



Empowered lives.  
Resilient nations.



Проект ПРООН/ГЭФ «Повышение энергетической  
эффективности жилых зданий  
в Республике Беларусь»

Семинар-тренинг 4-5 декабря 2014 года  
«Выполнение энергетического обследования жилых зданий»

# **Составление энергетического паспорта здания. Определение класса энергетической эффективности**

Ирина Анатольевна Терехова

ведущий научный сотрудник Государственного предприятия  
«ИНСТИТУТ ЖИЛИЩА - НИПТИС ИМ. АТАЕВА С.С.»

# Содержание

- Разделы теплоэнергетического паспорта здания в соответствии с ТКП 45-2.04-196-2010
- Порядок заполнения ТЭП эксплуатируемого жилого здания. Геометрические и теплотехнические характеристики
- Порядок заполнения ТЭП эксплуатируемого жилого здания. Теплоэнергетические характеристики
- Определение класса здания

# Энергетический паспорт здания в Республике Беларусь

- Содержит расчетные геометрические, теплотехнические, энергетические характеристики здания
- Входит в состав проектной документации
- Контролируется государственной экспертизой

# Разделы теплоэнергетического паспорта

Общая информация

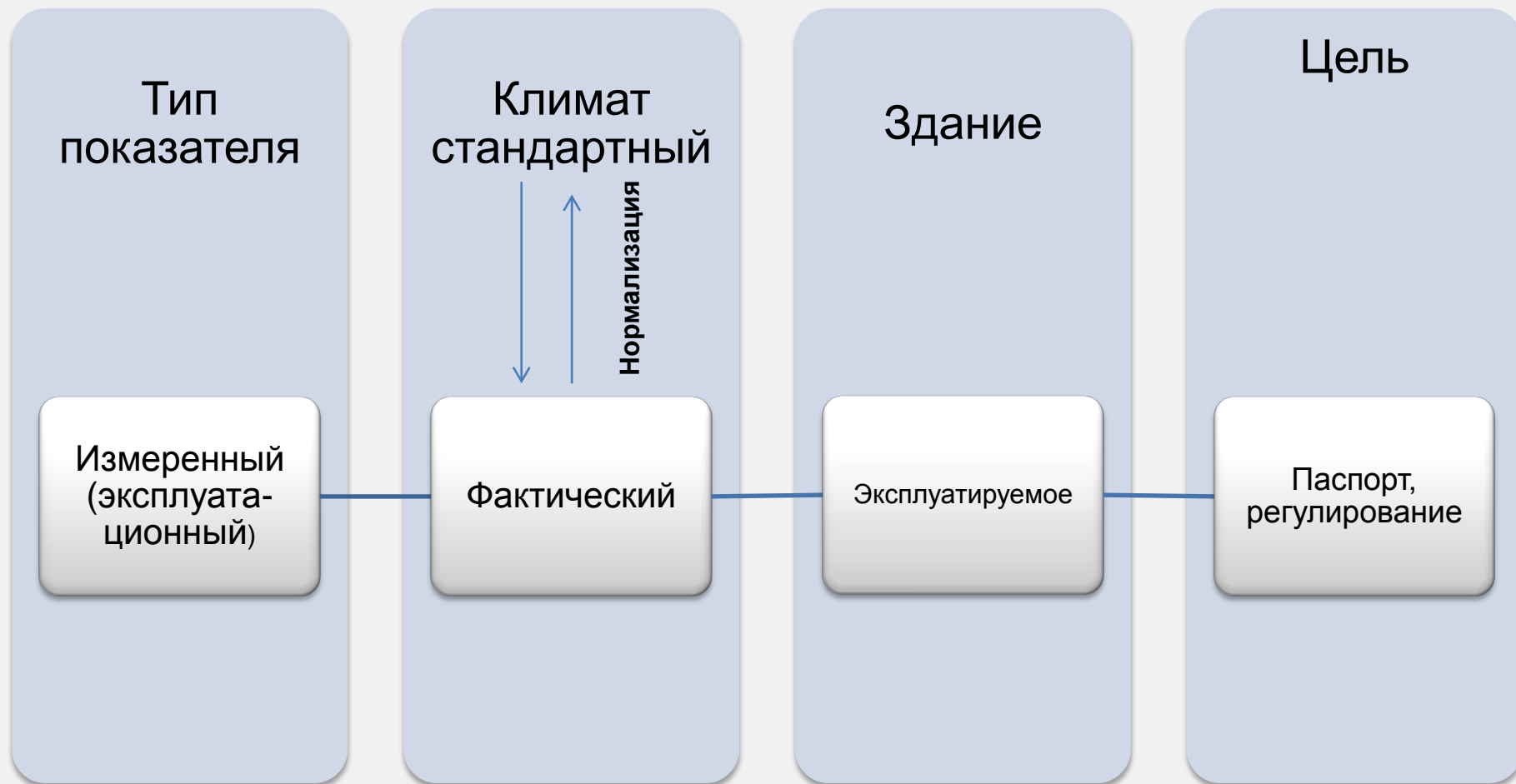
Расчетные условия

Функциональное назначение, тип и конструктивное решение здания

Геометрические и теплоэнергетические показатели

Комплексные показатели

# Измеренные показатели



# Теплоэнергетический паспорт здания.

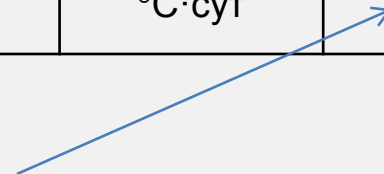
## Общая информация

Дата заполнения (число, месяц, год)	✓ ..
Адрес здания	✓ ..
Разработчик проекта	✓ ..
