

Модели температурных климатических воздействий

Кудякова Альбина Сергеевна

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет

(СибАДИ)

Студент

Аннотация

В статье рассматриваются теоретические основы температурных воздействий на конструкции с точки зрения классической механики материалов, анализируется вероятностная модель температурных климатических воздействий, а также рассматривается вопрос о рациональном количестве учитываемых случайных параметров вероятностного подхода к назначению расчетных значений.

Ключевые слова: климатическое воздействие; температура; выброс за расчетный уровень; строительные конструкции.

Models of temperature climate loads

Kudyakova Albina Sergeevna

The Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)

Student

Abstract

The article discusses the theoretical foundations of temperature conditions on the structure from the point of view of classical mechanics, the probabilistic model of temperature climatic influences is analytically evaluated.

Keywords: climatic impact; temperature; emission beyond the design level; building construction.

Научный руководитель – Ю.В. Краснощеков, д.т.н., доцент кафедры "Строительные конструкции" СибАДИ, Омск.

Температурное воздействие – это изменение температуры элементов конструкции, вызывающее ее деформацию. Конструкции зданий и открытых сооружений подвергаются воздействию во времени температуры воздуха и солнечной радиации, которые вызывают изменение температуры элементов конструкций, их деформации и перемещения. В статически неопределимых системах при этом могут возникнуть температурные усилия [4].

Нагрев или охлаждение конструктивного элемента создает в нем некоторое температурное поле, которое представляет собой функцию координат рассматриваемой точки. Это поле в поперечном сечении удобно представлять в виде четырех составляющих [3]:

1) средней температуры t , равномерно распределенной по сечению, создающей общее удлинение/укорочение элемента, которому соответствует продольная сила N ;

2) температуры, меняющейся по линейному закону относительно оси z , имеющей в пределах сечения перепад температур и искривляющей стержень, причем роль соответствующей ей обобщенной силы играет момент M_z ;

3) то же, но относительно оси y , с моментом M_y ;

4) нелинейного самоуравновешенного «остатка».

К температурным воздействиям, используемым в прочностных расчетах, относятся только первые три компонента, поскольку самоуравновешенное поле температур Δt_{zy} вызывает в стержне лишь бимоменты высоких порядков, которые обычно не учитывают.

При проектировании зданий надо обязательно учитывать климатические температурные воздействия, которые необходимо нейтрализовать, или создать такую расчетную схему, при которой изменение температуры не будут приводить к существенным напряжениям.

При определении поля температур обычно используется упрощение о том, что это поле не зависит от напряженно-деформированного состояния конструкции, хотя в отдельных случаях это предположение может и не выполняться, поскольку теплопроводность некоторых материалов зависит от их напряженного состояния.

Конструкции, напряженное и деформированное состояние которых определяется главным образом осевыми температурными деформациями элементов (например, каркас здания), рассчитываются на Δt – изменение во времени средней по сечению температуры конструкции по отношению к начальной температуре t_0 .

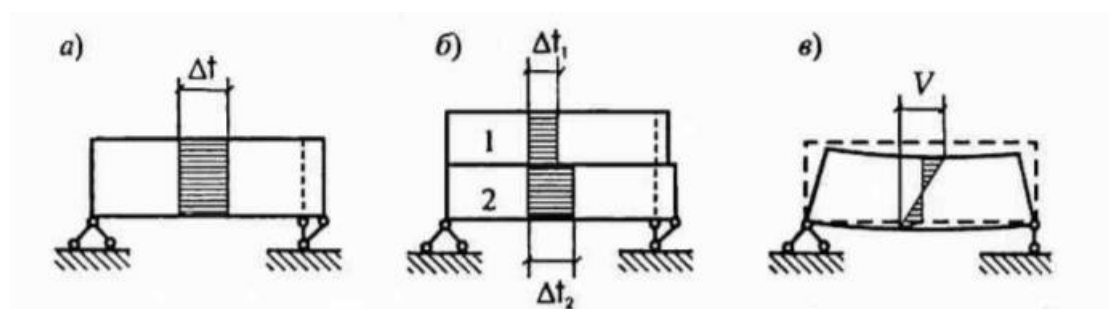


Рисунок 1 – Виды температурных деформаций элементов: а – осевых удлинений (укорочений); б – сдвиговых; в – поперечных изгибных

Конструкции, в которых, кроме того, важна оценка напряжений и деформаций, возникающих вследствие неравномерного распределения температуры по сечению (например, стены здания), в ряде случаев рассчитываются на v – перепад температуры по сечению.

Для определения Δt и v устанавливаются два неблагоприятных значения средних температур конструкций и перепадов температуры по сечению в

наиболее теплый (июль) и наиболее холодный (январь) месяцы года, а также начальная температура t_0 .

