

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



Установочный семинар

Подлежит уточнению, Минск, Беларусь

Среда, 26 июня 2013 года

**Комплексные решения в целях повышения энергоэффективности жилых зданий: европейские нормы, правила и передовой опыт**

**Передовой опыт проектирования и строительства оболочки здания, системы вентиляции и кондиционирования воздуха, применения возобновляемой энергии и прочих методов, повышающих энергоэффективность различных типов жилых зданий**

Александр Шеллхардт

(Alexander Schellhardt)

Отдел строительной физики

Тел. 030 936923-37

Факс: 030 936923-44

E-Mail [schellhardt@baucon.de](mailto:schellhardt@baucon.de)

Ingenieurgesellschaft

BBP Bauconsulting mbH

Wolfener Straße 36

12681 Berlin

[www.baucon.de](http://www.baucon.de)

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



## Краткая информация о компании:

- Основана в мае 1990 года (9 инженеров)
- В настоящее время: 47 штатных + 5 внештатных сотрудников

### •6 отделов

- ⇒ **Архитектурный**
- ⇒ **Технических строительных систем**
- ⇒ **Проектирования зданий и сооружений**
- ⇒ **Строительных материалов**
- ⇒ **Строительной физики**
- ⇒ **Энергоэффективности и возобновляемой энергии**



# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



**Комплексные решения в целях повышения энергоэффективности жилых зданий: европейские нормы, правила и передовой опыт**

## **Краткая историческая справка:**

1950 гг.: максимальные значения коэффициента теплоусвоения материала / минимальные значения теплосопротивления теплоизоляционного материала из соображений гигиены

1970 гг.: максимальные значения коэффициента теплоусвоения для ограничения потерь при передаче; расчет потерь при передаче для всей оболочки здания

1980 гг.: Требование ограничить потребности в отоплении и разработка методология расчета потребности в отоплении с учетом потерь при передаче тепла и вентиляции, а также внутреннего тепловыделения и солнечной энергии, поступающей через остекление зданий; первые энергетические паспорта

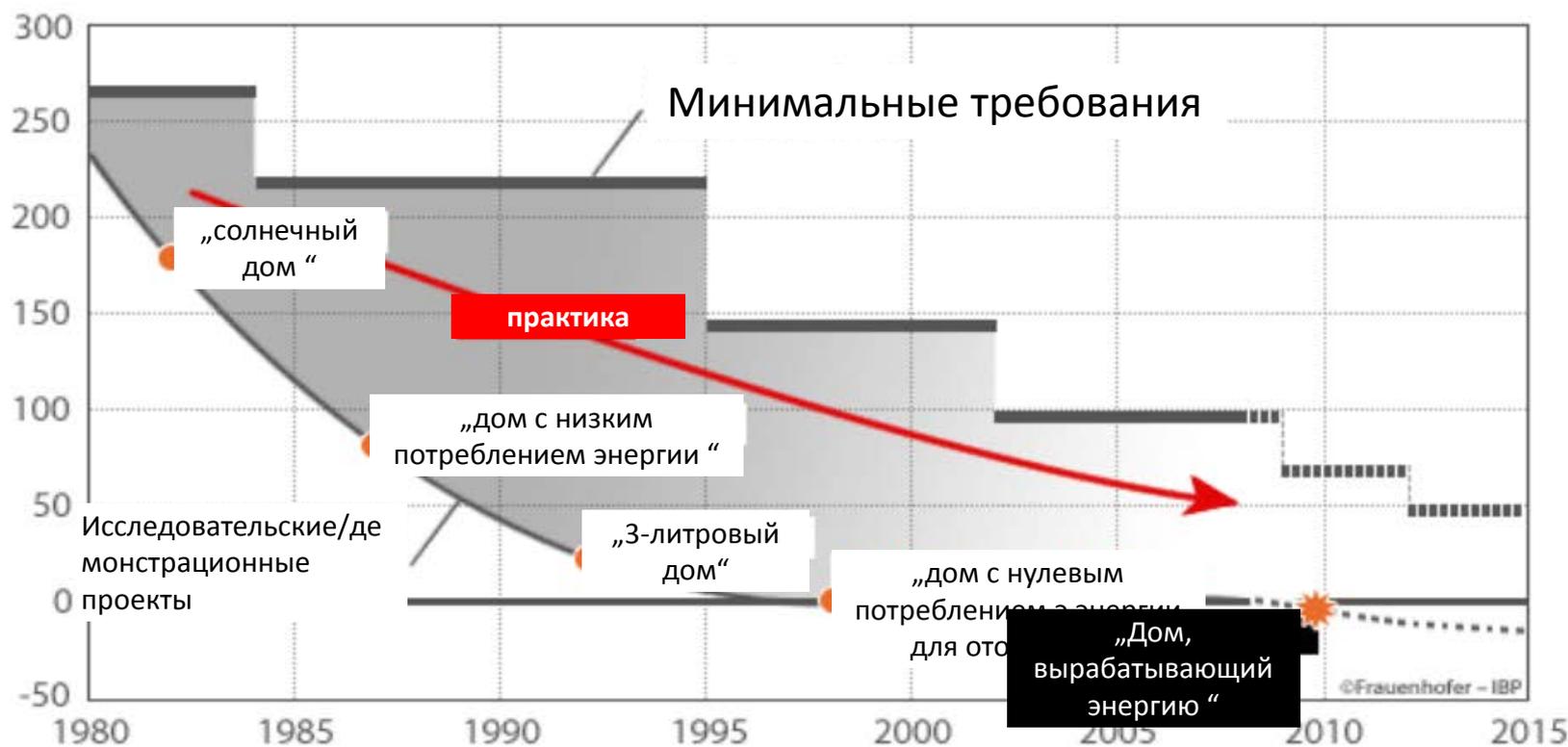
1995 гг.: ужесточение требований относительно ограничения потребности в отоплении

2000 гг.: требование ограничить потребность в первичной энергии и разработать методику определения потерь тепла при передаче для расчета энергетических характеристик зданий

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



Комплексные решения в целях повышения энергоэффективности жилых зданий: европейские нормы, правила и передовой опыт



# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



**Комплексные решения в целях повышения энергоэффективности жилых зданий: европейские нормы, правила и передовой опыт**

## Определения:

**полезная энергия или чистая затрата энергии**

**поступает жильцам в виде тепла, охлаждения или света**

**конечная или доставленная энергия**

**поставляется инженерными системами и включает потери в процессе преобразования, хранения, распределения и передачи**

**первичная энергия**

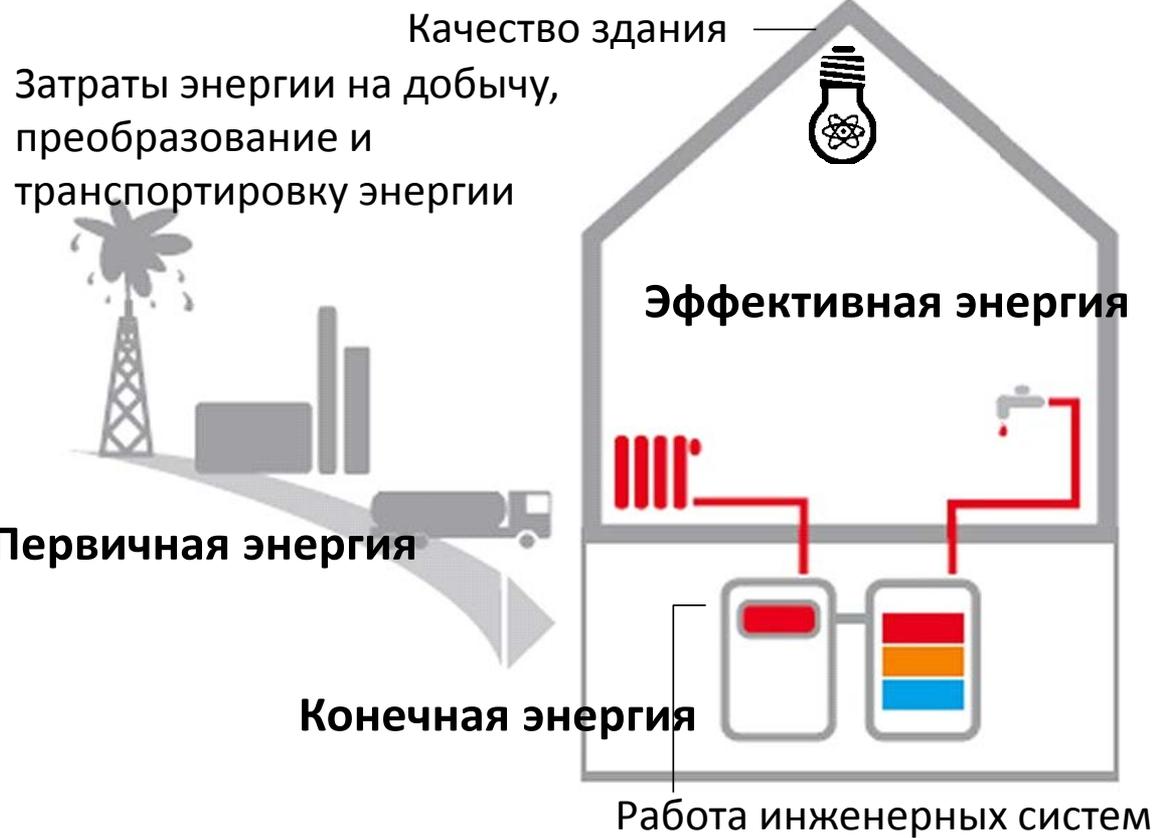
**общее количество энергии, включая всю энергию, использованную в процессе выработки и транспортировки**

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



Комплексные решения в целях повышения энергоэффективности жилых зданий: европейские нормы, правила и передовой опыт

## Определения:



# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



Комплексные решения в целях повышения энергоэффективности жилых зданий: европейские нормы, правила и передовой опыт

Определения:

**потребность** 

Ожидаемые значения (теоретически)

- Отопление
- Подогрев воды
- Электроснабжение
- Расчет по модели здания с учетом стандартных ограничений:

- Внутренний климат
- Наружный климат
- Поведение пользователей
- Системные параметры

**потребление**

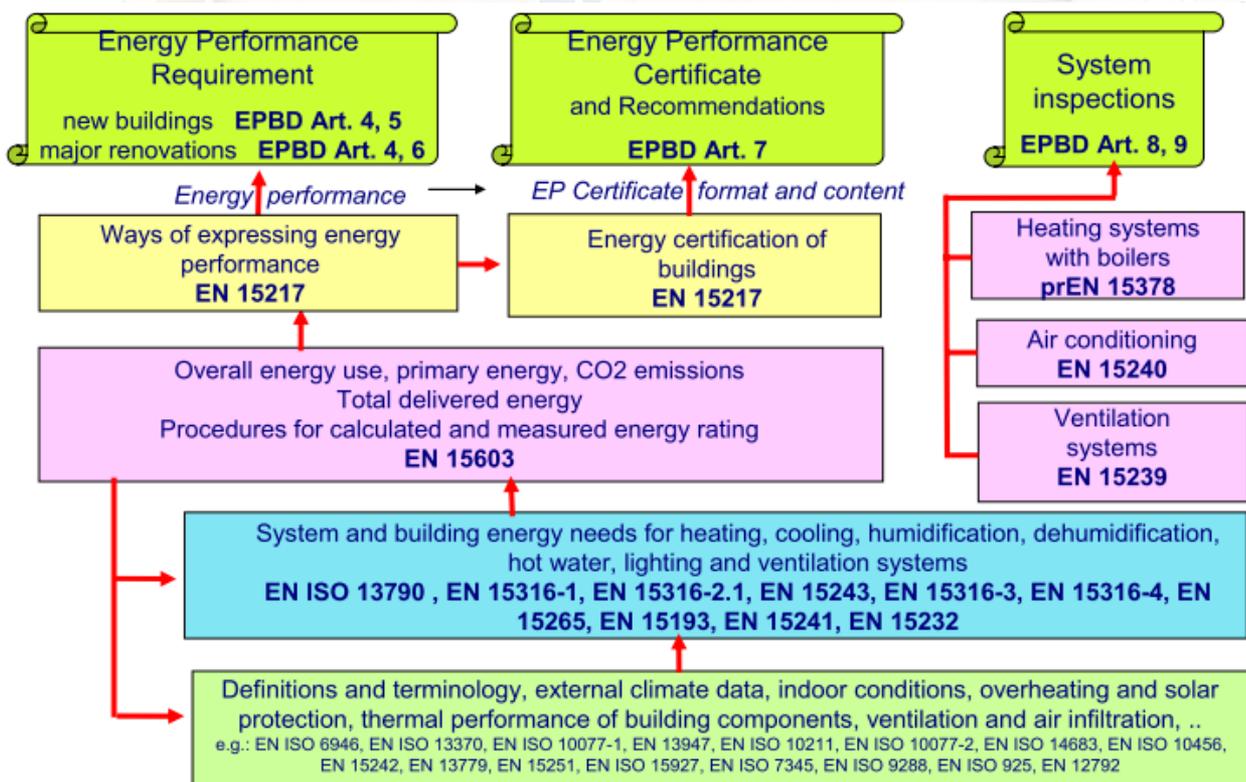
Практические значения (фактически)

- Отопление
- Подогрев воды
- Электроснабжение
- Оценка расчетов  
(корректировка в зависимости от погодных условий и степени заселенности здания)

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь

Комплексные решения в целях повышения энергоэффективности жилых зданий: европейские нормы, правила и передовой опыт

Европейская директива 2010/31/EU Об энергетических характеристиках зданий:



source: [www.ieee-cense.de](http://www.ieee-cense.de)

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



**Комплексные решения в целях повышения энергоэффективности жилых зданий: европейские нормы, правила и передовой опыт**

**Европейская директива 2010/31/EU Об энергетических характеристиках зданий:**

(7) ... Больше конкретных действий...огромный нереализованный потенциал энергосбережения в зданиях...значительная разница между результатами, достигнутыми в данной сфере странами-участницами.

(9) ... следует определять исходя из методики, которая может отличаться на национальном и региональном уровнях...

принимать во внимание...

установки для отопления и кондиционирования воздуха,

- применение энергии, получаемой из возобновляемых источников,

- пассивные отопительные и охлаждающие элементы,

- экранирование, качество воздуха в помещениях,

- соответствующее естественное освещение и проектирование здания.

Методика расчета.... Должна учитывать энергетический характеристик за весь год...

Статья 3 Методика расчета (Приложение I)

source: 2010/31/EU

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



**Комплексные решения в целях повышения энергоэффективности жилых зданий: европейские нормы, правила и передовой опыт**

**Европейская директива 2010/31/EU Об энергетических характеристиках зданий:**

15) ... **Минимальные потребности в энергии**, скорректированные с учетом местного климата, для новых и существующих зданий, подлежащих реконструкции; для новых зданий следует рассмотреть возможность применения альтернативных систем энергоснабжения вне зависимости от их размера в соответствии с принципом: в первую очередь потребности в энергии для отопления и охлаждения необходимо сократить до оптимального уровня с точки зрения затрат.

