

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ(САНАЦИИ) ОГРАЖДЕНИЙ ЗДАНИЙ

*к.т.н., доцент Ветвицкий И.Л., асс. Каспийцева В.Ю.,
асс. Колесник И.А., ст.гр. ТГПВ-13-М Шевченко А.А.*

ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», г.Днепропетровск

Постановка проблемы

Жилой фонд городов в основном представлен типовыми многоэтажными зданиями (зданиями массовой застройки). Для отопления и горячего водоснабжения этих зданий наиболее часто используются центральные системы теплоснабжения с расчетными температурами теплоносителя 150°C - 70°C . На практике данный температурный график редко выполняется. Зачастую при низких температурах наружного воздуха потребителю подается теплоноситель с пониженной температурой. В современных системах теплоснабжения вместо расчетной температуры теплоносителя 150°C нагрев сетевой воды производится только до 120°C ... 130°C , а то и меньше. Данный факт называется «температурным срезом».

При снижении температуры теплоносителя происходит понижении температуры внутреннего воздуха в помещениях. При отсутствии мер по поддержанию комфортных метеорологических параметров в помещении в помещениях температура внутреннего воздуха снижается. Темп снижения будет зависеть только от аккумулирующей способности помещений. При этом надо учитывать, что понижение температуры внутреннего воздуха в жилых помещениях до 10 ... 12°C является показателем критического теплового состояния здания, так как при этом температурные условия помещения становятся крайне неблагоприятными для человека и создают аварийные условия работы инженерного оборудования.

Дальнейшее понижение температуры в жилых помещениях вплоть до нуля градусов характеризуется катастрофическим тепло-

вым состоянием здания, при котором невозможна работа инженерных систем. Аналогичная ситуация также может возникнуть в здании при продолжительном понижении температуры наружного воздуха ниже расчетной.

Из сказанного выше видно, что данная проблема требует глубокого изучения и разрешения. Особую актуальность она приобретает при недостаточно грамотном неквалифицированным обслуживании систем теплообеспечения с учетом реального износа тепловых сетей и источников теплоснабжения.

Цель статьи : Исследование теплофизических параметров ограждающей конструкции до и после их реконструкции (санации)

Изложение основного материала исследований и обсуждение результатов.

Вопросам энергосбережения в городах посвящены исследования, представленные в [2]. В Харьковской национальной академии городского хозяйства разработана методика оценки энергосберегающего потенциала города Харькова[2], где показатель удельных тепловых потери в жилых зданиях в среднем равняется $350 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2\cdot\text{год}$, по сравнению с Германией- $204 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2\cdot\text{год}$ и со Швейцарией- $70 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2\cdot\text{год}$. Составлен энергетический баланс для двух типовых многоэтажных зданий в г. Харькове (см. табл. 1, 2, 3): (кирпичного и панельного). С целью уменьшения энергозатрат были выполнены следующие мероприятия: 1) теплоизоляция фасада с использованием стеклохолста для отделки здания; 2) теплоизоляция кровли или потолка последнего этажа здания; 3) замена существующего остекления на стеклопакеты.

В [2] был также выполнен расчет энергетического баланса одного из тепловых микрорайонов г. Харькова (см. табл. 4)

Как следует из таблицы энергопотребления в рассматриваемом микрорайоне может снизиться на $26,27 \text{ ГВт}\cdot\text{ч}/\text{год}$.

Таблица 1

Основные параметры 2-х типовых многоэтажных зданий

Тип дома	многоквартирный	
	1965	1966
Тип конструкции	кирпичный	панельный
Количество этажей	9	5
Количество жилых единиц(ЖЕ)	54	80
Количество жилых единиц на этаже	6	4
Общая жилая площадь(площадь получения энергии), м ²	3120,3	4408,5
Средний размер квартир (то) м ² , /ЖЕ	57,8	55,1
Площадь фундамента(кровли), м ²	346,7	881,7
Общая площадь внешних стен, м ²	2231,3	2565,8
Общая площадь окон, м ²	416,4	360,4
Отношение поверхность/объем	0,39	0,4

Таблица 2

Энергетический баланс 2-х типовых многоэтажных зданий

Тип конструкции	кирпичный		панельный	
Трансмиссионные потери тепла, МВт-ч/год	411.6	76%	601.4	80%
Вентиляционные потери тепла, МВт-ч/год	130.2	24%	154.3	20%
Брутто-потребность тепла для отопления, МВт-ч/год	541.8	100%	755.7	100%
Притоки тепла, МВт-ч/год	50.8	9.3%	106.3	14.1%
Абсолютная годовая потребность в тепловой энергии для отопления, МВт-ч/год	491	90.7%	649.4	85.9%
Абсолютная годовая потребность в тепловой энергии для отопления, КВт-ч/год	157		147.3	

