

ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

ОТ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ КАЧЕСТВА НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ ЗДАНИЙ ЗАВИСИТ:

- - благоприятный микроклимат зданий, то есть обеспечение температуры и влажности воздуха в помещении не ниже нормативных требований;
- - количество тепла, теряемого зданием в зимнее время;
- - температура внутренней поверхности ограждения, гарантирующая от образования на ней конденсата;
- - влажностный режим ограждения, влияющий на теплозащитные качества ограждения и его долговечность.
- Создание микроклимата внутри помещения обеспечивается за счет:
 - - соответствующей толщины ограждающей конструкции;
 - - мощности систем отопления, вентиляции или кондиционирования.
- Методика теплотехнического расчета основана на том, что оптимальная толщина ограждающей конструкции находится исходя из:
 - - климатических показателей района строительства;
 - - санитарно-гигиенических и комфортных условий эксплуатации зданий и помещений;
 - - условий энергосбережения.

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций R_o следует принимать в соответствии с заданием на проектирование, но не менее требуемых значений, $R_o^{тp}$, определяемых исходя из санитарно-гигиенических и комфортных условий. Требуемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций (за исключением светопрозрачных) определяется по формуле □

$$R_o^{тp} = \frac{\lambda(t_e - t_n)}{\Delta t^n \alpha_e}$$

где λ - коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху.

t_e - расчетная температура внутреннего воздуха, °С, принимаемая согласно [ГОСТ 12.1.005-88](#) и нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений;

t_n - расчетная зимняя температура наружного воздуха, °С, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по [СНиП 2.01.01-82](#):

Δt^n - нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции

α_e - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций.

САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ И КОМФОРТНЫЕ УСЛОВИЯ

Таблица 1 - Требуемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций

Здания и помещения	Градусо-сутки отопительного периода, °Ссут	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций не менее $R_{0}^{тп}$, $м^2 \cdot °C/Вт$				
		стен	покрытий и перекрытий над проездами	перекрытий чердачных, над холодными подпольями и подвалами	окон и балконных дверей	фонарей
1	2	3	4	5	6	7
Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	2000	2,1	3,2	2,8	0,30	0,30
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,60	0,40
	8000	4,2	6,2	5,5	0,70	0,45
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75	0,50
	12000	5,6	8,2	7,3	0,80	0,55
Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	2000	1,6	2,4	2,0	0,30	0,30
	4000	2,4	3,2	2,7	0,40	0,35
	6000	3,0	4,0	3,4	0,50	0,40
	8000	3,6	4,8	4,1	0,60	0,45
	10000	4,2	5,6	4,8	0,70	0,50
	12000	4,8	6,4	5,5	0,80	0,55
Производственные с сухим и нормальными режимами	2000	1,4	2,0	1,4	0,25	0,20
	4000	1,8	2,5	1,8	0,30	0,25
	6000	2,2	3,0	2,2	0,35	0,30
	8000	2,6	3,5	2,6	0,40	0,35
	10000	3,0	4,0	3,0	0,45	0,40
	12000	3,4	4,5	3,4	0,50	0,45

Примечание - Промежуточные значения $R_{0}^{тп}$ следует определять интерполяцией

В [табл 1а*](#) приведены минимальные значения сопротивления теплопередаче, которые должны приниматься в проектах с 1 января 2000 года, кроме зданий высотой до трех этажей со стенами из мелкоштучных материалов.

ТРЕБУЕМОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

КОНЦЕПЦИЯ ПАССИВНОГО ДОМА



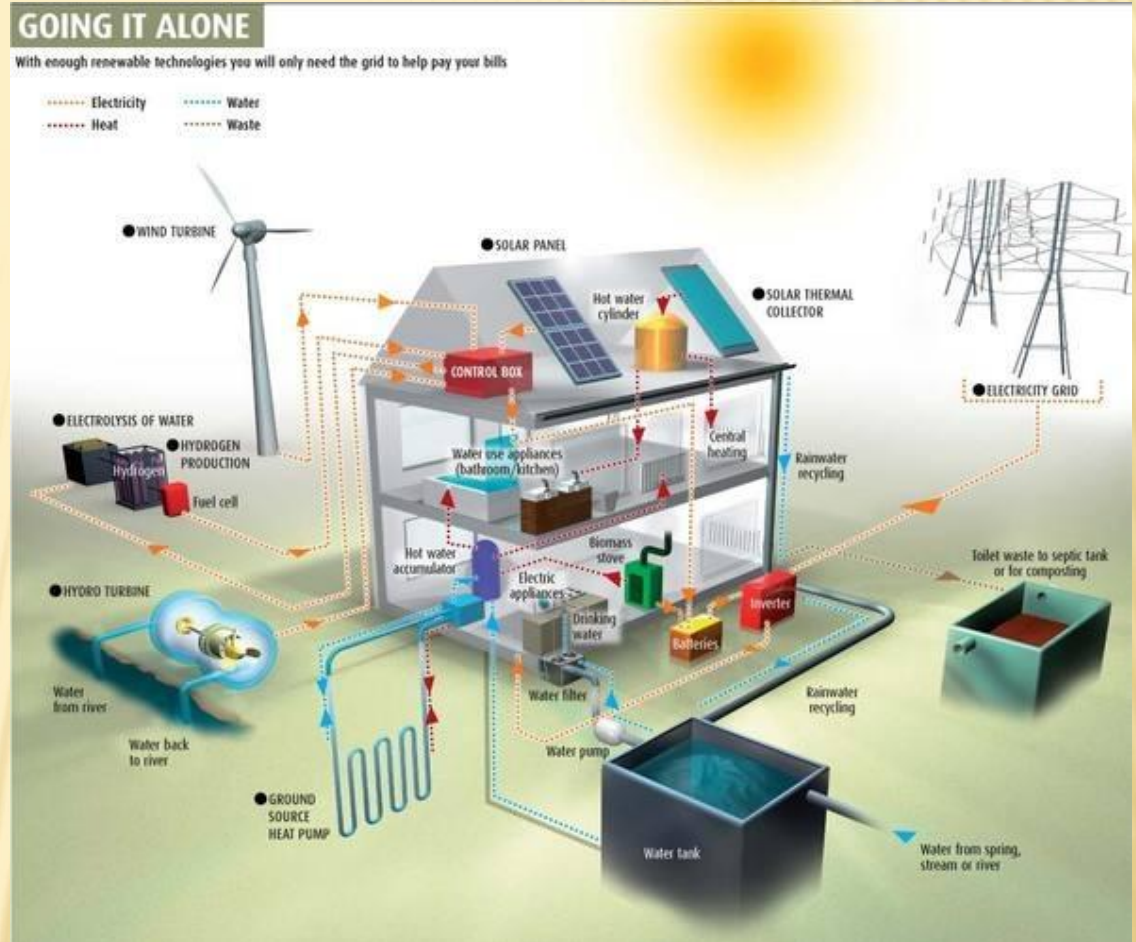
Существует разница между энергоэффективным домом и пассивным домом.

Энергоэффективный дом — это дом, который расходует не более 70 % электроэнергии по сравнению со стандартным (построенным с соблюдением всем нам знакомых норм). При этом для покрытия части энергетических затрат используют источники, которые могут возобновляться (тепло солнца и земли, силу ветра).

Дом с низким, экономным потреблением энергии — это дом, содержание которого по сравнению со стандартной постройкой требует не более 45% энергии (Толщина теплоизоляции 20 см + механическая вентиляция + дополнительный источник тепла (например, солнечный коллектор).

Пассивный дом — это дом с экстремально низким потреблением электроэнергии: максимум 30 % по сравнению со стандартным. Именно этот тип зданий станет обязательным в Евросоюзе уже с 2015 года. Столь незначительное потребление электроэнергии в пассивных домах возможно благодаря превосходной изоляции всех наружных стен, окон и дверей, ликвидации мостиков холода (см. словарь), использованию естественных источников тепла (людей, осветительных и электроприборов), а также получению значительного количества тепла из системы вентиляции, которая представляет собой ключевой элемент такой постройки. Толщина теплоизоляции 30 см + механическая вентиляция + дополнительный источник тепла (например, солнечный коллектор) + ветряная электростанция).

Дом с нулевым потреблением энергии — это экспериментальный дом, в котором вообще не используют общепринятые источники электроэнергии. Ни для обогрева, ни для освещения, ни даже для работы электроприборов. Более того, появились дома, которые могут вырабатывать электроэнергию, а ее излишки подавать в общую сеть. Но пока эти суперсовременные технологии слишком дороги, а их применение экономически неоправданно (Дом с нулевым потреблением электроэнергии – толщина теплоизоляции 40 см + механическая вентиляция + дополнительный источник тепла (например, солнечный коллектор) + ветряная электростанция + водный резервуар как аккумулятор тепла).



ЧТО ТАКОЕ ПАССИВНЫЙ ДОМ?

Поскольку больше всего электроэнергии расходуется на обогрев, для определения энергетического стандарта дома, в частности в странах Европы, используют так называемый коэффициент сезонной потребности в тепловой энергии (**E**).

