



ПРОЕКТ ПРООН/ГЭФ 00077154

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Проект установочного отчета 05480/5/01/3-01

(Контракт № IC: 2013-098-01)

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

Ingenieurgesellschaft BBP Bauconsulting mbH
Wolfener Straße 36
D-12681 Berlin

В сотрудничестве с

Initiative Wohnungswirtschaft Ost (IWO) e.V.
Friedrichstraße 95
D-10117 Berlin

Берлин, 29.07.2013

Инж. Александр Шеллхардт (Alexander Schellhardt)
Эксперт по энергоэффективности зданий

Содержание

страница

Введение.....	5
Краткая история.....	6
Определения	8
Стандарты энергоэффективности	8
Европейские нормы, правила и передовой опыт.....	10
Постановление об энергосбережении EnEV 2009.....	11
Закон о получении тепла за счет возобновляемых источников энергии.....	14
Пассивный дом	14
Швейцария: MINERGIE®	16
Дания.....	17
Составление энергетического баланса на основании стандарта DIN V 18599.....	17
Передовой опыт проектирования и строительства оболочки здания, системы вентиляции и кондиционирования воздуха, применения возобновляемой энергии и прочих методов, повышающих энергоэффективность различных типов жилых зданий	21
Размещение здания	21
Компактность	21
Оболочка здания	22
Внешняя стена	23
Окна	24
Кровля.....	25
Пол	26
Температурные мосты	26
Герметичность	27
Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВКВ).....	28
Отопительная система на пеллетах	28
Устройства для преобразования солнечной энергии в электроэнергию и тепло.....	29
Тепловой насос (с электроприводом).....	30
Комбинированная выработка тепла и электричества (биогаз)	31
Абсорбционный холодильник	31
ТВЭЛ	32
Малые ветряные турбины	32

Энергия льда.....	32
Конкуренция между различными технологиями	32
Вентиляция	33
Отопление.....	35
Охлаждение	35
Подогрев воды.....	36
Освещение	36
Примеры	36
Энергоэффективный дом (Effizienzhaus).....	36
Пассивный дом	37
Эффективный дом плюс	38
Источники	39

Введение

По всему миру мы наблюдаем примеры мероприятий, направленных на сбережение энергии, что позволит предотвратить использование ископаемых энергетических ресурсов. Именно страны с ограниченными запасами природных ресурсов особенно заинтересованы в обретении независимости от импорта и обеспечении поставок достаточного количества энергии в энергоемкие отрасли экономики страны. При последовательном обеспечении соблюдения стандартов энергоэффективности их внедрение – это эффективный и устойчивый подход к энергосбережению, который всё же должен опираться на экономические возможности. В нашу эпоху энергосбережения жилые дома привлекают всё больше внимания.

Жилые дома предохраняют людей от воздействия погодных условий. Именно там люди проводят большую часть своей жизни, удовлетворяя биологические и культурные потребности. В заключение, основным приоритетом жилищной сферы является здоровье людей. А поэтому жилые дома должны соответствующим образом отапливаться, вентилироваться и освещаться. Они должны быть оснащены таким образом, чтобы удовлетворять санитарные нужды. Для этого необходимо постоянное снабжение теплом и электроэнергией для отопления, горячего водоснабжения, вентиляции, охлаждения и освещения.

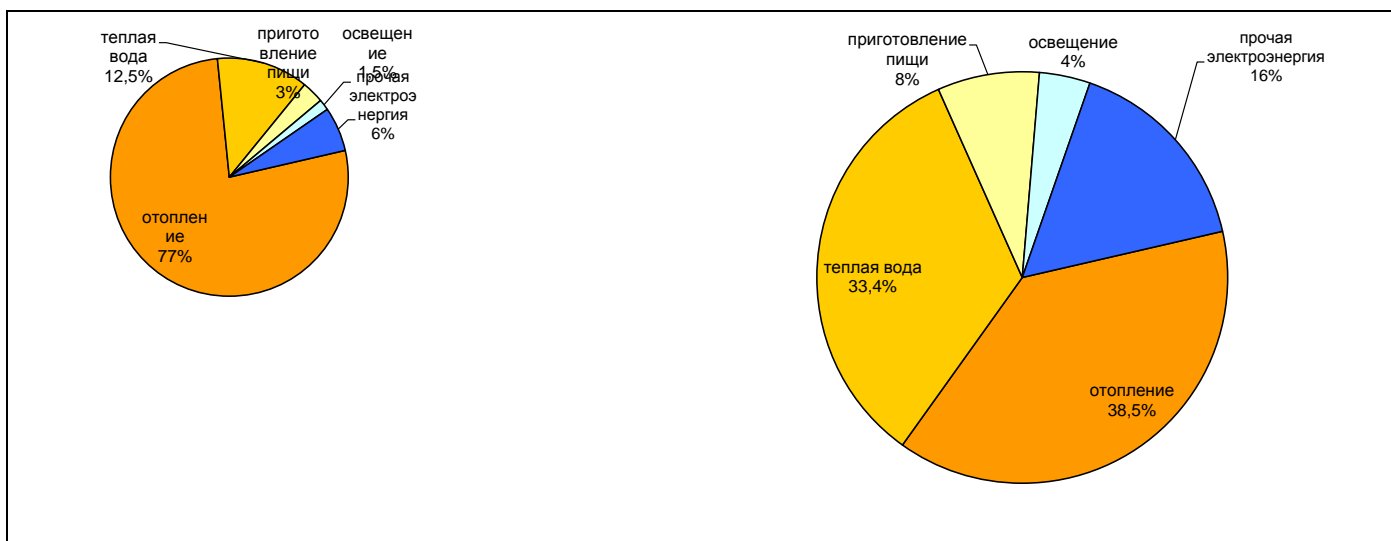


Рисунок 1: Доли потребления тепловой энергии в существующих (левая диаграмма) и новых (правая диаграмма) жилых домах

В среднем, потребление тепловой энергии в существующих жилых домах варьирует от 150 кВт·ч/(м²год) до 300 кВт·ч/(м²год). Для сравнения дома, построенные по самым современным стандартам, потребляют от 50 кВт·ч/(м²год) до 80 кВт·ч/(м²год). Также имеется возможность сократить энергопотребление существующих зданий на 50% или больше. Но даже зданиям, спроектированным и построенным с применением высочайших стандартов энергоэффективности, также требуется энергия. Так что становится очевидным, что каждое новое здание означает дополнительную потребность в энергии и ее потребление (за исключением тех случаев, когда из эксплуатации выводится соответствующее количество старых энергоемких зданий).

Беларусь особенно зависит от импорта энергетических ресурсов, который в 2008 году составил более 85%.¹ поэтому объемы дополнительной энергии, о которой говорилось выше, должны быть минимальными. В этой связи одна из задач текущего проекта – это повышение энергоэффективности новых зданий, а с другой стороны, потенциал энергосбережения в существующих зданиях кажется гораздо более значительным. Однако разработка более строгих стандартов энергоэффективности способствует повышению качества как новых, так и существующих зданий.

Краткая история

В годы после Второй мировой войны были определены первые параметры, описывающие термофизические потребности зданий. В пятидесятые годы такие требования были ограничены максимальными коэффициентами теплопередачи (коэффициент теплоусвоения или величина теплопроводности) и, соответственно, минимальными коэффициентами теплового сопротивления (мера теплосопротивления теплоизоляционного материала) из соображений гигиены. С наступлением нефтяного кризиса 1970-х потребности ограничения теплопередачи обострились, и потребовалось рассчитывать теплотери при передаче энергии для всей оболочки здания. В 1980-х требование ограничить потребности в энергии для отопления снова вышло на передний план, и была разработана методология расчета потребности в отоплении с учетом потерь при передаче тепла и вентиляции, а также внутреннего тепловыделения и солнечной энергии, поступающей через остекление зданий. Последующее ужесточение наблюдалось в 1990-х, а после прихода нового тысячелетия требования были расширены и стали включать ограничение потребления первичной или конечной энергии и теплотери при передаче, а также была разработана методика расчета энергетических характеристик зданий с учетом различных параметров.

¹ Сравните [2] стр. 6

Страна	метод			единица				параметры												
	q _{max}	q _{ref}	компоненты	CO ₂	q _p	q _f	q _n	размер	форма	местный климат	Температура в помещении	заселенность	Внутреннее тепловыделение	топливо	Размер окна	ориентация	night off	освещение	Горячее водоснабжение	Принудительная вентиляция
Австрия	X		X				X	X												
Чешская республика	X						X	X												
Бельгия	X				X		X	X	X								X		X	
Дания	X						X	X												X
Финляндия		X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Франция		X			X		X	X	X	X	X	X	X	X	(X)	X	X	X	X	
Германия	X				X		X	X											X	
Греция		X		X		X	(X)	X	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
Ирландия	X						X	X												
Италия	X				X		X	X	X	X		X								X
Литва	X						X	X	X	X										X
Норвегия	X						X	X	X											
Португалия		X				X	X	X	X			X		(X)	X	X				(X)
Россия	X				X		X	X	X	X	X	X		X	X	X				X
Швеция		X					X	X	X	X	(X)	(X)	(X)	(X)	X	X	(X)	(X)	(X)	(X)
Швейцария	X		X				X	X	X	(X)	(X)	(X)								(X)
Нидерланды	X				X		X	X			X									X
Англия	X			X			X													

Таблица 1: Определение максимального энергопотребления зданий в различных европейских странах² (по состоянию на 2003 г.)