Таблица 3

Потери и притоки тепла 2-х типовых многоэтажных зданий

Потери энергии	МВт- ч/год	%	МВт- ч/год	%
Тип конструкции	кирпичный		панельный	
Потери внешних стен	173	50.8	168.1	28
Потери через кровлю	50.8	11.8	96.3	16
Потери через пол 1-го этажа	37.4	7.5	73.6	12
Потери через окна	150.4	29.9	263.4	44
Трансмиссионные потери тепла	411.6	100	601.4	100
Вентиляционные потери тепла	130.2		154.3	
Потери тепла	МВт- ч/год	%	МВт- ч/год	%
Тепло электрооборудования	40.2	79	49.7	46.7
Тепло людей	22	43	31.1	29.2
Солнечное излучение	8.6	17	53.6	50.4
Водосточные потери	-20.0	39	-28.1	26.3
Притоки тепла	50.8		106.33	

Однако, предложенная методика рассчитана только на анализ штатных режимов работы и не позволяет провести в полном объеме оценку возможных аварийных ситуаций в системах теплогазоснабжения. Одним из основных параметров при этом является коэффициент аккумуляции тепловой энергии. Определим коэффициенты аккумуляции тепловой энергии $\beta, \text{ч}$ для 2-х зданий, значение которого важно знать для расчета динамики температур в аварийных ситуациях. Определим коэффициенты аккумуляции тепловой энергии $\beta, \text{ч}$ для 2-х зданий, значение которого важно знать для расчета динамики температур в аварийных ситуациях, например при отключении системы отопления или резервном теплоснабжении.

В соответствии с [3,4,5]:

$$\beta = \frac{C \cdot M}{\alpha_n \cdot F}, \text{ ч(1)}$$

C , КДж/кг⁰С- удельная теплоемкость материала ограждения;

M ,кг – масса ограждения;

$\alpha_n - \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{0С}}\right)$ – коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности ограждения для зимних условий;

F ,м²-площадь ограждения;

Уточним размерность,учитывая,что 1 Вт=0,86 ккал/час и 1

КДж=0,239 ккал,тогда:

$$\beta = \frac{0,239 \cdot C \cdot M}{0,86 \cdot \alpha_n \cdot F} = 0,278 \frac{C \cdot M}{\alpha_n \cdot F}, \text{ч} \quad (2)$$

В таблицу 1 приведено отношение наружной поверхности к объему 1-го здания $\frac{F}{V} = 0,39$,поэтому,учитывая,что окна составляют 18,7% поверхности, фактическое соотношение: площадь стен/объем будет $\frac{F}{V} \cdot 0,813 = 0,39 \cdot 0,813 = 0,32$

Для 2-го здания $\frac{F}{V} = 0,4$.Учитывая,что окна составляют 14,1 % поверхности, фактическое соотношение: площадь стен/объем будет $\frac{F}{V} \cdot 0,859 = 0,4 \cdot 0,859 = 0,34$

Получим:

$$\beta = 0,278 \frac{C}{\alpha_n \cdot \frac{M}{F}} = 0,278 \frac{C}{\alpha_n \cdot \frac{V \cdot \rho}{F}} = 0,278 \frac{C \rho}{\alpha_n \cdot \frac{V}{F}} \quad (3)$$

$M = V \cdot \rho$ (ρ =кг/м³-плотность материала)

Определим коэффициент аккумуляции тепловой энергии β для 1-го здания(материал-силикатный кирпич)при:

$C = 0,88$ кдж/кг⁰С; $\rho = 1800$ кг/м³; $\alpha_n = 23$ Вт/м²0С

$$\beta = 0,278 \frac{0,88 \cdot 1800}{23 \cdot 0,32} = 60 \text{ч}$$

Определим коэффициент аккумуляции тепловой энергии β для 2-го здания(материал-керамзитобетон кирпич)при:

$C = 0,84$ кдж/кг⁰С; $\rho = 1200$ кг/м³; $\alpha_n = 23$ Вт/м²0С

$$\beta = 0,278 \frac{0,84 \cdot 1200}{23 \cdot 0,34} = 36 \text{ч}$$

В [3] приводятся следующие значения коэффициента аккумуляции тепловой энергии β :

$\beta = 50$ ч-3-х слойная панель с эффективным утеплителем;

$\beta=70$ ч- панель из керамзитобетона;

$\beta=85$ ч- кирпичная кладка;

Более высокие значения β на 30-50% связаны с дополнительной аккумуляцией тепловой энергии внутренними стенами, чердачным и подвальным перекрытиями, в то время как наш расчет по формуле(3) осуществляется только для наружных ограждений.