Несмотря на то, что температура наружного воздуха носит случайный характер, действующие нормы проектирования задают расчётные показатели температуры в детерминированном виде с неопределённой зависимостью от времени в процессе многолетнего режима эксплуатации зданий [1]. Однако ограничение расчетами в детерминированной постановке нельзя считать корректным. Представление температурных воздействий в вероятностном виде позволяет не только более точно задать расчётные параметры, но и оценить надёжность и долговечность конструкций, в которых температурные усилия и деформации также имеют случайный характер, как и сами температуры [1].

Нормы проектирования определяют основным видом температурных климатических воздействий на несущие конструкции изменения средней температуры в теплое t_w и холодное время года t_c по отношению к начальным температурам t_{0w} и t_{0c} замыкания конструкции в законченную систему [1]. Далее в работе температура t рассматривается в общем виде без привязки к конкретному сезону.

Изменение температуры воздуха во времени представляет собой случайный процесс, в котором четко выделяются два периодических колебания: с годовыми и суточными периодами. Применительно к расчетам строительных конструкций в наиболее общем случае изменения температуры во времени могут быть представлены в виде суммы периодических колебаний температур с периодом, равным одному году (сезонные колебания лето-зима), и случайной амплитудой; периодических колебаний температур с периодом, равным одним суткам (суточные колебания: день-ночь), и случайной амплитудой; непериодических колебаний температур в интервалах времени в несколько суток [3].

Согласно стандарту [5], для общетехнических целей характер изменения температуры во времени оценивается случайным процессом.

$$\tilde{t}(\tau) = t(\tau) + \tilde{\psi}(\tau),$$

где $t(\tau)$ и $\tilde{\psi}(\tau)$ - средняя температура и случайная составляющая температуры с математическим ожиданием, равным нулю, соответствующие времени τ , °С.

Из непериодических колебаний при расчетах конструктивных систем существенными являются колебания среднесуточных температур, связанные с резкими изменениями погоды. Наибольший интерес представляют такие колебания в течение суток максимальной за лето и минимальной за зиму среднесуточной температуры.

Удобно рассматривать процесс изменения среднесуточных температур, а затем учитывать внутрисуточные колебания. Результаты последовательных измерений среднесуточных температур воздуха представляют собой некоторый случайный процесс, имеющий периодическую нестационарность, отображающую годовой ход температур [3]. Такой процесс имеет:

- годовой ход математического ожидания $\bar{t}(\tau)$, зависящий от календарного времени τ ;
- годовой ход плотности распределения ординат $t_1(\tau)$;
- годовой ход стандарта среднесуточной температуры $\sigma(t_1|\tau)$, где стандарты холодного полугодия превышают стандарты теплого полугодия;
- плотность распределения $f(t_1|\tau)$, которая строится по всей совокупности ординат случайного процесса за многолетний период времени и имеет двухмодальный характер из-за изменения математического ожидания $\bar{t}(\tau)$ по гармоническому закону.

Статистический анализ показывает, что годовые экстремумы климатических температур достаточно удовлетворительно аппроксимируются нормальным распределением.