Он описывает количество тепла, необходимое для обогрева 1 м² или 1 м³ в течение года.

Многие строящиеся дома не соответствуют принятым критериям. Это объясняется в основном

- сложностью конфигураций (планов) зданий,
- неправильной ориентацией их по сторонам света,
- обилием мостиков холода, а также ошибками, допускаемыми при строительстве.

Величина E зависит от нескольких параметров:

- ▣ -от качества изоляции стен, окон, дверей, крыши и пола на грунте
- ▣ -от используемой системы вентиляции (гравитационной, механической, кондиционирования)
- ▣ -от солнечного излучения, то есть от ориентации здания по сторонам света, в-четвертых,
- ▣ -от бытового тепла, которое, в свою очередь, зависит от количества проживающих в доме и от типа устройств, выделяющих тепло.

ТЕПЛО: КАК РАССЧИТАТЬ ДОСТАТОЧНЫЙ МИНИМУМ

Следует обратить внимание и на то, как соизмеряются выгоды от инвестирования в энергоэффективные и пассивные дома. Для этого рассмотрим следующий пример. Возьмем для сравнения типичный современный дом для одной семьи площадью 150 м², обогреваемый газом.

Структура расходов на эксплуатацию такого объекта стандартная, то есть:

на обогрев дома расходуется 144 кВт/м² ч;

на нагрев воды — 30 кВт/м²/ч;

на приготовление пищи, освещение и работу электроприборов — 26 кВт/м² ч.

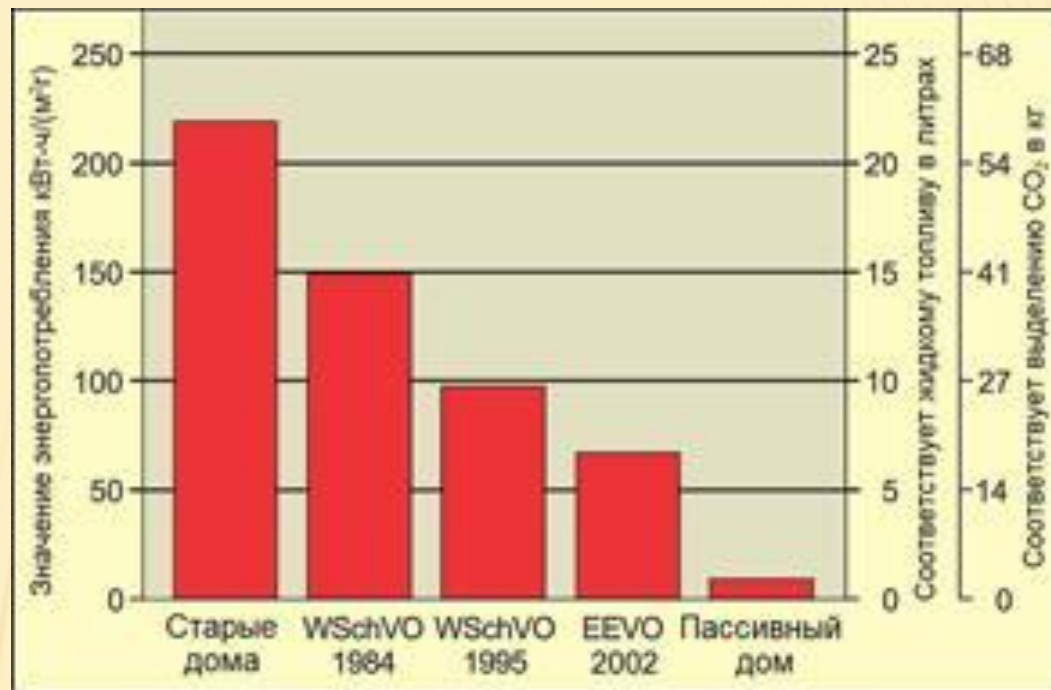
Значит, годовые расходы на содержание такого дома составляют 30 тыс. кВт электроэнергии (200 кВт/м²/ч).