Адрес и телефон разработчика	✓ .. (разработчика проекта здания)
Шифр проекта	✓ ..

# Теплоэнергетический паспорт здания.

## Расчетные условия

Наименование расчетных параметров	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
1 Расчетная температура внутреннего воздуха	$t_{int}$	°C	<b>18</b>
2 Расчетная температура наружного воздуха	$t_{ext}$	°C	<b>-24</b>
3 Расчетная температура воздуха теплого чердака	$t_c$	°C	<b>14</b>
4 Продолжительность отопительного периода	$Z_{ht}$	сут	<b>198</b>
5 Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{ht}$	°C	<b>-0,1</b>
6 Градусо-сутки отопительного периода	$D_d$	°C·сут	<b>3584</b>

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) \cdot Z_{ht}$$


# Функциональное назначение, тип и конструктивное решение здания

7 Назначение	Жилое
8 Размещение в застройке	Отдельно стоящее (пристроенное и др.)
9 Тип	Многоэтажное
10 Конструктивное решение	Кирпичное (панельное, каркасное)




# Геометрические и теплоэнергетические характеристики здания

Наименование показателя	Обозначение и единица измерения	Нормативное значение	Расчетное (проектное) значение	Фактическое значение
<b>Геометрические показатели</b>				
11 Общая площадь внутренних поверхностей наружных ограждающих конструкций здания, в том числе:	$m^2$ $A_e^{sum}$ ,	—		<i>По результатам обмеров или на основании рабочих чертежей проекта здания и другие конструкции, не указанные в форме ТКП 196</i>
наружных стен	$m^2$	—		
окон и балконных дверей	$m^2$	—		
витражей	$m^2$	—		
фонарей	$m^2$	—		
наружных дверей и ворот	$m^2$	—		
.....				

