

ПРООН/ГЭФ
Проект №00077154

«Повышение энергетической эффективности жилых зданий
в Республике Беларусь»

Отчет
Пространственно-планировочные решения для зданий

Исполнитель,
Эксперт по вопросам энергетической
эффективности в зданиях

Л. Н. Данилевский.

Минск, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

стр.

Введение.....	3
1 Экспериментальное здание для г. Гродно.....	4
2 Характеристики экспериментального здания серии 111-90 МАПИД в г. Минске.....	11
Заключение.	15

Введение

Основываясь на достигнутых результатах, в данном отчете предложены и обоснована пространственно-планировочные решения экспериментальных зданий для г. Гродно, и для г. Минска, основываясь на принципах проектирования с учетом комплексных интегрированных энергетических характеристик зданий и принимая во внимание применимые технологии и подходы в улучшении энергоэффективности.

1 Экспериментальное здание для г. Гродно.

В таблице 1 представлены основные технико-экономические показатели здания в г. Гродно. В Гродно будет построен жилой дом, наружные ограждающие конструкции которого будут выполнены из силикатных блоков. Целевым показателем для этого здания будет поставлено условие: удельный уровень необходимой тепловой энергии для отопления не должен превышать 25 кВтч/м^2 за отопительный сезон, что соответствует для 10 – этажных зданий классу A^+ в соответствии с ТКП «Тепловая защита зданий». Для достижения указанного класса по потреблению тепловой энергии на отопление и вентиляцию здание должно иметь высокую компактность, достаточное утепление, энергоэффективные окна и должно быть оборудовано принудительной приточно-вытяжной вентиляцией с рекуперацией тепловой энергии вытяжного воздуха. Климатические условия для г. Гродно:

- Минимальная температура наружного воздуха : -22°C ;
- Средняя в отопительном сезоне температура: 0°C ;
- Средняя длительность отопительного сезона: 195 суток.

В таблицах 2 и 3 приведены результаты упрощенного расчета значения мощности источника тепловой энергии, необходимого для отопления здания в экстремальных условиях при естественной и механической вентиляции с рекуперацией теплоты вентиляционных выбросов. Расчет выполнялся по формуле:

$$q = (T_0 - T_{ex}) \left(\sum_{i=1}^N \frac{S_i}{R_i} + \rho c V / 3600 \right) - k \cdot q_i \cdot S_{ot}, \quad (1)$$

где q - мощности источника тепловой энергии, Вт

$T_0 = 18^{\circ}\text{C}$ и T_{ex} – температура в помещении и температура холодной пятидневки, соответственно, $^{\circ}\text{C}$;

S_i – площадь i -ой-ограждающей конструкции, м^2 ;

R_i – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

ρ – плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$;

V – уровень воздухообмена, $\text{м}^3/\text{час}$;

c – теплоемкость воздуха, $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$;

$k = 0,85$; q_i – удельная мощность внутренних источников теплоты, $\text{Вт}/\text{м}^2$.

$S_{\text{от}}$ – отапливаемая площадь здания.

Система отопления должна быть рассчитана на худший вариант, когда по каким-то причинам, например, при аварии в энергосети и отсутствии электрической энергии, система рекуперации тепловой энергии не будет работать.

Таблица 1.

Основные технико-экономические показатели	120-ти квартирный жилой дом, 10-этажный, 3х секционный с набором квартир: -2х комнатные – 80; -3х комнатные – 40; Общая площадь здания 103 80 м^2 ; Площадь жилых помещений 3956 м^2 ; Площадь кухонь 1231 м^2 ; Отапливаемый объем здания 28362 м^3 ; Отапливаемая площадь здания 10380 м^2 ; Высота здания 28 м; Компактность 0.36				
Ограждающие конструкции	A_i , м^2	R_i , $\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$	Максимальные теплотери, Вт	R_i , $\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$	Максимальные теплотери, Вт
Наружные стены	4217	3,2	45425	5,0	29072
ОК и БД	1034	1	41360	1	41360
ДН	22	0,6	1467	0,6	1467
Чердачное перекрытие	1028	6	6853	6	6853
Перекрытие над техподпольем	1044	2,5	16704	2,5	16704
Итого			111809		95456