Статья 4 установка минимальных требований

Статья 5 расчет оптимального уровня с точки зрения затрат  
(Приложение III)

Статья 6 Новые здания

Статья 8 Технические строительные системы

source: 2010/31/EU

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



**Комплексные решения в целях повышения энергоэффективности жилых зданий: европейские нормы, правила и передовой опыт**

**Европейская директива 2010/31/EU Об энергетических характеристиках зданий:**

(16) Реконструкция существующих зданий вне зависимости от их размеров дает возможность применять экономически целесообразные меры для повышения энергетических характеристик...

Статья 7 существующие здания

Статья 8 технические строительные системы

(17) Страны-участницы должны разработать **национальные планы увеличения числа зданий с потреблением энергии, приближающемся к нулю...**

Статья 9 Здания с потреблением энергии, приближающемся нулю

source: 2010/31/EU

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



**Комплексные решения в целях повышения энергоэффективности жилых зданий: европейские нормы, правила и передовой опыт**

**Европейская директива 2010/31/EU Об энергетических характеристиках зданий:**

(22) Будущий покупатель или арендатор здания или комплекса зданий должны получить **(в энергетическом паспорте)** точную информацию об энергетических характеристиках здания и практические рекомендации по улучшению данных характеристик...

Статья 11 Энергетические паспорта  
(Приложение II)

Статья 12 Вопрос энергетических паспортов

Статья 13 Демонстрация энергетических паспортов

(23) Органы государственной власти должны подавать пример своими действиями...

source: 2010/31/EU

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



**Комплексные решения в целях повышения энергоэффективности жилых зданий: европейские нормы, правила и передовой опыт**

**Европейская директива 2010/31/EU Об энергетических характеристиках зданий:**

**((26) Регулярное техобслуживание и осмотр систем отопления и кондиционирования воздуха** обеспечивают оптимальную работу...

Статья 14                      осмотр отопительных систем

Статья 15                      осмотр систем кондиционирования воздуха

Статья 16                      Отчеты об осмотре систем отопления и кондиционирования воздуха

source: 2010/31/EU

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



**Комплексные решения в целях повышения энергоэффективности жилых зданий: европейские нормы, правила и передовой опыт**

**Европейская директива 2010/31/EU Об энергетических характеристиках зданий:**

(34) ... обязательство **преобразовать** данную Директиву в **национальный закон...**

Статья 28 Преобразование

source: 2010/31/EU

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



**Комплексные решения в целях повышения энергоэффективности жилых зданий: европейские нормы, правила и передовой опыт**

**Указ об энергосбережении EnEV 2009 (Германия)**

**Закон о получении тепла за счет возобновляемых источников энергии (Германия)**

**Пассивный дом**

**MINERGIE® (Швейцария)**

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



**Комплексные решения в целях повышения энергоэффективности жилых зданий: европейские нормы, правила и передовой опыт**

## **Указ об энергосбережении EnEV 2009**

- Применяется в отношении отапливаемых и охлаждаемых зданий или частей зданий с  $q_i \geq 12 \text{ °C}$
- Минимальные потребности в энергии для новых зданий
- Минимальные потребности в энергии для модернизации, реконструкции, совершенствования и расширения существующих зданий
- Обязательства по усовершенствованию существующих зданий
- Минимальные потребности в энергии для отопления, охлаждения, вентиляции, кондиционирования воздуха и подогрева воды
- Осмотр систем кондиционирования воздуха с точки зрения энергопотребления
- Энергетические паспорта для зданий (существующих и новых)
- Обеспечение исполнения + нарушения

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



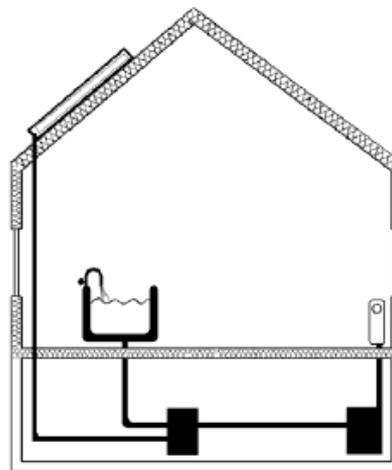
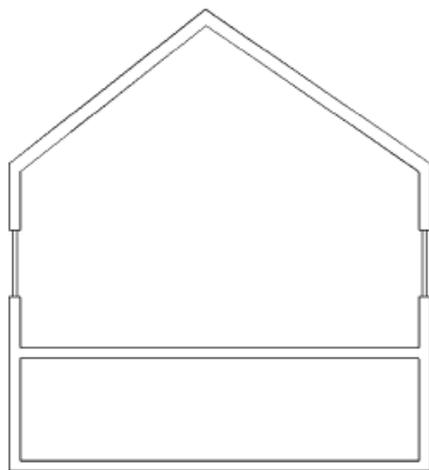
Комплексные решения в целях повышения энергоэффективности жилых зданий: европейские нормы, правила и передовой опыт

## EnEV 2009 – стандартный метод

**Этап 1:** проект здания  
ориентация  
размеры  
компоненты

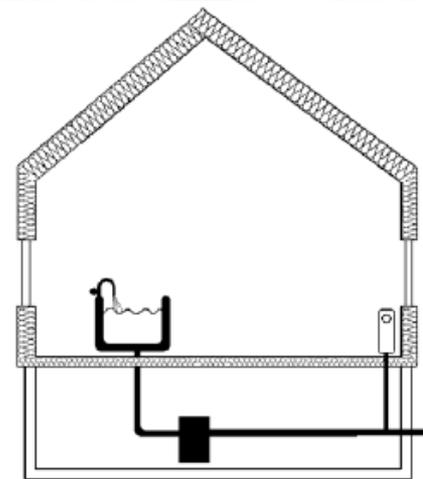
**Этап 2:** оболочка и инженерные системы в соответствии со стандартным проектом

**Этап 3:** оболочка и инженерные системы в соответствии с запланированным проектом



$Q_{P,max}$

≧



$Q_{P,vorh}$

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



Комплексные решения в целях повышения энергоэффективности жилых зданий: европейские нормы, правила и передовой опыт

EnEV 2009 -

**КОМПОНЕНТЫ  
ТИПОВОГО  
ЗДАНИЯ**

крыша  
 $U_{ref} = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

внешняя стена  
 $U_{ref} = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

тепловые мосты  
 $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

стена подвала  
 $U_{ref} = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Потолок подвала/низ  
 $U_{ref} = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

ОКНО

$U_{ref} = 1,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$   
 $g_{ref} = 0,6$

Система подогрева воды за счет солнечной энергии

Система вентиляции (вытяжной воздух)

Конденсационный котел (55°C/45°C)

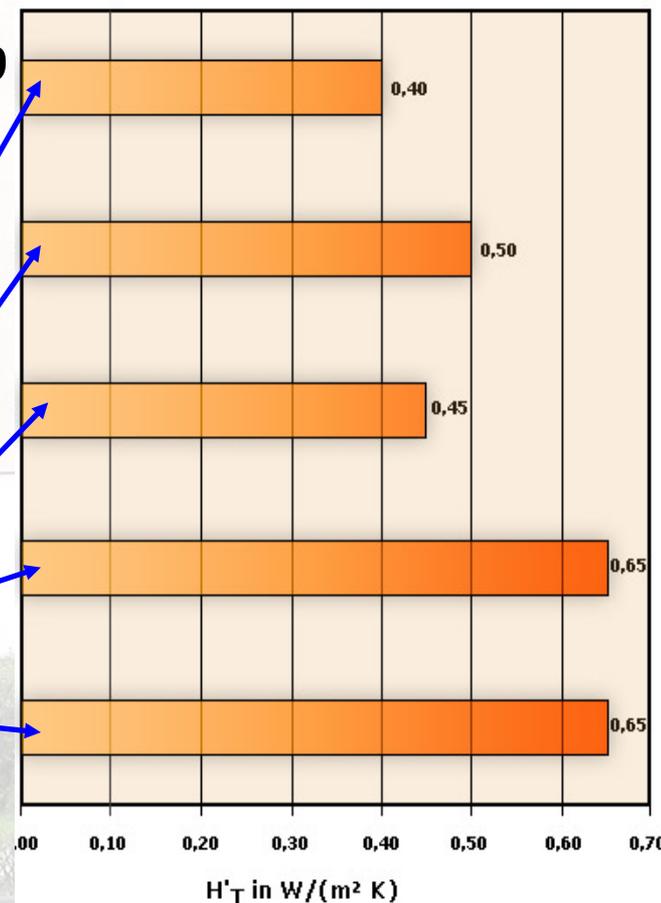
# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



