### Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

Воронежский государственный технический университет

Кафедра проектирования зданий и сооружений им. Н. В. Троицкого

#### АХРИМЕНКО СЕРГЕЙ ВАЛЕНТИНОВИЧ

магистерская диссертация по направлению 08.04.01. «Строительство»

# ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИЛЫХ ДОМОВ КОТТЕДЖНОГО ТИПА

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Семенова Эльвира Евгеньевна **Цель работы**: исследование вариантов повышения энергоэффективности жилых домов коттеджного типа.

#### Задачи исследования:

- 1. Изучить зарубежный и отечественный опыт проектирования энергоэффективных зданий.
- 2. Исследовать способы повышения энергоэффективности жилых домов коттеджного типа.
- 3. Определить класс энергоэффективности жилых домов коттеджного типа до и после применения способов повышения энергетической эффективности.
- 4. Определить срок окупаемости мероприятий по повышению энергоэффективности.
- 5. Сравнить варианты повышения энергоэффективности домов коттеджного типа.
- 6. Разработать проект по повышению энергоэффективности жилого дома коттеджного типа.

Объект исследования: жилые здания коттеджного типа.

Предмет исследования: ограждающие конструкции жилого дома.

# Отечественный опыт проблемы энергетической эффективности и энергосбережения жилых домов малоэтажного строительства

Первый энергоэффективный жилой дом в России (1998- 2002 гг):



Энергоэффективный дом Green Balance, пос. Назарьево Московская область (2010 г.):



Энергоэффективный дом в Ростовской области (2010г.):



Энергоэффективный дом Natural Balance, республика Татарстан (2012 г.):



# Зарубежный опыт решения проблемы энергетической эффективности и энергосбережения жилых домов малоэтажного строительства

Пассивный энергосберегающий дом в Германии:



Дом для производства биотоплива, Германия:



Дом, построенный по технологии LCCM, Япония:



Дом Hanover Olympic, Лос-Анджлес:



#### Основные принципы проектирования энергоэффективных домов

#### 1. Градостроительные предпоссылки:

- рост потребности освоения новых территорий.
- в существующей застройке недостаточно учитывались как требования инсоляции, так и требования к озеленению;
- в застройке жилых кварталов имеются сквозные ветрообразующие пространства.

#### 2. Архитектурно- планировочные решения:

- строительство жилых зданий с изрезанными объемами, с низким коэффициентом компактности, с узким корпусом, с плоской кровлей.

#### 3. Конструктивные условия:

- теплопотери через ограждающие конструкции.

#### 4. Экологические условия:

- нецелесообразное использование природных ресурсов, и как следствие их исчерпаемость;
- глобальное потепление как угроза для существующих зданий.

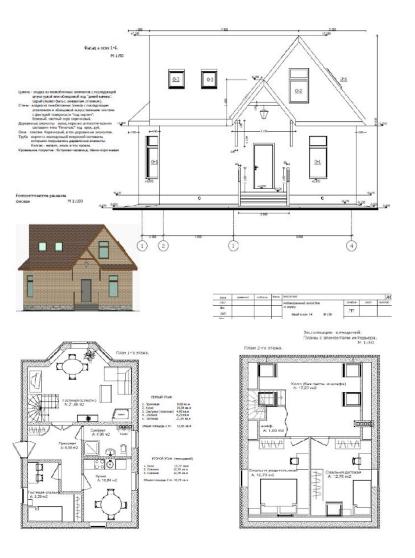
#### 5. Экономические условия:

- экономия энергии, природных ресурсов.

# **Исследование способов повышения энергоэффективности жилых** домов

#### Определение классов энергетической эффективности жилых домов

#### **Здание №1**



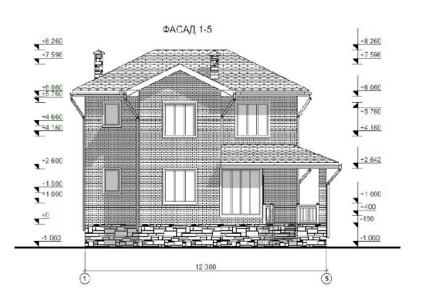
#### УТХЗ дома

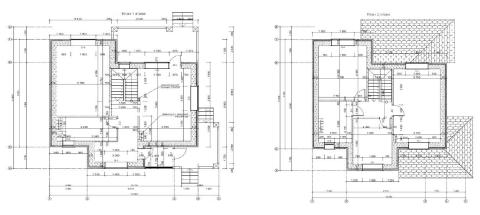
Наименование фрагмента теплозащитной оболочки	n <sub>i</sub>	A <sub>φi</sub> , M <sup>2</sup>	R <sub>0</sub> , м <sup>2</sup> °C/Вт	$\frac{n_i \cdot A_{\phi i}}{R_0^{mp}}$ , $M^2 \circ C/BT$	%
Наружные	1	306,75	2,9	105,78	63,78
стены	0,913	22,51	-	7,09	4,28
Перекрытия	0,519	50,97	3,82	6,93	4,18
над подвалом	0,444	2,88	1	0,34	0,21
Чердачное перекрытие	0,650	39,91	3,82	6,79	4,09
	0,578	2,88		0,44	0,27
Окна	1	17,33	0,48	36,10	21,77
-	0,911	0	-	0	0
Входная дверь	0,911	2,10	0,8	2,39	1,42
Итого		445,33		165,86	100

