

УДК 624.012 (575.2) (04)

РАСЧЕТ ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

М.Д. Кутуев, Р.А. Куканова, И.К. Манапбаев, Т.К. Муктаров

Рассмотрены методы расчета теплоустойчивости ограждающих конструкций зданий с учетом климатических условий Кыргызской Республики.

Ключевые слова: теплоустойчивость; климатические условия; колебания температуры; термическое сопротивление.

Колебания температуры внутренней поверхности стен и покрытий возникают в основном в результате изменения температуры наружного воздуха. Свойство ограждения сохранять постоянство или ограничивать колебания температуры на внутренних поверхностях называют теплоустойчивостью. Теплоустойчивость характеризует степень затухания температурных колебаний в толще ограждения при прохождении через него теплового потока и, следовательно, от теплоустойчивости зависит постоянство температуры в помещении.

В районах с неустойчивой зимой температура наружного воздуха может значительно изменяться в течение нескольких суток, летом же возможны большие колебания температуры наружного воздуха в течение суток. Поэтому тепловое состояние помещений периодически изменяется. Это изменение особенно остро ощущается во второй половине дня (даже в районах с умеренным климатом), поскольку в результате интенсивного воздействия солнечной радиации на стены и покрытия и прохождения солнечных излучений через окна и фонари воздух в помещении перегревается. В зданиях, возводимых в горных районах Кыргызстана, вследствие переохладения помещений наблюдается отсыревание ограждений, что также отрицательно влияет на здоровье человека.

Особое значение в современном строительстве при применении легких ограждений приобрел фактор теплоустойчивости.

В возводимых зданиях ограждения обычно имеют небольшую толщину, поэтому колебания температуры не затухают в толще ограждения и в значительной мере передаются с наружной поверхности на внутреннюю. Число периодиче-

ских тепловых волн, располагающихся в толще ограждения, определяется безразмерной величиной D , называемой показателем тепловой инерции ограждения. Последние при одинаковом сопротивлении теплопередаче могут обладать различной тепловой инерцией, т. е. свойством в различной мере воспринимать тепло при периодическом колебании температуры наружного воздуха. Тепловая инерция – мера интенсивности затухания колебаний температуры внутри теплофизически однородной конструкции ограждения представляет произведение термического сопротивления на коэффициент теплоусвоения s , т. е.

$$D = R \cdot s. \quad (1)$$

Коэффициент теплоусвоения – это изменение теплового потока на поверхности ограждения при амплитуде колебания температуры этой поверхности, равной 1°C . По своему физическому смыслу он является коэффициентом теплообмена при передаче через ограждение периодических тепловых воздействий путем теплопроводности. Коэффициент теплоусвоения (как и любой другой коэффициент теплообмена) выражается в $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$. Численное значение этого коэффициента зависит от периода колебания температуры. При теплофизических расчетах ограждений, воспринимающих суточные колебания температуры наружного воздуха, период принимается равным 24 ч. Коэффициенты теплоусвоения для толстых конструктивных слоев приводятся в СП КР 23-101:2009 [1]. Ограждающие конструкции считаются легкими при $D \leq 4$; средней массивности – при $4 < D \leq 7$ и массивными при $D > 7$.

Взаимосвязь между D , R и s показана на рисунке 1. Пользуясь этими графиками, можно по заданным двум величинам определить третью.

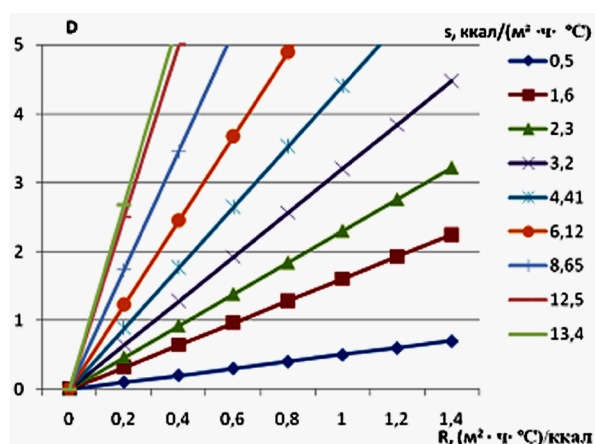


Рисунок 1– Взаимозависимость между показателем тепловой инерции D , термическим сопротивлением R и коэффициентом теплоусвоения s

Для многослойных ограждений показатель тепловой инерции находится по приближенной формуле

$$D = R_1 s_1 + R_2 s_2 + \dots + R_n s_n, \quad (2)$$

где $R_1, R_2, \dots, R_n$ – термическое сопротивление отдельных слоев ограждения; $s_1, s_2, \dots, s_n$ – коэффициенты теплоусвоения материала отдельных слоев ограждения.

