

ЛИТЕРАТУРА

1. Константинова В. Е. Расчёт воздухообмена в жилых и общественных зданиях. М., Стройиздат, 1964.
2. Константинова В. Е. Использование электроаналоговой установки ЭМВС-6 для расчёта воздухообмена и систем отопления зданий. «Водоснабжение и санитарная техника», 1968, № 3.
3. Цвид А. А. Учет особенностей климата Дальнего Востока в строительстве.
4. Исследование теплотехнических и акустических качеств крупнопанельных жилых домов, принятых для строительства на БАМе. М., МИИТ, 1975.

УДК 697.38 : 551.524

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕРАВНОМЕРНОСТИ СУТОЧНОЙ ТЕПЛОПОДАЧИ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ОТАПЛИВАЕМЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Ю. Л. ЛИПОВКА, Л. П. РОХЛЕЦОВ

Новосибирский инженерно-строительный институт имени В. В. Куйбышева

Для режима теплового потребления общественных зданий характерно наличие значительных тепловых нагрузок на отопление и вентиляцию при отсутствии или малой нагрузке горячего водоснабжения. В целях уменьшения поверхности нагрева калориферов и сокращения расчетного расхода теплоносителя на ввод предлагается последовательное включение калориферных установок части приточных камер с системой отопления. Расчетные расходы тепла и теплоносителя в этом случае определяются по формулам:

$$Q = Q'_0 + Q_v z_v / 24; \quad (1)$$

$$G = 3,6 \frac{Q'_0 + Q_v \cdot z_v / 24}{c (\tau'_1 - \tau'_{02})}, \quad (2)$$

где Q'_0, Q_v — максимальные часовые расходы тепла на отопление и вентиляцию, Вт.

Согласно п. 2.3 СНиПа II-36—73, для общественных зданий z_v равно числу часов их работы (но не менее 10 ч).

Предвключение калориферов предполагает использование в качестве теплового аккумулятора строительные конструкции отапливаемого здания. В период работы вентиляции уменьшается подача тепла на отопление

$$Q_0^{\min} = Q'_0 - \frac{24 - z_v}{24} Q_v. \quad (3)$$

Недоданное тепло компенсируется в период выключения вентиляционной установки $Q_0^{\max} = Q$, см. (1).

На рис. 1 дано графическое изображение режимов суточной теплоподачи на отопление при $z_v = 10$ и $z_v = 18$ ч для двухсменной работы вентиляции. Пунктирными линиями показано изменение теплоподачи при выключении вентилятора в обеденные перерывы.

Для определения температурного режима отапливаемых помещений при прерывистом потоке тепла проведено численное исследование на ЭВМ. Алгоритм теплового расчета включает следующие основные этапы: расчет фактического количества тепла, получаемого системой отопления Q_0 , Вт; расчет ожидаемых температур внутреннего воздуха t_v , °C.

Расчет фактического количества тепла. Тепловую производительность отопительной установки при любом режиме ее работы можно определить по формуле 4—31 [1]:

$$Q_0 = \varepsilon_0 W_0 (\tau_{n1} - t_v), \quad (4)$$

$$\text{где } \tau_{n1} = \tau_1 - Q_v/W, \quad (5)$$

W_0 , W — эквиваленты расхода теплоносителя на отопление и расчетный на ввод, Вт/К.

Подставив значения ε_0 из формул 4—12, 4—19, 4—20 [1] и τ_{n1} (5) и зная, что при качественном регулировании эквивалент расхода сетевой воды, поступающей в смешительный узел, постоянен и равен расчетному $W_0 = W'_0 = W$, получим

$$Q_0 = \frac{W (\tau_1 - Q_v/W - t_v)}{\frac{0,5 + u}{1 + u} + \frac{\Delta t' \cdot Q_0^{0,2}}{\delta \tau' (Q'_0)^{0,2}}}, \quad (6)$$

Рис. 1. Схемы суточной теплоподдачи

где $\delta \tau' = \tau'_1 - \tau'_{02}$ — расчетный перепад температур в тепловой сети, °C;

u — коэффициент смешения элеватора.