*- 9,7%,* класс энергетической эффективности здания *C+* нормальный.

#### Определение классов энергетической эффективности жилых домов УТХЗ дома

#### Здание №2



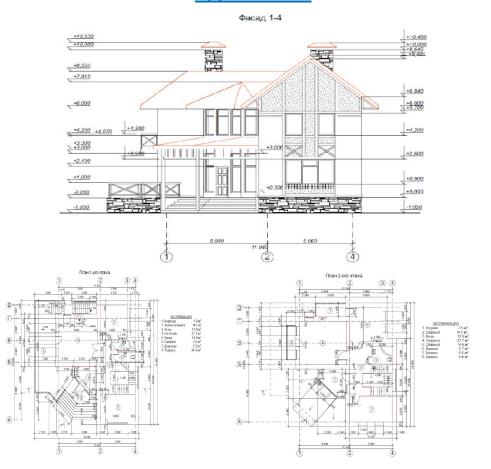


Наименование фрагмента теплозащитной оболочки	n <sub>i</sub>	A <sub>qpi</sub> , m <sup>2</sup>	R <sub>0</sub> , м <sup>c°</sup> C/Вт	n <sub>i</sub> · A <sub>φi</sub> R <sup>πφ</sup> m²°C/Bτ	%
Наружные	1	224,24	2,9	77,3	42
стены	0,911	37,76		11,86	5
-	0,667	35,46		8,2	4
Перекрытия	0,533	93,21	3,82	13,01	7
над подвалом	0,911	4,54		1,08	2
Чердачное перекрытие	0,667	63,32	3,82	11,06	5
	0,911	4,54		1,08	2
Окна	1	24	0,48	50	27
	0,911	1,12		2,13	2
Входная дверь	0,911	5,99	0,8	6,82	4
Итого		492,29		182,54	100

- 13,4 %, класс энергетической эффективности здания С нормальный

#### Определение классов энергетической эффективности жилых домов

#### Здание №3



#### УТХЗ дома

Наименование фрагмента теплозащитной оболочки	n <sub>i</sub>	A <sub>qpi</sub> , m²	R <sub>0</sub> , м⁴°C/Br	$\frac{\mathbf{n}_i \cdot \mathbf{A}_{qpi}}{\mathbf{R}_0^{np}}$ , $\mathbf{m}^{2} \cdot \mathbf{C} / \mathbf{B} \mathbf{T}$	%
Наружные стены	1	524,03	2,9	180,70	47,8
-	0,911	31,93		11,32	3,0
-	0,667	113,82		26,18	6,9
Перекрытия над подвалом	0,533	71,6	3,82	9,99	2,6
HAM HOMEANON	0,911	12		2,86	0,8
Чердачное	0,667	82	3,82	14,32	3,8
перекрытие	0,911	12		2,86	0,8
Окна	1	39,7	0,48	82,71	21,9
1	0,911	12		22,78	6,0
Входная дверь	0,911	21,65	0,8	24,65	6,4
Итого	-	664,78		378,37	100

+ 14,1%, класс энергетической эффективности здания Д (пониженный).

Наибольший процент теплопотерь возникает через окна и наружные стены, схематично представим данное утверждение на примере здания №3 с низким классом энергетической эффективности посредством диаграммы:



Процентное соотношение отклонений величин фрагментов теплозащитной оболочки коттеджа с классом энергетической эффективности Д

# Предлагаемые способы повышения класса энергетической эффективности здания

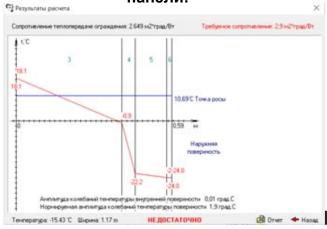
- 1. Повышение класса энергетической эффективности здания с помощью увеличения слоя утеплителя в стеновой панели;
- Повышение класса энергетической эффективности здания с помощью увеличения слоя утеплителя в конструкции чердачного перекрытия;
- Повышение класса энергетической эффективности здания с помощью увеличения слоя утеплителя в конструкции перекрытия над подвалом;
- 4. Повышение класса энергетической эффективности здания путем замены окон.