Критериями для пассивного дома в Европе являются:

- удельный расход тепловой энергии на отопление, определенный с помощью "Пакета проектирования пассивного дома" (**PHPP**), не должен превышать 15 кВт·ч/(м²год);

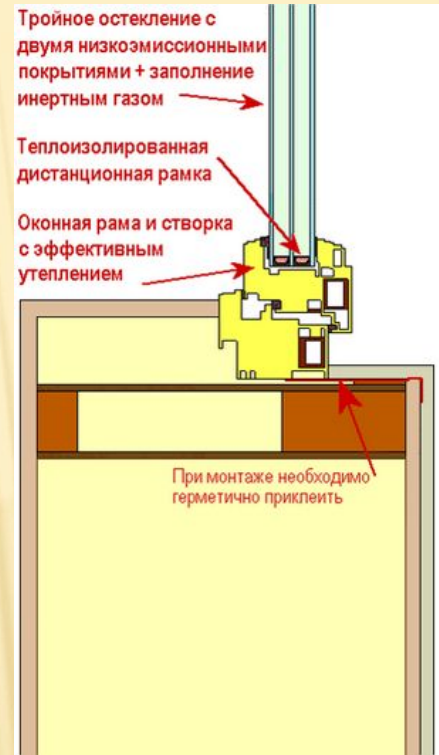
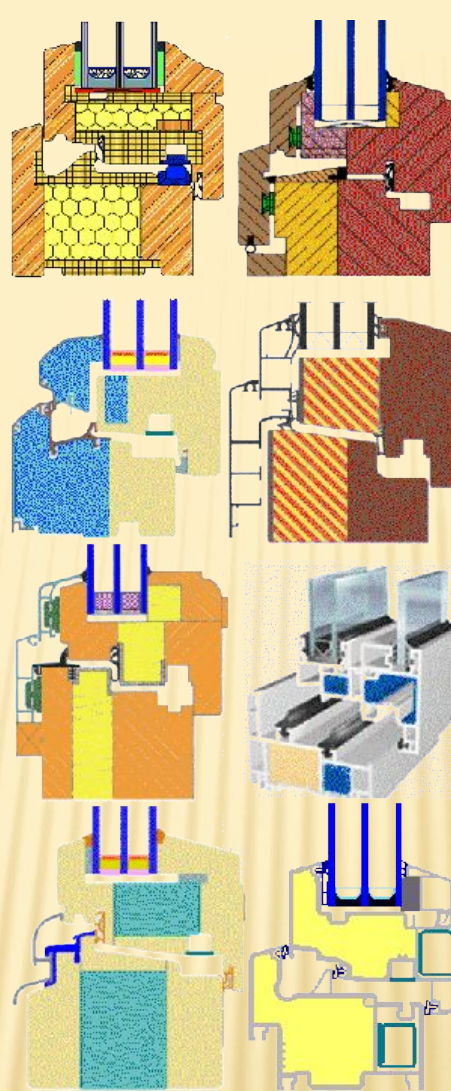
- общее потребление первичной энергии для всех бытовых нужд (отопление, горячая вода и электрическая энергия), не должно превышать ≤ 120 кВт·ч/(м²год).

- В Германии (**WSchVO** - Постановление по тепловой защите; **EnEV 2002** - Постановление по энергосбережению



ЭКОНОМИЧНО ЛИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Сейчас в моде большие площади остекления, но пока нет таких оконных конструкций, которые имели бы приближенную к стенам теплозащиту. Теплозащита даже самых теплых и качественных окон будет в разы ниже, чем у конструкций стен, соответствующих строительным нормативам. Поэтому потери тепла при большом остеклении непременно увеличатся. Оптимальным с точки зрения освещенности и количества теплотерь считается отношение площади пола жилого помещения к площади окон от 8:1 до 5:1. По сравнению со стандартными современными окнами (*Двойное остекление с низкоэмиссионным покрытием и заполнением стеклопакета инертным газом*), использование окон стандарта пассивного дома позволяет сократить теплотери более чем на 50%. Эти окна не являются только небольшим улучшением обычных окон, а напротив - это дальнейшее развитие на более высоком уровне.