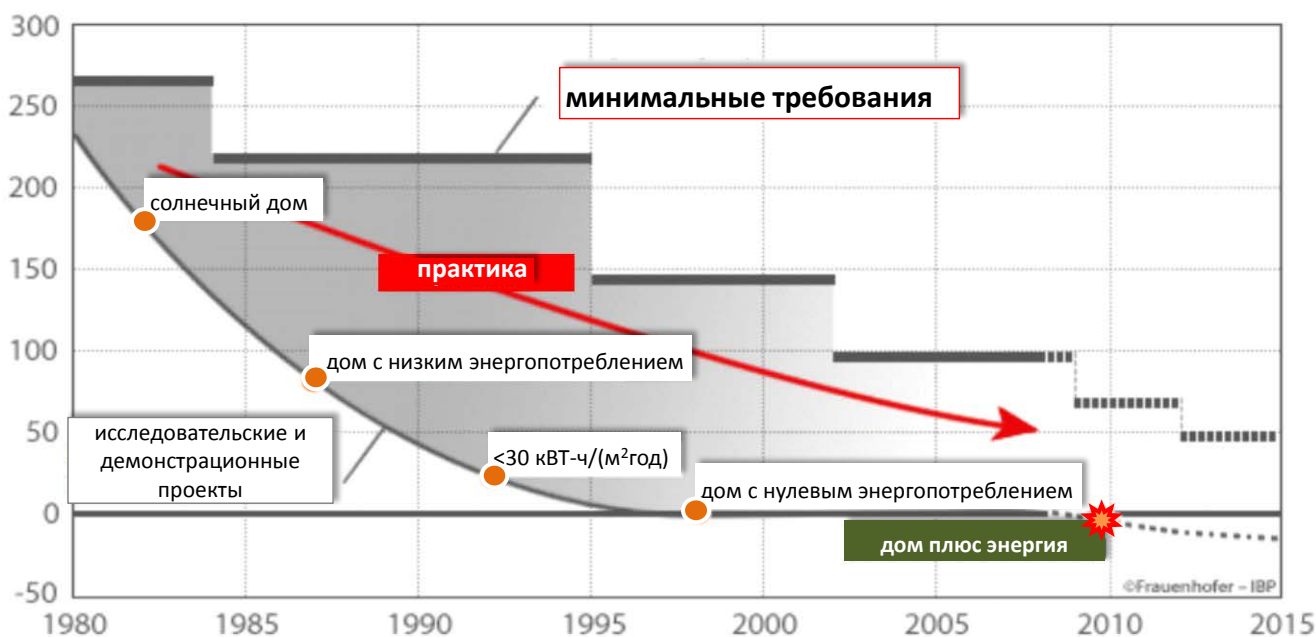


Рисунок 2 – Энергоэффективность в Германии

² См. [7], p. 27

На примере Европейской Директивы по энергетическим характеристикам зданий [8] можно сделать вывод о том, что максимальные требования предъявляются к первичной энергии.

Определения

С точки зрения эффективности различают различные формы энергии:

полезная или

фактическая энергия: 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

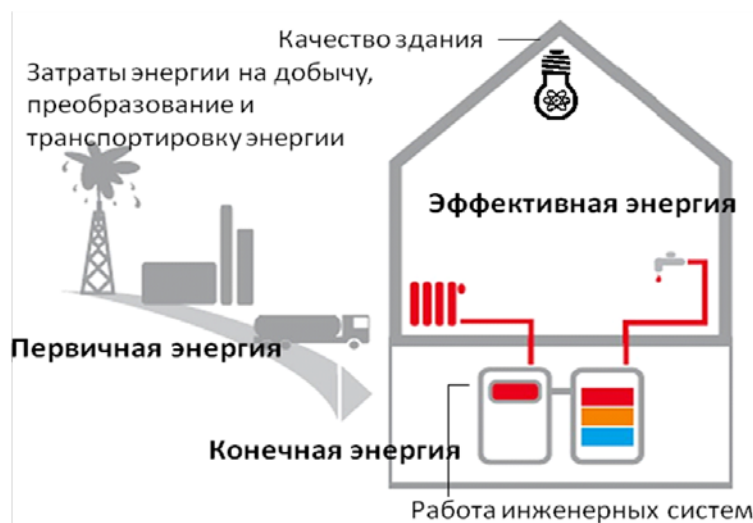


Рисунок 3: Типы энергии

Для описания требований к эффективности необходимо осознавать разницу между ПОТРЕБНОСТЬЮ в энергии и ПОТРЕБЛЕНИЕМ.

Потребность в энергии рассчитывается с помощью арифметической модели здания с учетом стандартных ограничений, то есть влияния различных параметров, например, температуры в помещении, местного климата, поведения пользователей, системных параметров и т.д. В результате вычисления получают теоретические значения потребности в энергии для отопления, подогрева воды и т.д.

Фактическое потребление энергии можно только измерить. Для сопоставления измеренные значения необходимо скорректировать с учетом местных климатических условий и степени заселенности здания. Это практическое значение, которое можно использовать для оценки и моделирования. Но оно не подходит с точки зрения контроля соблюдения требований.

Стандарты энергоэффективности

В целом определенный энергетический стандарт достигается путем структурных мер и соответствующих инженерных решений. Поведение пользователя не влияет на стандарт, но



оказывает влияние на фактическое потребление. Что касается требований, можно провести различие между нормами законодательства и добровольными стандартами.

В первую очередь, в разных странах различаются масштабы законодательного регулирования этого вопроса и важность контроля над их исполнением. Например, в Австрии применяются региональные стандарты, как и в Швейцарии, а проверки носят обязательный характер. Поэтому структура очень похожа на швейцарскую. А в Германии обязательную силу имеет общий установленный стандарт. В Бельгии стандарты региональные, и контроль лишь добровольный. Стандарт может распространяться на всю страну (например, в Германии). Также существуют различные региональные стандарты внутри одной страны (например, в Австрии).³

Стандарты могут применяться как «стандарты отдельных компонентов», и тогда они описывают индивидуальные ограничения составных частей здания. С другой стороны, стандарты «энергоэффективности» объединяют все аспекты строительства, в идеальном случае включая потребителей электроэнергии и возобновляемые источники энергии.

На практике во всех европейских странах приходится вести борьбу с теми или иными пробелами в практической реализации стандартов. По этой причине контроль является важным звеном этой работы.

³ Сравните [7]

Европейские нормы, правила и передовой опыт

По мнению автора, Директиву 2010/31/EU Европейского парламента и Совета от 19 мая 2010 года по энергетическим характеристикам зданий (в дальнейшем EDPB) можно рассматривать как декларацию Евросоюза, но лишь частично она является обязательной для стран-участниц. Тенденции развития с момента принятия предыдущей директивы свидетельствуют о том, что заданные требования реализуются медленно и труднодостижимы.

В соответствии с Директивой требуется больше конкретных действий, в ней критикуется огромный нереализованный потенциал энергосбережения в зданиях и значительная разница между результатами, достигнутыми в данной сфере странами-участницами.⁴ Необходимо определить качество исходя из энергетического баланса, который может отличаться на национальном и региональном уровнях. Методика расчета должна включать, как минимум, следующее:

- a) Тепловые характеристики здания:
 - Теплоемкость;
 - Изоляция;
 - Пассивное отопление;
 - Элементы охлаждения и
 - Тепловые мосты;
- b) Отопительные установки и системы горячего водоснабжения, в том числе, их изоляционные характеристики;
- c) Установки для кондиционирования воздуха;
- d) Естественная и механическая вентиляция, может включать показатель герметичности;
- e) Встроенные системы освещения (в основном, в нежилых зданиях);
- f) Конструкция, расположение и ориентация здания, включая внешний климат;
- g) Пассивные солнечные системы и защита от солнца;
- h) Микроклимат в помещениях, в том числе, запроектированный микроклимат;
- i) Внутренние нагрузки”⁵

Энергетические характеристики следует определять на основании расчетного или фактического потребления энергии за год.⁶

Минимальные требования к энергоэффективности необходимо устанавливать с учетом оптимальных затрат.⁷

Новые здания должны соответствовать минимальным требованиям относительно энергетических характеристик, а также учитывать целесообразность высокоэффективных альтернативных систем, например, систем децентрализованного энергоснабжения от возобновляемых источников энергии, совместной выработки тепла и электроэнергии, порайонного или поблочного отопления или охлаждения и тепловых насосов. Начиная с

⁴ Сравните [8], пар.. 7

⁵ Сравните [8], пар.. 9 и ст. 3

⁶ Сравните [8], Приложение I

⁷ Сравните [8], пар.. 15 и ст. 4, 5

2021 года, все строящиеся здания должны стать зданиями с энергопотреблением, приближающимся к нулю. «Здание с энергопотреблением, приближающимся к нулю», означает здание с очень высокими энергетическими характеристиками в соответствии с положениями Приложения I. Практически нулевая или крайне низкая потребность в энергии должна в значительной степени покрываться за счёт энергии из возобновляемых источников, вырабатываемой на месте или поблизости от здания»⁸

В случае реконструкции существующих зданий необходимо обеспечить повышение энергетических характеристик всего здания или реконструируемой части с тем, чтобы они соответствовали минимальным требованиям об энергоэффективности. Необходимо часто инспектировать инженерные системы здания, чтобы проконтролировать правильность установки, соответствующие размеры, настройку и управление ими.⁹

Информация об энергетических характеристиках здания должна включаться в энергетический паспорт объекта.¹⁰

Включение требований Директивы в национальное законодательство должно быть завершено самое позднее к 9 июля 2012 года.¹¹

Постановление об энергосбережении EnEV 2009

В Германии требования Директивы EPBD реализованы в Постановлении об энергосбережении, редакция 2009 года, и Законе о возобновляемых источниках энергии.

