**Практическое занятие 3.**

Анализ влияния исходных данных на корректность выполнения теплотехнических расчетов наружных ограждающих конструкций

С древнейших времен человек пытается использовать положительные воздействия климатических факторов и защититься или свести к минимуму отрицательное воздействие климата. Итогом этих попыток стали народные типы жилища для различных климатических условий и рекомендации по планированию и устройству городов.

Климатология как наука стала развиваться одновременно с развитием науки, техники, сельского хозяйства и других отраслей экономики только в XX веке. В «Урочном положении» 1912 года издания, где подробно описаны строительные материалы, работы и приведены нормы проектирования зданий различного назначения, вопросы учета климата не затронуты. Единственное предписание, найденное в цитируемой работе, касается толщины стен для жилых зданий –

«наименьшая толщина наружных стен из кирпича узаконена у нас, вследствие климатических условий, для северной и средней полосы в 2,5 кирпича (64см, или 15 вершков, или 0,30 сажени)».

Первые нормативные документы по обоснованию расчетных величин климатических факторов в нашей стране появились в 30ые годы прошлого века.

В настоящее время существует ряд нормативных документов и учебной литературы, где представлены некоторые обоснования выбора расчетных величин климатических факторов. Однако, этот вопрос требует дальнейшего исследования.

В настоящем разделе рассмотрены климатические факторы, которые используются при решении задач теплозащиты зданий. Вводится понятие расчетный параметр климатического фактора. Величина расчетного параметра даже для одного климатического фактора (например, температуры воздуха) будет различной для различных физических процессов в ограждениях (теплопередача, паропроницаемость, воздухопроницаемость). Единым будет методологический подход к определению величины расчетного параметра климатического фактора: расчетный параметр – это такая величина климатического фактора, при которой адекватно моделируются эксплуатационные процессы в ограждениях.

# 3.1. Общие сведения о климатических факторах

К основным климатическим факторам, которые требуют учета при проектировании теплозащиты зданий, относятся: солнечная радиация, температура и влажность воздуха, ветер.

Такие климатические факторы, как температура и влажность воздуха, имеют свойство скалярной характеристики, в то время как солнечная радиация и ветер являются векторными, что предопределяет требования к ориентации зданий и сооружений по странам света.

Основой для изучения климатических факторов являются результаты наблюдений за элементами климата, полученные на метеорологических станциях.

В России эти наблюдения регулярно ведутся с XIX века на небольшом количестве метеостанций 3 раза в сутки. С развитием промышленности, транспорта, сельского хозяйства неуклонно развивалась сеть метеостанций и количество наблюдений в сутки. С 1966 года наблюдения ведутся уже 8 раз в сутки и действует более 10000 метеостанций. В настоящее время на ряде станций наблюдения ведутся каждый час.

На основе обработки первичных данных метеостанций об элементах климата получают различные статистические характеристики климата:

- средние значения;

- экстремальные (наибольшие и наименьшие);

- амплитуды;

- повторяемости;

- непрерывные продолжительности.

Средние значения. Среднее суточное определяется из всех значений данного метеорологического элемента, измеренных в течение суток. Среднее месячное получается из всех средних суточных значений за данный месяц. Среднее годовое – из всех средних месячных значений.

Экстремальные значения.Средние значения факторов позволяют сравнивать климаты разных районов, но их недостаточно для полной характеристики климатических условий конкретной местности.

В климатических справочниках приводятся данные по:

- абсолютным экстремумам (максимальным и минимальным) метеорологического фактора, который наблюдался один раз за весь период наблюдений;

- средним из годовых экстремальных величин;

- средним экстремумам за месяц (средние значения из максимумов за каждые сутки).

Абсолютные экстремумы весьма редки, поскольку определяются редко наблюдаемыми атмосферными процессами, в то время как средние из экстремальных величин более устойчивы в силу большей повторяемости для определенных территорий.

**Амплитуды.**

В метеорологии и климатологии амплитудой называют разность между максимальным и минимальным значениями фактора за определенный отрезок времени (час, сутки, месяц, год и т.д.). Этим определяется нагрев и охлаждение материалов строительных конструкций, увлажнение и высушивание, замораживание и оттаивание и т.д. Годовая амплитуда средних месячных температур воздуха наиболее жаркого и наиболее холодного месяца характеризует степень континентальности климата, что, в свою очередь, диктует требования к генеральным планам застройки города, объемно-планировочным решениям зданий, выбору конструкций ограждений зданий.

**Повторяемости.**

Этот показатель определяет частоту наблюдения определенной величины климатического фактора в данной местности. Например, повторяемость ветра больше определенной величины (для расчета ветровых нагрузок) или повторяемость ветра по румбам (для оценки господствующих ветров), повторяемость отрицательных температур наружного воздуха ниже заданной величины (для теплотехнических расчетов ограждений зданий) и т.д. В климатологии понятия «повторяемость» и «вероятность» нередко отождествляют и используют эту характеристику для вероятностного прогноза.

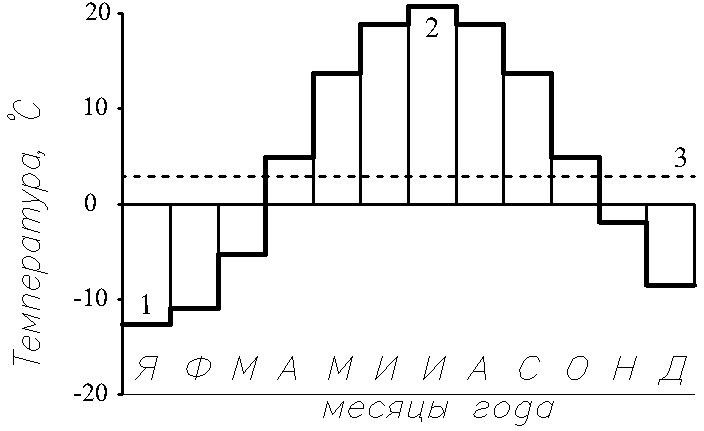
Непрерывная продолжительностьдействия климатического фактора является важной характеристикой климата. Непрерывная продолжительность дождей предопределяет степень увлажнения конструкций, то же – интенсивных дождей диктует требования к техническим решениям ливневого водоотвода и водоотвода с кровель зданий. Непрерывная продолжительность отрицательных температур воздуха ниже определенной величины диктует требования к массивности или тепловой инерции ограждений зданий.

Описанные выше первичные данные метеостанций являются основой для последующих расчетов климатических факторов.

Многие из перечисленных выше статистических характеристик климатических факторов вошли в нормативные документы по строительной климатологии, изучение которых позволяет получить первичное представление о климате местности. Прежде всего, это анализ суточного и годового хода основных климатических факторов. В качестве примера рассмотрим основные климатические факторы для условий Казани.

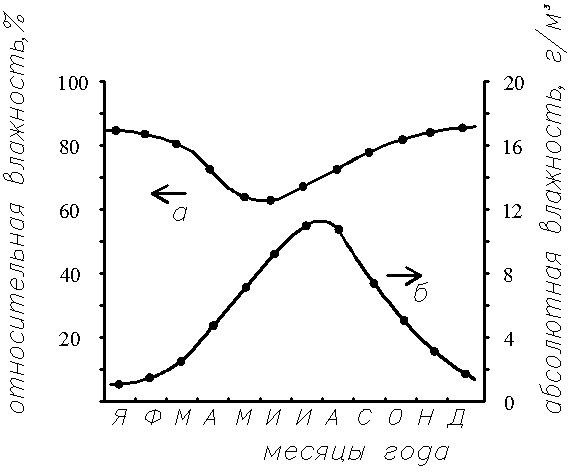
На рис. 3.1 представлен годовой ход температуры наружного воздуха в Казани (по СНиП 23-01-99\*).