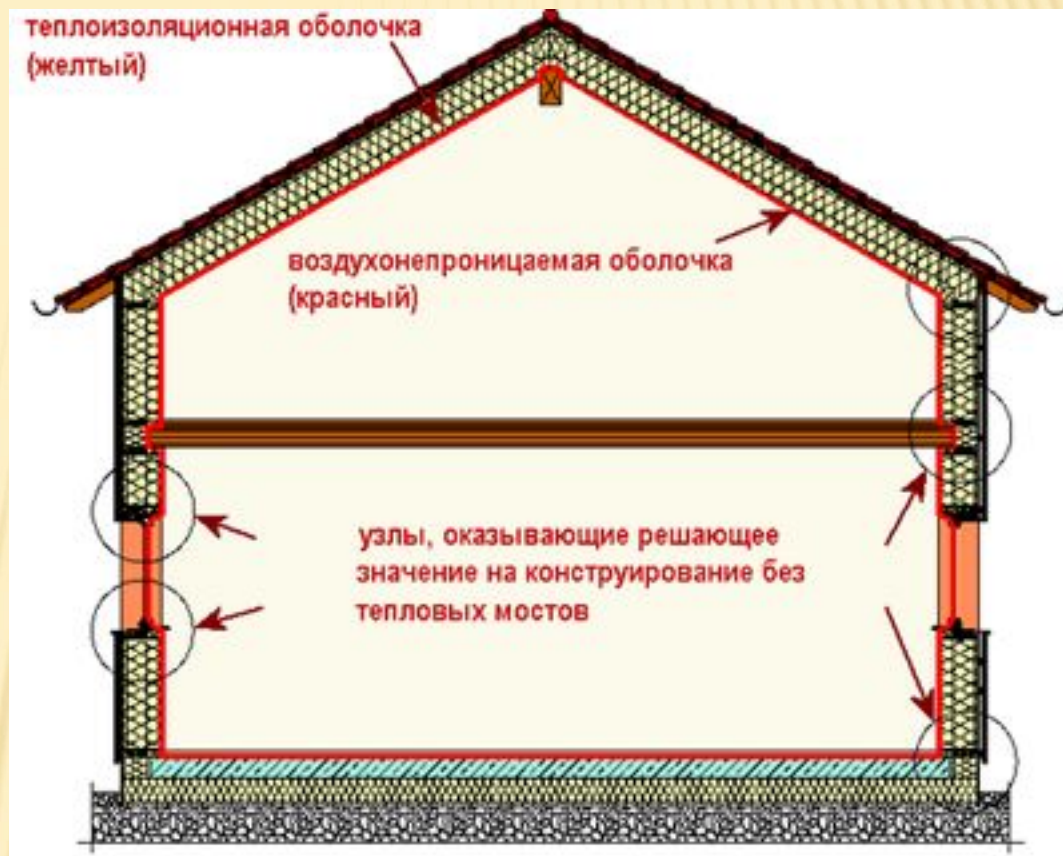
Остекление	1 стекло	2 стекла	2 стекла с низкоэмис. покр., инерт. газ	3 стекла с низкоэмис. покр., инерт. газ
$U_g, (Вт/м^2 K)$	5.50	2.80	1.20	0.65
$R_0, (м^2 \cdot ^\circ C)/Вт$	0.18	0.35	0.83	1.54
Темп. на внутр. поверхности	-1.8 °C	9.1 °C	15.3 °C	17.5 °C
α	0.92	0.80	0.62	0.48

ПЛОЩАДЬ ОСТЕКЛЕНИЯ ДЛЯ ЭКОНОМИИ ЭНЕРГИИ

Должна быть соблюдена постоянная толщина и непрерывность теплоизоляции на всем протяжении ограждающих конструкций, как соединена столярка с теплоизоляционным слоем и т. д.

В постройках такого типа важна герметичность ограждающих конструкций, которая не позволяет холодному воздуху поступать в помещения. Герметичными должны быть не только окна и двери, но и стены, а также крыша. Стены энергоэффективного дома нуждаются в двухсторонней штукатурке, а крыша требует тепло-, ветро- и пароизоляции. Все соединения, места креплений и вбитые гвозди закрывают самоклеящейся лентой. Информация об этом необходимо указывать в сопутствующей технической документации к проекту.

Особое внимание уделяется качеству утеплителя который поможет сэкономить не только на отоплении, но и на кондиционировании в жаркий период года. Например для климата Средней Европы коэффициенты теплопередачи U (или сопротивления теплопередаче R_0) для наружных стен, фундаментных плит и крыш должны составлять около $0,1 \dots 0,15 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ или сопротивления теплопередаче R_0 около $10 \dots 6,75 \text{ (м}^2\text{°C)}/\text{Вт}$.



СТЕНЫ, КРЫША И СТЫКИ

В Европе до недавнего времени энергоэффективность зданий характеризовал коэффициент сезонного использования тепловой энергии E:

$E \leq 110$ кВт/(м² – год) — стандартный дом;

$E \leq 70$ кВт/(м² – год) — энергоэффективный дом;

$E \leq 15$ кВт/(м²-год) — пассивный дом.

Значение коэффициента **E** зависело от -отношения всех наружных поверхностей к кубатуре здания

-теплоизоляции стен, окон, дверей, крыши, пола и т. л., от системы вентиляции, размеров остекленных поверхностей и ориентации их по сторонам света, -количества проживающих в доме.

Теперь принадлежность построек к определенному энергетическому классу в Европе определяют с помощью более точного коэффициента **EP**. Его значение зависит от

-количества электроэнергии, необходимого для обогрева помещений,

-вентиляции,

-подогрева воды,

-работы кондиционера и освещения.