Постановление EnEV 2009 применяется в отношении отапливаемых и охлаждаемых зданий или частей зданий с $\theta_i \geq 12$ °C. Он определяет:

- Минимальные требования к энергоэффективности для новых зданий,
- Минимальные требования к энергоэффективности при модернизации, реконструкции, совершенствовании и расширения существующих зданий,
- Обязательства по усовершенствованию существующих зданий,
- Минимальные требования к отоплению, охлаждению, вентиляции, кондиционированию воздуха и подогреву воды,
- Осмотр систем кондиционирования воздуха с точки зрения энергопотребления,
- Энергетические паспорта для зданий (существующих и новых),
- Обеспечение исполнения + нарушения.

В соответствии с EnEV 2009, разрешается рассчитывать энергетические характеристики жилых зданий на основании нового стандарта расчетов DIN V 18599 или более ранних правил DIN V 4108-6 и DIN V 4701-10. (ср. глава 2.6)

Минимальные требования к энергоэффективности новых зданий основаны на эталонном методе. Расчет энергетических характеристик проводят для проектируемого здания и эталонного здания такого же размера, формы и ориентации. Такое эталонное здание основано на эталонных значениях теплопроводности оболочки, а также параметрах инженерных систем. Допустимая потребность проектируемого здания в первичной энергии не должна превышать это же значение для эталонного здания. Кроме того, нельзя превышать максимальные коэффициенты передачи.

⁸ Сравните [8], пар.. 17 и ст. 2, 6, 9

⁹ Сравните [8], пар.. 16 и ст. 7, 8, 14, 15, 16

¹⁰ Сравните [8], пар.. 22 и ст. 11, 12, 13

¹¹ Сравните [8], пар.. 34 и ст. 28

Этап 1: проект здания
 ориентация
 размеры
 компоненты

Этап 2: оболочка и инженерные системы в соответствии с эталонным проектом

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

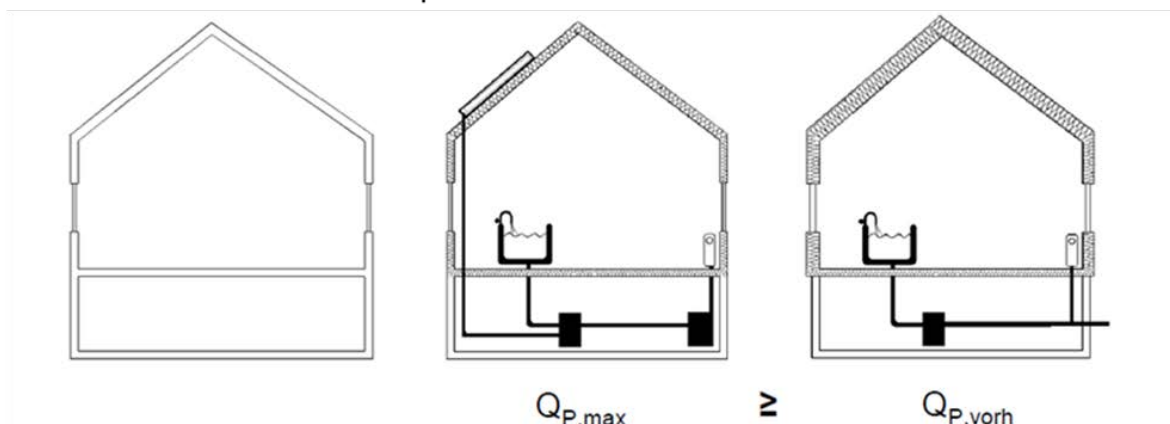


Рисунок 4: Эталонный метод для зданий

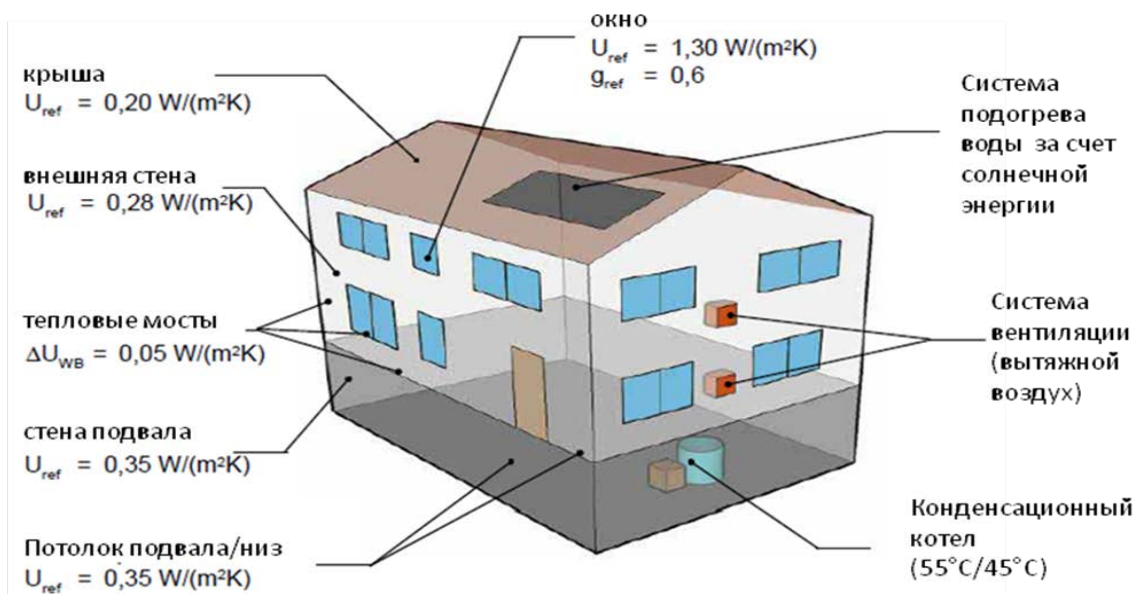


Рисунок 5 Компоненты эталонного проекта здания

Тип здания		Максимальные значения удельных теплотерь за счет теплопередачи через ограждающие конструкции
Отдельно стоящие 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		$H_T' = 0,65 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$

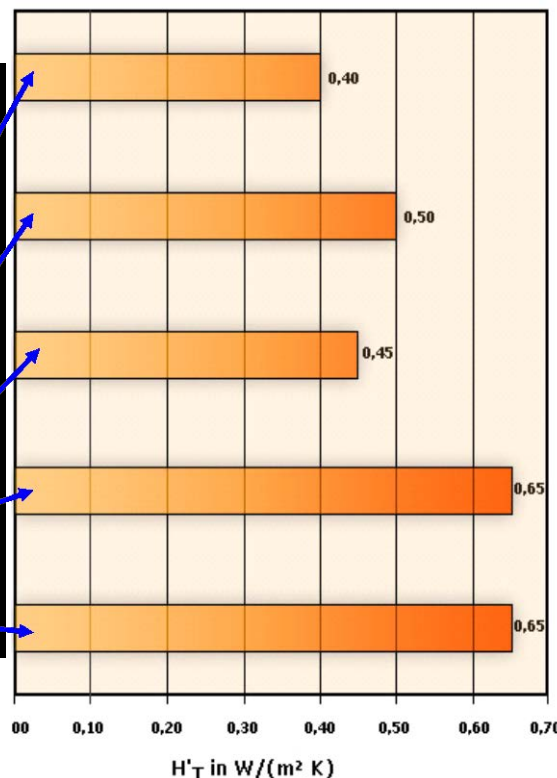


Таблица 2: Требования к удельной теплопередаче с учетом размера и конструкции здания

Прежним Постановлением ЕпЕV 2007 устанавливались требования к энергоэффективности в зависимости от компактности здания. Как показано на рис. 6, требования к тепловой защите оболочки здания повышаются с повышением степени компактности. С другой стороны, требования относительно годовой потребности в первичной энергии снижаются с повышением степени компактности.