Таблица 4

Энергопотребление и потенциал экономии
кирпичных и панельных зданий

Тип зданий	Количество зданий,шт.	Энергетический показатель тепла,кВт-ч/м ² •год		Потребление полезной энергии,ГВт-ч/год		Потенциал экономии энергии	
		фактическое	цель	фактическое	цель	ГВт-ч/год	Тыс. м ³ . природного газа
5-ти этажные панельные	25	130,5	50,4	20,69	8,0	12,69	1250
5-ти этажные кирпичные	7	155,4	42,3	4,66	1,3	3,36	344,6
9-ти этажные панельные	1	113,3	26,16	0,83	0,19	0,64	65,6
9-ти этажные кирпичные	16	143,9	29,9	12,1	2,52	9,58	1148
Суммарные значения				38,28	12,01	26,27	2802,2

Полученные показатели удельного теплового потока (удельного теплопотребления) целесообразно сопоставить с контрольными показателями, рекомендуемыми для подобных зданий Гос.ком.Украины по строительству и архитектуру в 1996 г.:

-[2]г.Харьков(до санации)-0,56 ГДж/м²•год=156 кВт•ч/м² •год

- [2]г.Харьков(после санации)-0,14 ГДж/м²•год=39 кВт•ч/ м²•год

-1-я климатическая зона Украины(>3500 гр-сут.)=0,43 ГДж/м² • год=120 кВт•ч/м² •год

Сравнения этих показателей, безусловно, свидетельствует о целесообразности реконструкции наружных ограждений зданий с целью энергосбережения, что также весьма важно в условиях резервного(дефицитного) теплоснабжения, а также при аварийном отключении системы отопления.

Что касается реального снижения теплопотребления, рекомендуемого Государственным комитетом Украины по строительству и архитектуре, то оно будет равно:

$$\Delta q = \frac{156-120}{156} \cdot 100\% = 23\%$$

Вывод

Были исследованы 4 варианта реконструкции ограждений зданий с использованием пенополистирола (таблица 5). Рассматривались следующие расчетные варианты стен: 1) керамзитобетон($\delta=0,35$ м; $\lambda=0,4$ Вт/(м⁰С); $\rho=1100$ кг/м³);

2) керамзитобетон($\delta=0,4$ м; $\lambda=0,67$ Вт/(м⁰С); $\rho=1600$ кг/м³);

3) силикатный кирпич($\delta=1,5 \times 0,35$ м; $\lambda=0,76$ Вт/(м⁰С); $\rho=1100$ кг/м³);

4) силикатный кирпич ($\delta=2 \times 0,25$ м; $\lambda=0,76$ Вт/(м⁰С); $\rho=1100$ кг/м³);

Таблица 5

Значение термического сопротивления, удельных теплопотерь, коэффициента снижения теплопотерь и температуры на внутренней поверхности реконструируемого ограждения.

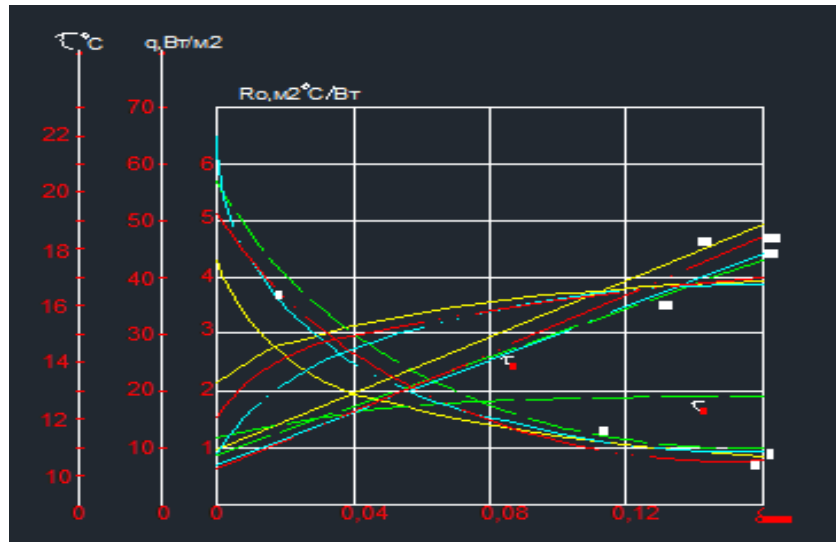
Варианты стен		Тепл.пар.	0	0,04	0,06	0,08	0,1	0,15
1 вариант	Керамзитобетон	$R_0, \text{ м}^2); ^\circ\text{C}$	0,96	1,93	2,42	2,91	3,4	4,6
	$\delta=0,35$ м	$q, \text{ Вт/м}^2$	43	21,3	16,8	14,0	12,6	9,35
	$\lambda=0,4$ Вт/(м ⁰ С);	ϵ	1	2,0	2,5	3,1	3,4	4,6
	$\rho=1100$ кг/м ³);	$T_{в}, ^\circ\text{C}$	13,1	15,5	16,0	16,4	16,6	17,0
2 вариант	Керамзитобетон	$R_0, \text{ м}^2 ^\circ\text{C}$	0,76	1,73	2,22	2,7	3,2	4,4