На рис. 3.1. выделены наиболее холодный месяц – (январь, 1) и наиболее теплый – (июль, 2). Разность между среднемесячными температурами июля и января указывает на континентальность климата.



*Рис. 3.1. Годовой ход температуры наружного воздуха в Казани (среднемесячные значения)*

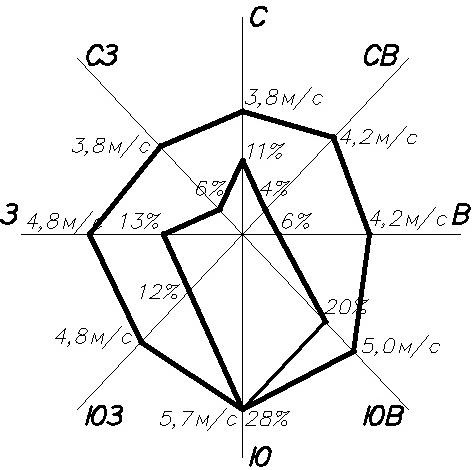
Чем она больше, тем континентальнее климат. Среднегодовая температура (поз. 3 на рис.3.1) является обобщенной характеристикой «суровости» климата и косвенной характеристикой глубины промерзания грунтов.

Характеристика влажности воздуха по данным СНиП представлена на рис. 3.2. в виде ежемесячных характеристик относительной и абсолютной влажности воздуха.

*Рис. 3.2. Относительная (а) и абсолютная (б) влажность воздуха в Казани*

Анализ данных рис. 3.2 показывает, что в зимние месяцы в Казани высокая относительная влажность воздуха (более 80%), что указывает на возможную вероятность точки росы (туманы, иней, изморозь). Вместе с тем, в зимние месяцы воздух содержит небольшое количество влаги – около 2 г/м3. Этот факт говорит о том, что зимний воздух в Казани сухой, а при нормативном естественном воздухообмене сухой наружный воздух, перемешиваясь с влажным воздухом помещений, устанавливает относительную влажность воздуха в помещения в соответствии с ГОСТ 30494 – 96, т.е. в диапазоне 30-45%.

Ветровой режим местности влияет на теплопотери здания через процессы воздухопроницания ограждающих конструкций и изменения условий теплообмена у наружных поверхностей ограждений. Особенно это проявляется в зимние месяцы, в нормах по отоплению зданий предусматривается увеличение теплопотерь на 5-10% в зависимости от защищенности ограждений от ветра. На рис. 3.3 приведена роза ветров для января в условиях Казани по данным СНиП 2.01.01-82.



*Рис.3.3.**Роза ветров в январе месяце в условиях Казани*

Из рис.3.3 видно, что зимой в Казани преобладающими ветрами являются южные и юго-восточные. Скорость ветра в этих направлениях также максимальная. В связи с этим, фасады зданий, ориентированные на юг и юго-восток, будут иметь повышенные теплопотери, но также и больший естественный воздухообмен помещений за счет увеличения ветрового напора.

Данные о ветровом режиме, содержащиеся в нормативных документах, весьма ограниченные. Для целей теплозащиты зданий определенный интерес представляет повторяемость ветра по румбам за каждый месяц и помесячная вероятность ветра различных скоростей (табл.3.1 и 3.2).

Из табл. 3.1 видно, что для Казани в каждый месяц имеется преобладающий ветер с вероятностью от 16 до 25%, а для «смежных» направлений эта вероятность может достигать 40% и более (например, в феврале вероятность суммы «смежных» направлений составляет 44%).

Из табл.3.1 видно также, что ежемесячное преобладающее направление ветров имеет четко выраженный годовой ход: от юго-восточного и южного в январе, через западное и северо-западное в июне- июле и обратно к юго-восточному и южному в декабре (выделено жирным курсивом в табл.3.1).

Как следует из табл.3.2, для условий Казани вероятность ветра различных скоростей по месяцам не имеет больших различий, в связи с чем без большой ошибки в расчетах можно использовать среднегодовые вероятности различных скоростей ветра.

*Таблица 3.1*

*Вероятность направление ветра (%)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Месяцы | Румбы | | | | | | | |
| С | СВ | В | ЮВ | Ю | ЮЗ | З | СЗ |
| Январь | 9 | 5 | 9 | *18* | *20* | 15 | 14 | 10 |
| Февраль | 12 | 8 | 2 | *22* | *22* | 14 | 10 | 10 |
| Март | 7 | 4 | 4 | 17 | *24* | *22* | 16 | 6 |
| Апрель | 7 | 6 | 10 | 15 | *18* | *22* | 13 | 9 |
| Май | 14 | 12 | 12 | 11 | 11 | 12 | *16* | 12 |
| Июнь | 11 | 7 | 10 | 10 | 9 | 15 | *23* | 15 |
| Июль | 13 | 12 | 10 | 10 | 11 | 11 | *17* | *16* |
| Август | 8 | 10 | 13 | 14 | 12 | 12 | *15* | *16* |
| Сентябрь | 11 | 5 | 6 | 14 | 15 | *18* | *17* | 14 |
| Октябрь | 5 | 3 | 2 | 13 | *24* | *23* | *21* | 9 |
| Ноябрь | 10 | 3 | 3 | 14 | *18* | *25* | 15 | 12 |
| Декабрь | 9 | 6 | 7 | *25* | *18* | 16 | 8 | 11 |
| Год | 9 | 7 | 8 | 14 | 17 | 18 | 15 | 12 |

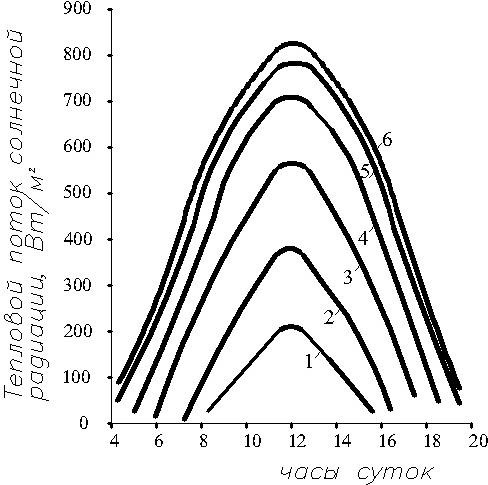
*Таблица 3.2*

*Вероятность ветра различной скорости (%).*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Скорость м/с** | **Месяцы** | | | | | | | | | | | | |
| **I** | **II** | **III** | **IV** | **V** | **VI** | **VII** | **VIII** | **IX** | **X** | **XI** | **XII** | **Год** |
| 0-2 | 30 | 32 | 26 | 28 | 31 | 34 | 38 | 40 | 31 | 35 | 24 | 24 | 30 |
| 3-4 | 20 | 29 | 25 | 27 | 22 | 26 | 28 | 28 | 23 | 27 | 31 | 25 | 26 |
| 5-6 | 22 | 20 | 22 | 20 | 24 | 23 | 21 | 22 | 25 | 24 | 24 | 30 | 23 |
| 7-8 | 13 | 11 | 15 | 12 | 13 | 12 | 8 | 5 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 9-10 | 11 | 7 | 8 | 10 | 7 | 4 | 3 | 3 | 6 | 9 | 6 | 7 | 7 |
| 11-14 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| >15 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

На рис. 3.4 приведены кривые интенсивности солнечного облучения (теплового потока) горизонтальной поверхности при безоблачном небе для широты Казани (560 с.ш.). Из графика видна мощность теплового потока солнечного облучения в любой час суток и за каждый месяц (для упрощения чертежа кривые за июль – декабрь не показаны). График построен по данным. Ежемесячные суммы тепла солнечной радиации на горизонтальную поверхность при безоблачном небе для широты местности 560 (широта Казани) приведены на рис.3.5.