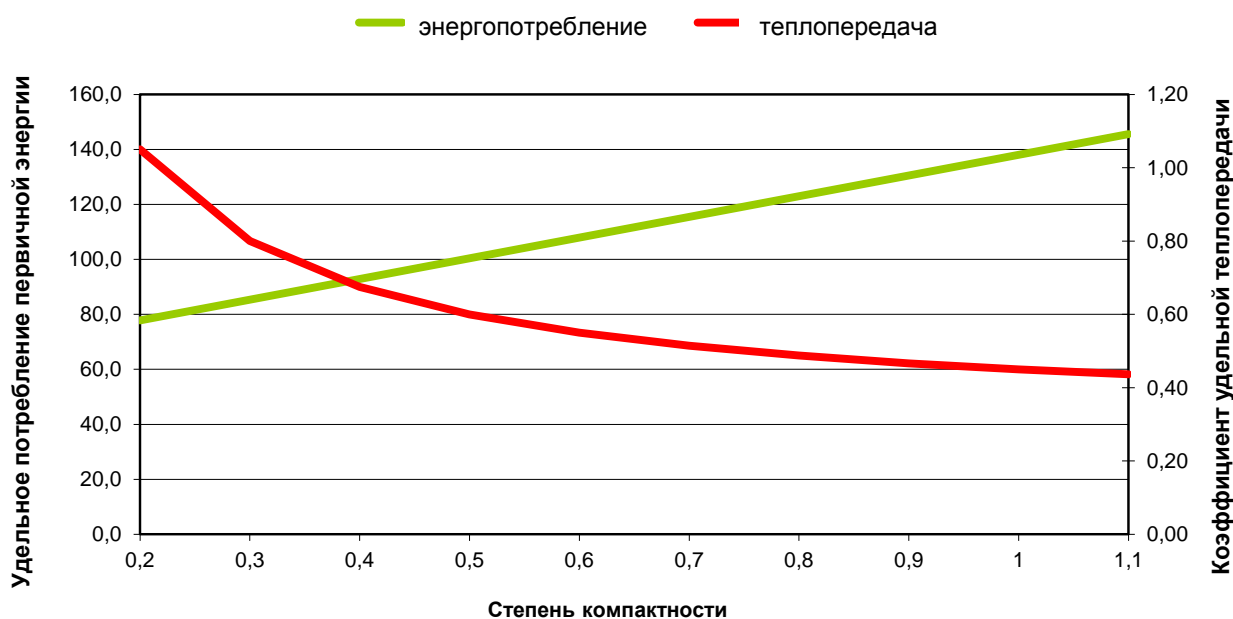
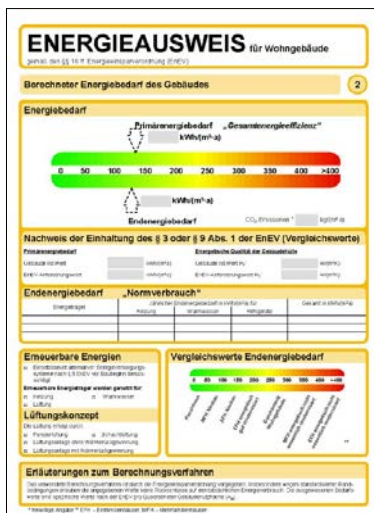


Рисунок 6: Требования к энергетическим характеристикам в соответствии с ЕпЕV 2007



Энергетические паспорта выдаются для новых зданий, зданий после реконструкции, а также в случае аренды или продажи. В энергетическом паспорте указывается, где собственники или арендаторы могут получить более подробную информацию, в том числе, рекомендации по мерам повышения энергетического стандарта с точки зрения экономической эффективности. В зависимости от размера здания и года постройки показателем энергетической эффективности является потребность в энергии на основании расчета или потребление энергии на основании оценки, по крайней мере, трех отопительных сезонов.

В случае применения расчетного метода указывается первичная и конечная энергия, в противном случае указывается лишь потребление конечной энергии.

Закон о получении тепла за счет возобновляемых источников энергии

Закон о получении тепла за счет возобновляемых источников энергии (EEWärmeG) – это еще один пример отражения директивы EPBD в национальном законодательстве.

Законом устанавливается обязательное использование возобновляемых источников энергии для теплоснабжения зданий.

Требование относится ко всем зданиям общей площадью более 50 кв.м, в которых энергия используется для отопления или охлаждения.

В соответствии с EEWärmeG потребность в тепле должна покрываться:

- 15% за счет энергии солнца или
- 30% энергии биогаза (или совместной выработки) или
- 50% за счет энергии твердой или жидкой биомассы или
- 50% геотермальной энергии или за счет тепла окружающей среды.

В иных случаях требования могут быть удовлетворены при использовании для нужд отопления 50% тепла от переработавших газов или совместной выработки электроэнергии и тепла или в случае, когда энергетические характеристики здания, по крайней мере, на 15% превосходят требования Постановления об энергосбережении.

Пассивный дом¹²

«Пассивный дом» - это добровольный стандарт, разработанный В. Файстом в начале 1990-х годов. Вначале он разрабатывался для домов усадебного типа, но принципы также применимы к многоквартирным домам и нежилым зданиям.

¹² Сравните [15]



Пассивный дом – это концепция строительства, позволяющая экономить огромное количество энергии по сравнению со зданиями, построенными в соответствии с законодательно установленными нормами. В нем используется энергия солнца и внутренняя теплота, а также утилизация тепла. Даже в самые холодные дни не нужны привычные отопительные системы. В течение лета технологии пассивного охлаждения позволяют поддерживать комфортную прохладу.

В пассивном доме очень комфортно жить. Температуры внутренних поверхностей мало отличаются от температур в помещении, даже в случае крайне суровых погодных условий. Особые окна и очень хорошо изолированная оболочка здания сохраняют внутреннее тепло зимой или предотвращают излишний перегрев в жаркую погоду.

Требования к энергетическим характеристикам здания приведены ниже:

- Тепловая энергия $\leq 15 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\text{год})$
или тепловая нагрузка $\leq 10 \text{ Вт}/\text{м}^2$
- Энергия охлаждения $\leq 15 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\text{год}) + 0,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{год К})\times\text{Сч}^{13}$
или холодильная нагрузка $\leq 10 \text{ Вт}/\text{м}^2$
и энергия охлаждения $\leq 4 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\text{год К})\times\Theta_e + 2\times 0,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{год К}) \times\text{Сч} - 75 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\text{год})$
и энергия охлаждения $\leq 45 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\text{год К})\times 0,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{год К})\times\text{Сч}$
- Первичная энергия $\leq 120 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\text{год})$
(в том числе, электроэнергия дома)
- Герметичность $n_{50} \leq 0,6 \text{ ч}^{-1}$

Пассивный дом требует точного планирования, чтобы обеспечить слаженность работы его компонентов. Институт пассивного дома предоставляет средство в Excel, планируемый комплекс работ по сооружению пассивного дома (Passive House Planning Package (PHPP)) в качестве основного средства проектирования и точного расчета энергетического баланса.

В соответствии с европейскими нормами PHPP содержит правила расчета потребности в энергии на отопление, охлаждение, в соответствующем объеме первичной энергии, а также правил расчета для предотвращения тенденции перегрева летом. Пакет PHPP был разработан специально для пассивных домов, но он также может использоваться для других зданий.

Концепцию пассивного дома можно рассматривать как основу для создания зданий с потреблением энергии, приближающемся к нулю, в соответствии с терминологией директивы EPDB, или зданий, вырабатывающих энергию.

¹³ степень сухости, градус час

Швейцария: MINERGIE®¹⁴

Стандарт MINERGIE® - это добровольный стандарт в сфере строительства, позволяющий эффективно использовать энергию и применять возобновляемые источники энергии.

Должны соблюдаться следующие условия (также см. Таблицу 3):

- Первичные требования для оболочки здания
- Круглогодичный контроль воздухообмена
- Ограничение MINERGIE® (взвешенный показатель энергии)
- Подтверждение теплового комфорта летом
- Дополнительные требования в зависимости от категории относительно освещения здания, коммерческого охлаждения и выработки тепла
- Ограничение дополнительных затрат по сравнению с обычными сравнимыми показателями: максимум 10%

Согласно стандарту MINERGIE® его цель – ограничение потребления энергии. Этого можно добиться разными способами. Важно попытаться создать интегрированную систему всего здания: оболочка здания + бытовые технологии.

Что касается бытовых технологий отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, то здесь не столько необходимо что-то добавлять, сколько обеспечить разумное сочетание. В зданиях, построенных по стандарту MINERGIE®, учитывая минимальное потребление энергии на отопление, энергии на отопительные нужды отводится незначительное место. При этом потребление горячей воды составляет важную часть энергетического баланса. Применяются решения с возобновляемыми источниками энергии (солнечные панели, например) или по желанию.

	MINERGIE®	MINERGIE-P®	MINERGIE-A®
	Здание с низким энергопотреблением	Здание с минимальным потреблением энергии	Здание, вырабатывающее энергию
Удельное теплопотребление	38 кВт·ч/(м ² год)	30 кВт·ч/(м ² год)	0 кВт·ч/(м ² год)
Основное требование (тепловая нагрузка)	90%	60%	90%
Герметичность	Нет требований	$n_{50} \leq 0,6 \text{ ч}^{-1}$	
Вспомогательная энергия	Не учитывается	Учитывается	
Бытовая электроэнергия	Нет требований	Лучшее оборудование	Лучшее оборудование и освещение
Серая энергия	Нет требований		$\leq 50 \text{ кВт·ч/(м}^2 \text{ год)}$
Увеличение цены	$\leq 10 \%$	$\leq 15 \%$	Нет требований

Таблица 2: Требования, предъявляемые к зданиям по стандарту MINERGIE® (различные уровни)

¹⁴ Сравните [16]

Дания

В Дании имеется ряд нормативов, способствующих экономии энергии в зданиях. Задача – создать финансовые преимущества для предприятий и физических лиц и принести пользу в целом природе и обществу. В соответствии с данными нормативами необходимо следующее:

- Правила энергетической маркировки зданий в связи с продажей каждые пять лет, если площадь здания превышает 1000 м².
 - Правила инспектирования котлов и отопительных установок. Эти правила распространяются на котлы, работающие на нефти, газу, угле или коксе.
 - Правила энергетической проверки крупных вентиляционных установок каждые 5 лет
 - Правила в рамках строительных нормативов, предотвращающие ненужное потребление энергии при строительстве новых и реконструкции существующих зданий.
- Кроме того, реализован ряд инициатив, направленных на энергосбережение в зданиях.