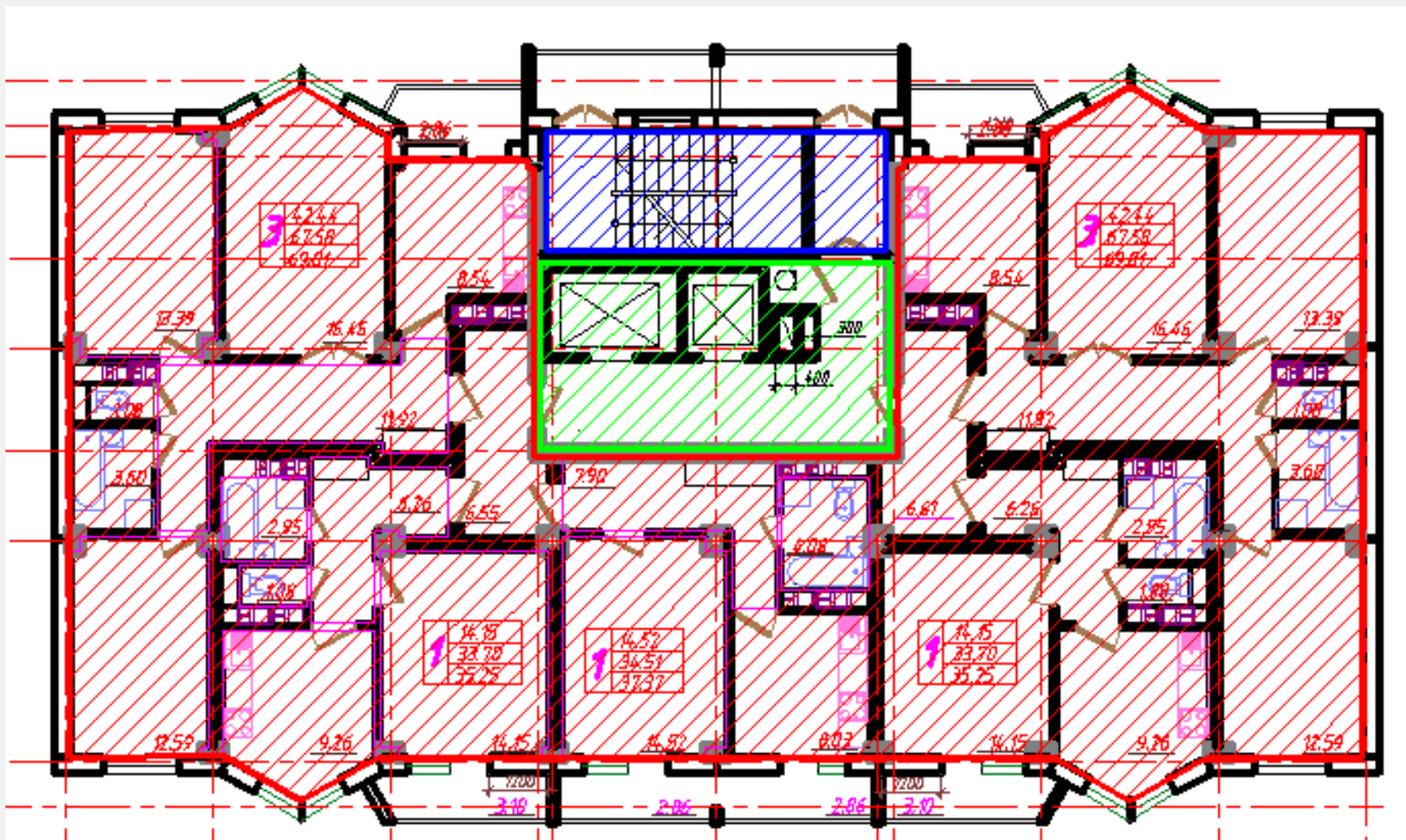
# Геометрические показатели

12	Площадь квартир	$A_i$ , м <sup>2</sup>	—	*отапливаемая площадь По паспорту здания
13	Площадь жилых помещений	$A_l$ , м <sup>2</sup>	—	
14	Расчетная площадь (общественных зданий)	$A_h$ , м <sup>2</sup>	—	
15	Отапливаемый объем	$V_h$ , м <sup>3</sup>	—	По отапливаемой площади и высоте этажа
16	Коэффициент остекленности фасада здания	$f$		
17	Показатель компактности здания	$k_e^{des}$		