Солнечная радиация за счет мощного теплового потока вызывает перегрев поверхностей ограждающих конструкций, а также покрытий тротуаров, магистралей и городских площадей. Суммы тепла, приходящие к этим поверхностям, накапливаются в ограждениях и дорожных покрытиях и в целом поднимают радиационный фон городских территорий и помещений зданий в летние периоды года.



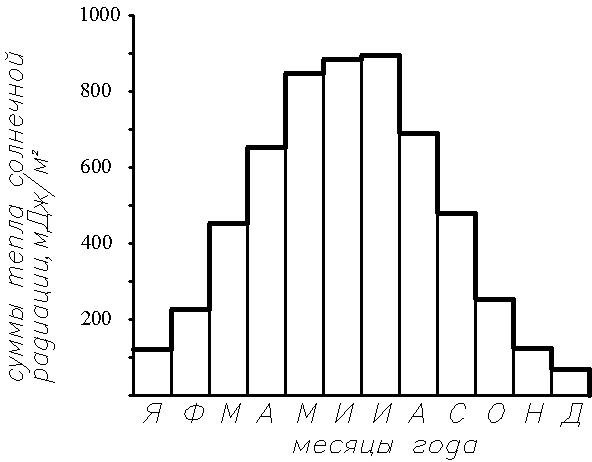
*Рис.3.4.Интенсивность суммарной солнечной радиации (тепловой поток) на горизонтальную поверхность при безоблачном небе для широты местности 560 (широта Казани).*

*1,2,3…соответственно январь, февраль, март, апрель, май, июнь. Июль-декабрь на графике не показаны для упрощения чертежа*

Первичный анализ климата Казани проведен по данным СНиП различных лет изданий. Параметры климата, приведенные в СНиПах по строительной климатологии, имеют две существенные характеристики.

Во – первых, параметры климатических факторов, приведенные в СНиПах по климатологии, носят общий характер. За редким исключением они «не привязаны» к свойствам ограждающих конструкций и зданий в целом.

Во-вторых, параметры климатических факторов, приведенные в СНиПах по климатологии и климатических справочниках, представляют собой средние значения (среднемесячные, среднегодовые и т.д.) по многолетним рядам наблюдений. Эти данные имеют коэффициент обеспеченности, равный 0,5. Коэффициент обеспеченности kоб представляет собой отношение числа случаев появления величины фактора ко всему числу случаев наблюдений. Величина kоб = 0,5 показывает, что только в 50% случаев климатический фактор будет соответствовать величине, записанной в СНиПах. В отдельные периоды или годы отклонения от средних многолетних значений могут быть значительными. Так, в СНиП 2.01.01-82 приведены данные по амплитудам температуры наружного воздуха, которые представлены в табл. 3.3 в сравнении со среднемесячными температурами воздуха.



*Рис.3.5.**Суммы тепла, приходящего к горизонтальной поверхности за каждый месяц года (при безоблачном небе, широта 560)*

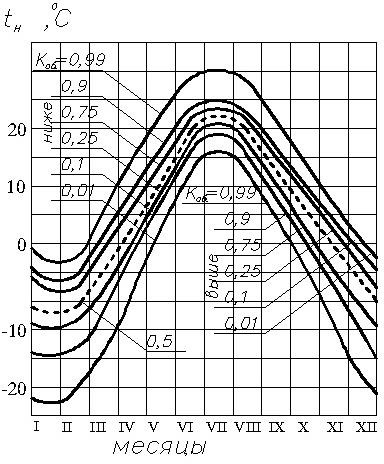
*Таблица 3.3*

*Среднемесячные температуры наружного воздуха и их амплитуды для Казани*

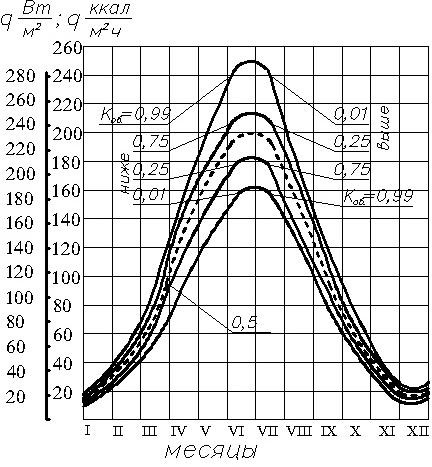
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Месяцы года | | | | | | | | | | | |
| Я | Ф | М | А | М | И | И | А | С | О | Н | Д |
| Среднемесячные  температуры, 0С | -13,5 | -13,1 | -6,5 | 3,7 | 12,4 | 17,0 | 19,1 | 17,5 | 11,2 | 3,4 | -3,8 | -10,4 |
| Средние  амплитуды, 0С | 6,5 | 7,6 | 8 | 8,1 | 10,7 | 11,9 | 11,1 | 10,8 | 9,2 | 6,1 | 5,2 | 6,2 |
| Отклонение от средних  температур, % | 48 | 58 | 123 | 219 | 86 | 70 | 58 | 62 | 82 | 179 | 137 | 60 |
| Максимальные  амплитуды, 0С | 20,4 | 19,7 | 19,5 | 18,7 | 20,7 | 21,9 | 19,1 | 19,8 | 21,3 | 17,3 | 22,3 | 26,7 |
| Отклонение от  средних температур, % | 151 | 150 | 300 | 505 | 167 | 129 | 100 | 113 | 190 | 508 | 587 | 257 |

Из табл. 3.3 видно, что средние отклонения от среднемесячных температур составляют от 48 до 219%, а максимальные отклонения от среднемесячных температур составляют от 100 до 587%.

Аналогичные данные по разбросу температур наружного воздуха и интенсивности солнечной радиации для кривых годового хода представлены на рис. 3.6 и 3.7. Штриховая линия на этих графиках имеет обеспеченность 0,5. В экстремальных точках графиков различие в температурах от обеспеченности 0,5 к обеспеченности 0,99 или 0,01 может достигать 100С и более градусов.



*Рис.3.6.**Годовой ход среднемесячных температур различной обеспечен- ности в Москве (выше и ниже указанной)*

**

*Рис.3.7.**Годовой ход интенсивности суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность в Москве различной обеспеченности (выше и ниже указанной)*

Проведенное описание климата отдельного географического пункта (города Казани) по данным СНиП позволило выявить как общую структуру климата местности, так и особенности климата, присущие только этому пункту. Общая характеристика климата получается достаточно информативной. Однако, для задач строительной теплофизики описанные выше климатические параметры имеют ограниченное использование в силу их усредненности (kоб = 0,5). Основной принцип при теплозащите зданий заключается в ориентации на экстремальные значения климатических факторов определенной обеспеченности, которые не должны изменять внутренних условий в помещениях (например, температуры воздуха и внутренней поверхности ограждений, как «по глади», так и в зоне теплопроводных включений и т.д.).

