов наступает при относительной влажности 80—95%.

Движение воздуха является фактором, способным существенно изменять скорость теплоотдачи организма. Ветер, приводя к раздражению нервных окончаний (рецепторов) кожи, может вызывать обострения сердечно-сосудистых заболеваний.

Барометрическое давление и его колебания оказывают влияние на организм двумя путями: способствуют изменению насыщения крови кислородом и механически влияют на рецепторы тела (плевры, брюшины), а также сосуды.

Колебания барометрического давления отражаются на содержании эритроцитов, уровне артериального давления, частоте пульса.

В современном обществе сердечно-сосудистые заболевания являются наиболее распространенными. Сердечно-сосудистая система в огромной мере определяет жизненные функции организма. Метеорологические факторы, не являясь первопричиной возникновения сердечно-сосудистых заболеваний, оказывают существенное влияние на их развитие и исход.

5.8.1. Методика оценки влияния колебаний атмосферного давления на больных

Во многих работах указывается, что на самочувствие больных, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями (гипертония, стенокардия, инфаркт миокарда и инсульт) влияет не абсолютная величина давления, а его колебания. В качестве метеорологического индекса принято считать междусуточную изменчивость атмосферного давления.

И. С. Темникова [13] исследовала междусуточную изменчивость атмосферного давления за период с 1968 по 1973 г. по материалам метеорологической станции Латвийского университета в Риге. За сутки условно принимался интервал с 9 ч данного дня до 9 ч следующего.

Представление о годовом ходе изменчивости давления дает табл. 5.6

Таблица 5.6

Междусуточная изменчивость давления воздуха (мбар) (в Риге с 1966 по 1973 г.) (по И. С. Темниковой [13])

Характеристика изменчивости давления	Знак	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Средняя изменчивость		6,7	6,2	6,6	5,8	4,8	3,2	3,4	3,2	4,9	6,8	6,7	6,8
Экстремальная изменчивость	+	26	21	23	28	18	13	11	14	20	35	28	24
	—	22	30	25	21	16	16	20	12	13	29	25	23
Абсолютная амплитуда колебаний		48	51	48	49	34	29	31	26	33	64	53	57

Как средние, так и экстремальные значения междусуточной изменчивости атмосферного давления имеют отчетливо выраженный годовой ход. Для установления предела колебания давления воздуха вычислена повторяемость различных градаций междусуточной изменчивости. Градации 8—9 и —8——9 оказались границами между относительно малыми и большими значениями междусуточной изменчивости атмосферного давления (рис. 5.2). Все случаи с междусуточной изменчивостью атмосферного давления,

превышающей предел ± 8 мбар, сопоставляются с пиками вызовов скорой помощи по поводу сердечно-сосудистых заболеваний или клиническими данными, взятыми из истории болезней.

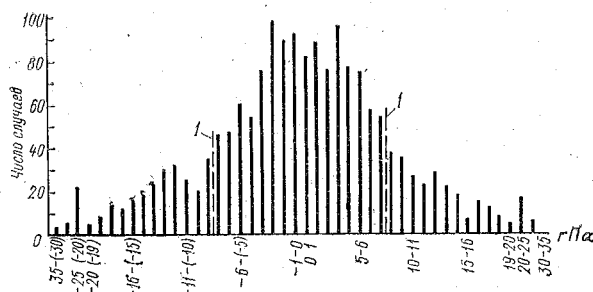


Рис. 5.12. Повторяемость градаций междусуточной изменчивости давления воздуха с октября по апрель с 1966 по 1973 г. Рига:
/—границы ± 8 мбар

Годовой ход суммарного за 1966—1973 гг. числа вызовов скорой помощи и суммарного числа случаев резких ($\geq +8$ мбар) изменений давления воздуха, по данным Риги, представлен на рис. 5.13. Как видно из рисунка, число вызовов по поводу инсульта увеличивается с октября по декабрь и может быть следствием роста повторяемости резких колебаний давления воздуха в предзимье. Основной минимум числа вызовов приходится на август—сентябрь. Хорошо выраженный максимум числа вызовов по поводу инсульта и инфаркта в марте и в апреле, когда в Прибалтике резкие колебания атмосферного давления идут на убыль, дал основание для поиска фактора, определяющего этот максимум.

За последние годы имеются многочисленные утверждения о том, что солнечная активность воздействует на биосферу Земли, в том числе и на людей. Широко обсуждается вопрос о влиянии солнечной активности на возникновение или обострение инфаркта и инсульта.