Комплексные решения в целях повышения энергоэффективности жилых зданий: европейские нормы, правила и передовой опыт

## Германия: Указ об энергосбережении EnEV 2009

Тип здания		Максимальные значения удельной теплопотери при теплопередаче через ограждающие конструкции
Отдельностоящие здания	$A_N \leq 350 \text{ м}^2$	$H_T' = 0,40 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$
	$A_N > 350 \text{ м}^2$	$H_T' = 0,50 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$
Здания, примыкающие одной стороной		$H_T' = 0,45 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$
Прочие здания		$H_T' = 0,65 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$
Пристройки		$H_T' = 0,65 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$

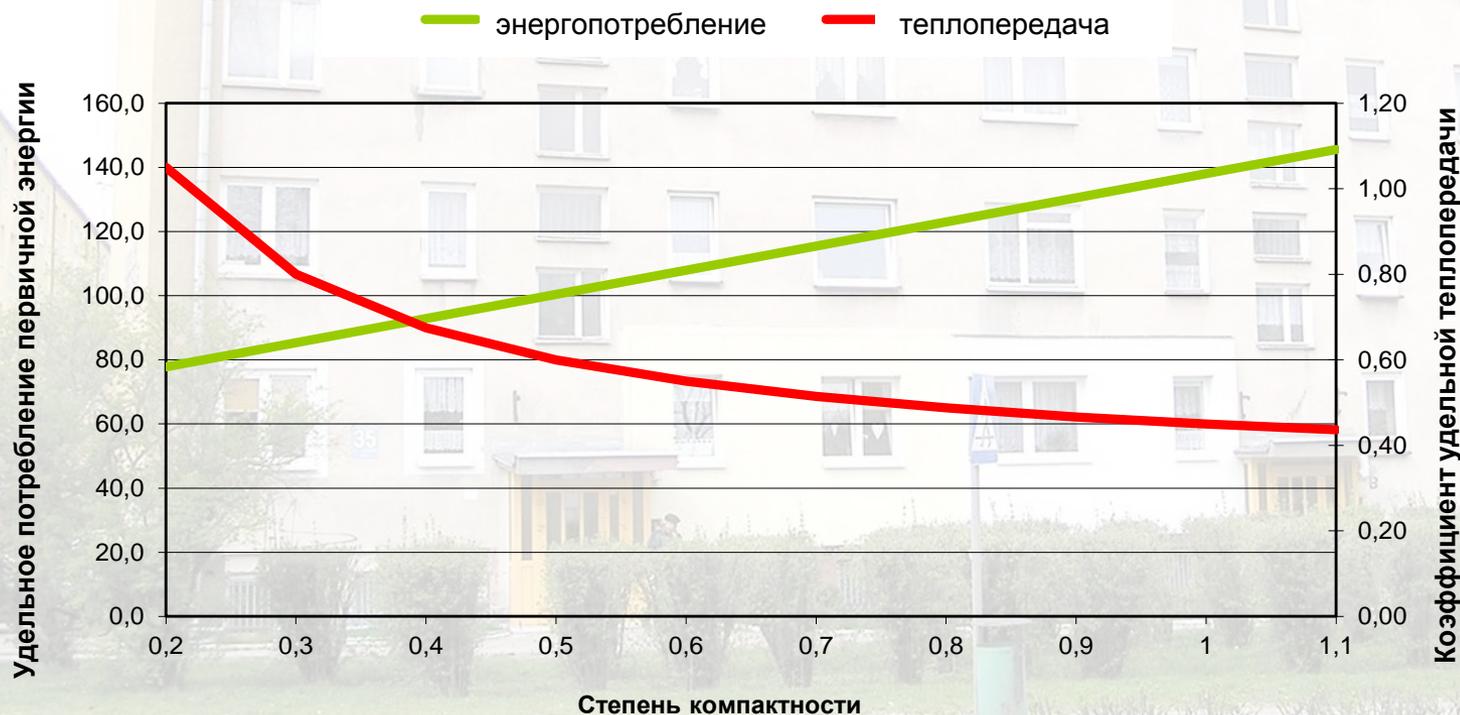


# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



Комплексные решения в целях повышения энергоэффективности жилых зданий: европейские нормы, правила и передовой опыт

EnEV 2009 – EnEV 2007



# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



Комплексные решения в целях повышения энергоэффективности жилых зданий: европейские нормы, правила и передовой опыт

EnEV 2009 – Сертификат энергетических характеристик

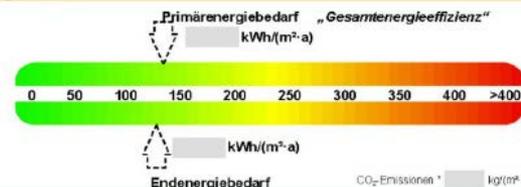
## ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

Berechneter Energiebedarf des Gebäudes

2

Energiebedarf



Nachweis der Einhaltung des § 3 oder § 9 Abs. 1 der EnEV (Vergleichswerte)

Primärenergiebedarf		Energische Qualität der Gebäudehülle	
Gebäude Ist-Wert	_____ kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	Gebäude Ist-Wert H <sub>1</sub>	_____ W/(m <sup>2</sup> ·K)
EnEV-Anforderungswert	_____ kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	EnEV-Anforderungswert H <sub>1</sub>	_____ W/(m <sup>2</sup> ·K)

Endenergiebedarf „Normverbrauch“

Energieträger	Jährlicher Endenergiebedarf in kWh/(m <sup>2</sup> ·a) für			Gesamt in kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
	Heizung	Warmwasser	Hilfsgeräte	

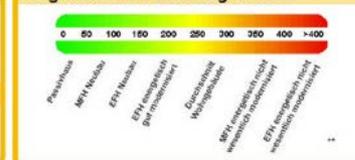
Erneuerbare Energien

- Einsatzanteil alternativer Energieversorgungssysteme nach § 5 EnEV vor Baubeginn berücksichtigt
- Erneuerbare Energieträger werden genutzt für:
- Heizung
  - Warmwasser
  - Lüftung

Lüftungskonzept

- Die Lüftung erfolgt durch:
- Fensterlüftung
  - Schachtlüftung
  - Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung
  - Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Vergleichswerte Endenergiebedarf



Erläuterungen zum Berechnungsverfahren

Das verwendete Berechnungsverfahren ist durch die Energieeinsparverordnung vorgegeben. Insbesondere wegen standardisierter Randbedingungen sind die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch. Die ausgewiesenen Bedarfswerte sind spezifische Werte nach der EnEV pro Quadratmeter Gebäudenutzfläche (A<sub>n</sub>).