Высказанный принцип предполагает, что экстремальная величина фактора и его обеспеченность должны определяться с учетом «реакции» ограждения на климатические воздействия и зависеть от требований обеспечения надежности поддержания внутренних условий для зданий различного назначения. Под понятием «внутренние условия» следует понимать требования к санитарно-гигиеническим, комфортным и технологическим условиям в помещениях зданий.

Такие здания, как больницы, родильные дома, детские учреждения, а также цеха со строгим технологическим режимом требуют высокой надежности в поддержании внутренних микроклиматических условий. Заданные внутренние условия в этих зданиях должны выдерживаться при любых возможных климатических условиях.

Жилые дома, общежития, административные и общественные здания относятся к зданиям общего назначения, в которых возможны небольшие кратковременные отклонения от расчетных условий.

Торговые помещения, залы ожидания для пассажиров и другие с кратковременным пребыванием людей могут иметь более низкую обеспеченность расчетных внутренних условий.

Предложения Богословского В.Н. [2] по определению уровня требований и коэффициентов обеспеченности для помещений различного назначения приведены в табл. 3.4.

*Таблица 3.4*

*Коэффициент обеспеченности расчетных условий для холодного периода года*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Характеристика основных помещений** | **Уровень требований** | **Коэффициент обеспеченности kоб** |
| Особо высокие требования к санитарно-гигиеническим условиям  Круглосуточное пребывание людей или постоянный технологический режим Ограниченное во времени пребывание людей  Кратковременное пребывание людей | Повышенный  Высокий Средний Низкий | ≈ 1,0  0,9  0,7  0,5 |

Таким образом, величина фактора, его научно-обоснованная обеспеченность и характеристика физических процессов в ограждениях составляют основу при определении расчетных параметров климатических факторов.

# 3.2. Определение расчетных параметров климатических факторов

В предыдущем разделе было установлено, что определение расчетных параметров климатических факторов для теплотехнических расчетов основано на трех показателях: величине фактора, обеспеченности и характеристике физических процессов в ограждениях. Все три показателя взаимосвязаны и должны определяться совместно исходя из требований к внутренней среде помещений: санитарно-гигиенических, микроклиматических и технологических.

# Температура наружного воздуха для теплотехнических расчетов

Расчетные температуры наружного воздуха как понятие впервые появились в нормативном документе «Основные строительные нормы. Температуры расчетные» в 1933 году. Расчетные температуры использовались для определения требуемого сопротивления теплопередаче наружных стен и определялись по формуле В.М. Чаплина:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *tH*  0,4*tcx*  0,6*taм* , | | (3.1) |
| где | tcx – | | средняя температура воздуха за самый холодный месяц, 0С; | | |
|  | tам – | | абсолютный минимум температуры воздуха для данного  географического пункта, 0С. | | |

Формула (3.1) была сформирована из климатических параметров общего назначения, которые в тот период были в распоряжении проектировщиков, и она долгие годы оставалась основной при теплотехнических расчетах ограждающих конструкций.

С развитием строительной климатологии и научных исследований о физических процессах в ограждениях зданий, стали формулироваться требования к расчетным параметрам климатических факторов для целей теплозащиты зданий.

Климатические факторы характеризуются непрерывной изменчивостью во времени. Однако, в видимой хаотичности значений климатических факторов обнаруживаются определенные повторения и закономерности. Например, в годовом и суточном ходе температур воздуха выделяются периоды максимальных и минимальных значений, которые устойчиво приходятся на определенные месяцы года или часы суток. Наиболее холодный период года – последняя декада января, в этот период зимние ветры имеют направление, ежегодно повторяющееся в данной местности. Суточный максимум температур воздуха постоянно приходится на 15 часов и т.д.

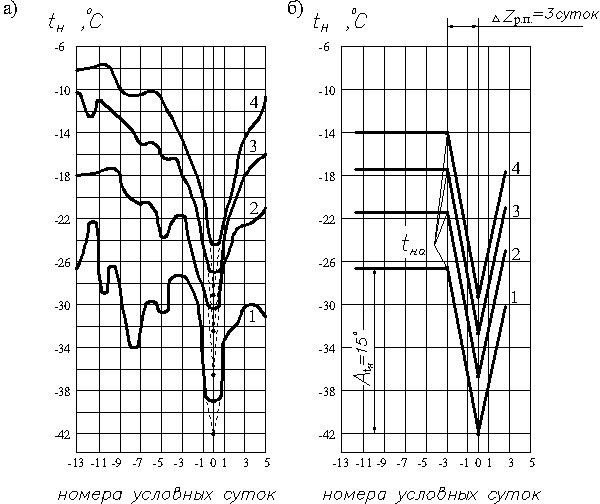
Если проанализировать ряд наблюдений за климатическими факторами длительностью 25-50 лет, то путем статистической обработки можно получить изменение величины фактора различной обеспеченности.

Наиболее холодный период характеризуется периодом резкого похолодания. Каждые сутки этого периода обозначаются условным номером. В каждую зиму встречаются сутки с минимальной температурой, их обозначают нулем. Предшествующие сутки обозначают номерами -1, - 2, -3 и т.д., а последующие,– соответственно, +1, +2, +3 и т.д. Для каждого номера суток берут значения среднесуточных температур и располагают их в убывающий по величине ряд. Для отрицательных температур этот ряд будет возрастающий, поскольку первая цифра в каждом ряду для каждых условных суток соответствует наинизшей температуре, которая наблюдалась за все годы исследуемого периода. Обеспеченность появления наинизшей температуры за все годы наблюдений будет наивысшая, она равна отношению: числа лет в периоде наблюдений минус единица ко всему количеству лет наблюдения. Появление температуры, соответствующей второй цифре в этом ряду, имеет меньшую обеспеченность, которая будет равна отношению числа лет наблюдений минус два ко всему количеству лет наблюдений и т.д. Каждой температуре в этом ряду соответствует своя обеспеченность ее появления. Методика позволяет также выделить температурные кривые заданного уровня обеспеченности, например: 0,98; 0,9; 0,7; 0,5 или других, что и представлено на рис.3.8 для условий Москвы за 50ти летний период наблюдений.

Температурные кривые разной обеспеченности сами по себе еще не являются расчетными параметрами, поскольку они «не привязаны» к назначению здания и свойствам ограждающих конструкций.

Влияние свойств ограждающих конструкций на обоснование величины расчетной температуры наружного воздуха для холодного периода года исследовано в работах Фокина К.Ф.. На основании анализа 16% наиболее холодных зим из 40 летнего ряда наблюдений в этой работе выявлен характер понижения температуры от среднемесячных значений до предельно низких. Выявлена связь средней температуры на определенном временном интервале с процессом охлаждения ограждающей конструкции и понижения температуры ее внутренней поверхности. Получено, что для охлаждения массивных конструкций требуется больший интервал времени, средняя температура воздуха в котором будет выше (например, средняя температура пятидневки с tH=-280С, стрелка Б, рис.3.9). Для охлаждения легких конструкций требуется небольшой интервал времени, и средняя температура воздуха в этом интервале будет ниже (например, средняя температура суток с tH=-340С, стрелка В, рис.3.9).

Важнейшее достижение проведенных исследований состоит в том, что величина расчетной зимней температуры находится в зависимости от периода охлаждения ограждающей конструкции, который, в свою очередь, зависит от массивности ограждения. То есть чем массивнее ограждающая конструкция, тем более умеренная величина температуры наружного воздуха принимается в качестве расчетной.