Образцовому дому (принимаемому за точку отсчета) соответствуют $EP = 1$ и

энергетический класс D (стандартный).

Значения, свойственные другим классам, отражены в таблице.

Классификация домов по классу энергоэффективности:

- ▣ $EP \leq 0,25$ — класс A (пассивный);
- ▣ $0,26 < EP \leq 0,50$ — класс B (экономный);
- ▣ $0,51 < EP \leq 0,75$ — класс C (энергосберегающий);
- ▣ $0,75 < EP \leq 1$ — класс D (стандартный);
- ▣ $1,01 < EP \leq 1,25$ — класс E;
- ▣ $1,26 < EP \leq 1,50$ — класс F;
- ▣ $EP > 1,51$ — класс G (самый энергозатратный).

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ В ЦИФРАХ

Необходимо предусматривать искусственную вентиляцию, или полноценный дымоход, т.к. в герметичном доме естественная /гравитационная/ вентиляция невозможна из-за отсутствия адвекции. Кроме того летом, когда температура наружного воздуха превышает 12-14 °С, она практически не работает, поэтому, чтобы свежий воздух попал в здание, нужно открывать окна. Зимой же ее эффективность выше необходимой.

В герметичном, хорошо изолированном энергоэффективном доме должна быть установлена система вентиляции с рекуператором воздуха. Она позволит получить до 60-90 % тепла из удаляемого воздуха, что равнозначно уменьшению затрат на обогрев в среднем на 25-40%.

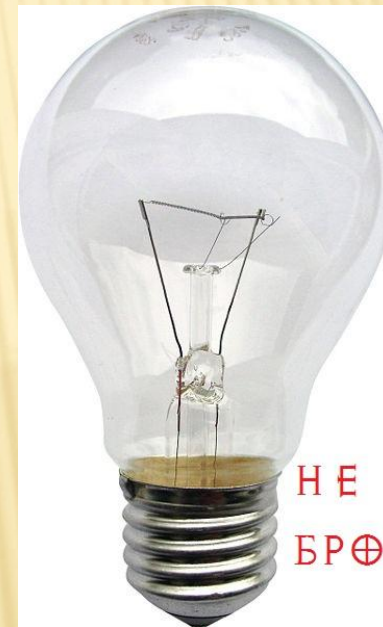


ВЕНТИЛЯЦИЯ И ОБОГРЕВ

-Собираясь построить энергоэффективный дом, необходимо учесть количество людей, которые будут в нем проживать. Это важно, потому что существенную часть энергетического баланса составляет так называемое бытовое тепло, создаваемое Людьми, выделяемое во время приготовления пищи, стирки, пользования компьютером и т. д. Из этого следует, что невыгодно строить слишком большой дом. Если здание запроектировано для 6 человек, а живут в нем только двое, оно не будет соответствовать стандарту энергоэффективности.

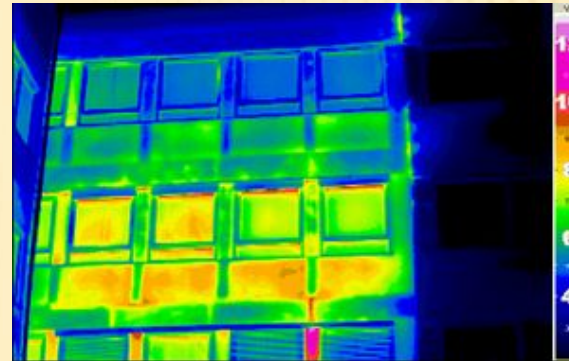
-Надо обратить внимание и на то, чтобы все находящиеся в доме устройства расходовали как можно меньше электроэнергии. Это касается как освещения (например, использования энергосберегающих лампочек вместо обычных), так и бытовых приборов.

-Кроме того, необходимо правильно спланировать участок. В первую очередь следует четко сориентировать дом по сторонам света и учесть местные условия (в проекте из каталога вы такой привязки не найдете). Все углубления, наклоны почвы, растущие на участке деревья можно и нужно использовать для экономии электроэнергии. Но, к сожалению, для заказчиков это возможно только при разработке индивидуальных проектов.