Число пиков вызовов скорой помощи по поводу инфаркта и инсульта по ежесуточным данным Риги сопоставили с индексом магнитной возмущенности A_p . Он характеризует интенсивность магнитной возмущенности в атмосфере Земли в планетарном масштабе (рис. 5.14). Из рисунка видно, что весенний максимум пиков вызовов по поводу обоих заболеваний хорошо согласуется с максимумом магнитного индекса A_p . Осенний максимум пиков вызовов отмечается на месяц позже осеннего максимума A_p . В июле наблюдается некоторый рост числа вызовов по поводу инсульта,

а число вызовов по поводу инфаркта минимальное в этом месяце и согласуется с минимумом индекса A_p .

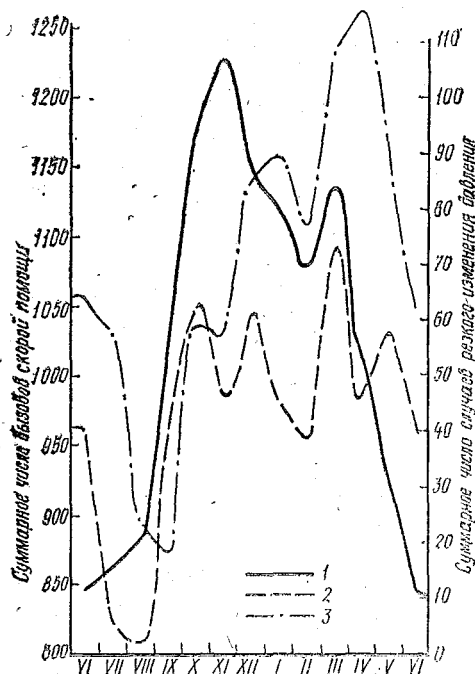


Рис. 5.13. Годовой ход суммарного за 1966—1973 гг. числа вызовов скорой помощи и суммарного за этот же период числа случаев резких ($>8 \pm$ мбар) изменений давления воздуха. Рига:
1—междусуточная изменчивость давления воздуха. Число вызовов: 2—по поводу инфаркта миокарда, 3—по поводу инсульта

Коэффициент корреляции между случаями приступов стенокардии и случаями инфаркта миокарда с междусуточным изменением давления воздуха составляет около 0,70 по оценкам, проведенным в различных городах Советского Союза. Это указывает на общность причины возникновения заболеваний.

Оцененный по данным Риги за холодный период (октябрь — март) 1966—1973 гг. коэффициент корреляции между пиками резкого (± 8 мбар) междусуточного изменения атмосферного давления и вызовов скорой помощи по поводу инфаркта миокарда превышает 0,8. В этот период года инфаркты могут возникать и по другим причинам,

По данным клинических врачей, в Риге инфаркты у мужчин бывают значительно чаще, чем у женщин. В Западной Европе, по данным Всемирной организации здравоохранения, число острых инфарктов миокарда у женщин в три — шесть раз, а в США в три — четыре раза меньше, чем у мужчин.

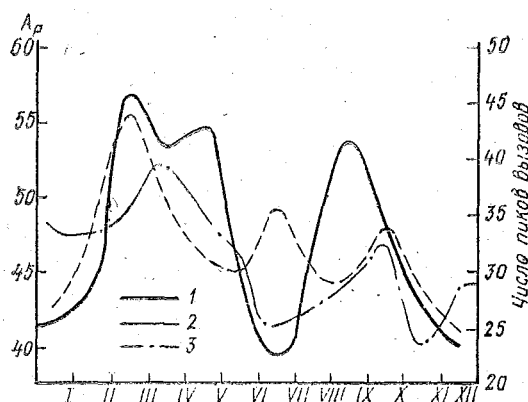


Рис. 5.14. Годовой ход индекса A_p магнитной возмущенности (1) и числа пиков вызовов скорой помощи по поводу инсульта (2) и инфаркта миокарда (3). Рига. 1966—1973 гг.

На Европейской территории СССР Прибалтика, Северо-Запад и Север являются наиболее опасными для людей, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями. Именно здесь находится максимум межсуточной изменчивости атмосферного давления на ЕТС.

При исследовании зависимости между сердечно-сосудистыми заболеваниями и изменениями давления учитывается синоптическая обстановка. Так, результаты изучения данного вопроса в условиях Севера ЕТС оказались следующими.