*Рис.3.8.Температуры наружного воздуха в наиболее холодный период года:*

*а - кривые изменения среднесуточных температур в период резкого похолодания при коэффициентах обеспеченности 0,98 (1), 0,90 (2), 0,70 (3); 0,50 (4). Пунктиром отмечен ход температуры в наиболее холодные сутки – понижение до минимальной температуры; б – расчетные кривые изменения температуры в период резкого похолодания для Москвы при тех же коэффициентах обеспеченности, ΔzРП –продолжительность периода резкого похолодания, сут*

Как следует из рис.3.9, Фокин К.Ф. предложил в качестве расчетных значений зимних температур принимать:

* среднюю температуру наиболее холодной пятидневки t5 для массивных ограждений;
* среднюю температуру наиболее холодных суток t1 для легких ограждающих конструкций.

Для ограждений средней массивности расчетное значение температуры определяется как полусумма (t5 + t1)/2.

Понятие массивность конструкции имеет количественное выражение через величину тепловой инерции D=R·S и величина расчетных температур наружного воздуха для холодного периода года определяется следующим образом:

Для массивных ограждений при D > 7 – температура наиболее холодной пятидневки t5.

Для легких ограждений при D < 4 – температура наиболее холодных суток, t1.

Для ограждений средней массивности при 4 < D < 7 – средняя температура из двух значений (t5 + t1)/2.

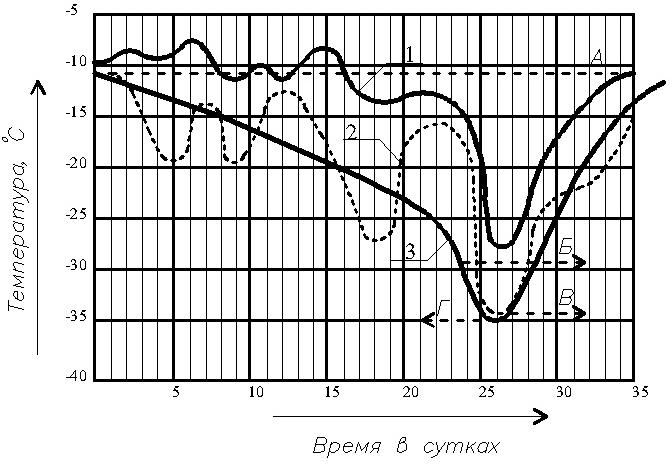


Рис.3.9.Изменение температуры наружного воздуха для Москвы в наиболее холодный период зимы:

*1 – средние многолетние температуры за сутки; 2- средние за сутки температуры в наиболее холодные зимы; 3- расчетные изменения температуры; А – средняя температура наиболее холодного месяца; Б – то же, наиболее холодной пятидневки; В – температура наиболее холодных суток; Г – средняя минимальная температура*

Это правило определения расчетных температур наружного воздуха при расчетах теплозащиты ограждений в холодный период года вошло в несколько изданий СНиП по строительной теплотехнике.

В дальнейшем этот порядок был уточнен и детализирован и, в соответствии со СНиПами по климатологии, представлен в табл. 3.5.

Проведенный анализ определения расчетных температур наружного воздуха холодного периода года для процессов теплопередачи позволил сформулировать общие требования к понятию расчетный параметр климатического фактора для других задач строительной теплофизики.

## Расчетный параметр - это научно обоснованная величина климатического фактора, имеющая определенную статистическую обеспеченность, которая на заданном отрезке времени адекватно моделирует физические процессы в ограждающих конструкциях в реальных условиях эксплуатации.

Величина климатического фактора и ее статистическая обеспеченность должны определяться с условием сохранения работоспособности ограждающих конструкций и ненарушения микроклимата в помещениях зданий.

*Таблица 3.5*

*Расчетные температуры холодного периода года для процессов теплопередачи*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристика ограждающих конструкций | | Расчетные температуры | | |
| Массивность | тепловая инерция  D=R· S | наименование температуры | обеспеченность | пример для Казани, 0С |
| Особо легкие | < 1,5 | средняя наиболее  холодных суток | 0,98 | -40 |
| Легкие | 1,5 ÷ 4,0 | средняя наиболее  холодных суток | 0,92 | -36 |
| Средней массивности | 4,0 ÷ 7,0 | средняя наиболее холодной  пятидневки | 0,98 | -36 |
| Массивные | > 7.0 | средняя наиболее холодной  пятидневки | 0,92 | -32 |

# Температура наружного воздуха при оценке конденсации парообразной влаги в ограждениях

Основные идеи по защите наружных стен от переувлажнения парообразной влагой были сформулированы около 50ти лет назад (СНиП II-В.3 – 54) и с тех пор практически не изменились.

Принцип оценки заключается в сопоставлении расчетной величины сопротивления паропроницаемости ограждающих конструкций RПО с нормируемой (или требуемой) величиной , при этом RПО должна быть больше .

В определении нормируемого (требуемого) сопротивления паропроницанию действующая методика имеет два решения. В одном случае за критерий принята недопустимость накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации - , то есть влага, накопившаяся в наружной стене за зимний период, должна полностью испариться в летний период. В этом случае учитываются внешние климатические условия полного года эксплуатации здания.

В другом случае - , за критерий принимают ограничения дополнительного приращения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха. В этом случае в расчет берется не полный год, а его часть, за которую в наружной стене не должно накопиться влаги более определенного количества. Предельно-допустимое приращение ΔWav не должно превышать определенной величины, установленной в нормативных документах.

В связи с этим, расчету подлежат и и , и сравнение сопротивления паропроницанию конкретной стены - RПО делается с наибольшим из этих значений. Причем, в СП [62] п.13.8 вводится ограничение на величины, которые независимо от результатов расчетов «во всех случаях принимаются не более 5 (м2·ч·Па)/мг».

Отмеченные неопределенности привели к тому, что в научных работах и нормативных документах используются различные значения расчетных температур.

В расчетах используют:

- среднегодовую температуру;

- среднесезонную;

- среднюю за период влагонакопления;

- среднюю холодного периода;

- среднюю наиболее холодного месяца;

- среднюю температуру периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами;

- среднюю температуру периода увлажнения;

- среднюю температуру холодного периода обеспеченностью 0,94 ;

- среднюю температуру наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92.

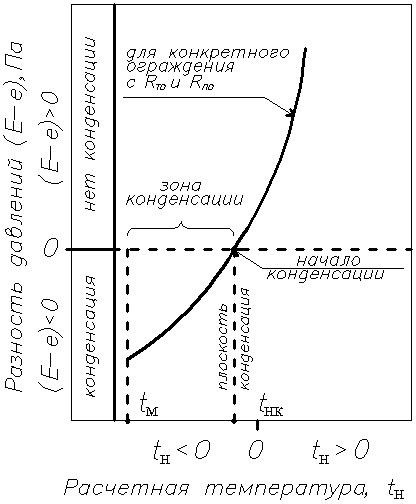
Различие в этих температурах может превышать десятки градусов. В связи с этим, расчет паропроницания для одного и того же ограждения при различных температурах даст различные результаты: от отсутствия конденсации парообразной влаги в ограждении до образования зоны конденсации на большой толщине ограждения.