#### Повышение класса энергетической эффективности здания увеличением слоя утеплителя в стеновой панели

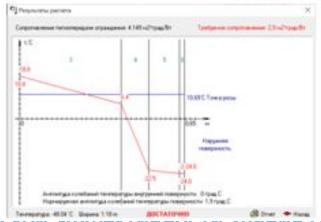
#### УТХЗ дома после утепления стеновой панели

Наименование фрагмента теплозащитной оболочки	n <sub>i</sub>	A <sub>qpi</sub> , m²	R <sub>0</sub> , м <sup>4°</sup> C/Вт	$\frac{\mathbf{n}_{i} \cdot \mathbf{A}_{qpi}}{\mathbf{R}_{0}^{np}}$ , $\mathbf{m}^{2} \mathbf{C} / \mathbf{B} \mathbf{T}$	%
Наружные	1	524,03	4,11	127,50	41
CIERRI	0,911	31,93		7,08	2
1	0,667	113,82		18,47	6
Перекрытия над подвалом	0,533	71,6	3,82	9,99	3
	0,911	12		2,86	1
Чердачное перекрытие	0,667	82	3,82	14,32	5
	0,911	12		2,86	1
Окна	1	39,7	0,48	82,71	26
	0,911	12		22,78	6
Входная дверь	0,911	21,65	0,8	24,65	9
Итого		664,78		313,22	100

Графический отчет сопротивления ограждения теплопередаче до дополнительного утепления стеновой панели:



### после дополнительного утепления стеновой панели:



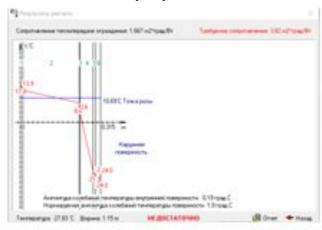
Выяснили, что приведенный класс энергетической эффективности эдания (нормальный). Приведенное сопротивление является достаточным.

#### Повышение класса энергетической эффективности здания увеличением слоя утеплителя в конструкции чердачного перекрытия

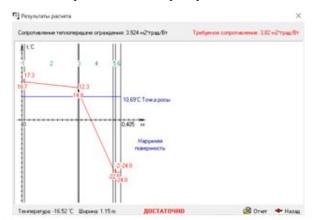
## УТХЗ дома после утепления чердачного перекрытия:

Наименование фрагмента теплозащитной оболочки	n <sub>i</sub>	A <sub>qpi</sub> , m²	R <sub>0</sub> , M <sup>2</sup> °C/Bτ	$\frac{\mathbf{n}_i \cdot \mathbf{A}_{\phi i}}{\mathbf{R}_0^{np}}$ , $\mathbf{m}^{2} \cdot \mathbf{C} / \mathbf{B}_T$	%
Наружные	1	524,03	2,9	180,70	48,3
стены	0,911	31,93		11,32	3,0
+	0,667	113,82		26,18	7,0
Перекрытия над подвалом	0,533	71,6	3,82	9,99	2,7
	0,911	12	-	2,86	0,8
Чердачное перекрытие	0,667	82	5,2	10,52	2,8
	0,911	12		2,1	0,6
Окна	1	39,7	0,48	82,71	22,1
	0,911	12		22,78	4,4
Входная дверь	0,911	21,65	0,8	24,65	6,9
Итого		664,78		373,81	100

Графический отчет сопротивления ограждения теплопередаче до дополнительного утепления чердачного перекрытия:



## после дополнительного утепления чердачного перекрытия:



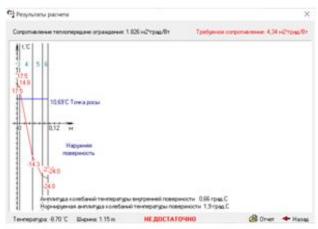
Выяснили, что приведенный класс энергетической эффективности здания А (очень высокий). Приведенное сопротивление является достаточным.