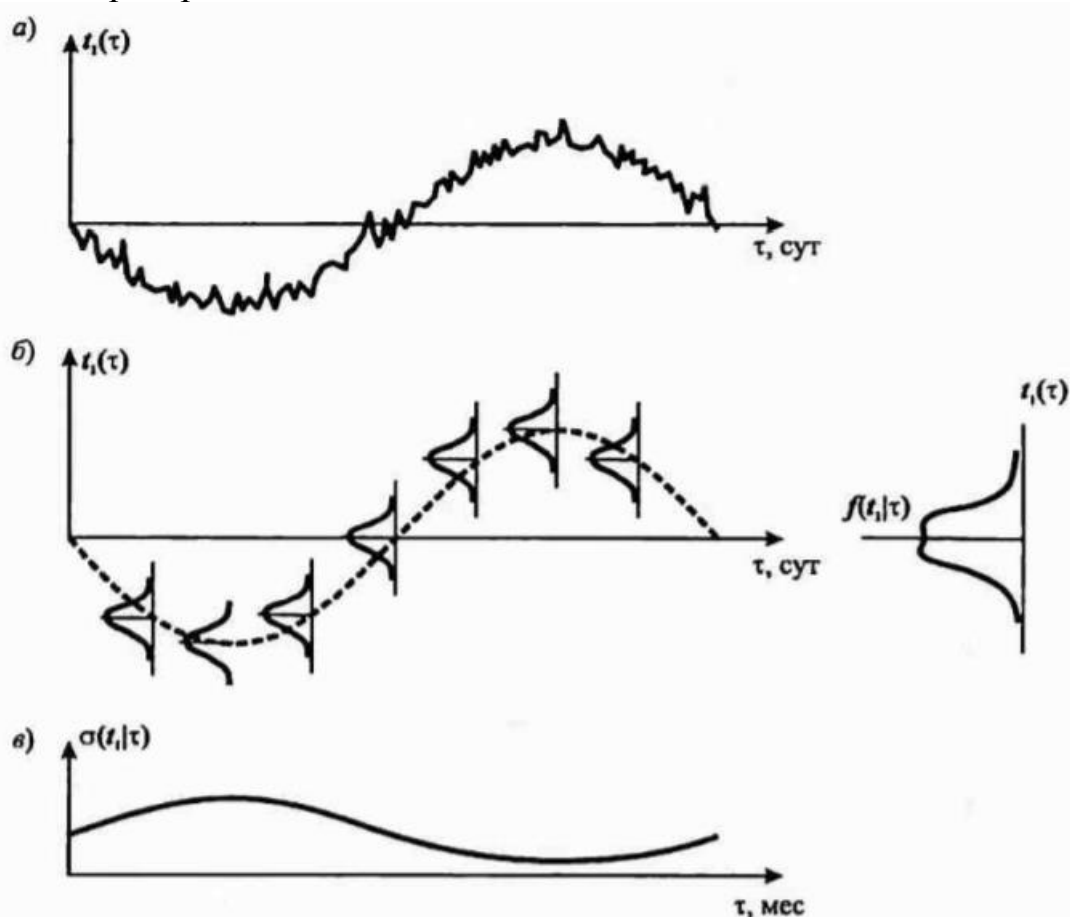


Рисунок 2 – Среднесуточные температуры воздуха: а – пример реализации процесса среднесуточных температур; б – годовой ход математического ожидания процесса и плотности распределения ординаты (процесса); в – годовой ход стандарта среднесуточной температуры

Оценкой производной случайного процесса среднесуточных температур может служить междусуточная изменчивость, определяемая как приращение среднесуточной температуры за одни сутки. В качестве математического

ожидания производной процесса $\tilde{v}_t(\tau) = \frac{\bar{dt}(\tau)}{d\tau}$ среднесуточных температур можно воспользоваться данными о средней междусуточной изменчивости.

При нормальном законе распределения из рассмотренных корреляционных графиков связи значений ординаты и соответствующей ей производной $\tilde{v}_t(\tau)$, что распределение производной $\tilde{v}_t(\tau)$ является также нормальным и независимым от $\tilde{t}(\tau)$. При этом условии, полагая процесс стационарным, среднее число выбросов (выхода процесса $\tilde{t}(\tau)$ за расчетный уровень температуры теплого или холодного времени года с учетом времени [4]) среднесуточной температуры за уровень математического ожидания можно представить в следующем виде:

$$n = \tau \int_0^{\infty} p(t, v) v dv = \frac{v_t p(t) \tau}{2}.$$

В выбросах за холодное (теплое) полугодие основной вклад составляют выбросы за три месяца зимнего (летнего) сезона. Число выбросов, рассчитанное в предположении стационарности в интервале зимнего (летнего) сезона (поскольку эти сезоны находятся в области малого влияния годового хода), даст несколько сниженные значения n для высоких уровней. Этот способ может быть применен для практических расчетов.

Наибольший интерес представляют собой колебания (неблагоприятные изменения во времени среднесуточных температур и суточных амплитуд) в окрестности суток максимальной за лето и минимальной за зиму среднесуточной температуры. Полученный ряд значений температур за каждое лето (зиму), нанесенный на график, рассматривают как «среднюю функцию» изменения температуры. Изменение температуры в середине графика представлено в виде пика (минимальная или максимальная среднесуточная температура). Распределение температур в пределах пика согласуется с нормальным законом. Принимая для суток с различным порядковым номером одну и ту же вероятность превышения, можно перейти от «средней функции» (соответствующей примерно 50% вероятности) к функции, заданной, например, меньшей вероятности. Таким образом, можно принять, что зависимость среднесуточных температур от времени определяется «средней функцией», при этом длительность и величина температурного пика не изменится.

Длительность температурных пиков для летних и зимних пиков различна и зависит от климатических условий и времени года. Зимние пики, как правило, значительно больше других.

Итак, на сегодняшний день для статистического описания изменчивости распределения температурных воздействий целесообразно использовать вероятностную модель неоднородного случайного поля, что позволяет не только более точно задать расчётные параметры, но и оценить надёжность и долговечность конструкций.

Библиографический список

1. Краснощеков Ю.В., Заполева М. Ю. Основы проектирования конструкций зданий и сооружений.: учеб. пособие. М.: Инфра-Инженерия, 2019. 316 с.
2. Райзер, В. Д. Расчет и нормирование надежности строительных конструкций. М.: Стройиздат, 1995. 347 с.
3. Гордеев В. Н. и др Нагрузки и воздействия на здания и сооружения.: учеб. пособие. М.: АСВ, 2011. 478 с.
4. Райзер В.Д. Теория надежности в строительном проектировании. М.: АСВ, 1998. 304 с.
5. ГОСТ 27.004-2009. Надежность в технике. Модели отказов. Введ. 2010.09.01. М.: Стандартиформ, 2010 12 с.