\* freiwillige Angabe \*\* EFH – Einfamilienhäuser, MFI – Mehrfamilienhäuser

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



**Комплексные решения в целях повышения энергоэффективности жилых зданий: европейские нормы, правила и передовой опыт**

**Германия: Закон о получении тепла за счет возобновляемых источников энергии**

Обязательство использовать в новых зданиях возобновляемые источники энергии

Требование: удовлетворить потребности в энергии для отопления за счет:

- 15% энергии солнца **или**
- 30% биогаза (и комбинированного производства) **или**
- 50% твердой или жидкой биомассы **или**
- 50% геотермальной энергии или тепла окружающей среды **или**

Альтернативные меры:

- 50% тепла от переработки отходов или получение тепла с комбинированной теплоэлектростанции **или**
- 15% эффективнее требований Указа об энергосбережении

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



## Комплексные решения в целях повышения энергоэффективности жилых зданий: европейские нормы, правила и передовой опыт

### Пассивный дом

Добровольный строительный стандарт, требования:

- Тепловая энергия  $\leq 15 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\text{а})$   
или тепловая нагрузка  $\leq 10 \text{ Вт}/\text{м}^2$
- Энергия охлаждения  $\leq 15 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\text{а}) + 0,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{аК}) \cdot \text{Сч}^1)$   
или холодильная нагрузка  $\leq 10 \text{ Вт}/\text{м}^2$   
и энергия охлаждения  $\leq 4 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\text{аК}) \cdot \theta_e + 2 \cdot 0,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{аК}) \cdot \text{Сч} - 75 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\text{а})$   
и энергия охлаждения  $\leq 45 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\text{аК}) \cdot 0,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{аК}) \cdot \text{Сч}$
- Первичная энергия  $\leq 120 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\text{а})$   
(в том числе, электроэнергия дома)
- Герметичность  $n_{50} \leq 0,6 \text{ ч}^{-1}$

<sup>1)</sup> Сч: степень сухости - час

source: [www.passiv.de](http://www.passiv.de)

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



Комплексные решения в целях повышения энергоэффективности жилых зданий: европейские нормы, правила и передовой опыт

Швейцария: MINERGIE®

Добровольный строительный стандарт (частичный вид)

	<b>MINERGIE®</b>	<b>MINERGIE-P®</b>	<b>MINERGIE-A®</b>
	Здание с низким энергопотреблением	Здание с минимальным потреблением энергии	Здание, вырабатывающее энергию
Тепловой коэффициент	38 кВт·ч/(м²а)	30 кВт·ч/(м²а)	0 кВт·ч/(м²а)
Первичная потребность (потребление тепла)	90%	60%	90%
Герметичность	Требования отсутствуют	$n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$	
Вспомогательная энергия	Не учитывается	учитывается	
Бытовая электроэнергия	Требования отсутствуют	Лучшее оборудование	Лучшее оборудование и освещение
Серая энергия	Требования отсутствуют		$\leq 50 \text{ кВт·ч/(м²а)}$
Дополнительные затраты	$\leq 10 \%$	$\leq 15 \%$	Требования отсутствуют <small>source: www.minergie.ch</small>

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



**Комплексные решения в целях повышения энергоэффективности жилых зданий: европейские нормы, правила и передовой опыт**

**Дания**

**Нормы и правила:**

- Энергетическая маркировка зданий
- Проверка котлов и отопительных установок
- Энергетическая проверка крупных вентиляционных блоков
- Предотвратить ненужные расходы энергии при строительстве новых и реконструкции существующих зданий.

Кроме того, реализован ряд инициатив, направленных на энергосбережение в зданиях.

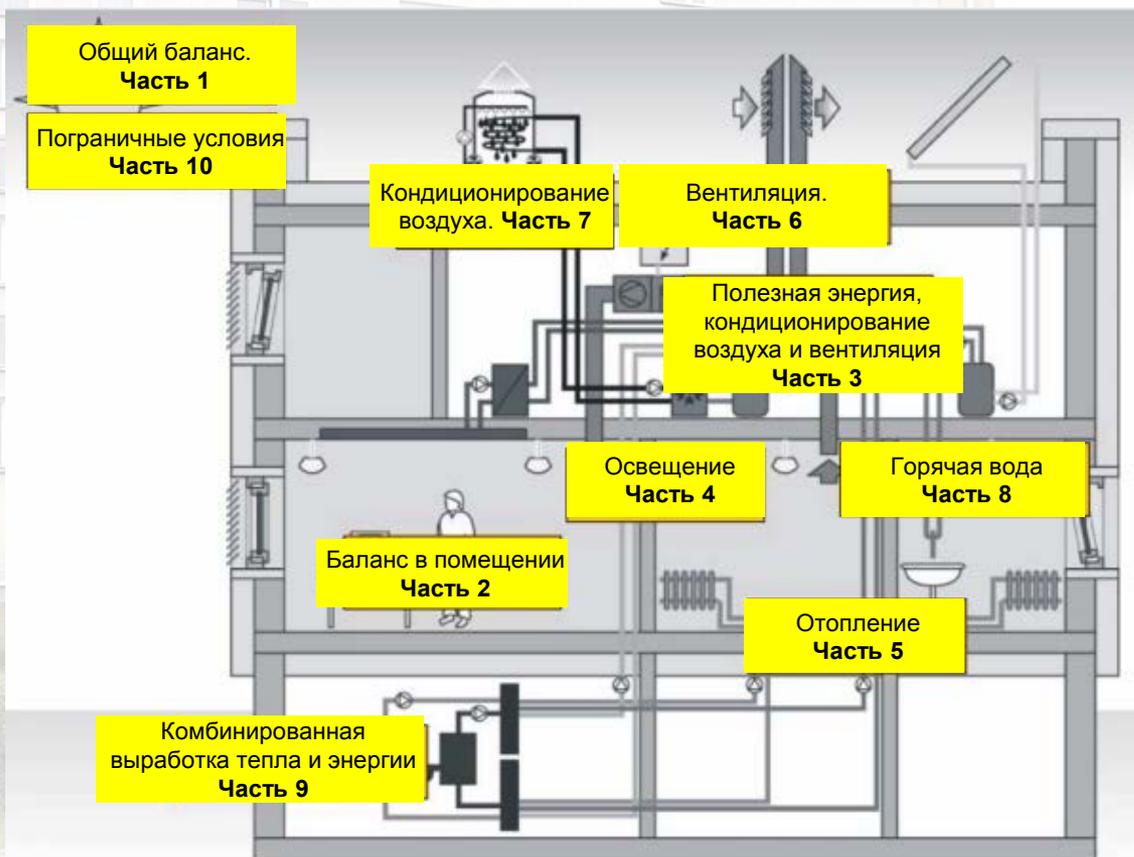
source: IPI GmbH (CH), 2005

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



Комплексные решения в целях повышения энергоэффективности жилых зданий: европейские нормы, правила и передовой опыт

DIN V 18599 (Германия)



# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



**Комплексные решения в целях повышения энергоэффективности жилых зданий: европейские нормы, правила и передовой опыт**

**Общий подход европейской Директивы об энергоэффективности применим**

**Учитывая экономическое положение, требования относительно энергоэффективности должны быть максимально жесткими.**

**Метод определения должен быть максимально простым и ориентированным на практику**

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



**Спасибо  
За внимание!  
Вопросы?**

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



**Передовой опыт проектирования и строительства оболочки здания, системы вентиляции и кондиционирования воздуха, применения возобновляемой энергии и прочих методов, повышающих энергоэффективность различных типов жилых зданий**

## **Принципы планирования:**

- Подбор подходящей площадки для размещения здания
- Высокая компактность,
- Крупная структура,
- Отличная изоляция оболочки здания,
- Высокая герметичность,
- Концепция вентиляции
- Использование солнечного тепла, поступающего через остекление зданий
- Эффективные инженерные системы (малые потери при выработке, распределении и передаче), тепловая изоляция всех труб и фитингов, контроль, ориентированный на потребности в энергии
- Использование возобновляемых источников энергии