$$k_e^{des} = \frac{A_e^{sum}}{V_h},$$

# Геометрические показатели




# Теплоэнергетические показатели


Теплотехнические показатели				
18 Приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций:	$R_{\Sigma}^0, \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$			
наружных стен	$R_{\Sigma w}^0$			<i>Указывают R фактическое</i>
окон, балконных дверей и фонарей	$R_{\Sigma e}^0$			
вitraжей	$R_{\Sigma f}^0$			
входных дверей и ворот	$R_{\Sigma d}^0$			
покрытий, чердачных перекрытий (холодных чердаков)	$R_{\Sigma z}^0$			
перекрытий теплых чердаков (включая покрытие)	$R_{\Sigma z}^0$			
перекрытий над неотапливаемыми подвалами или подпольями	$R_{\Sigma i}^0$			
перекрытий над проездами и под эркерами	$R_{\Sigma i}^0$			
пола по грунту	$R_{\Sigma i}^0$			<i>Расчет</i>
19 Приведенный коэффициент теплопередачи здания	$K_m^0, \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	—		<i>Расчет</i>
20 Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период	$n_s, \text{ ч}^{-1}$			<i>Расчет</i>
21 Условный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплопотери за счет инфильтрации и вентиляции	$K_m^{int}, \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	—		-

# Общий приведенный коэффициент теплопередачи здания

Наименование показателя	Обозначение и единица измерения	Нормативное значение	Расчетное (проектное) значение	Фактическое значение
22 Общий приведенный коэффициент теплопередачи здания	$K_m$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)	—		