На коэффициент теплоусвоения поверхности ограждения решающее влияние оказывает материал, располагающийся в слое резких колебаний, который прилегает непосредственно к наружной поверхности ограждения. Толщина слоя резких колебаний определяется тем, что показатель тепловой инерции этого слоя равен 1, т. е.

$$D = R s = \frac{\delta}{\lambda} s = 1. \quad (3)$$

Из этого уравнения, зная λ , можно найти толщину слоя резких колебаний. Однако этот способ определения слоя резких колебаний применим только для однородных ограждений (например, для стен шлакобетонных, кирпичных и т. п.). Для этого вида ограждения толщина слоя резких колебаний вычисляется как

$$\delta_{p,k} = \frac{\lambda}{s}. \quad (4)$$

При определении коэффициента теплоусвоения поверхности ограждения в многослойных конструкциях, когда слой резких колебаний температуры распространяется на смежный, второй, слой материала, пользуются формулой

$$s_n = \frac{R_1 s_1^2 + s_2}{1 + R_1 s_2}, \quad (5)$$

где R_1 – термическое сопротивление первого слоя материала; s_1, s_2 – коэффициенты теплоусвоения соответственного первого и второго слоев ограждения; s_n – коэффициент теплоусвоения поверхности ограждения [1–6].

Достаточная теплоустойчивость помещения, т. е. относительное постоянство в нем температуры, может быть обеспечена и при легких панелях. Однако показатель тепловой инерции легких ограждений $D = \sum R s$ всегда меньше, чем массивных. В связи с этим СП КР 23-101:2009 “Проектирование тепловой защиты зданий” рекомендует [1] сопротивление теплопередаче легких ограждений с $D = 2,1$ увеличивать на 30 %.

Приближенно можно считать, что слой резких колебаний (который занимает сравнительно небольшую часть общей толщины ограждения) определяет характер распространения периодических тепловых воздействий, так как он существенно влияет на усвоение тепла поверхностью ограждения. Опыт показывает, что отделка внутренней поверхности стены слоем плотной штукатурки или фактурный слой из плотных плит делает стену более теплоустойчивой по сравнению со стеной без плотного фактурного слоя. При штукатурке на отnose, коэффициент ее теплоусвоения значительно снижается.

Воздействие на ограждения тепловой радиации солнца летом носит четко выраженный периодический характер. Однако расположение конструктивных слоев в ограждении, аналогичное рекомендуемому для зимних условий, может привести к концу дня к большой аккумуляции тепла. В результате в вечерние и ночные часы тепло, излучаемое поверхностями помещения, создаст в нем тепловой дискомфорт. Поэтому в южных районах, где колебания температуры наружного воздуха днем и ночью значительны, предпочтительно применять светлую отделку (наружный фактурный слой) из плотных материалов с высоким коэффициентом отражения. При этом, естественно, надо учитывать и вероятность охлаждения ограждения в ночное время.

Теплоустойчивость ограждений (стен, покрытий и др.) при воздействии на них солнечной радиации в летнее время рассчитывается согласно указаниям СП КР 23-101:2009 [1] для летних температур. Приближенно проверка на теплоустойчивость проводится на основе сравнения расчетного и нормируемого показателя тепловой инерции D [1, 2].

Расчеты многослойных ограждений показывают, что большее затухание температуры на внутренней поверхности ограждения наблюдается

в случае, когда материал с высоким коэффициентом теплоусвоения располагается с внутренней стороны ограждения. При расчетах летнего прогрева коэффициенты теплоусвоения определяются для наружных поверхностей всех слоев ограждения; нумерация слоев ведется от внутренней поверхности ограждения и вычисление коэффициента теплоусвоения начинается с поверхности первого слоя, обращенного в помещение. Наиболее слабой частью ограждения в теплофизическом отношении является остекление.

Согласно СП КР 23-101:2009 [1], требуемое сопротивление теплопередаче R_w^r окон и фонарей в зависимости от разности температур внутреннего и наружного воздуха приводится в таблице 1.

Теплоустойчивость ограждающих конструкций в теплый период года рассчитывается в следующем порядке.

1. В районах со среднемесячной температурой июля 21°C и выше расчетная амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций (наружных стен и перекрытий/покрытий) $A_{\tau}^{des}, ^\circ\text{C}$, зданий жилых, больничных учреждений (больниц, клиник,

стационаров и госпиталей), диспансеров, амбулаторно-поликлинических учреждений, родильных домов, домов ребенка, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, детских садов, яслей, яслей-садов (комбинатов) и детских домов, а также производственных зданий, в которых необходимо соблюдать оптимальные параметры температуры и относительной влажности воздуха в рабочей зоне в теплый период года или по условиям технологии поддерживать постоянными температуру или температуру и относительную влажность воздуха, не должна быть более нормируемой амплитуды колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции $A_{\tau}^{req}, ^\circ\text{C}$, определяемой по формуле

$$A_{\tau}^{req} = 2,5 - 0,1 (t_{ext} - 21),$$

где t_{ext} – средняя месячная температура наружного воздуха за июль, $^\circ\text{C}$, принимаемая по СНиП КР 23-02-00.