Таблица 2 Общая тепловая нагрузка при естественной вентиляции

Наименование	Величина, Вт	
	При Rстен =3,2 м ² °C/Вт	При Rстен =5 м ² °C/Вт
Потери через ограждения	111809	95456
Инfiltrация, м ³ /час	11868	11868
Потери с воздухообменом	158240	158240
Теплопоступления	63837	63837
Итого,	206212	196963

Таблица 3 Общая тепловая нагрузка с учетом рекуперации с η=0,6

Наименование	Величина, Вт	
	При Rстен =3,2 м ² °C/Вт	При Rстен =5 м ² °C/Вт
Потери через ограждения	111809	95456
Инfiltrация, м ³ /час	11868	11868
Потери с воздухообменом (механическая система вентиляции с рекуперацией тепловой энергии, кпд=60%)	31648	39032
Теплопоступления	63837	63837
Итого,	79620	70651

В таблице 4 приведен расчет удельных теплотехнических характеристик здания для двух значений мощности внутренних источников теплоты в здании: 6 Вт/м² и 4 Вт/м². Расчет выполнялся по формуле:

$$Q = \frac{24Z}{1000S_{ot}} \cdot \left(\sum_{i=1}^N \frac{S_i}{R_i} + \rho c V / 3600 - k \cdot (q_i + q_s) \cdot S_{ot} \right) \quad (2)$$

Где Z – количество градусосуток отопительного сезона, °C*сутки.

q_s – удельная мощность солнечной радиации в здании, Вт/м².

Первый случай близок к нормативно установленному значению, второй составляет 2/3 нормативного значения. Поскольку здание новое, плотность заселения в нем будет меньше, чем среднее по стране, на основе которого устанавливалось нормативное значение мощности внутренних источников теплоты. Поэтому удельное потребление тепловой энергии на отопление в

отопительном сезоне составит около 21 кВт-ч/м² в год при сопротивлении теплопередаче наружных ограждающих конструкций, равном 3,2 м² °С/Вт или 17 кВт-ч/м² в год при сопротивлении теплопередаче ограждающих конструкций 5 м² °С/Вт. Окончательное решение будет принято после выполнения экономических расчетов.

Таблица 4 Теплотехнические характеристики здания при средних температурных условиях

Наименование	Тепловая энергия			
	При Rстен =3,2 м ² °С/Вт		При Rстен =5 м ² °С/Вт	
	Общее, кВт-ч	Удельное, кВтч/м ² в год	Общее, кВт-ч	Удельное, кВтч/м ² в год
Потери через ограждения	250817	24	210852,7	20,31336
Инфильтрация, м ³ /час	11868		11868	
Потери с воздухообменом (Механическая система вентиляции с рекуперацией тепловой энергии, КПД=60%)	133301,37	12,97	133301,4	12,97
Теплопоступления 6 Вт/м ²	298757,16	28,782	298757,2	28,782
Итого,	130175	12,68	45397	8,83
Теплопоступления 3 Вт/м ²	298757,16	28,782	298757,2	28,782
Итого,	130175	12,68	45397	8,83
Теплопоступления 4 Вт/м ²	214822,88	20,8334	287501	16,98

На рис. 1 представлен план цокольного этажа здания с указанием расположения фундаментных свай. На рисунке представлен план прямоугольной проекции здания без выступающих элементов.

На рис. 2 приведены планировочные решения первого этажа здания.

На рис. 3 приведены планировочные решения для типового этажа здания.