Составление энергетического баланса на основании стандарта DIN V 18599¹⁵

Серия немецких нормативов DIN V 18599 охватывает общее содержание и методологию энергетических стандартов, связанных с EPBD (см. Рис 7).

Серия DIN V 18599 подходит для определения долгосрочных потребностей зданий или частей зданий в энергии, а также для оценки возможного использования возобновляемых источников энергии в зданиях. Процедура разработана как для проектируемых, так и для существующих зданий, а также охватывает меры по модернизации существующих зданий.

При расчете энергетического баланса в соответствии с положениями нормативов серии DIN V 18599, это делается комплексно, то есть само здание, его применение, инженерные установки и оборудование оцениваются в комплексе, с учетом их взаимодействия. Для более четкого понимания структуры серия нормативов DIN V 18599 разделена на несколько частей, каждая из которых посвящена определенному направлению. На рис. 8 представлен обзор тем, затрагиваемых во всех 10 разделах серии. DIN V 18599 представляет методологию расчета общего энергетического баланса зданий. Описанный алгоритм применим как для составления баланса жилых, так и нежилых зданий, новых и существующих.

Порядок вычисления баланса подходит как для составления баланса энергопотребления зданий с частично известными граничными условиями, так и для зданий со свободно выбираемыми граничными условиями с точки зрения общих вопросов проектирования, то есть, чтобы получить хорошее сравнение расчетных и измеренных номинальных энергетических характеристик.

Метод берет за основу комплексный подход, что означает, что само здание, использование здания и инженерные системы и оборудование здания оцениваются вместе, принимая во внимание взаимодействие всех компонентов.

При расчете баланса также принимают во внимание потребление энергии для нужд отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха (в том числе, охлаждения и увлажнения), подогрева горячей воды, а также для освещения здания, включая

¹⁵ сравните [13], [14]

дополнительный подвод электроэнергии (вспомогательная энергия), которая напрямую связана с энергоснабжением.

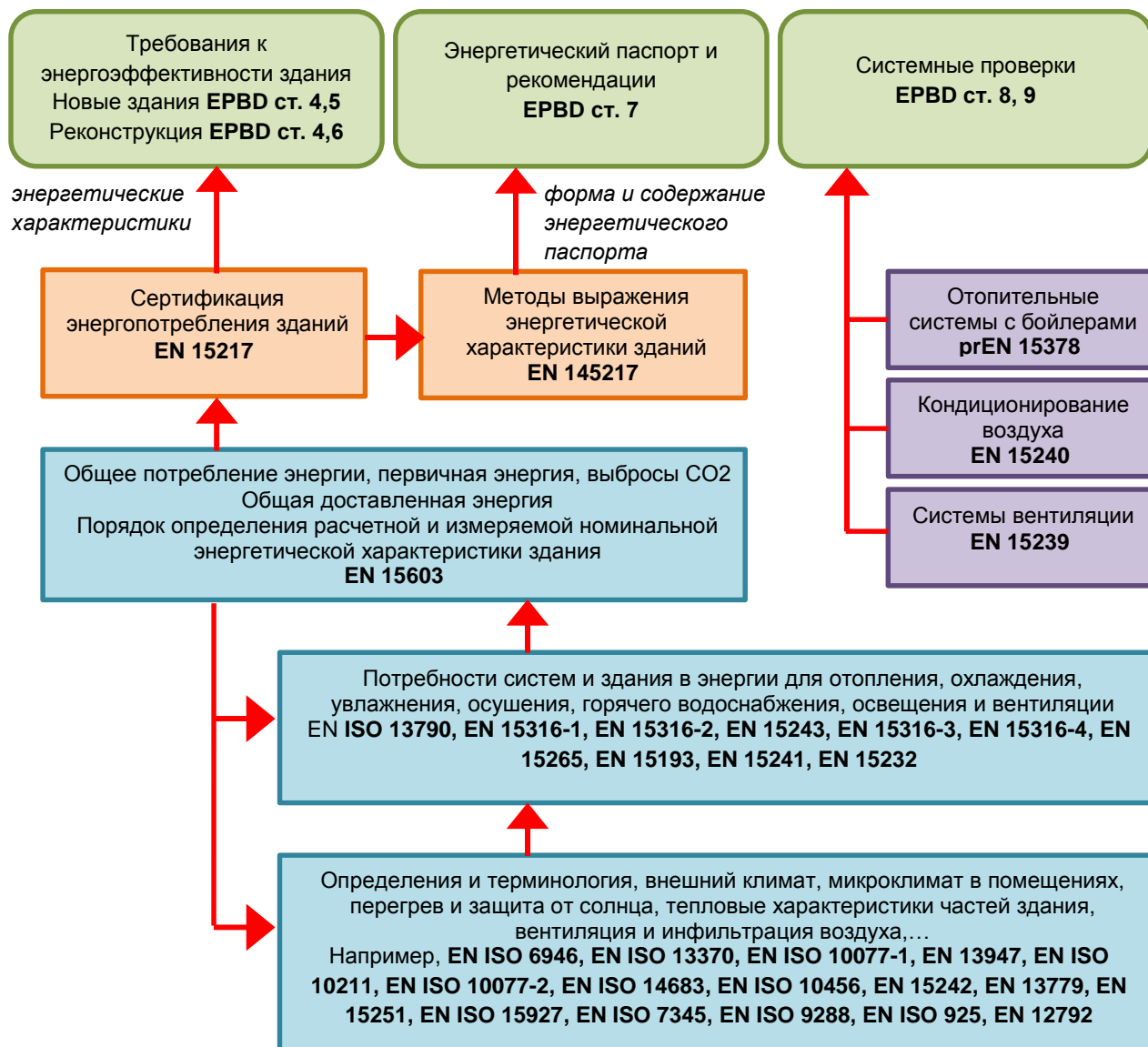


Рисунок 7: Основная схема CEN-стандартов¹⁶

¹⁶ См. [9]

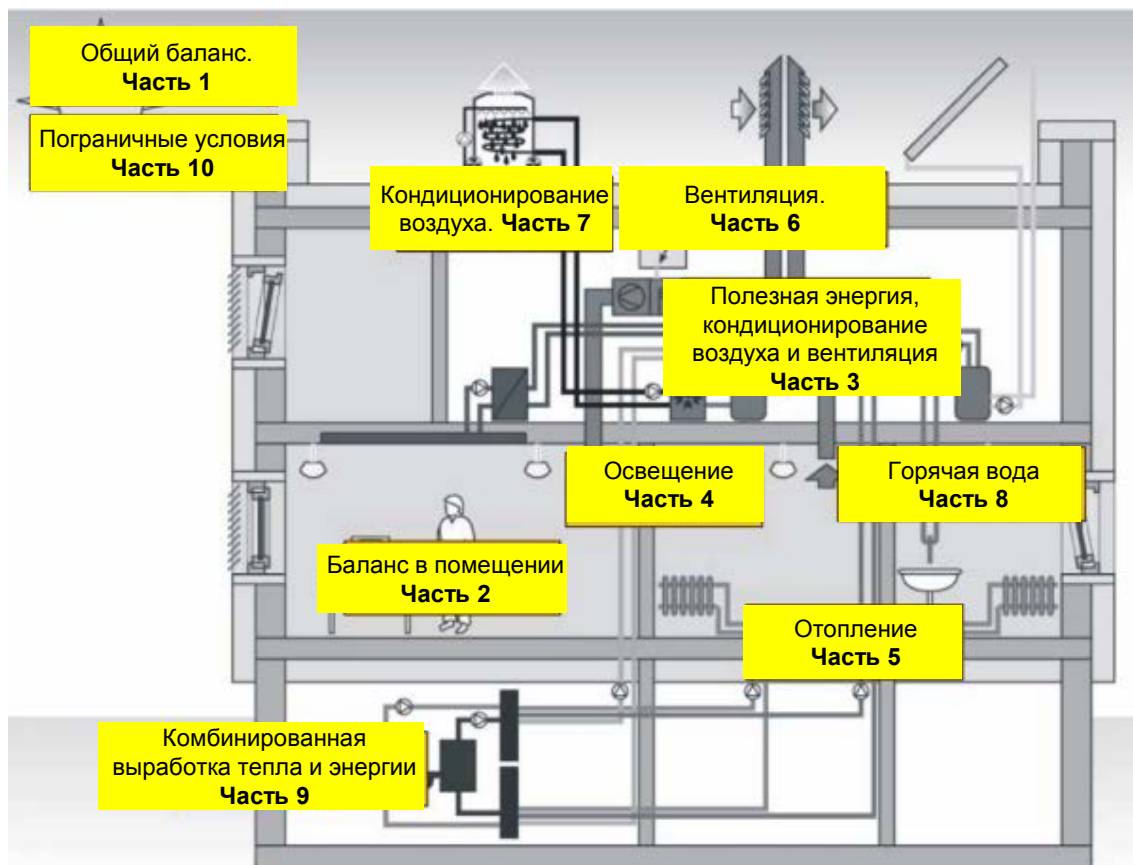


Рисунок 8: Общее представление о разделах стандарта DIN V 18599

Часть 1: Первая часть DIN V 18599 – это фактически руководство, где даются определения терминов и инструкции по использованию других частей. В этой части представлен обзор процедуры расчета потребности в полезной, конечной и первичной энергии для отопления, охлаждения, освещения, а также подогрева воды в зданиях.