В те годы, когда сформировались основные идеи о защите ограждений от переувлажнения их парообразной влагой, ограждающие конструкции были, в основном, однослойные из кирпича и каменных материалов. В современных условиях, в связи с переходом на повышенную теплозащиту, появилась большая гамма многослойных ограждений и возникла необходимость в теоретических и экспериментальных обоснованиях проектирования ограждающих конструкций с учетом процессов паропроницания и конденсации в них парообразной влаги. Причем, основная идея о ненакоплении парообразной влаги в ограждении за годовой период эксплуатации должна выполняться. Оптимальным случаем будет отсутствие конденсации парообразной влаги в ограждении, если конструкция ограждения не позволяет избежать конденсации в зимнее время, то конструкция должна обеспечить удаление конденсированной влаги за летний период.

Исследования в этом направлении позволили установить два важных аспекта в определении расчетной температуры наружного воздуха при оценке паропроницаемости ограждений:

* + - 1. Для каждой конструкции ограждения существует свое значение расчетной температуры наружного воздуха tнк , при которой в ограждении начинается конденсация парообразной влаги в определенном сечении - плоскости конденсации.
      2. Для каждой конструкции ограждения существует интервал температур от tнк до минимальной температуры в данном регионе, определенной обеспеченности, tм, в котором идет процесс конденсации и накопления влаги в ограждении. В интервале (tнк - tм) в ограждении образуется не только плоскость, но и зона конденсации, которая занимает некоторое расстояние по толщине ограждения.

В плоскости конденсации разность (Е – е), то есть разность между максимальной (Е) и действительной (е) упругостями водяных паров, равна нулю, в зоне конденсацииразность (Е–е) меньше нуля. Сформулированные представления о конденсации парообразной влаги в ограждающих конструкциях приведены на рис.3.10.

*Рис.3.10.**Зависимость разности давлений водяного пара (Е-е) в ограждении с конкретными RТО и RПО от расчетных температур наружного воздуха tН. (Зависимость процесса конденсации водяного пара от температуры наружного воздуха tН)*

Из рис.3.10 следует, что при высоких значениях tН разность давлений (Е – е) будет больше нуля и конденсации влаги не происходит. По мере снижения наружных температур воздуха, будет уменьшаться разность (Е – е). Значение tН, при котором разность давлений (Е – е) в каком-либо сечении ограждения будет равна нулю, указывает на начало конденсации водяного пара и образование плоскости конденсации. Это значение температуры наружного воздуха tН обозначим tНК – температура начала конденсации. При дальнейшем понижении tН возрастает отрицательная разность (Е – е) и конденсация идет по толщине ограждения, образуя зону конденсации.

Высказанные предположения подтверждаются результатами расчета двух ограждающих конструкций (рис.3.11). Кривая 1 относится к многослойному ограждению с утеплителем из экструдированного пенополистирола с облицовкой из сплошного глиняного кирпича и поризованной штукатурки. Ограждение описано в приложении Э СП 23- 101-2004 (RПО= 21, 15 (м2 · ч · Па)/мг и RТО=3,64 (м2·0С)/Вт). Кривые 2 и 3 относятся к однослойному ограждению из глиняного кирпича со штукатуркой с двух сторон, толщиной 2+64+2=68 см (RПО= 6,42 (м2 · ч ·Па)/мг и RТО=1,0 (м2·0С)/Вт). В первом ограждении (кривая 1) в качестве расчетного сечения принята наружная поверхность утеплителя, как это рекомендовано в СНиП 23-02-2003 в примечании к п.9.1. Во втором ограждении приняты два расчетных сечения: на расстоянии 15см от наружной поверхности (кривая 2) и 31см – от наружной поверхности (кривая 3).

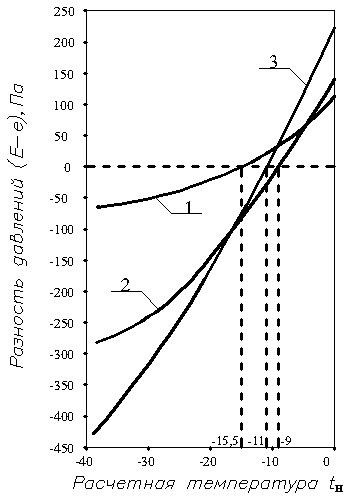
Анализ данных рис.3.11 подтверждает предположение о том, что каждое ограждение и даже отдельное сечение, в зависимости от параметров RПО и RТО, имеют собственную температуру начала конденсации tНК (-9, -11 и -15,50С). При снижении tН плоскость конденсации продвигается внутрь однослойного ограждения, образуя зону конденсации (кривые 2 и 3, tНК= -9 и -110С).

Процесс образования зоны конденсации в однослойном ограждении нагляднее представлен в табл. 3.6, где приведены значения (Е – е) по различным условным сечениям ограждения при понижении температуры наружного воздуха. Параметры ограждения описаны в разделе 2.2.2 и на рис.2.18.

Из табл.3.6 видно, что сечение 4/5 (ближайшее к наружному воздуху) при температуре -110С близко к конденсации (Е – е=3). При понижении tН на 10С (до -120С) в этом сечении выпадает конденсат (Е – е= -13). При понижении tН до -200С уже в трех сечениях рассматриваемого ограждения (2/3, 3/4 и 4/5) выпадает конденсат. В этих сечениях разность (Е – е) имеет отрицательные значения и в табл.3.6 выделена жирным курсивом.

Таким образом, расчетной температурой начала конденсации парообразной влаги в конкретном ограждении tНК является такая температура наружного воздуха tН, при которой в сечении ограждения, ближайшем к наружной поверхности, разница максимального (Е) и действительного (е) давлений водяного пара (Е – е) равна нулю.

В настоящее время не разработана математическая модель определения tНК в зависимости от параметров ограждения Rп и Rт, поэтому предлагается последовательное определение Ex и ех в различных сечениях ограждения, начиная с ближайших к наружной поверхности, на основе известного графо-аналитического метода Власова – Фокина.



*Рис.3.11.Зависимость разности давлений водяного пара (Е – е) в различных сечениях ограждений от расчетных температур наружного воздуха tН:*

*1 – наружная поверхность утеплителя в многослойном ограждении; 2 и 3 – на расстоянии 15 и 31см от наружной поверхности в однослойном ограждении*

*Таблица 3.6*

*Образование зоны конденсации по сечениям ограждения при понижении температуры наружного воздуха*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Температура наружного воздуха,  0С | (Е – е) по сечениям ограждения, Па | | | |
| 1/2 | 2/3 | 3/4 | 4/5 |
| -10,2 | 376 | 123 | 26 | 13 |
| -11 | 316 | 110 | 18 | 3 |
| -12 | 290 | 85 | 0 | *-13* |
| -13 | 277 | 66 | *-17* | *-24* |
| -15 | 230 | 21 | *-51* | *-50* |
| -20 | 116 | *-79* | *-151* | *-103* |

Предлагается следующая последовательность расчетов:

1.Определяются Rтi и Rпi по характерным сечениям ограждения.

2.Определяются еi и τi в этих сечениях при различных температурах

наружного воздуха tН.

* + - 1. По температуре в сечениях ограждения τi на основании справочных таблиц определяется максимальная упругость водяного пара в этих сечениях Еi.
      2. Определяется разность (Еi – еi) по характерным сечениям. 5.Строится зависимость (Е – е) от tН аналогично рис.3.10 и по

графику определяется температура начала конденсации в данном ограждении - tНК.

Для определения температурных границ зоны конденсации (tНК – tм) требуется определение максимальной температуры наружного воздуха в данном регионе соответствующей обеспеченности - tм. В связи с недостаточными исследованиями паропроницаемости, оценки объемов конденсированной влаги в ограждениях и влияния этой влаги на эксплуатационные свойства, затруднительно дать обоснованные рекомендации как по величине tм, так и по её обеспеченности – величине коэффициента kоб.