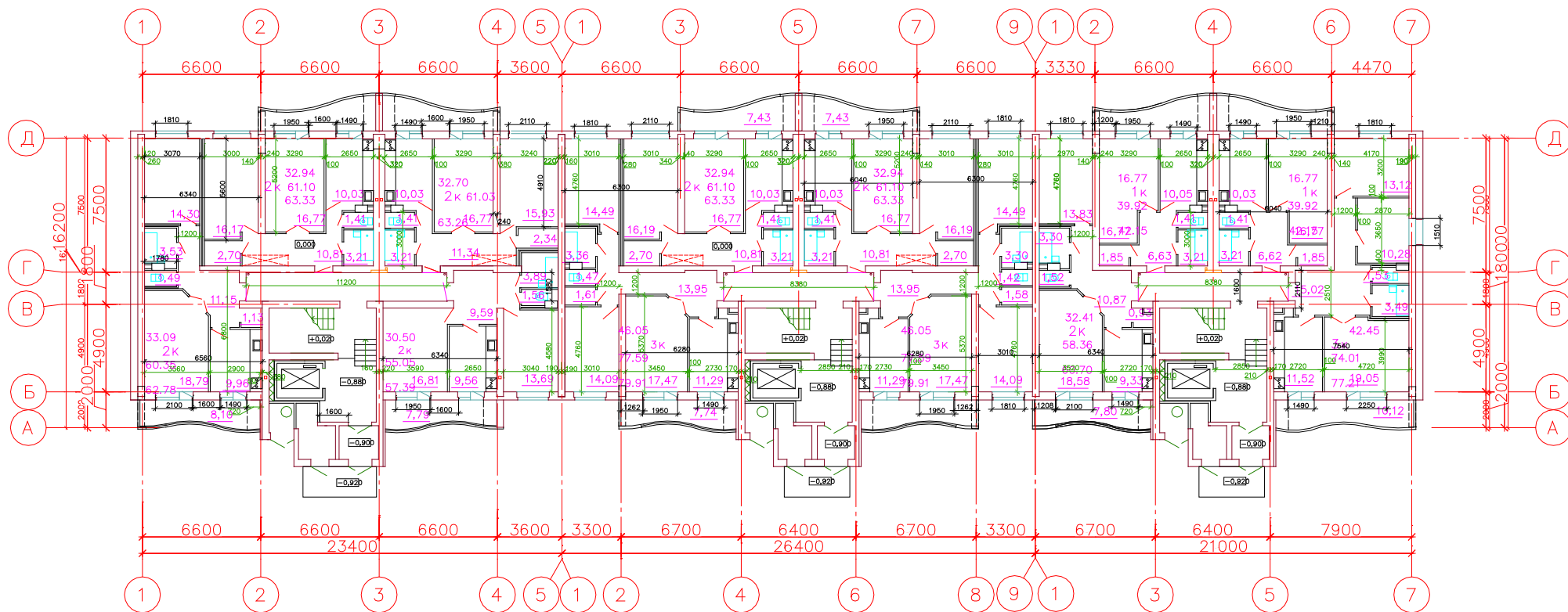


Рисунок 2. План первого этажа здания

2 Характеристики экспериментального здания серии 111-90 МАПИД в г. Минске.

Целевым показателем для этого здания будет поставлено условие: удельный уровень необходимой тепловой энергии для отопления не должен превышать $25 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ за отопительный сезон, что соответствует для классу A^+ в соответствии с ТКП «Тепловая защита зданий». Для достижения указанного класса по потреблению тепловой энергии на отопление и вентиляцию здание должно иметь высокую компактность, достаточное утепление, энергоэффективные окна и должно быть оборудовано принудительной приточно-вытяжной вентиляцией с рекуперацией тепловой энергии вытяжного воздуха.

Климатические условия для г. Минска:

- Минимальная температура наружного воздуха : -24°C ;
- Средняя в отопительном сезоне температура: $-0,9^\circ\text{C}$;
- Средняя длительность отопительного сезона: 199 суток.

В таблице 5 представлены характеристики ограждающих конструкций здания.

В таблице 8 приведен расчет удельных теплотехнических характеристик здания для двух значений мощности внутренних источников теплоты в здании: $6 \text{ Вт}/\text{м}^2$ и $4 \text{ Вт}/\text{м}^2$. Первый случай близок к нормативно установленному значению, второй составляет $2/3$ нормативного значения. Поскольку здание новое, плотность заселения в нем будет меньше, чем среднее по стране, на основе которого устанавливалось нормативное значение мощности внутренних источников теплоты. Поэтому удельное потребление тепловой энергии на отопление в отопительном сезоне составит около $25 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год при сопротивлении теплопередаче наружных ограждающих конструкций, равном $3,2 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ или $23 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год при сопротивлении теплопередаче ограждающих конструкций $5 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Окончательное решение будет принято после выполнения экономических расчетов.

Таблица 5.