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



Страна	Год приняты я	Коэффициент сопротивления теплопередаче, м <sup>2</sup> ·К/Вт			
		Стены	Кровля	Окна	Пол
Франция	2005	2.78	5.00	0.56	3.7
Бельгия	2008	2.0	3.33	0.47	1.11
Нидерланды	2011	3.45	3.45	0.45	3.45
Германия	2009	3.57	5.00	0.77	2.86
Великобритания	2010	5.55	6.67	0.67	4.76
Италия	2010	3.03	3.45	0.5	3.12
Венгрия	2006	2.22	4.00	0.62	4.00
Румыния	2006	1.41	3.03	0.4	3.03
Дания	2006	5.00	6.67	0.67	6.67
Норвегия	2007	5.56	7.69	0.83	6.67
Швеция	2008	5.56	7.69	0.76	6.67
Финляндия	2010	5.88	11.11	1.0	5.88
<b>Беларусь</b>	<b>2009</b>	<b>3.2</b>	<b>6.0</b>	<b>1.0</b>	<b>2.5</b>
Здание с низким потреблением энергии	-	≈ 4.00	≈ 4.00	≈ 0.77	≈ 3.33
Пассивный дом		≈ 6.67	≈ 8.33	≈ 1.25	≈ 6.67

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



Передовой опыт проектирования и строительства оболочки здания, системы вентиляции и кондиционирования воздуха, применения возобновляемой энергии и прочих методов, повышающих энергоэффективность различных типов жилых зданий

## Тепловая защита

Компонент	Беларусь	Низкое энергопотребление	Пассивный дом
Внешняя стена	8 ... 12 см	10 ... 15 см	22 ... 26 см
Окна	Тройное остекление	Двойное остекление	Тройное остекление
Кровля	23 см	15 ... 16 см	32 ... 33 см
Пол	8 ... 10 см	12 ... 14 см	25 ... 26 см
Тепловые мосты	?	$\Delta U \leq 0,05 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$	$\Delta U \leq 0,01 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$
Герметичность	?	$n_{50} \leq 1,5 \text{ ч}^{-1}$	$n_{50} \leq 0,6 \text{ ч}^{-1}$

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



**Передовой опыт проектирования и строительства оболочки здания, системы вентиляции и кондиционирования воздуха, применения возобновляемой энергии и прочих методов, повышающих энергоэффективность различных типов жилых зданий**

**Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха**

- **Вентиляция**
- **Отопление**
- **Горячее водоснабжение**
- **Охлаждение**
- **Освещение**
- **Формы возобновляемой энергии**

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



## Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха

### Технологии

Технология	Носитель/источник энергии	Применение
Конденсационный котел	Природный газ/ биогаз/ древесные пеллеты/ древесная щепа/ растительные масла	Тепло
Электрический водонагреватель	Электроэнергия	Тепло
Комбинированная выработка тепла и электроэнергии + (абсорбционный холодильник)	Природный газ/ биогаз/ древесные пеллеты/ древесная щепа/ растительные масла	Тепло + (Охлаждение) + Электроэнергия
ТВЭЛ + (абсорбционный холодильник)	Природный газ/ биогаз/ Водород	Тепло + (Охлаждение) + Электроэнергия
Устройства для преобразования солнечной энергии в тепло + (абсорбционный холодильник)	Солнечное излучение	Тепло + (Охлаждение)
Устройства для преобразования энергии	Солнечное излучение	Электроэнергия

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



## Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха

### Технологии

Технология	Носитель/источник энергии	Применение
Тепловой насос	Геотермальная поверхностная / Электроэнергия Подземные воды/ Электроэнергия Сточные воды/ Электроэнергия Внутренние источники тепла/ Электроэнергия Воздух / Электроэнергия	Тепло + (Охлаждение)
Прямая подача тепла + (абсорбционный холодильник) + (паровая турбина)	Горячая вода – геотермальная поверхность - удаленная	Тепло + (Охлаждение) + Электроэнергия
Ветряная турбина	Ветер	Электроэнергия
Пассивное использование энергии солнца	Солнечное излучение	Тепло + Свет
Охлаждение ночным воздухом	Наружный воздух	Охлаждение

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



## Технологии

- Система отопления с использованием пеллет

<b>Выработка</b>	<b>Тепло</b>
<b>Применение</b>	<b>Обычная нагрузка или подогрев воды</b>
<b>Уровень температуры</b>	<b>Возможно &gt; 60°C</b>
<b>Эффективность</b>	<b>85%</b>

- Высокое удобство использования
- Требуется хранение топлива

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



## Технологии

- Устройства для преобразования солнечной энергии в электрическую и тепловую
- Устройства для преобразования солнечной энергии в электрическую
  - Выработка: 100 ... 130 кВт·ч/(м<sup>2</sup>а) электроэнергии в зависимости от силы солнечного излучения
  - высокая стоимость
  - желательно многоцелевое использование
- Устройства для преобразования солнечной энергии в тепловую
  - Выработка: 300 ... 500 кВт·ч/(м<sup>2</sup>а) тепла, в зависимости от силы солнечного излучения
  - Уровень температуры: возможно > 60°C
  - Применение: подогрев воды (поддерживающий)

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



## Технологии

- Тепловой насос (с электроприводом)

Выработка:	Тепло/Охлаждение
Применение:	нормальная нагрузка
Уровень температуры:	Предпочтительно < 35°C
КПД:	4-6

- Геотермический источник энергии
  - удельный отбор тепла зависит от геологических условий
  - возможно пассивное охлаждение



# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь

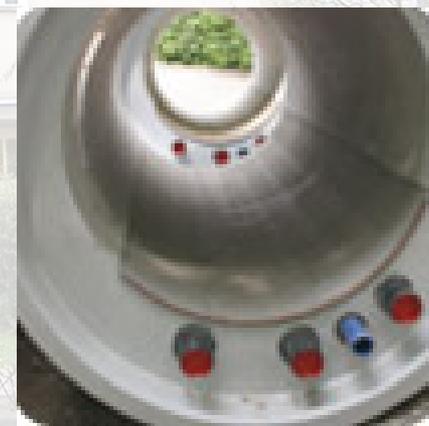


## Технологии

- Тепловой насос (с электроприводом)

Выработка:	Тепло/Охлаждение
Применение:	Нормальная нагрузка
Уровень температуры:	Предпочтительно < 35°C
КПД:	4-6

- Геотермический источник энергии
  - удельный отбор тепла зависит от геологических условий
  - возможно пассивное охлаждение
- Источник энергии – сточные воды
  - необходимо компенсировать отсутствие непрерывности входящего потока
  - удельный коэффициент отбора тепла зависит от процессов биологической очистки сточных вод