Таблица 3.7

*Повторяемость температур наружного воздуха в часах*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № интер- вала | Интервал температур | Москва | | Мурманск | |
| всего часов за  год | нарастающий итог часов | всего часов за год | нарастающий итог часов |
| 1 | -38 ÷ -35,1 | 3 | 3 | - | - |
| 2 | -35 ÷ -30,1 | 12 | 15 | 6 | 6 |
| 3 | -30 ÷ -25,1 | 32 | 47 | 32 | 38 |
| 4 | -25 ÷ 20,1 | 125 | 172 | 97 | 135 |
| 5 | -20 ÷ -15,1 | 246 | 418 | 317 | 452 |
| 6 | -15 ÷ -10,1 | 487 | 905 | 665 | 1117 |
| 7 | -10 ÷ -5,1 | 829 | 1734 | 1159 | 2276 |
| 8 | -5 ÷ -0,1 | 1299 | 3033 | 1726 | 4002 |

В первом приближении можно рекомендовать данные СНиП II – А.6

-72, табл. 3 «Повторяемость температур наружного воздуха в часах». Фрагмент этой таблицы СНиП для некоторых городов в области температур ниже нуля градусов приведен в табл.3.7.

После определения температуры начала конденсации для данного ограждения tнк по табл. 3.7 можно найти продолжительность периода конденсации в часах в интервале температур (tнк – tм).

# Температура наружного воздуха и скорость ветра при оценке воздухопроницаемости ограждений

Дополнительные теплопотери зданий в зимний период за счет инфильтрации наружного воздуха через ограждение определяются двумя климатическими факторами: температурой наружного воздуха tН и скоростью ветра υН (см. формулу 2.51). От того, насколько обоснованно приняты расчетные значения tН и υН, зависит точность учета теплопотерь зданий и проектирование уровня сопротивления воздухопроницанию ограждающих конструкций.

Понятно, что эти параметры должны принимать экстремальные значения определенного уровня. СНиП 23-02-2003 предписывает в качестве tН принимать среднюю температуру наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92. В качестве скорости ветра υН – принимать максимальную из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16% и более на высоте 10м от поверхности земли. Оба параметра приведены в СНиП 23-01-99\* в табл. 1\* и, например, для Москвы составляют tН=-280С, υН = 4,9 м/с, направление ЮЗ.

Рекомендации СНиП 23-02-2003 по определению υН и tН имеют ряд важных неопределенностей.

Во–первых, учет изменения скорости ветра с высотой. Так, в СНиП 23-02-2003 есть запись «для зданий высотой свыше 60м υН следует принимать с учетом коэффициента изменения скорости ветра по высоте» по своду правил СП 23-101-2004. Однако в СП табл.18 этот коэффициент приведен для зданий высотой от 100 до 500 м, табл.3.8. Какой коэффициент принимать для зданий высотой от 60 до 100м, т.е. для 20-30 этажных зданий, остается неясным. В табл. 18 коэффициент изменяется не только от высоты, но также и от абсолютной величины скорости ветра на высоте 10 м.

В пособии по проектированию изменение скорости ветра с высотой рекомендуется определять по степенной зависимости.

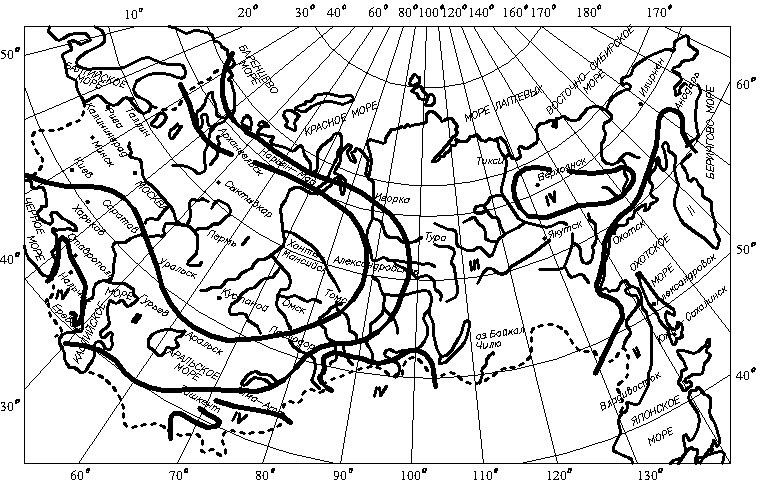
|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.2) |

|  |
| --- |
|  |
|  | |  |  |  | | --- | --- | --- | | где | υн – | скорость ветра, м/с на высоте Н, м; | |  | υ10 – | скорость ветра, м/с на высоте 10 м; | |  | n – | коэффициент, зависящий от географического района  (рис.3.12) и скорости υ10 (изменяется от 0,1 до 0,65), табл. 3.9. | | υн – | скорость ветра, м/с на высоте Н, м; |

*Таблица 3.8*

*Изменение скорости ветра по высоте по отношению к стандартной высоте 10 м*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Высота, м** | **Коэффициент kB при расчетной скорости ветра, м/с** | | | | | | | | |
| **2** | **2,5** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **10** |
| 10 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 100 | 2,8 | 2,4 | 2,2 | 1,9 | 1,8 | 1,7 | 1,5 | 1,4 | 1,2 |
| 150 | 3,2 | 2,8 | 2,5 | 2,1 | 2,0 | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 1,4 |
| 200 | 3,5 | 3,0 | 2,7 | 2,4 | 2,1 | 2,0 | 1,8 | 1,7 | 1,4 |
| 250 | 3,8 | 3,2 | 2,8 | 2,5 | 2,3 | 2,1 | 1,9 | 1,8 | 1,5 |
| 300 | 3,8 | 3,4 | 3,0 | 2,6 | 2,4 | 2,2 | 2,0 | 1,9 | 1,6 |
| 350 | 4,0 | 3,4 | 3,0 | 2,6 | 2,4 | 2,3 | 2,1 | 2,0 | 1,7 |
| 400 | 4,0 | 3,4 | 3,2 | 2,8 | 2,5 | 2,3 | 2,1 | 2,1 | 1,8 |
| 450 | 4,0 | 3,6 | 3,2 | 2,9 | 2,6 | 2,4 | 2,2 | 2,2 | 1,8 |
| 500 | 4,0 | 3,6 | 3,2 | 2,9 | 2,6 | 2,5 | 2,3 | 2,2 | 1,9 |
| Примечание: Коэффициенты kB действительны для центрального региона РФ. Для  других регионов РФ коэффициенты kB могут использоваться условно. | | | | | | | | | |



*Рис.3.12.Схематическая карта районов для определения показателя степени n в формуле (3.2)*

Рекомендации СП и пособия по проектированию не учитывают влияния городской застройки на изменение скорости ветра с высотой.

Наиболее приемлемыми для городских условий следует считать рекомендации СНиП 2.01.07 – 85 «Нагрузки и воздействия», в котором закономерности изменения скорости ветра с высотой рассматриваются в зависимости от типа местности (табл.3.10).