	$\delta=0,4$ м	$q, \text{Вт/м}^2$	56,8	24,8	18,6	15,9	12,85	9,5
	$\lambda=0,67$ $\text{Вт/(м}^0\text{C)};$	ϵ	1	2,3	3,0	3,51	4,4	6,0
	$\rho=160$ кг/м^3	$T_{\text{в}}, ^0\text{C}$	11,8	15,3	15,9	16,2	16,5	16,9
3 вариант	Силикатный кирпич	$R_0, \text{м}^2\text{}^0\text{C}$	0,66	1,63	212	2,6	3,09	4,32
	$\delta=1,5 \times 0,25$ м	$q, \text{Вт/м}^2$	64,9	26,4	20,5	16,5	13,9	10
	$\lambda=0,76$ $\text{Вт/(м}^0\text{C)};$	ϵ	1	2,46	3,2	3,9	4,7	6,5
	$\rho=1800$ кг/м^3	$T_{\text{в}}, ^0\text{C}$	10,9	15,1	15,7	16,2	16,5	16,9
4 вариант	Силикатный кирпич	$R_0, \text{м}^2\text{}^0\text{C}$	0,83	1,8	2,29	2,8	3,27	4,48
	$\delta=2 \times 0,25$ м	$q, \text{Вт/м}^2$	52,0	23,9	18,9	15,4	13,2	9,6
	$\lambda=0,76$ Вт/ $(\text{м}^0\text{C)};$	ϵ	1	2,2	2,7	3,4	3,94	5,4
	$\rho=1800$ кг/м^3	$T_{\text{в}}, ^0\text{C}$	12,3	15,4	15,9	16,3	16,6	16,9

Анализ полученных результатов показал, что устройство дополнительного внешнего слоя утеплителя из пенополистирола толщиной $\delta=0.04-0.06$ м дает возможность: а)получить нормативные значения сопротивления теплопередаче для наружных ограждений в 1-й и 2-й климатических зонах Украины; б)снизить теплопотери в 2,5-3 раза; в)обеспечить достаточно высокую (комфортную) температуру на внутренней поверхности $T_{\text{в}}=16^0\text{C}$ (при $t_{\text{н}}=-23^0\text{C}$). Дальнейшее увеличение толщины утеплителя до 0,15 м приводит к повышению температуры на внутренней поверхности ограждения всего на 1^0C ,но теплопотери при этом снижаются в 4,5-6,5 раз.

Приводим графики зависимости термического сопротивления, удельных теплопотерь и температуры на внутренней поверхности реконструируемого ограждения от толщины утеплителя.

- _____ -керамзитобетон, $\delta_{\text{кер.}}=0,35\text{м}$
- - - - - керамзитобетон, $\delta_{\text{кер.}}=0,4\text{м}$
- силикатный кирпич, $\delta_{\text{кирп.}}=1,5 \times 0,25\text{ м}$
- силикатный кирпич, $\delta_{\text{кирп.}}=2 \times 0,25\text{ м}$



Используемая литература

1. Данилов М.П. Строительная теплофизика в задачах, примерах и рекомендациях. - Днепропетровск: РИО ПГАСА, 2002. - 214 с.
2. Маляренко В.А., Орлова Н.А. Энергосберегающий потенциал в жилом фонде города Харьова // Интегрированные технологии и энергосбережение. - 2003. - №4. с 36-40.
3. Кононович Ю.В. Тепловой режим зданий массовой застройки. - М.: Стройиздат, 1986. - 158 с.
4. Данилов М.П., Григорьев Л.Н., Мерещук А.В. Теплоустойчивость и тепловой режим зданий, инженерных коммуникаций
5. Дроздов В.Ф. Отопление. - М.: «Высшая школа», 1976. - 280 с.
6. ДБН В.2.6-31:2006 Теплова ізоляція будівель, К.: Мінбуд України, 2006. - 71 с.
7. СНиП 2.04.05-91 У. Отопление, вентиляция и кондиционирование. - К: Гос.ком. Украины по градостроительству и архитектуре.