Обострение гипертонической болезни и учащение приступов стенокардии и случаев нарушений мозгового кровообращения наибольшее в осенний и зимний периоды. Установлена криволинейная зависимость между физиологическими показателями функциональной деятельности сердечно-сосудистой системы и резкими перепадами барометрического давления с высоким корреляционным отношением, равным 0,61—0,92. Частота вызовов к больным сердечно-сосудистой системы максимальная при приближении циклонов и ложбин. Вызовы к больным с острым нарушением мозгового кровообращения возрастают в течение всего периода влияния фронтальной погоды; это увеличение несущественно на следующий

день после прохождения линии фронта и за два дня до его прохождения.

Влияние атмосферных фронтов на посещаемость клиник в разные сезоны года неодинаковая. При разработке профилактических мероприятий особое внимание необходимо обращать на тот период, когда действуют на больных погодные условия, обусловленные малоподвижными фронтами, и повышенная магнитная напряженность Земли, обусловленная магнитными бурями. Отмечается достоверный рост частоты смертельных исходов от нарушений мозгового кровообращения в магнитоактивные дни и в течение трех предыдущих дней, а также в первые сутки после бури. Наиболее тесная связь летальных исходов в магнитоактивные дни выявлена в зимний и осенний периоды.

Значение прогнозов на ближайшие сутки резких колебаний давления, прохождения фронтов, циклонов и предстоящих солнечных и магнитных возмущений для медицинских служб трудно переоценить.

Для здравоохранения необходимы также сведения о климатологической оценке условий различных географических районов и в отдельных пунктах. Такие данные находят широкое применение при планировании курортного и санаторного строительства и в профилактических целях.

Развитие медицинской климатологии имеет большие перспективы для прикладной климатологии и медицины.

Так, например, несколько лет назад появились данные о том, что гены, контролирующие такие альтернативные факторы, как группа крови, разновидность ферментных и других белков, имеют закономерную географическую изменчивость. Изменчивость повторяемости генов идет в основном параллельно климатическим градиентам. Специалисты антропологи полагают, что цвет кожи и волос, ширина носа, форма губ, длина тела и другие объективные признаки находятся под контролем как генетических факторов, так и метеорологических факторов внешней среды [12].

Таким образом, в настоящее время достаточно хорошо выяснены физические закономерности влияния термических факторов внешней среды — температуры воздуха, влажности воздуха, скорости ветра и солнечной радиации на организм здорового человека, а также страдающих легочными, сердечно-сосудистыми и другими заболеваниями. Почти не исследован механизм влияния давления воздуха, напряженности электрического поля атмосферного воздуха и ряда других метеорологических факторов, связанных с синоптическими условиями различных климатических районов. Поэтому пока не представляется возможным применить методы математического моделирования для выяснения зависимости между организмом человека и указанными факторами. Наиболее успешно в этом случае могут применяться методы математической статистики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анапольская Л. Е., Гандин Л. С. Метеорологические факторы теплового режима зданий. Л., Гидрометеониздат, 1973. 239 с.
2. Баранов А. М., Солонин С. В. Авиационная метеорология. Л., Гидрометеониздат, 1975. 262 с.
3. Беёр В. Техническая метеорология. Пер. с немецкого. Л., Гидрометеониздат, 1966. 290 с.
4. Заварина М. В. Строительная климатология. Л., Гидрометеониздат, 1976. 312 с.
5. Климатические параметры Восточно-Сибирского и Дальневосточного экономических районов (научно-справочное пособие). Ред. Л. Е. Анапольская, И. Д. Копанев. Л., Гидрометеониздат, 1979. 390 с.
6. Лиопо Т. Н., Циценко Г. В. Тепловое состояние человека и климатические условия. Л., Гидрометеониздат, 1971. 150 с.
7. Наровлянский Г. Я. Авиационная климатология. Л., Гидрометеониздат, 1968. 267 с.
8. Наставление по метеорологическому обеспечению гражданской авиации (НМО ГА-73). Л., Гидрометеониздат, 1973. 140 с.
9. Параметры тропического климата для технических целей. Л., Гидрометеониздат, 1973. 516 с.
10. Пивоварова З. И. Характеристика радиационного режима на территории СССР применительно к запросам строительства. Л., Гидрометеониздат, 1973. 128 с. (Труды ГГО, вып. 321).
11. СНиП 11-А.6-72. Строительная климатология и геофизика. М., Стройиздат, 1973. 319 с.
12. Спицин В. А. Гены и климат. — «Природа», 1977, № 7, с. 44—49.
13. Темникова Н. С. Влияние атмосферного давления на сердечно-сосудистые заболевания. Л., Гидрометеониздат, 1977. 56 с.
14. Шапаев В. М. Гидрометеорологические условия и мореплавание. М., «Транспорт», 1975. 248 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	4
1. Авиационная климатология	10
1.1. Особенности и задачи авиационной климатологии	10
1.2. Влияние климатических условий на деятельность авиации	12
1.2.1. Воздушные перевозки на местных авиатрассах	13
1.2.2. Воздушные перевозки на линиях средней и большой протяженности	14
1.2.3. Другие виды деятельности авиации	16
1.2.4. Проектирование, строительство и эксплуатация аэропортов	16
1.3. Обеспечение авиации климатическими данными	18
1.3.1. Авиационно-климатические характеристики метеорологических величин	18
1.3.2. Содержание авиационно-климатического описания района аэропорта и авиатрассы	23
1.3.3. Изложение текста, графики, карты	26
1.3.4. Составление авиационно-климатических справок	30
1.4. Обработка наблюдений применительно к требованиям авиации	30
1.4.1. Общие положения	30
1.4.2. Исходные данные и производство выборок	32
1.4.3. Обобщение выборок и расчет повторяемостей	35
1.4.4. Обработка данных наблюдений отдельных метеорологических величин	40
1.5. Некоторые примеры авиационно-климатических исследований	46
1.5.1. Климатическая оценка возможности замены аэропорта посадки при сложных условиях погоды	46
1.5.2. Оценка климатических условий как фактора, нарушающего регулярность полетов	49
2. Использование климатологических данных при строительстве и эксплуатации объектов	52
2.1. Задачи строительной климатологии	52
2.2. Учет влияния климатических условий при планировке зданий, сооружений и населенных пунктов	54
2.3. Учет климатических условий при строительстве и эксплуатации жилищ и объектов	60
2.3.1. Температура воздуха	61
2.3.2. Температура почвы	65
2.3.3. Солнечная радиация	68
2.3.4. Влажность воздуха и осадки	73
2.3.5. Ветер	76
2.3.6. Комплексный учет метеорологических факторов	77
2.4. Метеорологические нагрузки на сооружения	84
2.4.1. Ветровые нагрузки	84
2.4.2. Гололедные и гололедно-ветровые нагрузки	89
2.4.2.1. Гололедные нагрузки	89
2.4.2.2. Ветровые нагрузки при гололеде	95