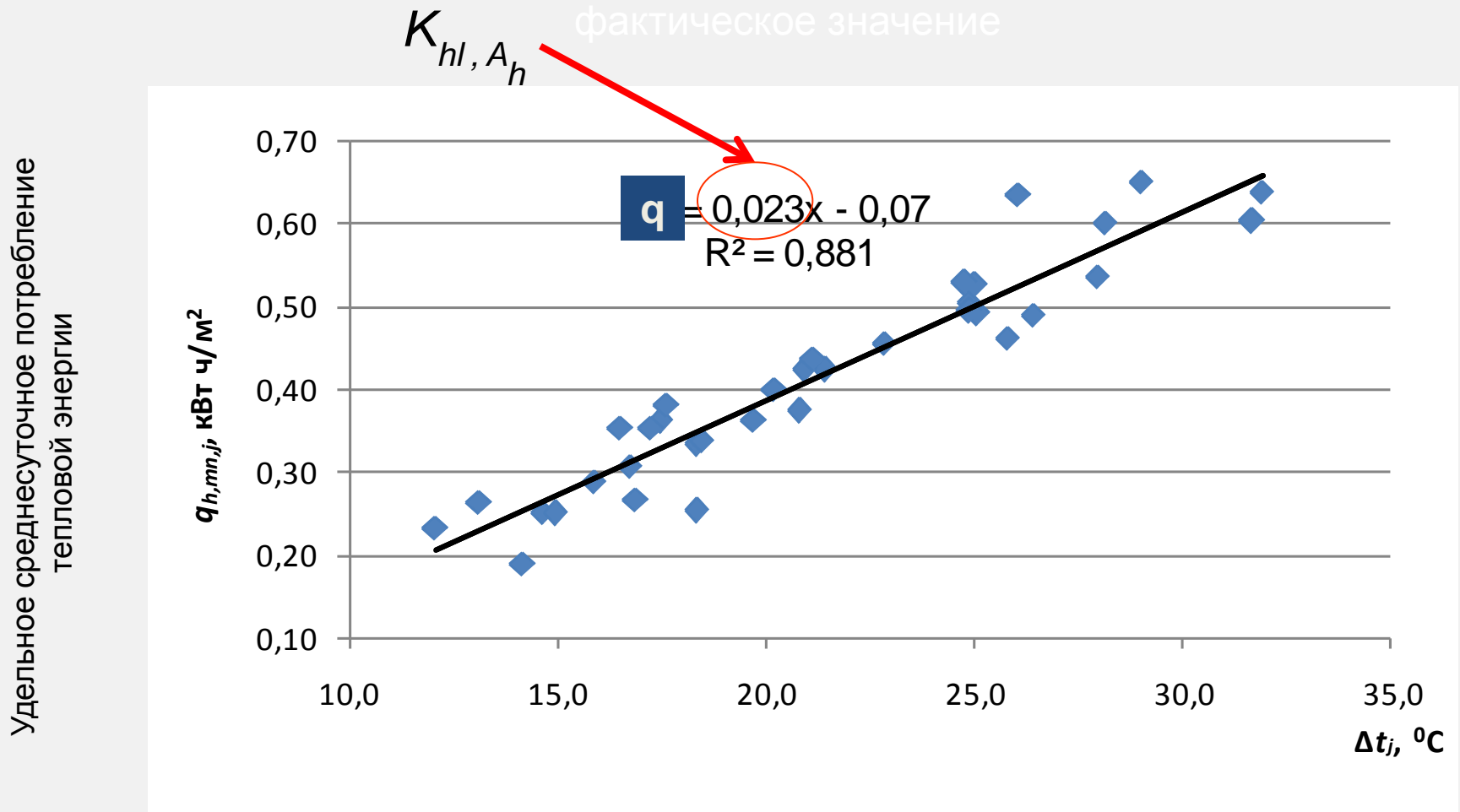
$$K_m = K_{hl} \frac{A_h}{A_{sum}}$$


*Указывают фактическое значение*



Показатель удельных теплотерь, определяют по фактическому потреблению тепловой энергии

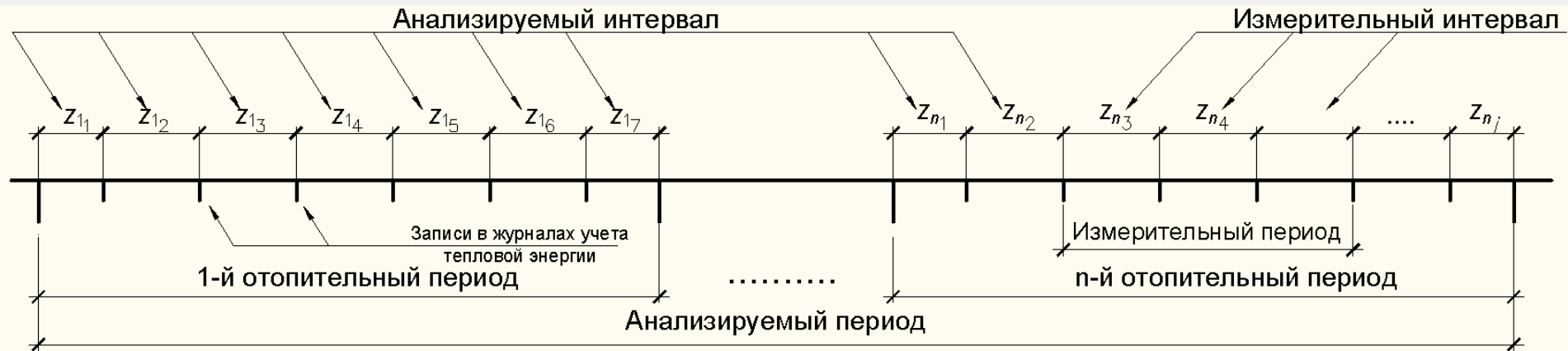
# Показатель удельных теплотерь



$$Q_{h, mn, j} = \frac{1163 \cdot \left[ (Q_{h, i+1} - Q_{h, i}) + Q_{hw(circ), j} \right]}{z_j}$$

Циркуляция ГВС

# Схема анализируемого периода



Прошлые отопительные периоды

$q_{hj}$ ,  $t_{extj}$

Текущий отопительный период

$t_{intmn}$ ,  $\Delta t_{htmn}$ ,  $q_{hj}$ ,  $t_{extj}$

# Порядок реализации метода





# Среднесуточное количество потребленной тепловой энергии на ОВ

$$Q_{h,mn,j} = \frac{1163 \cdot [(Q_{h,i+1} - Q_{h,i}) + Q_{hw(circ),j}]}{z_j}$$

Показания прибора учета здания

Температура и объем горячей воды

$$Q_{hw(circ),j} = Q_{hw,hw(circ),j} - Q_{hw,j}$$

Количество теплоты на ОВ и ГВС по прибору учета

Количество теплоты на ГВС (чистое)

$$t_{hw,mn(V),j} = \frac{\sum_{i=1}^n V_{hw,i} \cdot t_{hw,i}}{\sum_{i=1}^n V_{hw,i}}$$