Решая нелинейное уравнение (6) методом половинного деления, находим Q_0 . При этом Q_v Вт определяется в зависимости от режима теплоподдачи. Так, при включенном вентиляторе

$$Q_v = \frac{1}{3,6} \cdot c_v \cdot \gamma_v L (t_{np} - t_n). \quad (7)$$

Учитывая, что при остановке вентилятора имеется гравитационное движение воздуха через калориферы вследствие неплотности приемного клапана, температура обратной воды после калориферов τ_{n1} несколько понижается. Это обстоятельство принято во внимание при определении Q_v в период отключения вентилятора

$$Q_v^{rp} = \frac{\tau_1 - t_n}{\frac{1}{kF} + \frac{3,6}{2cG^{rp}} + \frac{3,6}{2c_v \gamma_v \eta L}}, \quad (8)$$

где c , c_v — теплоемкости воды и воздуха, кДж/(кг·К);
 L — объемное количество приточного воздуха, м³/ч;
 η — коэффициент, учитывающий неплотности приемного клапана;

k — коэффициент теплопередачи калориферов, Вт/(м²·К);
 F — поверхность нагрева калориферов, м².

Расчет температур воздуха помещения. Для определения амплитуд колебания температуры воздуха в отапливаемом помещении использованы методы Л. А. Семенова [2] и В. Н. Богословского [3]. Формула [2] получена на основе теории О. Е. Власова,

$$A_{t_b} = \frac{0,7mQ_z}{\sum BF_b}, \quad (9)$$

где 0,7 — поправочный коэффициент, учитывающий отклонение характера теплоотдачи отопительного прибора от гармонического закона, излучение отопительного прибора, меблировку помещения и бытовое тепло; m — коэффициент неравномерности отдачи тепла;

$$m = (Q_{\max} - Q_{\min})/2 \cdot Q_z, \quad (10)$$

$Q_{\max}$, $Q_{\min}$ и Q_z — максимальная, минимальная и средняя теплоотдача нагревательных приборов, Вт; B — коэффициент теплопоглощения поверхности ограждения, Вт/(м²·К);

$$B = \frac{1}{1/\alpha_b + 1/\gamma_b}; \quad (11)$$

α_b — коэффициент тепловосприятости, Вт/(м²·К); γ_b — коэффициент теплоусвоения внутренней поверхности ограждения, Вт/(м²·К).

По методу [3] суммарная амплитуда колебания температуры воздуха A_{t_b} (в отличие от [2]) складывается из амплитуды колебаний t_b под влиянием конвективного тепла $A_{t_{b,k}}$ и лучистых тепловыделений $A_{t_{b,l}}$:

$$A_{t_b} = A_{t_{b,k}} + A_{t_{b,l}}. \quad (12)$$

Определение значений слагаемых (12) рассмотрено в работе [3] отдельно для гармонических и прерывистых поступлений тепла. Поскольку изменения теплопоступлений любой сложности можно представить в виде ряда прерывистых поступлений, пользуясь методом наложения, решение задачи для прерывистых поступлений позволяет определить тепловой режим помещения при любых изменениях подачи тепла:

$$A_{t_{b,k}} = \frac{Q_k}{P_{\text{вент}} + \gamma_n \Delta / (Q_k^{\max} \Delta + \gamma_n)}. \quad (13)$$

В формуле (13) учтено, что тепло, поглощенное воздухом, не участвует в процессе теплопоглощения и теплоусвоения на поверхностях помещения. Особенности теплоусвоения учтены введением коэффициента прерывистости $Q_k^{\max}$, зависящим от относительной продолжительности теплоподачи $z_0/24$ и момента времени, для которого определяется величина $A_{t_{b,k}}$.

Амплитуда колебания температуры воздуха под влиянием лучистого тепла

$$A_{t_{b,l}} = Q_k^{\max} Q_l / \gamma_n, \quad (14)$$

где γ_n — коэффициент теплоусвоения помещения, Вт/К;

$$\gamma_n = \sum \gamma_i \cdot F_i, \quad (15)$$

Λ — удельный конвективный теплообмен на площади всех ограждений, Вт/К;

$$\Lambda = \alpha_k \sum F_i, \quad (16)$$

$P_{\text{вент}}$ — показатель теплопоглощения воздухообмена в помещении, Вт/К;

Q_k, Q_l — конвективная и лучистая составляющие поступлений тепла, Вт.