Часть 2: В части 2 объединены требования к использованию с архитектурными особенностями здания, заселенностью и поступлением тепла в процессе пользования зданием, источниками тепла требуемого искусственного освещения, отоплением и охлаждением посредством систем кондиционирования воздуха, а также потерями тепла и холода в системе отопления/охлаждения.

Часть 3: В соответствии с частью 3 DIN V 18599 определена потребность в энергии для отопления, охлаждения, увлажнения и осушения в централизованных системах кондиционирования воздуха, а также потребности энергии для необходимых объемов расходуемого воздуха.

Часть 4: В четвертой части речь идет об энергии, необходимой для освещения. При расчете принимается во внимание установленная мощность осветительных систем здания, естественное освещение, системы управления освещением и требования к пользованию, а также искусственное освещение как источник тепла в рамках теплового баланса.

Часть 5: Метод энергетической оценки отопительных систем описывается в части 5, здесь подсчитывается и принимается во внимание внутреннее тепло. Дополнительно в

рамках интерактивного процесса подсчета учитываются теплотери компонентов системы внутри тепловой оболочки здания.

Часть 6: В части 6 описывается метод оценки вентиляционных систем и систем подогрева воздуха в жилых помещениях для отдельных помещений жилых зданий.

Часть 7: В части 7 описывается методика подсчета потребности в конечной энергии для вентиляции и кондиционирования воздуха.

Часть 8: Часть 8 применяется для оценки потребности в энергии для систем горячего водоснабжения.

Часть 9: В части 9 описан способ расчета расходов на установки комбинированной выработки тепла и электроэнергии (таки как ТЭЦ), которые используются в качестве генератора тепла в здании.

Часть 10: В последней части серии перечислены граничные условия для жилых и нежилых зданий.

В итоге основное требование: ограничить годовую потребность в первичной энергии для отопления, горячего водоснабжения, вентиляции, охлаждения и освещения здания. Годовая потребность предлагаемого здания в первичной энергии не должна превышать это же значение для эталонного здания.

В соответствии с EnEV 2009 (Постановление об энергосбережении), разрешается рассчитывать энергетические характеристики жилых зданий на основании нового стандарта расчетов DIN V 18599 или более ранних правил DIN V 4108-6 и DIN V 4701-10. Как правило, расчеты, выполняемые согласно DIN V 18599, дают более высокую потребность в первичной и конечной энергии в той или иной степени из-за менее благоприятных входных параметров (температура в помещении, внутреннее тепло, потребление горячей воды и т.д.), но, в целом, это объясняется за счет менее благоприятной оценки инженерных систем и оборудования при применении стандартных значений.

Оба метода используют эталонное здание, которое имеет точно такой же размер, геометрию и ориентацию. Такое эталонное здание опять же основано на эталонных значениях теплопроводности оболочки, а также параметрах инженерных систем.

Поэтому имеется возможность оценить каждое здание индивидуально – как жилые, так и нежилые здания.

Допустимая потребность в первичной энергии для эталонного здания во многих случаях значительно выше, если оценка проводится по DIN V 18599, и даже может достичь уровня предыдущего норматива EnEV 2007 в зависимости от способа вычисления. В перспективе желательно изменить методику вычисления.

Сравнительные подсчеты для жилых зданий зачастую дают разные результаты в стандартных случаях. Становится ясно, что во всех случаях использования одинаковых входных параметров и более точного определения параметров инженерных систем результаты вычислений сближаются.

В заключение, с точки зрения использования упрощенного и при этом ориентированного на практическое использование метода расчета энергетической эффективности жилых зданий рекомендуется использовать методы, изложенные в DIN V 4108-6 и DIN V 4701-10. Составление энергетического баланса типовых жилых зданий в соответствии с данным

стандартом – это простой и надежный метод. С другой стороны, настоятельно рекомендуется использовать DIN V 18599 для зданий с системами охлаждения или более сложным техническим оборудованием. А также мультизональная модель DIN V 18599 применима для нежилых зданий, используемых для различных целей.

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

Уже на ранних стадиях планирования закладываются основы дальнейшего устойчивого качества здания. Поэтому необходимо оптимизировать процесс планирования с точки зрения аспектов устойчивости. В этом помогает соблюдение нескольких принципов планирования.

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 генерации, распределении и передаче), тепловая изоляция всех труб и фитингов, контроль, ориентированный на потребности в энергии

Размещение здания

Основные условия потребления энергии зданием определяются уже на этапе выбора площадки для строительства. С одной стороны, на потери и приток тепла оказывают влияние местные климатические условия, а с другой стороны, топография местности, растительность и другие здания влияют на возможности использования солнечной энергии для отопления и освещения.

Компактность

Основное требование к энергоэффективным зданиям – это компактный дизайн, при котором минимально возможная внешняя поверхность ограничивает максимально возможный объем. Таких компонентов как консоли и уступы следует избегать. Чем ниже степень компактности $(A/V_e)^{17}$, тем меньше – по крайней мере, теоретически – потребность в отоплении. Однако такие влияния как дополнительные теплотери через тепловые мосты, высокая инфильтрация из-за недостаточной герметичности, неиспользование солнечной энергии, проникающей сквозь остекление, из-за затенения подрывают преимущества компактной конструкции. В любом случае, крайне полезны целевое планирование и подробный расчет общего баланса с учетом различных факторов.

Компактные здания строить проще и дешевле, если они строятся без фундамента. В данном случае внизу находится изолированная плита основания. Если без подвала обойтись

¹⁷ A: Площадь (общая) оболочки [м²]; V_e: Отапливаемый (общий) объем [м³]

нельзя, он должен быть полностью термически изолирован от здания, то есть в подвал должен быть отдельный вход снаружи. Однако неотапливаемый фундамент нуждается в вентиляции. Как вариант его можно включить в объем здания, где происходит кондиционирование воздуха. В данном случае для всех помещений, находящихся ниже уровня земли, необходима тепловая изоляция. Если подвал включен в кондиционируемый объем здания, но не отапливается, обязательно необходима тепловая изоляция всех перегородок, в особенности, между отапливаемым и неотапливаемыми объемами здания. В данном случае тепловые мосты создают особенно проблемные влияния.

Потенциал оптимизации лоджий и балконов мал. Опыт строительства многоквартирных домов показывает, что такие открытые помещения впоследствии закрываются жильцами (преобразовываются в зимний сад или аналогичные помещения). По этой причине следует оценить, можно ли внести изменения в проект.

Оболочка здания

Качество оболочки здания и его компонентов определяют потери тепла при передаче и вентиляции, а также поступление солнечной энергии через остекление.

Теплопотери при передаче определяются тепловым сопротивлением внешних компонентов. Требования к тепловой изоляции внешних компонентов приведены в Таблице¹⁸. Для сравнения приведены типичные значения для дома с низким потреблением энергии и пассивного дома.

Страна	Год принятия	Коэффициент сопротивления теплопередаче, м ² ·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
Беларусь	2009	3.2	6.0	1.0	2.5
Здание с низким потреблением энергии	-	≈ 4.00	≈ 4.00	≈ 0.77	≈ 3.33
Пассивный дом	-	≈ 6.67	≈ 8.33	≈ 1.25	≈ 6.67

Таблица 4: Требуемые значения коэффициента сопротивления теплопередаче для типовых зданий в некоторых европейских странах и Республике Беларусь¹⁸ и типичные данные для зданий с низким энергопотреблением и пассивного дома

¹⁸ Сравните [3] стр. 12

Значения, приведенные в таблице 4, могут быть получены за счет различных сочетаний материалов и сборки компонентов. Учитывая ежегодный объем строительства около 6 млн. кв. м., рекомендуется сборное строительство. В других случаях возможна кирпичная кладка, при которой можно использовать различные материалы.

Ниже будут рассмотрены различные конструкции, позволяющие достичь перечисленных ранее значений. Конечно, в данном случае встает вопрос наличия на рынке таких материалов и их стоимости, что определит, возможно ли превысить допустимые показатели сопротивления теплопередаче и как. Учитывая отсутствие данных о текущем положении вещей, пока никаких предложений в данной связи сделать невозможно. Тем не менее, рекомендуются монолитные конструкции с улучшенными энергетическими характеристиками, что позволит не только сократить потребление энергии в течение отопительного сезона, но и предотвратит перегрев здания летом. Для снижения солнечной нагрузки летом рекомендуется оснащать незатененные окна устройствами для защиты от солнца.

Наружные стены

Изменяются лишь изоляционные слои, и не рассматривается, оправданны ли те или иные варианты конструкции в Беларуси. Последнее следует рассматривать в контексте проектирования каждого конкретного здания.