# Определение показателя удельных теплопотерь. Формы таблиц

Таблица А.2 – Температура воздуха в квартирах

Дата измерений	Время суток, ч	Номер шахты	Мгновенное значение температуры воздуха, $t_{int,app,i}$ , °C	Среднее значение температуры воздуха за $j$ -й измерительный интервал, $t_{int,mn,app,i}$ , °C	Среднее значение температуры воздуха за измерительный период, $t_{int,mn(zl),app,p}$ , °C
12.02.2013	8:24	1	20,00	24,26	22,24
	9:09	1	18,50		
	9:54	1	18,50		
17.04.2013	1:39	1			
	2:24	1			

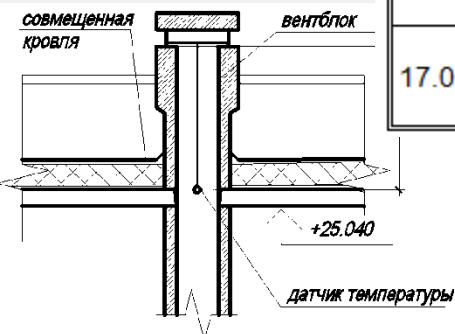
Данные измерений заносят в таблицы для последующей обработки

Таблица А.3 – Температура воздуха в ЛПУ

Дата измерений	Время суток, ч	Номер		Мгновенное значение температуры воздуха, $t_{int,sl}$ , °C	Среднее значение температуры воздуха за $j$ -й измерительный интервал, $t_{int,mn,sl}$ , °C	Среднее значение температуры воздуха за измерительный период, $t_{int,mn(zl),sl,p}$ , °C
		подъезда	этажа			
12.02.2013	8:24	1	3	21,00		
	9:09					
	9:54					
17.04.2013	6:09					
	6:54					
	7:39					

Таблица А.4 – Температура наружного воздуха

Дата измерений	Время суток, ч	Мгновенное значение температуры воздуха, $t_{ext,i}$ , °C	Среднесуточное значение температуры за $j$ -й интервал, $t_{ext,mn,day}$ , °C	Среднее значение температуры воздуха за $j$ -й интервал, $t_{ext,i}$ , °C
19.10.2008	0	4,80	6,40	6,71
	3	4,90		
	6	5,30		
29.10.2008	15	11,40	7,66	6,71
	18	7,70		
	21	7,10		



# Определение показателя удельных теплопотерь. Формы таблиц

Таблица А.5 – Температура воздуха

Отопительный период	номер j-го интервала	Температура воздуха в квартирах		Температура воздуха в ЛЛУ		Средняя температура воздуха в здании, $t_{int}$ , °C	Среднее значение температуры наружного воздуха за j-й интервал, $t_{ext,j}$ , °C	Перепад температуры внутреннего воздуха в здании и наружного воздуха, $\Delta t_i$ , °C
		Среднее значение температуры воздуха за измерительный период, $t_{int,mn(z_j),app,p}$ , °C	Отапливаемый объем, $V_{h,app}$ , М <sup>3</sup>	Среднее значение температуры воздуха за измерительный период, $t_{int,mn(z_j),st,p}$	Отапливаемый объем, $V_{h,st}$ , М <sup>3</sup>			
2008-2009	1	21,24	23072	17,77	3488	20,78	6,7	14,1
	2						2,5	18,3
	3						-0,6	21,4
	4						-4,1	24,8
	5						-4,3	25,0
	6						0,0	20,7
	7						7,7	13,1
2009-2010	8	21,24	23072	17,77	3488	20,78	4,9	15,9
	9						3,3	17,5
	10						-4,2	25,0
	11						-10,9	31,7
	12						-5,2	26,0
	13						-0,1	20,9
	14						8,7	12,1

Месяцы отопительного периода

$$t_{int} = t_{int,mn(V),build,p} = \frac{t_{int,mn,(z_j),app,p} \cdot V_{h,app} + t_{int,mn,(z_j),st,p} \cdot V_{h,st}}{V_h}$$

# Определение показателя удельных теплопотерь. Формы таблиц

Таблица А.6 - Температура воды, количество тепловой энергии на ГВС и ОВ для зданий, оборудованных приборами общего учета тепловой энергии