Кроме определения максимальных амплитуд A_{t_b} , существуют методы определения ожидаемых внутренних температур в отапливаемых зданиях при режимах, когда подвод тепла Q не равен тепловым потерям зданий. Одним из таких методов является метод Е. Я. Соколова [4]:

$$t_b = t_n + \frac{Q}{Vq_0} + \frac{t'_b - t_n - Q/(V \cdot q_0)}{\exp(z/\beta)}, \quad (17)$$

где β — коэффициент аккумуляции, ч;

$$\beta = F\delta\gamma c/(2Vq_0), \quad (18)$$

где F, δ — суммарная поверхность ограждений наружных стен, m^2 и их толщина, м; q_0 — удельная тепловая характеристика здания, Вт/($m^3 \cdot K$).

Метод С. Я. Белинского — Р. С. Харазяна [5] отличается от предыдущего тем, что расчетный коэффициент β заменен экспериментальным β_3 и учтено наличие реального времени запаздывания z_3 :

$$t_b = t_n^{yc} + (t'_b - t_n^{yc}) \exp\left(-\frac{z - z_3}{\beta_3}\right), \quad (19)$$

где

$$t_n^{yc} = t_n + (t'_b - t_n) \bar{Q}_0. \quad (20)$$

Формула (19) используется для начального периода охлаждения. При дальнейшем охлаждении использованы аналогичные формулы, однако величина β_3 должна быть увеличена соответственно в 1,4 ÷ 1,5 и 1,5 ÷ 2,0 раза для второго и третьего периодов. При нагреве, т. е. при $\bar{Q}_0 = Q_0/Q'_0 > 1$, температура t_b определяется по формуле (19) с той лишь разницей, что величина продолжительности запаздывания z_3 заменена на z_3^H :

$$z_3^H = (0,3 \div 0,4) z_3. \quad (21)$$

Сущность определения ожидаемых температур воздуха в помещении по методу А. М. Шкловера [6, 7] заключается в разложении кривой теплоподачи в ряд Фурье

$$Q = Q_{cp} + \sum_{k=1}^{\infty} A_k \cos 2\pi kz + \sum_{k=1}^{\infty} B_k \sin 2\pi kz. \quad (22)$$

Поскольку рассматриваемая функция $F(z)$ (рис. 1) четная, $B_k = 0$, для определения A_k служит формула

$$A_k = 2 \int_{-1/2}^{1/2} F(z) \cos 2\pi kz dz = 2 \int_{-z_0/2}^{z_0/2} (Q_0^{\max} - Q_0^{\min}) \cos 2\pi kz dz. \quad (23)$$

После интегрирования выражения (23) с последующей подстановкой в (22) разделим амплитуды гармоник полученного уравнения на

соответствующие показатели теплопоглощения ограждений $P^{(k)}$, Вт/К и, сдвинув фазовые углы на $\xi^{(k)}$, получим

$$t_b = t_b^{cp} + \frac{2(Q_0^{max} - Q_0^{min})}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{kP^{(k)}} \sin \pi k z_0 \cos (2\pi k z - \xi^{(k)}), \quad (24)$$

где z — время в долях периода 24 ч.

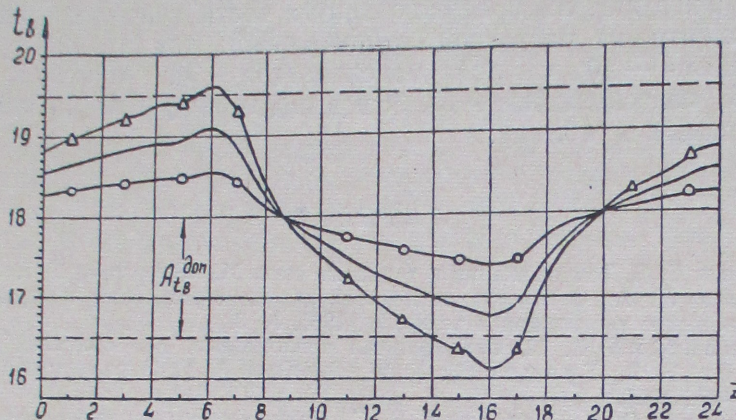


Рис. 2. Графики изменения температуры внутреннего воздуха, $z_b = 10$ ч
—○— $Q^{np} = 10\%$ от O'_0 ; —●— 20%; —△— 30%