#### Повышение класса энергетической эффективности здания увеличением слоя утеплителя в конструкции перекрытия над подвалом

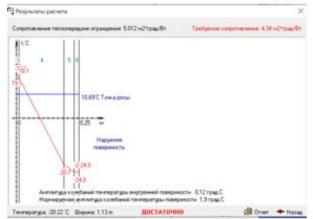
УТХЗ дома после утепления перекрытия над подвалом:

Наименование фрагмента теплозащитной оболочки	nį	A <sub>qpi</sub> , m <sup>2</sup>	R <sub>0</sub> , м⁴°C/Bт	$\frac{\mathbf{n_i} \cdot \mathbf{A_{\phi i}}}{\mathbf{R_0^{n\phi}}}$ ,	%
Наружные	1	524,03	2,9	180,70	48,2
стены	0,911	31,93		11,32	3,0
-	0,667	113,82		26,18	7,0
Перекрытия над подвалом	0,533	71,6	5,1	7,48	2,0
	0,911	12		2,14	0,6
Чердачное перекрыпие	0,667	82	3,82	14,32	3,8
	0,911	12		2,86	0,6
Окна	1	39,7	0,48	82,71	22,1
	0,911	12		22,78	6
Входная дверь	0,911	21,65	0,8	24,65	6,7
Итого	7.	664,78		375,14	100

Графический отчет сопротивления ограждения теплопередаче до дополнительного перекрытия над подвалом:



## после дополнительного утепления перекрытия над подвалом:



(высокий). Приведенное сопротивление является достаточным.

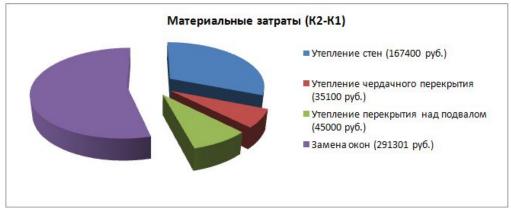
#### Повышение класса энергетической эффективности здания путем замены окон

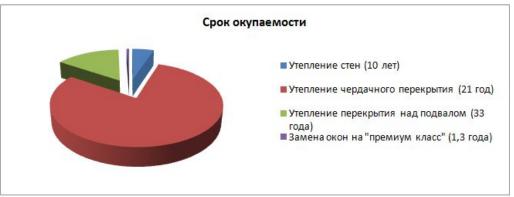
#### УТХЗ дома после замены окон на «премиум-класс»:

Наименование фрагмента теплозащитной оболочки	n <sub>i</sub>	A <sub>qpi</sub> , m²	R <sub>0</sub> , м <sup>2°</sup> C/Вт	$\frac{\mathbf{n}_{i} \cdot \mathbf{A}_{qpi}}{\mathbf{R}_{0}^{np}}$ , $\mathbf{m}^{2} \mathbf{C} / \mathbf{B} \mathbf{r}$	%
Наружные стены	1	524,03	2,9	180,70	54
507-27-30-12-13-13-13-13-13-13-13-13-13-13-13-13-13-	0,911	31,93	-	11,32	5
1	0,667	113,82		26,18	8
Перекрытия над подвалом	0,533	71,6	3,82	9,99	2
HALL HOLDSHOM	0,911	12		2,86	1
Чердачное перекрытие	0,667	82	5,2	10,52	3
	0,911	12		2,1	1
Окна	1	39,7	0,78	50,9	15
	0,911	12		14,02	4
Входная дверь	0,911	21,65	0,8	24,65	7
Итого	-	664,78		333,24	100

Величина отклонения значения удельного расхода тепловой энергии от нормируемого 2,5%, класс энергетической эффективности здания C- нормальный. Приведенное сопротивление является достаточным.

# Сравнение вариантов повышения энергоэффективности жилых домов коттеджного типа





Наиболее выгодным вариантом является утепление чердачного перекрытия, но несмотря на высокую инвестиционную составляющую, замена окон в здании по сроку окупаемости стоит на первом месте (по результатам конечных диаграмм). Следовательно, мы выбираем именно этот вариант.

# Применение приемов энергосбрежения при проектировании жилых домов коттеджного типа

На стадии проектирования были проведены такие энергосберегающие мероприятия, как:

- использование окон «премиум- класса» Rehau Thermo Design
- все наружные стены утеплены материалом минеральная вата толщиной 0,05 м;
- входные двери оснащены доводчиками, обеспечивающими их нахождение в закрытом состоянии;
- главный вход в дом выполнены с тамбуром;
- жилые помещения ориентированы на юго-восток, для оптимальной инсоляции помещений и защите от перегрева;
- запроектирована компактная форма жилого дома;
- предусмотрено регулирование системы отопления;
- для освещения используются светодиодные лампы;
- используются датчики движения и освещения;
- используются датчики открытия дверей и окон.

#### ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

- 1. Изучен зарубежный и отечественный опыт проектирования энергоэффективных зданий.
- 2. Исследованы способы повышения энергоэффективности жилых домов коттеджного типа.
- 3. Определены классы энергоэффективности жилых домов коттеджного типа до и после применения способов повышения энергетической эффективности.
- 4. Определен срок окупаемости мероприятий по повышению энергоэффективности.
- 5. Выполнено сравнение вариантов повышения энергоэффективности домов коттеджного типа.
- 6. Разработан проект по повышению энергоэффективности жилого дома коттеджного типа.

#### СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!