2.4.2.3. Результирующие нагрузки при гололедно-изморозевых отложениях . . .	97
2.4.2.4. Методика определения гололедных нагрузок на элементы конструкций различной конфигурации	98
2.4.3. Снеговые нагрузки	99
3. Влияние метеорологических факторов на технические изделия и механизмы	102
4. Транспортная климатология	113
4.1. Влияние метеорологических факторов на эксплуатацию наземного транспорта	114
4.2. Влияние гидрометеорологических факторов на эксплуатацию морского транспорта	120
4.3. Влияние гидрометеорологических условий на перевозку грузов	128
5. Биометеорология и медицинская климатология	131
5.1. Задачи биометеорологии	131
5.2. Пути оценки комплексного влияния метеорологических факторов на тепловое состояние человека	132
5.3. Понятие о тепловом балансе тела человека	135
5.3.1. Факторы теплового баланса человека	138
5.4. Теплозащитные свойства одежды	139
5.5. Метод расчета теплового баланса и теплового состояния тела человека	140
5.5.1. Уравнение теплового баланса тела человека	141
5.5.2. Уравнение радиационного баланса тела человека	143
5.5.3. Определение затрат тепла в процессе дыхания	146
5.6. Географическое распределение радиационного баланса поверхности тела человека	147
5.7. Биоклиматическая оценка территории СССР по характеристикам теплового состояния человека	151
5.8. Медицинская климатология	157
5.8.1. Методика оценки влияния колебаний атмосферного давления на больных	159
Литература	164

Виктор Александрович Шталь
Николай Федорович Белов
Галина Викторовна Циценко

ПРИКЛАДНАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Редактор И. Н. Базилевская
Корректор Р. В. Федорова

Сдано в набор 14.04.80. Подписано в печать 14.12.81. М-21682. Формат 60×90¹/₁₆.
Бумага тип. № 2. Лит. гарн. Печать высокая. Печ. л. 10,2. Уч.-изд. л. 10. Доп.
план 1981 г. поз 113. Тираж 800 экз. Цена 50 коп. Зак. 240.
ЛПИ имени М. И. Калинина, 195251, Ленинград, Политехническая, 29.

Тип. ВВМУПП им. Ленинского комсомола