Начальной точкой для отсчета времени принята середина отрезка, дающего длительность максимальной теплоподдачи, обозначенную буквой z_0 . Согласно изменениям и дополнениям к СНиПу II-A.7—71 по состоянию на июль 1974 г., ограждающие конструкции считаются «легкими» при $D \leq 1,5$; «малой массивности» — при $1,5 < D \leq 4$; «средней массивности» — при $4 < D \leq 7$; «массивными» — при $D > 7$. В качестве «легких» ограждений приняты стеновые панели из перлитобетона толщиной 100 мм; «малой массивности» — аналогичные панели толщиной 240 мм с фактурными слоями с каждой стороны по 20 мм; «средней массивности» и «массивных» — кирпичные стены соответственно 510 и 640 мм с внутренней известковой штукатуркой 10 мм. Величины теплотехнических характеристик строительных материалов и конструкций приняты по табл. 1 СНиПа II-A.7—71. Конструкции междуэтажного перекрытия, совмещенной кровли и внутренних перегородок взяты типовые.

Расчеты по вышеописанным методам проведены для условий Новосибирска на примере углового помещения верхнего этажа с размерами $5 \times 4 \times 3,2$ м с двумя окнами $1,5 \times 2$ м.

В результате реализации программ получены графики изменения

Допустимые тепловые нагрузки на предвключенную калориферную установку, в проценте от расчетной отопительной

Метод \ Ограждения	Легкие	Малой массивности	Средней массивности	Массивные
Л. А. Семёнова	28,9	43,3	45,7	52,9
В. Н. Богословского	22,9	34,3	34,8	40,5
Е. Я. Соколова	16,8	27,3	36,4	54,3
С. Я. Белинского				
Р. С. Харазяна	22,0	33,5	42,8	60,4
А. М. Шкловера	16,5	22,5	26,3	32,5

$t_{в}$ в течение суток для зданий с различными ограждениями при $Q_{в}/Q_0 = 0,1; 0,2; \dots; 1$. Суточный ход температур для зданий с ограждающими конструкциями «средней массивности» и $z_{в} = 10$ ч по методу [6, 7] представлен на рис. 2. Подобные графики имеют место и по методам [4, 5].

На основании сопоставления полученных результатов с допустимыми пределами колебания температуры внутреннего воздуха ($A_{т} = \pm 1,5^\circ\text{C}$) [8] можно рекомендовать следующие допустимые тепловые нагрузки на предвключенную часть вентиляционной нагрузки в проценте от расчетной отопительной: для зданий с «легкими» ограждениями — 20; «малой массивности» — 30; «средней массивности» — 35; «массивными» — 45. Эти выводы получены на основе значений, сведенных в таблицу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети. М., «Энергия», 1975.
2. Семенов Л. А. О нормах теплоустойчивости ограждений в зимних условиях. «Водоснабжение и санитарная техника», 1965, № 3.
3. Богословский В. Н. Строительная теплофизика. М., «Вышая школа», 1970.
4. Соколов Е. Я., Громов Н. К., Сафонов А. П. Эксплуатация тепловых сетей. М.—Л., 1955.
5. Белинский С. Я., Харазян Р. С. Натурные исследования теплоаккумулирующей способности типовых жилых зданий. «Теплоэнергетика», 1971, № 10.
6. Шкловер А. М. Теплоустойчивость зданий. М., Стройиздат, 1952.
7. Шкловер А. М. Теплопередача при периодических тепловых воздействиях. М.—Л., Госэнергоиздат, 1961.
8. Фокин К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. М., Стройиздат, 1973.

СТРОИТЕЛЬСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И МОСТОВ

УДК 666.972 : 536.485

ЗАВИСИМОСТЬ МОРОЗОСТОЙКОСТИ ДОРОЖНОГО ПЕСЧАНОГО БЕТОНА ОТ ОТНОШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ПРИ ИЗГИБЕ К ПРОЧНОСТИ ПРИ СЖАТИИ

В. Ф. ЯНЧИКОВ, Ю. С. ВОСТРИКОВ

Сибирский автомобильно-дорожный институт имени В. В. Куйбышева

Испытания бетонов на морозостойкость по стандартной методике длительны и трудоемки. Назрела необходимость в быстрой и нетрудоемкой оценке (хотя бы ориентировочной) морозостойкости бетона. Отмечено, что показатель прочности бетона при изгибе (раскалывании)