Расчетную амплитуду колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции A_{τ}^{des} следует определять по СП КР 23-101:2009.

Таблица 1 – Уровни теплозащиты рекомендуемых окон в деревянных и пластмассовых переплетах

Заполнение светопроема	Сопротивление теплопередаче (R_w^r , $\text{м}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{Вт}$) и область применения (D_d , $^\circ\text{C}\cdot\text{сут}$) по типам окон		
	из обычного стекла	с твердым селективным покрытием	с мягким селективным покрытием
Однокамерный стеклопакет в одинарном переплете	0,38/3067	0,51/4800	0,56/5467
Двойное остекление в спаренных переплетах	0,4/3333	0,55/5333	-
Двойное остекление в раздельных переплетах	0,44/3867	0,57/5600	-
Двухкамерный стеклопакет в одинарном переплете с межстекольным расстоянием: 8 мм 12 мм	0,51/4800 0,54/5200	- 0,58/5733	- 0,68/7600
Тройное остекление в раздельно-спаренных переплетах	0,55/5333	0,60/6000	-
Стекло и однокамерный стеклопакет в раздельных переплетах	0,56/5467	0,65/7000	0,72/8800
Стекло и двухкамерный стеклопакет в раздельных переплетах	0,68/7600	0,74/9600	0,81/12400
Два однокамерных стеклопакета в спаренных переплетах	0,7/8000	-	-
Два однокамерных стеклопакета в раздельных переплетах	0,74/9600	-	-
Четыре стекла в двух спаренных переплетах	0,8/12000	-	-

Примечание: в числителе (перед чертой) – значения приведенного сопротивления теплопередаче; в знаменателе (за чертой) – предельное значение градусо-суток отопительного периода, при котором применимо заполнение светопроема.

Таблица 2 – Нормируемые значения коэффициента теплопропускания солнцезащитного устройства

Здание	Коэффициент теплопропускания солнцезащитного устройства, β_s^{req}
1. Здания жилые, больничных учреждений (больниц, клиник, стационаров и госпиталей), диспансеров, амбулаторно-поликлинических учреждений, родильных домов, домов ребенка, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, детских садов, яслей, яслей-садов (комбинатов) и детских домов	0,2
2. Производственные здания, в которых должны соблюдаться оптимальные нормы температуры и относительной влажности воздуха в рабочей зоне или по условиям технологии должны поддерживаться постоянными температура или температура и относительная влажность воздуха	0,4

2. Для окон и фонарей в районах и зданий, указанных в таблице 2, следует предусматривать солнцезащитные устройства. Коэффициент теплопропускания солнцезащитного устройства β_s^{des} должен быть не более нормируемой величины β_s^{req} (таблица 2). Коэффициенты теплопропускания солнцезащитных устройств следует определять по СП КР 23-101.

Теплоустойчивость ограждающих конструкций в холодный период года определяется в следующем порядке.

1. Расчетная амплитуда колебания результирующей температуры помещения A_{to} , °С, жилых, а также общественных зданий (больниц, поликлиник, детских ясель-садов и школ) в холодный период года не должна превышать ее нормируемого значения A_t^{req} в течение суток:

а) при наличии центрального отопления и печей при непрерывной топке – 1,5 °С;

б) при стационарном электротеплоаккумуляционном отоплении – 2,5 °С;

в) при печном отоплении с периодической топкой – 3 °С.

При наличии в здании отопления с автоматическим регулированием температуры внутреннего воздуха теплоустойчивость помещений в холодный период года не нормируется.

2. Расчетную амплитуду колебания результирующей температуры помещения в холодный период года A_t^{des} , °С следует определять по СП КР 23-101 [1].

Литература

1. Свод правил по проектированию и строительству Кыргызской Республики. СП КР 23-101:2009. Проектирование тепловой защиты зданий.
2. Строительные нормы и правила Кыргызской Республики. СНиП КР 23-01:2009. Строительная теплотехника.
3. Строительные нормы и правила Кыргызской Республики. СНиП КР 23-02-00. Строительная климатология.
4. Свод правил по проектированию и строительству. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий.
5. web.manas.kg/cv/sbe/tkoychiyevkg.do... Концепция социально-экономического развития Кыргызской Республики на период до 2015 года. Бишкек, 2008.
6. Кутуев М.Д. Теория и практика сейсмозащиты сооружений / М.Д. Кутуев, Б.Т. Укуев, Б.С. Матозимов и др. Бишкек: Алтын-принт, 2010. 370 с.