Отопительный период	номер j-го интервала	Дата измерений	Мгновенное значение температуры, °С воды в трубопроводах		Показание прибора учета расхода холодной воды в системе ГВС, м³		Объем подогретой воды в системе горячего водоснабжения $V_{огв}$ , м³	Среднее взвешенное значение температуры холодной воды за j-й интервал, $t_{сх,инт,j}$ , °С	Среднее взвешенное значение температуры горячей воды за j-й интервал, $t_{гх,инт,j}$ , °С	Показания прибора учета тепловой энергии по зданию $Q_{h,hw,i}$ , Гкал		Разница показаний прибора учета тепловой энергии по зданию, $Q_{h,hw,j}$ , Гкал	Количество тепловой энергии, затраченной на подогрев горячей воды за j-й интервал, $Q_{hw,j}$ , Гкал	Количество тепловой энергии на ОВ здания за j-й интервал, $Q_{ов,j}$ , Гкал
			Холодной воды $t_{ох}$	Горячей воды $t_{ог}$	предыдущее	мгновенное				в начале j-го интервала	в конце j-го интервала			
2008-2009	1	-	5	55	-	-	290	5	55	921	954	33,0	14,5	18,5
	2	-	5	55	-	-	699	5	55	954	1068	114,0	35,0	79,0
	3	-	5	55	-	-	768	5	55	1068	1217	149,0	38,4	110,6
	4	-	5	55	-	-	739	5	55	1217	1382	165,0	37,0	128,0
	5	-	5	55	-	-	675	5	55	1382	1528	146,0	33,8	112,2
	6	-	5	55	-	-	767	5	55	1528	1664	136,0	38,4	97,6
	7	-	5	55	-	-	262	5	55	1664	1698	34,0	13,1	20,9
0	8	-	5	55	-	-	440	5	55	1895	1964	69,0	22,0	47,0
	9	-	5	55	-	-	692	5	55	1964	2093	129,0	34,6	94,4

По данным записей в журнале учета тепловой энергии

# Определение показателя удельных теплопотерь. Исходные данные

Таблица А.7 - Исходные данные для определения показателя удельных теплопотерь здания

Отопительный период	$j$ -й интервал	Количество суток	Перепад температуры $\Delta t = t_{int} - t_{ext,j}$ °C	Количество тепловой энергии на ОВ здания за $j$ -й интервал, $Q_{h,j}$ Гкал	Количество тепловой энергии на ОВ здания за $j$ -й интервал, $Q_{h,j}$ кВт·ч	Удельное среднесуточное энергопотребление здания на ОВ за $j$ -й интервал, $q_{h,mn,j}$ кВт·ч/м <sup>2</sup>	$\Delta t_j^2$	$\Delta t_j \cdot q_{h,mn,j}$
2008-2009	1	12	14,1	18,5	21511,8	0,19	198,81	2,68
	2	29	18,3	79,0	91861,2	0,33	334,89	6,04
	3	32	21,4	110,6	128605,7	0,42	457,96	8,99
	4	31	24,8	128,0	148838,4	0,50	615,04	12,40
	5	28	25,0	112,2	130466,2	0,49	625,00	12,25
	6	32	20,7	97,6	113489,3	0,37	428,49	7,66
	7	11	13,1	20,9	24302,5	0,23	171,61	3,01
2009-2010	8	20	15,9	47,0	54651,6	0,29	252,81	4,61
	9	32	17,5	94,4	109768,3	0,36	306,25	6,30
	10	28	25,0	120,1	139652,3	0,52	625,00	13,00
	11	31	31,7	152,6	177443,3	0,60	1004,89	19,02
	12	29	26,0	150,6	175117,7	0,63	676,00	16,38
	13	32	20,9	110,6	128605,7	0,42	436,81	8,78
	14	17	12,1	32,2	37442,2	0,23	146,41	2,78
	15	25	16,8	50,0	60651,7	0,20	282,24	4,87