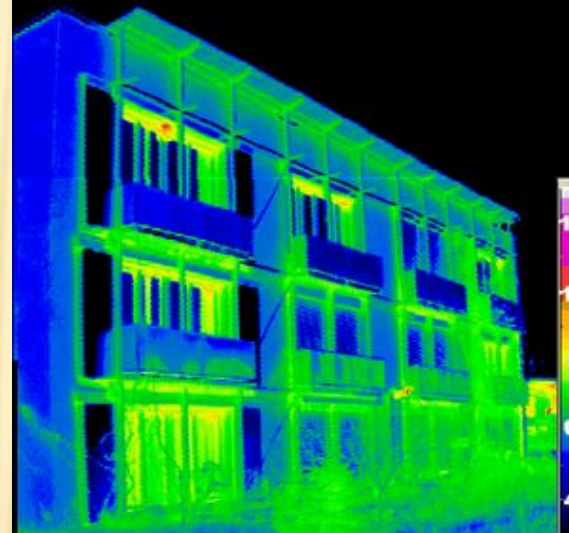


ПРОЧИЕ ВАЖНЫЕ МОМЕНТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

- низкое энергопотребление, обусловленное особенностями планировочных решений и материалов, из которых построен дом;
- максимальное использование климатических и природных условий;
- ориентация на возобновляемые ресурсы.



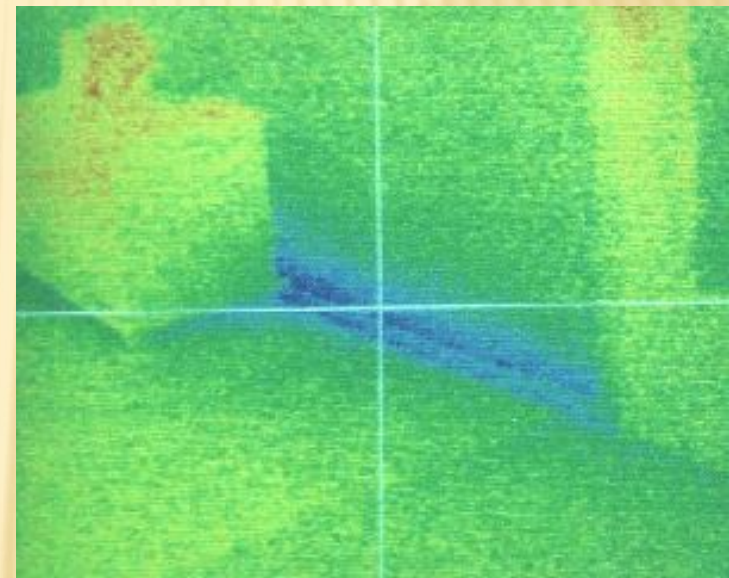
старое здание



пассивный дом

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ДОМА:

- максимальное использование природных ресурсов для энергообеспечения дома;
- предотвращение теплопотерь и поиск наиболее выгодных вариантов использования аккумулированной энергии.

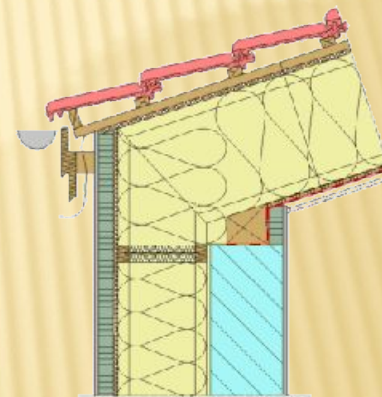
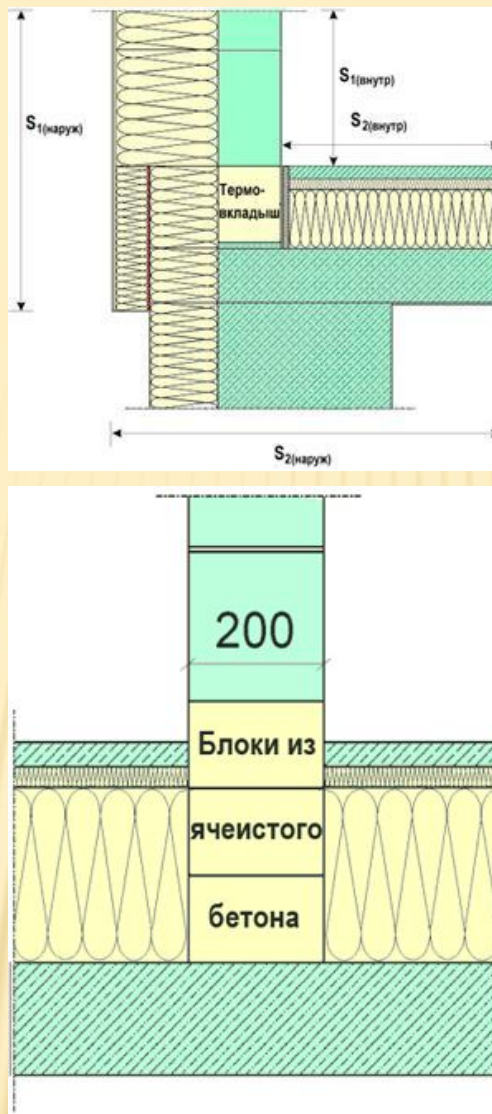


ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ДОМА:

Главным показателем энергоэффективности дома является расход энергии на отопление. Поэтому в проекте должны быть предусмотрены:

- простая, компактная форма дома и кровли;
- теплые и экологически чистые строительные материалы;
- комплексная и усиленная теплоизоляция для повышенной герметичности дома;
- приточно-вытяжная вентиляция с рекуперацией тепла;
- установки, использующие энергию возобновляемых источников;
- система экономного электропотребления и отопления;
- грамотно запроектированные затеняющие элементы для окон;
- южная ориентация и наличие буферных зон.

-желательно, чтобы все инженерное оборудование, запланированное для использования в проекте, могло работать автономно.

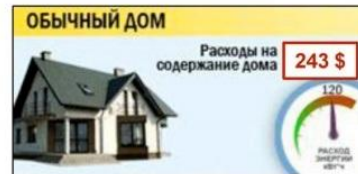


СОСТАВЛЯЮЩИЕ ПРАВИЛЬНОГО ПРОЕКТА

Чтобы обеспечить требуемую величину удельного расхода тепловой энергии на отопление, равную $15 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\text{год})$, для пассивных домов в климате Средней Европы со временем был установлен ряд обязательных требований:

- коэффициенты теплопередачи U для наружных стен, кровли и полов первого этажа должны составлять менее $0,15 \text{ Вт}/\text{мК}$ (или $R_0 \geq 6,7 \text{ (м}^2\text{°C)}/\text{Вт}$, где $R_0 = 1/ U$);
- для остекления $U_{\text{ост}} \leq 0,7 \text{ Вт}/\text{мК}$ (или $R_0 \geq 1,4 \text{ (м}^2\text{°C)}/\text{Вт}$);
- для оконного профиля $U_{\text{проф}} \leq 0,8 \text{ Вт}/\text{мК}$ (или $R_0 \geq 1,25 \text{ (м}^2\text{°C)}/\text{Вт}$);
- приведенный коэффициент теплопередачи окна с учетом монтажа в стену $U_{\text{окн}} \leq 0,85 \text{ Вт}/\text{мК}$ (или $R_0 \geq 1,2 \text{ (м}^2\text{°C)}/\text{Вт}$);
- максимально возможное снижение негативного эффекта от тепловых мостов. Это влияние можно не учитывать, если линейный коэффициент теплопередачи $\Psi \leq 0,01 \text{ Вт}/\text{мК}$;
- КПД рекуператора должно быть более 75%, чтобы обеспечивался эффективный возврат тепла (рекомендуется более 80%);
- должна обеспечиваться герметичность наружной оболочки здания. Кратность воздухообмена при разности давлений 50 Па наружного и внутреннего воздуха должна составлять $n_{50} \leq 0,6 \text{ ч}^{-1}$.

Сравнительный анализ затрат на отопление дома:



$$S = 200 \text{ м}^2$$

$$q = 108 \text{ кВт}\cdot\text{ч} / \text{м}^2 \text{ в год}^{**} = 10,8 \text{ м}^3 \text{ газа} / \text{м}^2 \text{ в год}$$

$$V = 200 \cdot 10,8 = 2160 \text{ м}^3 \text{ газа за отопительный сезон}$$

$$C = 2160 \cdot 946,2^{***} = 2043792 \text{ Вт} = \mathbf{243 \$} \text{ в год}$$

86 %

экономия на отоплении



$$S = 200 \text{ м}^2$$

$$q = 15 \text{ кВт}\cdot\text{ч} / \text{м}^2 \text{ в год}^{**} = 1,5 \text{ м}^3 \text{ газа} / \text{м}^2 \text{ в год}$$

$$V = 200 \cdot 1,5 = 300 \text{ м}^3 \text{ газа за отопительный сезон}$$

$$C = 300 \cdot 946,2^{***} = 283860 \text{ Вт} = \mathbf{34 \$} \text{ в год}$$

* Актуально на январь 2012 года при курсе 1\$ = 8 400 бел.руб.

** Согласно табл. 2 ТКП 45-2.04-196-2010 «Тепловая защита зданий. Теплоэнергетические характеристики»

*** Тариф, обеспечивающий полное возмещение экономически обоснованных затрат на оказание услуг по газоснабжению

ЕВРОПЕЙСКИЕ ОБЯЗАТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ ДЛЯ ПАССИВНЫХ ДОМОВ