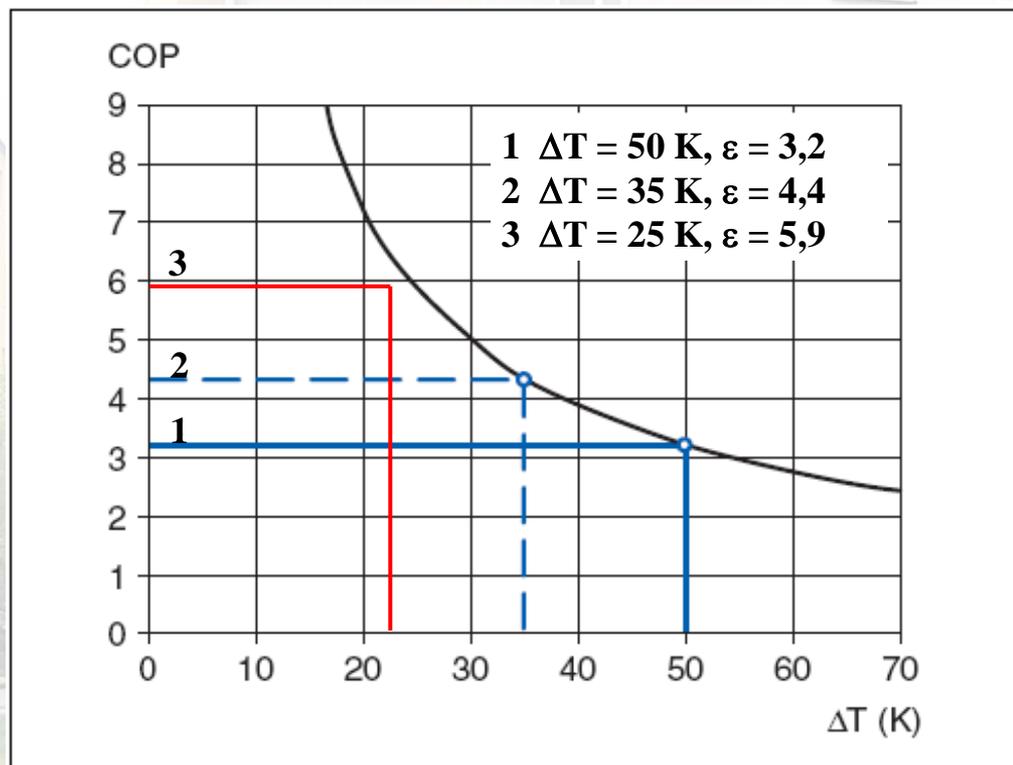


# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



## Технологии

- Тепловой насос (с электроприводом); Источник тепла  $10^{\circ}\text{C}$  (например, геотермальный)



1 Необходимая температура:  $60^{\circ}\text{C}$

⇒ разница температур: 50 K

⇒ достижимый КПД: **3,2**

2 Требуемый уровень температуры:  $45^{\circ}\text{C}$

⇒ разница температур: 35 K

⇒ достижимый КПД: **4,4**

3 Требуемый уровень температуры:  $35^{\circ}\text{C}$

⇒ разница температур: 25 K

⇒ достижимый КПД: **5,9**

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



## Технологии

- Комбинированная выработка тепла и электроэнергии (биогаз)

Выработка	Тепло/ Охлаждение
Применение	Нормальная нагрузка
Уровень температуры	Возможно > 60°C
Выработка	от 5 кВт <sub>тепло</sub> до 2 МВт <sub>тепло</sub>

- Общая эффективность до 85%
- Электрический коэффициент полезного действия в зависимости от принципа сжигания 31% ... 38%
- Топливо обычно природный газ, также возможен биогаз

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



## Технологии

- **Абсорбционный холодильник**
- **Применение тепла для охлаждения**
- **Требует высоких температур, например, от комбинированной теплоэлектростанции**
- **Для холодильника не требуется электроэнергии**
- **Не выделяются вредные углеводороды в качестве охладителя**

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



## Технологии

- **ТВЭЛ**

<b>Выработка</b>	<b>Тепло/Электроэнергия</b>
<b>Применение</b>	<b>Нормальная нагрузка</b>
<b>Уровень температуры</b>	<b>Возможно &gt; 60°C</b>

- **Преобразование химической энергии напрямую в электроэнергию и тепло,**
- **Очень дорогостоящая**

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



## Технологии

- **Малая ветряная турбина**

<b>Выработка</b>	<b>Электроэнергия</b>
	<b>1 ... 12,5 МВт·ч / блок</b>
<b>Выработка электроэнергии</b>	<b>1,5 ... 5 кВт / блок</b>
<b>Часы полной нагрузки</b>	<b>1,000 ... 2,000</b>

- **Преобразование химической энергии напрямую в электроэнергию и тепло,**
- **Очень дорогостоящая**

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



## Технологии

- Энергия льда
- Сочетание - емкость для воды,
  - устройства для преобразования энергии солнца в тепло
  - поглотители воздуха
  - тепловой насос



Хранилища льда (источник: <http://www.lochthowe.com>)

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



## Соперничество различных технологий

**Конкуренция за место:**

**Например, устройства для преобразования солнечной энергии в электричество и устройства для преобразования солнечной энергии в тепло**  
Обеим системам требуется место на крыше или фасаде на южной стороне

**Экономичность:**

**Например, геотермальная энергия**  
Геотермальная энергия обеспечивает возобновляемый источник тепла с высокой температурой и обслуживанием на высоком уровне. – В данном случае не нужен дополнительный тепловой генератор, это только повысит затраты.

**Периоды работы:**

**Например, комбинированная теплоэлектростанция - устройства для преобразования солнечной энергии в тепло**  
Солнечная энергия, поступающая сквозь остекление в здание в течение лета, снижает потенциальный срок службы термоэлектростанции и вследствие этого выработку ею энергии. При более высоких вложениях выработка меньше.

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



## Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха

### Вентиляция

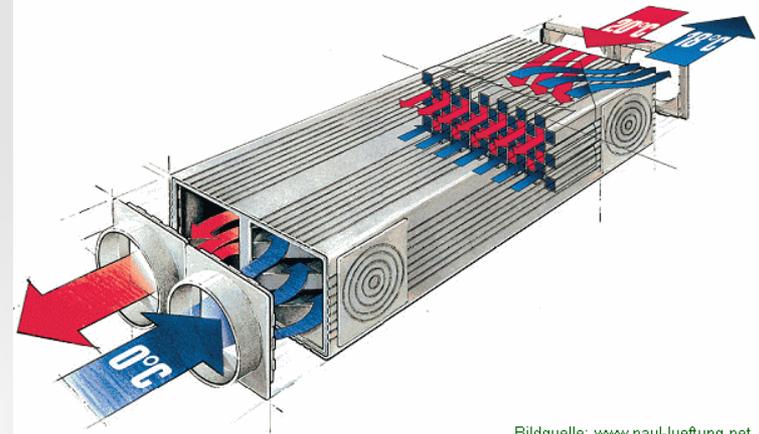
- Свободная вентиляция
- Механическая система вентиляции
- Приточно-вытяжная система вентиляции с рекуперацией тепла



source: [www.regel-air.de](http://www.regel-air.de)



source: [www.aereco.de](http://www.aereco.de)



Bildquelle: [www.paul-lueftung.net](http://www.paul-lueftung.net)

source: [www.paul-lueftung.net](http://www.paul-lueftung.net)