# Определение фактического общего приведенного коэффициента теплопередачи здания

Таблица А.8 - Результаты расчета показателя удельных теплопотерь здания

Величина	$\overline{\Delta t_j}$	$\overline{\Delta t_j \cdot q_{h,v,mn,j}}$	$\overline{\Delta t_j^2}$	$\overline{\Delta t_j^2}$	$\overline{q_{h,v,mn,j}}$	Показатель удельных теплопотерь здания, $K_{hl,A_h}$ кВт·ч/(м <sup>2</sup> ·°С)	Удельные среднесуточные теплопоступления в здание, $q_{int,s,A_h}$ , кВт·ч/м <sup>2</sup>
Значение	21,140	9,316	446,90	474,19	0,4109	0,023	-0,077

$$K_{hl,A_h} = \frac{\overline{\Delta t_j \cdot q_{h,mn,j}} - \overline{\Delta t_j} \cdot \overline{q_{h,mn,j}}}{\overline{\Delta t_j^2} - \overline{\Delta t_j}^2} \quad \text{Показатель удельных теплопотерь}$$

$$K_m^a = K_{hl,A_h} \cdot \frac{A_h}{A_e^{sum}} \cdot \frac{1000}{24}$$

Общий приведенный коэффициент теплопередачи здания

# Корректировка на нормализованные условия

Фактическое значение общего к-та теплопередачи

$$K_m = K_{hl} \frac{A_h}{A_{sum}}$$

Нормализованные теплотери здания

$$Q_h = K_m \cdot \Sigma A_i \cdot D_d$$

Фактическое значение

Расчетное значение

$$Q_h^y = (Q_h + \zeta \cdot v \cdot (Q_{int} + Q_s)) \cdot \beta_h$$

Нормализованные  
теплотери

Расчетные  
теплоступления

# Расчетные теплопоступления в здание

За счет солнечной радиации

$$Q_s = 0,28 \cdot \tau_{Fk} \cdot (A_{F1} I_1 + A_{F2} I_2 + A_{F3} I_3 + A_{F4} I_4),$$

*Площади и солнечная радиация по ориентации окон*

За счет бытовых теплопоступлений

$$Q_{int} = 0,024 \cdot (A_l + A_k) \cdot q_{int} \cdot z_{ht}$$

*Жилая площадь и площадь кухонь*

*Удельные бытовые теплопоступления,  
9-3 Вт/м<sup>2</sup>*



# Определение класса здания

$$q_h^a = \frac{Q_h^y}{A_h} \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$$

*\*Оценка погрешности*

$$per = \frac{q_h^a - q_h^{req}}{q_h^{req}} \cdot 100\%$$

Обозначение класса здания	Наименование класса здания	Отклонение значений $q_h^{act}$ (расчетных или фактических) от значений, $q_h^{req}$ (по таблице 2 и 6.3.2*)
A+	Очень высокий	Св. -30 до -100 <u>включ.</u>
A		Св. -20 до -30 <u>включ.</u>
B	Высокий	Св. -10 до -20 <u>включ.</u>
C	Нормальный	Св. +10 до -10 <u>включ.</u>
D	Пониженный	Св. +10,1 до +50 <u>включ.</u>
E	Низкий	Св. +50 до +125 <u>включ.</u>
F	Очень низкий	Св. +125

Оформление теплоэнергетического паспорта здания

Р 1.04. .2013 Рекомендации по составлению теплоэнергетического паспорта эксплуатируемых и проектируемых жилых и общественных зданий

### Комплексные показатели

Показатель	Обозначение показателя и единица измерения	Нормативное значение показателя	Фактическое значение показателя
30 Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания	$q_n^{рас}$ , Дж/м <sup>2</sup> МДж/м <sup>3</sup>		<i>Заполняют графу «фактические значения»</i>
31 Нормативный удельный расход тепловой энергии на отопление здания	$q_n^{норм}$ , МДж/м <sup>2</sup> МДж/м <sup>3</sup>		
32 Класс энергетической эффективности			
33 Соответствует ли проект здания нормативному требованию			
34 Указания о необходимости доработки проекта здания			

### Указания по повышению энергетической эффективности

35 Рекомендуется:	
36 Паспорт заполнен	
Организация	
Адрес и телефон	
Ответственный исполнитель	

*В случае несоответствия удельного расхода тепловой энергии на отопление здания нормативному значению, в разделе 35 теплоэнергетического паспорта приводят рекомендации для достижения требуемого класса здания.*

**Спасибо за внимание!**