*Таблица 3.9*

*Показатель степени n для различных районов СССР в зависимости от скорости ветра υ10 м/с*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Районы (по карте рис.  3.12) | Скорость ветра, м/с | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 и более |
| I | 0,65 | 0,5 | 0,4 | 0,35 | 0,25 | 0,2 | 0,2 | 0,15 | 0,1 |
| II | 0,6 | 0,4 | 0,35 | 0,25 | 0,2 | 0,2 | 0,15 | 0,15 | 0,1 |
| III | 0,45 | 0,35 | 0,25 | 0,2 | 0,15 | 0,15 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| IV | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Примечание: В городских кварталах, отличающихся большой застройкой, при определении зимней скорости ветра (и соответствующего показателя степени n) необходимо использовать данные местных управлений Гидрометеослужбы, принимая во внимание, что в условиях такой застройки скорость ветра подвержена  большим изменениям. | | | | | | | | | |

В этой таблице принята следующая классификация типов местности:

А – открытые побережья морей, озер и водохранилищ, пустыни, степи, тундра;

В – городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м;

С – городские районы с застройкой зданиями высотой более 25 м.

*Таблица 3.10*

*Поправочный коэффициент kB для расчетной скорости ветра*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Высота, м** | **Коэффициент kB для типов местности** | | |
| **А** | **В** | **С** |
| ≤ 5 | 0,75 | 0,5 | 0,4 |
| 10 | 1,0 | 0,65 | 0,4 |
| 20 | 1,25 | 0,85 | 0,55 |
| 40 | 1,5 | 1,1 | 0,8 |
| 60 | 1,7 | 1,3 | 1,0 |
| 80 | 1,85 | 1,45 | 1,15 |
| 100 | 2,0 | 1,6 | 1,25 |
| 150 | 2,25 | 1,9 | 1,55 |
| 200 | 2,45 | 2,1 | 1,8 |

При этом следует иметь в виду, что типы местности могут быть различными для данного города или района в зависимости от преобладающего направления ветра.

С учетом данных табл.3.10, изменение скорости ветра с высотой определится по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| υН = kB · υ10. | (3.3) |

Известны предложения Богословского В.Н., который полагает, что в городских условиях скорость ветра возрастает на 0, 03 м/с с каждым метром высоты.

Рассмотренные варианты определения скорости ветра с высотой дают различные результаты для здания одной и той же высоты.

Так, например, для здания высотой 100м в Москве, в зависимости от используемых методик, скорость ветра изменяется от 6,12 до 8,82 м/с, табл.3.11.

*Таблица 3.11*

*Расчетная скорость ветра для здания высотой 100 м в Москве*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Нормативный документ или методика** | **Величина скорости ветра, м/с** |
| 1  2  3 | СНиП 23-02-2003 с корректировкой по СП 23-101-2004, табл.18. Множитель – 1,8.  Формула υН = υ10(Н/10)n. Для I климатического района n=0,25 [56 ].  СНиП 2.01.07 -85. Тип местности С,  множитель 1,25. | 4,9 · 1,8 = 8,82  υН =4,9(100/10)0,25=8,71 4,9·1,25=6,12 |
| 4 | Богословский В.Н. | 4,9 + 90·0,03 = 7,6 |

Во-вторых, методика СНиП 23-02-2003 не учитывает, что климатические факторы tH и υН являются зависимыми, то есть изменение одного связано с изменением другого. Например, для континентальных районов похолодание обычно сопровождается понижением скорости ветра.

Расчетное сочетание tH и υН с учетом заданного коэффициента обеспеченности kоб остается в СНиП 23-02-2003 не раскрытым.

Богословский В.Н. на основании одной из теорем теории вероятностей предложил решение этого вопроса. Этой теоремой устанавливается, что обеспеченность появления двух зависимых событий равна произведению обеспеченности появления одного из событий на условную обеспеченность появления другого события при условии существования первого события. Для рассматриваемого случая это означает, что обеспеченность kоб(tH , υН) появления одновременно определенной температуры и определенной скорости ветра равна:

|  |  |
| --- | --- |
| kоб(tH, υН) = kоб(tH)· kоб(υН/ tH), | (3.4) |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| где | kоб(tH) – | обеспеченность появления заданной температуры  наружного воздуха; |
|  | kоб(υН/ tH) – | условная обеспеченность появления скорости ветра υН  при заданной температуре tH. |

Если условную обеспеченность появления второго события kоб(υН/ tH) принять равной единице, то обеспеченность двух событий kоб(υН/ tH) будет равна обеспеченности первого kоб(tH), то есть:

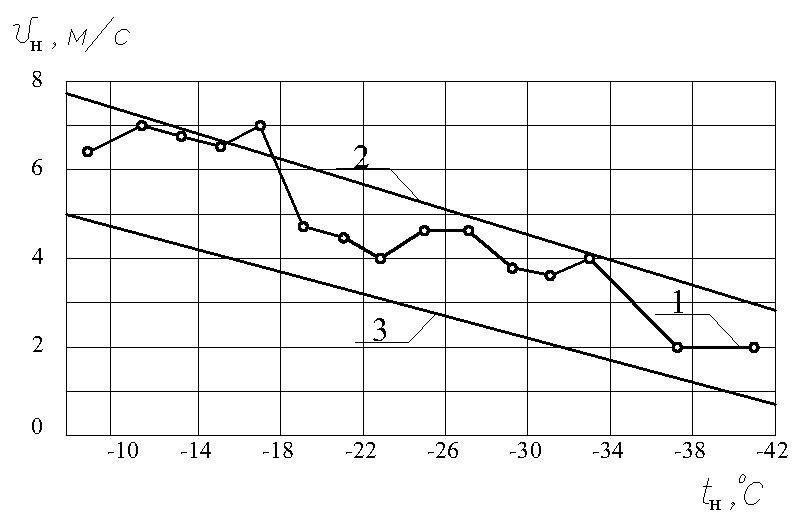
|  |  |
| --- | --- |
| kоб(tH, υН) = kоб(tH) при kоб(υН /tH) ≈1. | (3.5) |

Для получения расчетной скорости ветра с учетом условия (3.5) необходимо получить зависимость υН от tH, соответствующую обеспеченности kоб(υН/ tH) = 1, то есть зависимость наиболее невыгодных сочетаний υН и tH, которая определяет наибольшие υН при различных tH. Такая зависимость для Москвы представлена на рис.3.13 (кривая 1). Кривая 2 отражает общую закономерность и описывается уравнением:

υН = 8,72 – 0, 143 tH.

Из графика рис.3.13 просматривается четкая закономерность – с понижением температуры воздуха снижается и скорость ветра.

В работе приводится зависимость υН от tH (кривая 3, рис.3.13). Характер изменения соответствует кривым 1 и 2, но абсолютные значения ниже почти на 3 м/с при одинаковых температурах.



*Рис.3.13.Зависимость скорости ветра от наружных температур для Москвы:*

*1 – наибольшие осредненные значения скорости ветра при разных температурах, полученные для наиболее суровых периодов зимы; 2 – зависимость расчетной скорости ветра от температуры при значении условной обеспеченности kоб(υН/ tH) = 1; 3 – изменение средней скорости ветра в зависимости от температуры.*

В-третьих, СНиП 23-02-2003 определяет скорость ветра υН «как максимальную из средних по румбам за январь», повторяемость которых составляет 16% и более. В СНиПе по климатологии 1982 года это направление определено как южное (Ю, υН = 4,9 м/с), в СНиПе по климатологии 2004 года [66] это направление определено как юго-западное (ЮЗ, υ = 4,9 м/с). Очевидно, что в нормативных документах федерального уровня такие «описки» недопустимы.

Обзор и анализ методов определения расчетных значений температур наружного воздуха и скорости ветра для оценки воздухопроницаемости ограждений показал, что нормативные документы не имеют единого мнения в этом вопросе. Эта неопределенность требует дальнейших исследований и обоснований.