Основные технико-экономические показатели	133-ти квартирный жилой дом, 19-этажный, секционный с набором квартир: -1 комнатные – 57; -2х комнатные – 57; -3х комнатные – 19; Общая площадь здания 9235 м ² ; Площадь жилых помещений 3726 м ² ; Площадь кухонь 1262 м ² ; Отапливаемый объем здания 28674 м ³ ; Отапливаемая площадь здания 9235 м ² ; Компактность 0,24				
Ограждающие конструкции	A _i , м ²	R _i , м ² °C/Вт	Максимальные теплопотери, Вт	R _i , м ² °C/Вт	Максимальные теплопотери, Вт
Наружные стены	4531	3,2	59469	5,0	38060
ОК и БД	1132	1,2	39620	1,2	47544
ДН	12	0,6	840	0,6	840
Чердачное перекрытие	486	6	3430	6	3430
Перекрытие над техподпольем	486	2,5	7392	2,5	7392
Итого			110751		97266

Таблица 6 Общая тепловая нагрузка при естественной вентиляции

Наименование	Величина, Вт	
	При R _{стен} = 3,2 м ² °C/Вт	При R _{стен} = 5 м ² °C/Вт
Потери через ограждения	110751	97266
Инфильтрация, м ³ /час	11178	11178
Потери с воздухообменом	156492	156492
Теплопоступления	56795,3	56795,3
Итого,	210448	189511

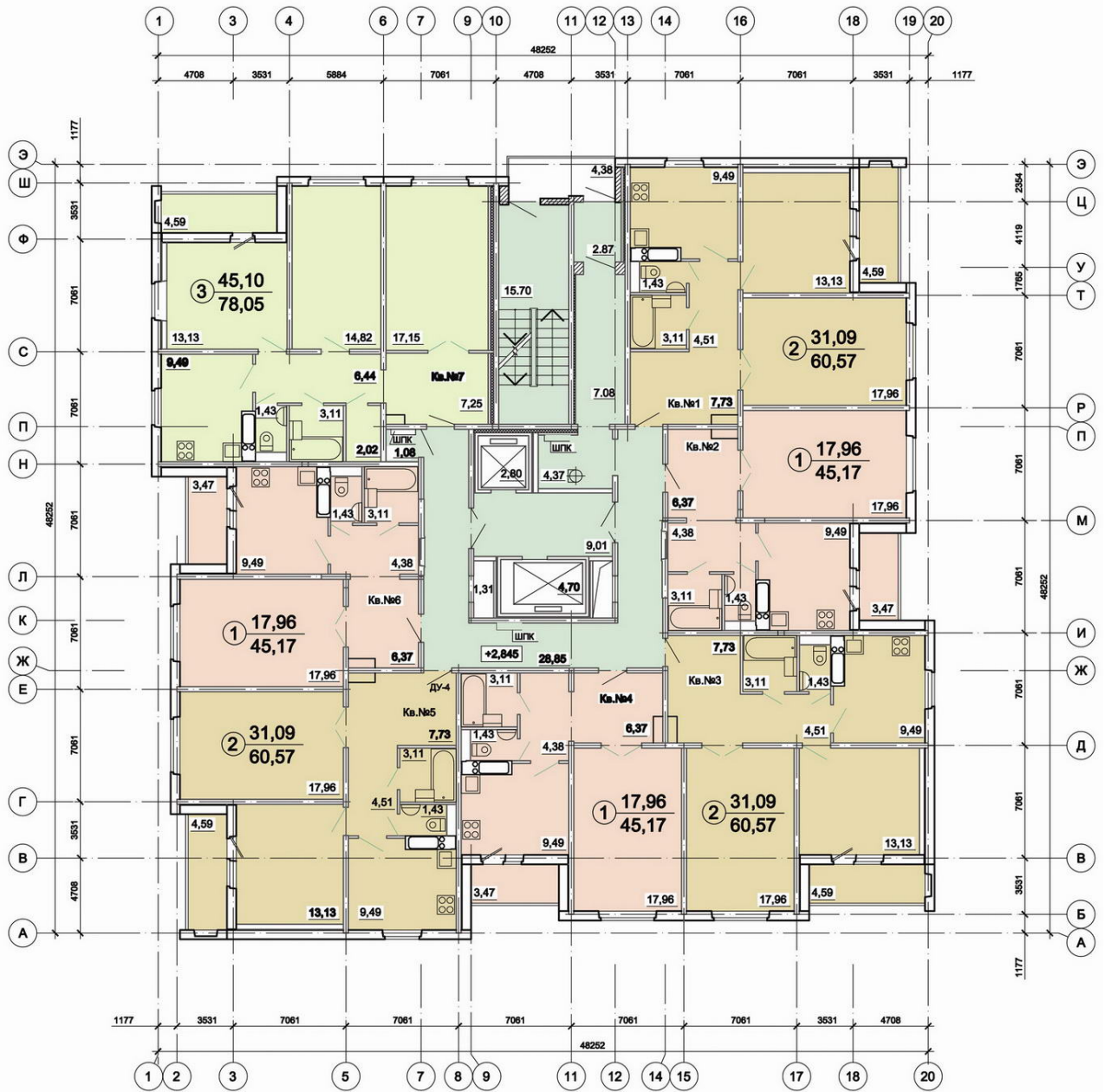
Таблица 7 Общая тепловая нагрузка с учетом рекуперации с $\eta=0,6$