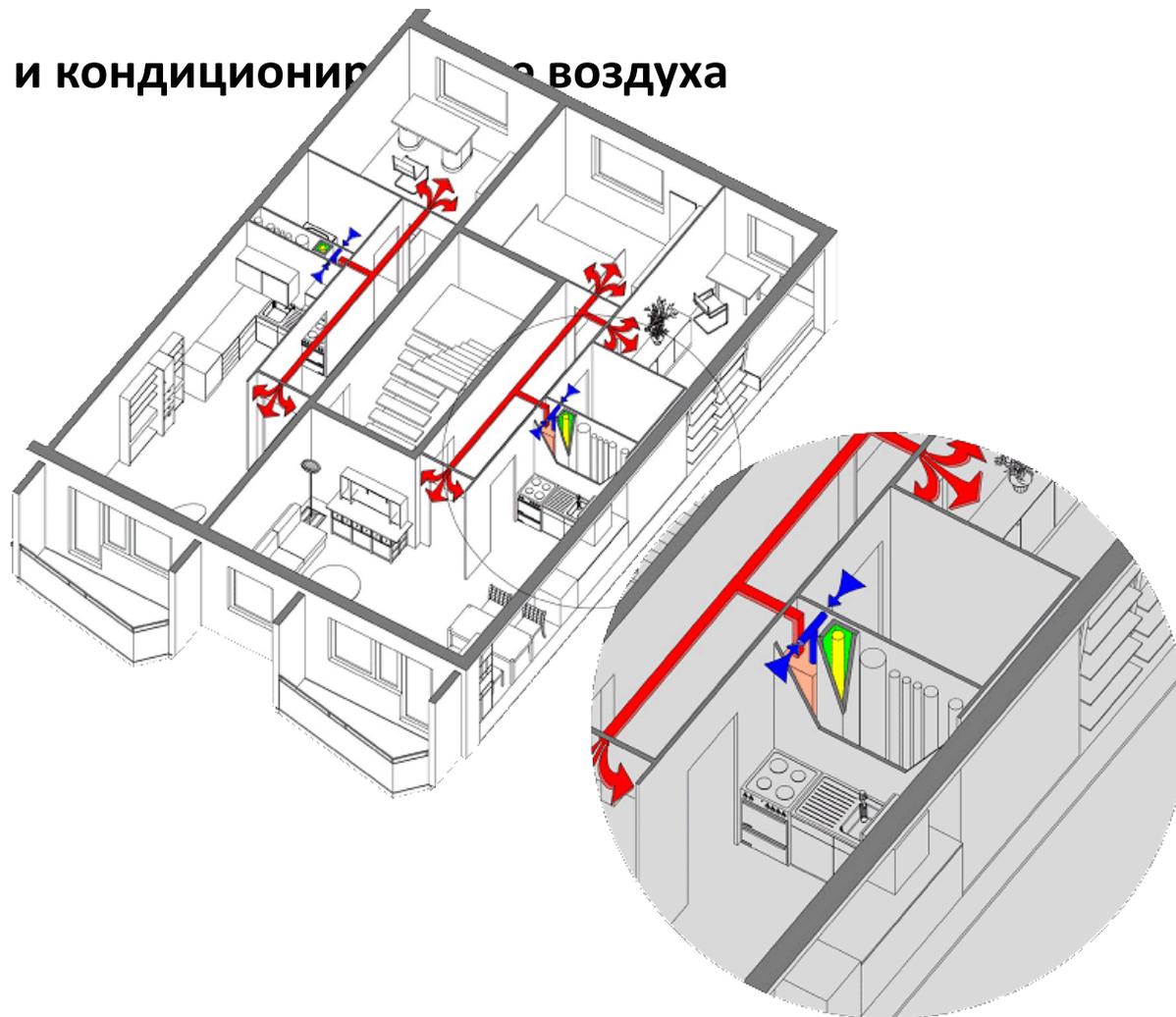
# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха

Вентиляция –

- Приточно-вытяжная система вентиляции с рекуперацией тепла



source: [www.lunos.de](http://www.lunos.de)

source: BBP

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь

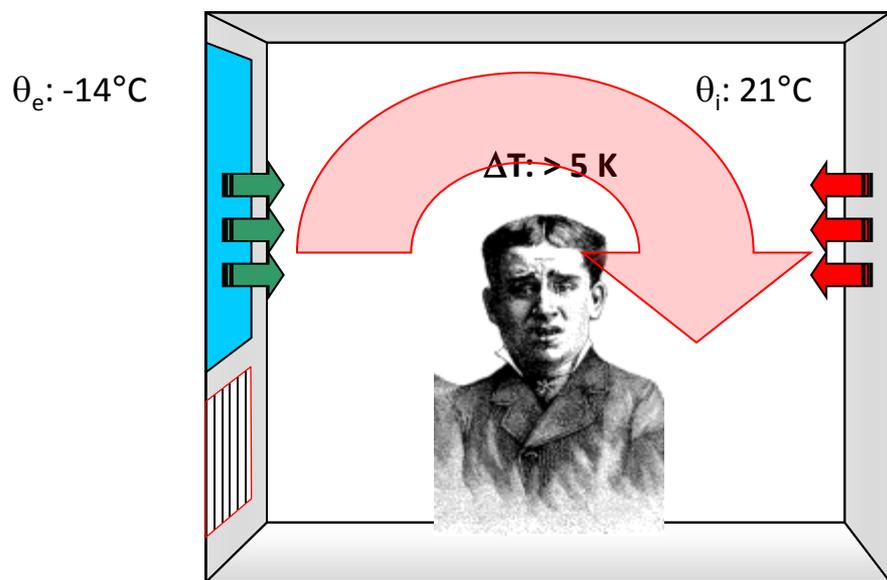


Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха

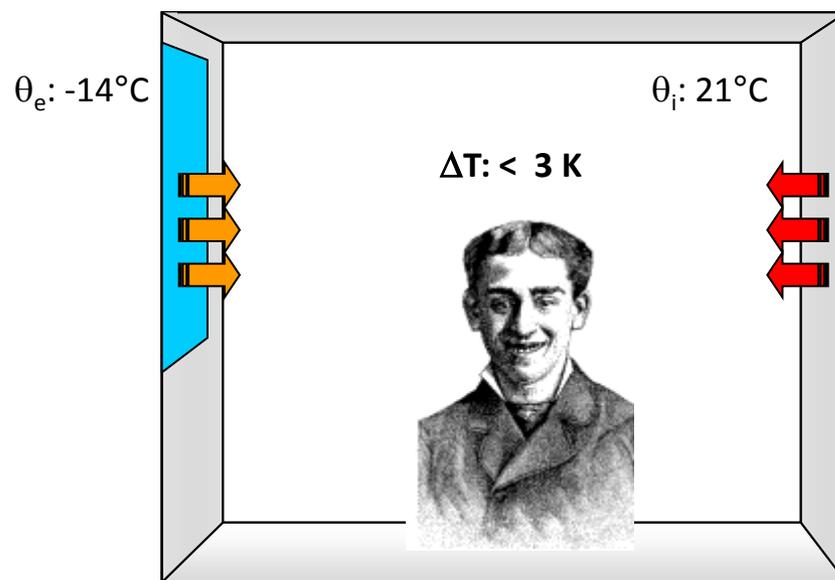
Отопление – преимущественно низкотемпературные системы с минимальным объемным расходом и отличной изоляцией

Ассиметрия теплового излучения

$$U_w: 1,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$



$$U_w: 0,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$



# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



**Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха**

**Охлаждение –**

- Системы отопления также можно использовать для охлаждения
- В первую очередь: поддерживать внешнее воздействие на минимальном уровне

**Горячее водоснабжение –**

- В сочетании с устройствами для преобразования солнечной энергии в тепло
- Хранение внутри отапливаемой оболочки здания
- Минимальный объем расхода и отличная изоляция

**Освещение**

- Максимальное использование дневного света в качестве естественного источника освещения
- Энергоэффективные лампы,
- Датчики присутствия на лестничных клетках, в лифтах и коридорах

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



## Примеры



Компонент	Эффективный дом		Пассивный дом	
	Внешняя стена	38 см	0,094 Вт/(м <sup>2</sup> К)	20 см
Окна	3- слойны е	0,79 Вт/(м <sup>2</sup> К)	3- слойные	0,8 Вт/(м <sup>2</sup> К)
Кровля	41 см	0,090 Вт/(м <sup>2</sup> К)	40 см	0,11 Вт/(м <sup>2</sup> К)
Пол	-	0,095 Вт/(м <sup>2</sup> К)	20 см	0,17 Вт/(м <sup>2</sup> К)
Отопление	Газовый конденсационный котел		Котел на древесных пеллетах в комбинации с гелиоколлектором	
Горячее водоснабжение	Гелиоколлектор			
Вентиляция	Децентрализованная индивидуальная приточно-вытяжная система с рекуперацией тепла		Централизованная приточно-вытяжная система с рекуперацией тепла	
Энергопотребление	q <sub>rec</sub> = 20 кВт·ч/(м <sup>2</sup> ·а)		q <sub>rec</sub> = 8 кВт·ч/(м <sup>2</sup> ·а) 1) household energy included η <sub>rec</sub> = 90%	

# Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь



## Примеры



## Эффективный дом Плюс и электромобильность

- Возможность строительства в будущем отдельных домов, вырабатывающих излишки энергии
- Как могут быть спроектированы дома в будущем
- Возможен полный демонтаж и переработка в конце срока эксплуатации

**Спасибо  
за внимание!  
Вопросы?**