Вариант 1: сборные железобетонные конструкции

Слои (изнутри наружу)	Толщина слоя (см)		
	Беларусь	здание с низким энергопотреблением	пассивный дома
Опорный слой (бетон)	16		
Тепловая изоляция 0.040 Вт/(м К)	12	15	26
Слой, защищающий от атмосферных воздействий (бетон)	6		
Коэффициент теплового сопротивления (м ² ·К/Вт)	3,27	4,02	6,77

Вариант 2: Двойная кирпичная кладка

Слои (изнутри наружу)	Толщина слоя (см)		
	Беларусь	здание с низким энергопотреблением	пассивный дом
Внутренняя штукатурка	1,5		
Кирпичная кладка	24		
Тепловая изоляция 0.040 Вт/(м К)	12	14	25
Зазор	1,0		
Внешняя стенка (кирпичная кладка)	11,5		
Коэффициент теплового сопротивления (м ² ·К/Вт)	3,57	4,07	6,82

Вариант 3: Двойная кирпичная кладка и вспененный бетон

Слои (изнутри наружу)	Толщина слоя (см)		
	Беларусь	здание с низким энергопотреблением энергии	пассивный дом
Внутренняя штукатурка	1.5		
Вспененный бетон	20		
Тепловая изоляция 0.040 Вт/(м К)	8	10	22
Зазор	1.0		
Внешняя стенка (кирпичная кладка)	11.5		
Коэффициент теплового сопротивления (м ² К/Вт)	3.53	4.03	7.03

Вариант 4: Однослойная стена из пористого кирпича

Слои (изнутри наружу)	Толщина слоя (см)		
	Беларусь	здание с низким энергопотреблением	пассивный дом
Внутренняя штукатурка	1.5		
Кирпичная кладка из пористого кирпича 0.080 Вт/(мК)	20	30	30
Тепловая изоляция 0,040 Вт/(м К)	0	0	11
Коэффициент теплового сопротивления (м ² К/Вт)	3.19	4.19	6.69

Окна

Энергетические характеристики окон зависят от свойств остекления, рамы и свойств оконной замазки, а также от геометрии стеклянного окна. В итоге существует множество вариаций.

Кроме того, для окон также важен общий коэффициент пропускания солнечной энергии остеклением (величина g). Эта величина отражает полезную долю солнечной энергии, поступающей сквозь остекление зимой и влияет на солнечную нагрузку в летний период, которая может приводить к нежелательному перегреву, что необходимо предотвращать соответствующими мерами.

В следующих таблицах приводятся возможные сочетания параметров, при которых можно добиться соответствия указанным выше требованиям.

Компоненты	Значения параметров		
	Беларусь	здание с низким энергопотреблением	пассивный дом
Остекление, U_g [Вт/(м К)]	0,8	1,1	0,7
Остекление, g [%]	60	60	50
Рама, U_g [Вт/(м К)]	1,0	1,3	0,8
Оконная замазка Ψ Вт/(м К)	0,06	0,06	0,04
Коэффициент теплопередачи, U_w [Вт/(м ² К)]	1,0	1,3	0,8
Коэффициент теплового сопротивления R (м ² ·К/Вт)	1,0	0,77	1,25

В настоящее время при значении коэффициента теплопередачи для остекления ниже 1,0 Вт/(м²К) требуется тройное остекление.

Кровля

Следующие модели предполагают холодную крышу. Она может быть устроена и как крутая, и как плоская крыша. Более того, в принципе, возможно устройство теплой крыши.

В принципе, в любом случае, чтобы избежать образования мостиков холода и «холодных пальцев», необходим наружный дренаж.

Вариант 1: Сборные железобетонные конструкции

Слои (изнутри наружу)	Толщина слоя (см)		
	Беларусь	здание с низким энергопотреблением	пассивный дом
Потолок (железобетон)	16		
Тепловая изоляция 0,040 Вт/(м К)	23	16	33
Коэффициент теплового сопротивления (м ² ·К/Вт)	6,02	4,27	8,52

Вариант 2: Многopустотная железобетонная плита

Слои (изнутри наружу)	Толщина слоя (см)		
	Беларусь	здание с низким энергопотреблением	пассивный дом
Потолок (многopустотная железобетонная плита 0,15 м ² К/Вт)	10		
Тепловая изоляция 0,040 Вт/(м К)	23	15	32
Коэффициент теплового сопротивления (м ² К/Вт)	6,10	4,10	8,35

Пол

Вариант 1: Изоляция на верхней стороне плиты основания

Слои (изнутри наружу)	Толщина слоя (см)		
	Беларусь	здание с низким энергопотреблением	пассивный дом
Цементная стяжка	4		
Тепловая изоляция 0,040 Вт/(м К)	10	14	26
Гидроизоляция	Слои от гидроизоляции вниз не рассматриваются		
Плита основания (бетон)			
Коэффициент теплового сопротивления (м ² К/Вт)	2,70	3,70	6,70

Если теплоизоляционный материал укладывается на верхнюю часть плиты основания, необходимы специальные меры, чтобы избежать образования тепловых мостов у вертикальных внутренней и внешней стен.

Вариант 2: Изоляция под плитой основания

Слои (изнутри наружу)	Толщина слоя (см)		
	Беларусь	здание с низким энергопотреблением	пассивный дом
Цементная стяжка	4		
Изоляция ударного шума	1		
Гидроизоляция	0.4		
Плита основания (бетон)	16		
Тепловая изоляция 0,040 Вт/(мК)	8	12	25
Коэффициент теплового сопротивления (м ² К/Вт)	2,54	3,54	6,79

Температурные мосты

Температурные мосты – это области тепловой оболочки, где тепловой поток между внутренним и внешним пространством ведет себя иначе, чем в примыкающих областях. Различаются:

Конструктивные температурные мосты Например, примыкание потолка к внешней стене, дубеля и т.д.

Геометрические температурные мосты Например, внутренние или внешние углы,

Материальные температурные мосты Например, стальные балки в потолке, бетонные перемычки окон и дверей в кирпичной стене.

Температурные мосты могут возникать как линейно, так и точечно. С точки зрения энергии преимущественно линейные тепловые мосты имеют значение. Они могут привести к значительному повышению теплопотерь при передаче. Пожалуйста, обратите внимание: чем выше энергетический уровень, тем сильнее влияние температурных мостов.

На месте температурных мостов могут возникать изменения температуры и влажность, из-за которых может образовываться плесень и(или) конденсат.

Чтобы свести к минимуму влияние температурных мостов, разработана концепция, в рамках которой следует придерживаться нескольких простых правил:

Правило предупреждения: По возможности теплоизоляционный слой не следует нарушать.

Правило пробы: Если нарушения термоизоляционного слоя не избежать, необходимо использовать материал, который позволит свести к минимуму теплопроводность в области разрыва.

Правило соединения: Соединяющиеся изоляционные слои должны полностью перекрываться.

Правило геометрии: Тупые углы следует делать как можно дальше.

При проектировании контур теплопроводной оболочки чертится на общем плане и во всех сечениях как непрерывная линия. Все участки, где линию невозможно провести с легкостью, следует выделить. В этих точках следует принимать во внимание возможность образования температурных мостов, вычертить детализированные чертежи и дать описание.

Герметичность

Ветер и термическая плавучесть создают разницу давлений по всей оболочке здания между его внутренней и наружной частью. Такая разница давлений вызывает образование воздушных потоков во всех местах соединения и прочих местах утечек. Приток снаружи внутрь (инfiltrация) не вызывает проблем для здания, компоненты остаются сухими. Потоки холодного воздуха приводят к повышенной потребности в отоплении и возможным сквознякам.

Поток воздуха изнутри наружу связан с риском того, что влага, содержащаяся в вытекающем воздухе, будет конденсироваться внутри компонентов оболочки, что снова приводит к повреждениям конструкции. Если имеется вентиляционная система, то ее функционирование гарантируется лишь в тех случаях, когда утечки не приводят к крайне сильным потокам инfiltrации и эксfiltrации. Высокая герметичность конструкции сводит к минимуму воздействие ветра и теплопотерь.

По вышеперечисленным причинам подходить к герметичности при проектировании следует аналогично температурным мостам. Герметичный слой, в большинстве случаев тепловая оболочка, чертится на плане этажа и всех сечениях непрерывной линией. Отмечаются все соединения компонентов и разрывы/разрезы, например, для монтажа инженерного оборудования, а также вычерчиваются детализированные чертежи и дается описание. Кроме того, принимают во внимание технологические моменты, в связи с которыми может возникнуть необходимость перенести на более ранний срок изготовления, например, установок, находящихся внутри стен.

Контроль герметичности проводится методом измерения естественной инфильтрации воздуха в зданиях. Первую проверку рекомендуется проводить на самом раннем этапе строительства, чтобы обнаружить возможные ошибки и уязвимые места, которые можно легче устранить. Вторая проверка выполняется, когда здание полностью завершено.

Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВКВ)

Применимые инженерные системы для отопления и вентиляции здания ни в коей мере не зависят от энергетического качества здания.

Принцип проектирования: Минимизировать потребление энергии важнее, чем оптимизировать потребность в энергии.

Технология	Носитель / источник энергии	Результат
Конденсационный бойлер	Природный газ/биогаз Древесные пеллеты/щепа Растительные масла	Тепло
Электрический водонагреватель	Электроэнергия	Тепло
Комбинированная выработка тепла и электричества + (Абсорбционный холодильник)	Природный газ/биогаз Древесные пеллеты/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 солнечной энергии в электроэнергию	Солнечное излучение	Электроэнергия
Тепловой насос	Геотермическая близкая к поверхности / электроэнергия Подземные воды / электроэнергия Сточные воды / электроэнергия Внутренние источники тепла / электроэнергия Воздух / электроэнергия	Тепло + (охлаждение)
Прямая подача тепла + (Абсорбционный холодильник) + (Паровая турбина)	Горячая вода – геотермическая глубинная	Тепло + (охлаждение) + электроэнергия
Ветряной генератор	Ветер	Электроэнергия
Пассивное использование солнечной энергии	Солнечное излучение	Тепло + свет
Охлаждение ночным воздухом	Наружный воздух	Охлаждение

Ниже кратко описаны эти технологии с их преимуществами и недостатками, а также характерные показатели.