Наименование	Величина, Вт	
	При $R_{стен} = 3,2$ $m^2 \text{ } ^\circ C/Вт$	При $R_{стен} = 5$ $m^2 \text{ } ^\circ C/Вт$
Потери через ограждения	111809	95456
Инfiltrация, $m^3/час$	11178	11868
Потери с воздухообменом (Механическая система вентиляции с рекуперацией тепловой энергии, $\eta_{пд}=60\%$)	31298,4	39032
Теплопоступления	56795,3	56795,3
Итого,	111809	95456

Таблица 8 Теплотехнические характеристики здания при средних температурных условиях

Наименование	Тепловая энергия			
	При $R_{стен} = 3,2 m^2 \text{ } ^\circ C/Вт$		При $R_{стен} = 5 m^2 \text{ } ^\circ C/Вт$	
	Общее, кВт-ч	Удельное, кВт-ч/ m^2 в год	Общее, кВт-ч	Удельное, кВт-ч/ m^2 в год
Потери через ограждения	235269	25	235269	23
Инfiltrация, $m^3/час$	11868		11868	
Потери с воздухообменом (Механическая система вентиляции с рекуперацией тепловой энергии, $\eta_{пд}=60\%$)	142036,2	15,38021	133301,4	12,97969
Теплопоступления $6 Вт/m^2$	265801,8	28,782	298757,2	28,782
Итого,	151374	16,39	69813	11,02
Теплопоступления $3 Вт/m^2$	177201,2	19,188	66650,69	19,188
Итого,	226684,4	24,54623	311917,5	19,17906
Теплопоступления $4 Вт/m^2$	235269	25	235269	23

На рисунке 5 приведены планировочные решения типового этажа здания и характеристики квартир. Более подробные данные будут получены на стадии проектирования здания.



Технико-экономические показатели

№	тип кв-ры	жилая площадь квартиры м2	площадь квартиры м2	площадь летних помещений		общая площадь квартиры м2	
				лоджий, балконов	приведённых с понижающим коэффициентом		
					0,3		0,7
1	2.1	31,09	57,36	4,59	—	3,21	60,57
2	1.1	17,96	42,74	3,47	—	2,43	45,17
3	2.1	31,09	57,36	4,59	—	3,21	60,57
4	1.1	17,96	42,74	3,47	—	2,43	45,17
5	2.1	31,09	57,36	4,59	—	3,21	60,57
6	1.1	17,96	42,74	3,47	—	2,43	45,17
7	3.1	45,10	74,84	4,59	—	3,21	78,05
Площадь жилого здания (на этаж) м2							486,06

Заключение.

В отчете выполнен анализ теплоэнергетических характеристик двух экспериментальных зданий, которые будут построены в соответствии с программой в гг. Гродно и Минске.

В Гродно – жилой дом , наружные ограждающие конструкции которого будут выполнены из ячеистобетонных блоков. В Минске – панельное здание серии 111-90 МАПИД, в котором в качестве наружных стен будут использованы трехслойные железобетонные панели. Оба здания будут оборудованы принудительной приточно-вытяжной вентиляцией с рекуперацией тепловой энергии вытяжного воздуха.

Исследованы два варианта исполнения наружных ограждающих конструкций, с сопротивлением теплопередаче, соответствующем нормативному и равному $5 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Удельное потребление тепловой энергии на отопление в отопительном сезоне составит около $21 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год при сопротивлении теплопередаче наружных ограждающих конструкций, равном $3.2 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ или $17 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год при сопротивлении теплопередаче ограждающих конструкций $5 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ для г. Гродно и $25 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год при сопротивлении теплопередаче наружных ограждающих конструкций, равном $3.2 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ или $23 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год при сопротивлении теплопередаче ограждающих конструкций $5 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ для здания в г. Минске.

Окончательное решение по выбору сопротивления теплопередаче наружных стен будет принято после выполнения экономических расчетов.