Отопительная система на пеллетах

Результат	Тепло
Предпочтительное применение	Базовая нагрузка
Уровни температур	Возможно > 60°C
Эффективность	85%

В наше время автоматическое отопление бойлерами на пеллетах достигло такого же удобства пользования, как и при использовании бойлеров на жидком топливе или газу. КПД такого бойлера достигает 93%. Снабжение горючим обычно осуществляется с помощью винтового конвейера. Горючее обычно хранится в отдельном блоке. Золоудаление происходит полностью автоматически. По причине низкой плотности энергии топлива следует принимать во внимание соответствующие потребности в площадях, чтобы обеспечить хранение достаточного количества топлива. Такие системы преимущественно разрабатываются для базовой нагрузки или для подогрева воды.

Устройства для преобразования солнечной энергии в электроэнергию и тепло

Устройства для преобразования солнечной энергии в электроэнергию и тепло используют солнечное излучение для выработки электричества или тепла. Таким образом, выработка энергии очень сильно зависит от солнечного излучения. В таком случае солнечное излучение, падающее на поверхность, ориентированную перпендикулярно направлению солнечного излучения, всегда больше, чем равная горизонтальная поверхность. Таким образом, размер выработки также зависит от ориентации и наклона установок. Обычно рекомендуется ориентировать установки с востока и запад, а наклон должен составлять от 10 до 50°. Сокращение объемов генерации энергии в данном диапазоне достигает максимум 10%. И, наоборот, на крутых поверхностях, например, фасадах, излучение, соответственно, значительно ниже. И наоборот, выработка энергии этими поверхностями в зимнее время объясняется низким уровнем солнца. В целом, необходимо обеспечить незатененную установку систем.

Устройства для преобразования солнечной энергии в электроэнергию

Результат	Электроэнергия
	100-130 кВт·ч/(м ² ·год)
Электрические характеристики	около 0,14 кВт·ч/м ²

Устройства для преобразования солнечной энергии в электроэнергию состоят из фотоэлементов, которые используют внутренний фотоэлектрический эффект в полупроводниках для превращения солнечной радиации напрямую в электроэнергию. Устройства для преобразования солнечной энергии в электроэнергию особенно подходят для децентрализованной выработки электроэнергии. Желательно достичь синергии за счет использования multifunctional модулей (защита от непогоды, солнцезащитный экран и т.д.).

Устройства для преобразования солнечной энергии в тепло

Результат	Тепло
	300-500 кВт·ч/(м ² ·а)
Предпочтительное применение	Горячее водоснабжение
Уровни температур	Возможно > 60°C

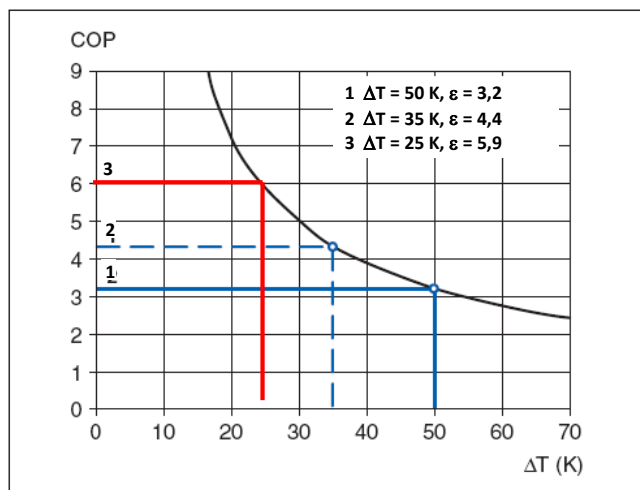
Системы для превращения солнечной энергии в тепло используют солнечное излучение для прямой выработки полезного тепла. Эта система преимущественно используется для горячего водоснабжения, но она также может использоваться в качестве дополнения к

системе отопления. Тепло поставляется системами для превращения солнечной энергии в тепло, если они технически и экономически вписываются в общую концепцию. Необходимо обеспечить соответствующую техническую и конструкционную интеграцию в оболочку здания. Учитывая сезонный характер возобновляемых источников энергии, необходимо обеспечить накопление энергии.

Тепловой насос (с электроприводом)

Результат	Тепло / охлаждение
Предпочтительное применение	Базовая нагрузка
Уровни температур	предпочтительно < 35°C
КПД	4-6

Тепловой насос использует тепловую энергию источника тепла более низкой температуры и подает ее с помощью необходимого питания в систему более высокой температуры. Эффективность теплового насоса очень сильно зависит от уровня температур подающего источника. В целом, можно предположить, что использование тепловых насосов для теплоснабжения – в особенности в диапазоне низких температур – может быть энергетически и экономически выгодным, даже если это тепло не используется для подогрева воды. На рисунке ниже показано отношение между достижимым КПД тепловых насосов и разницей температур между источником тепла и необходимым уровнем температуры.



Источник тепла 10°C (например, геотермальный)

- 1 необходимая температура 60 °C
->разница температур 50 K
--> **достижимый КПД: 3,22**
- 2 требуемый уровень температур: 45 °C
->разница температур 35 K
--> **достижимый КПД: 4,4**
- 3 требуемый уровень температур: 35 °C
->разница температур 25 K
--> **достижимый КПД: 5,9**

Рисунок 9: Теоретический возможное изменение КПД как функции уровня температур

Геотермальный источник тепла

Для системы с тепловым насосом в качестве источника может использоваться геотермальное тепло. Важным значением для определения размеров установки с геотермальными тепловыми зондами является удельная скорость отвода тепла (Вт/м). Это значение определяется геологическими условиями.

Использование геотермических зондов также позволяет осуществлять пассивное охлаждение здания в летний период. Таким образом, используется разница температур между прохладной землей и температурой окружающей среды здания. В качестве положительного побочного эффекта грунт летом может восстанавливаться за счет притока

тепла летом. Чуть дороже продаются двусторонние тепловые насосы. Их преимущество состоит в том, что в летний период они обеспечивают активное охлаждение.

Источник тепла – сточные воды

Для указанного выше теплового насоса можно также в качестве источника тепла использовать сточные воды. Однако для жилых зданий возможности применения ограничены из-за неравномерной подачи. Этот недостаток можно компенсировать за счет хранилищ воды. Также поток сточных вод, в частности, в системе канализации может использоваться в нагнетательных трубопроводах. Однако уровень температуры сточных вод нельзя использовать до бесконечности, в противном случае не смогут работать процессы биологической обработки.

Комбинированная выработка тепла и электричества (биогаз)

Результат	Тепло / электроэнергия
Предпочтительное применение	Базовая нагрузка
Уровни температур	Возможно > 60°C
Выход	От 5 кВт _{th} до > 2 МВт _{th}

Установка для совместной выработки тепла и электричества – это небольшая компактная установка с двигателями внутреннего сгорания, которая одновременно вырабатывает тепловую и электрическую энергию. Благодаря активному применению отходящей теплоты этих двигателей общий КПД таких систем достигает в целом 85%. Электрический КПД в зависимости от принципа сгорания (бензин, дизельное топливо) составляет от 31 до 38%.

Охлаждающая жидкость двигателя проходит через теплообменник и повышает температуру отопительной воды до 110° С. Коленчатый вал двигателя активирует генератор через коробку передач, которая преобразует механическую энергию в электрическую. Обычно в качестве топлива применяется природный газ. В системе, показанной выше в таблице, топливо – биогаз.

Абсорбционный холодильник

Абсорбционные холодильники используют тепло для охлаждения. При высоких температурах (например, создающихся на установках для совместной выработки тепла и электричества) охладитель и растворитель разделяются при низких давлениях. На следующем этапе охладитель конденсируется за счет отвода теплоты и снова направляется в испаритель. При низком давлении охладитель испаряется при низких температурах (5 ... 15 °С). В этом процессе выделяется холод, который может использоваться для охлаждения. Пар охладителя направляется в холодильник и снова смешивается с растворителем. И цикл начинается снова. В отличие от компрессионного рефрижератора абсорбционный холодильник почти не нуждается в электроэнергии и не содержит вредных углеводородов в качестве охладителя.

Тепловыделяющий элемент (ТВЭЛ)

Результат	Тепло / электроэнергия
Предпочтительное применение	Базовая нагрузка
Уровни температур	Возможно > 60°C

ТВЭЛ преобразуют химическую энергию напрямую в электричество и тепло. Они обеспечивают высокий электрический КПД. Следует различать различные типы ТВЭЛ, в том числе, низко- и высокотемпературные ТВЭЛ. Высокотемпературные ТВЭЛ подходят для стационарного использования. Они работают на водороде или окиси углерода из природного или биогаза. Пока еще совсем немного систем используется.

Малые ветряные генераторы ¹⁹

Результат	Электроэнергия
	1 – 12.5 МВт·ч/блок
Выработка электроэнергии	1,5 – 5 кВт/блок
Часы полной нагрузки	1,000 – 2,500

Малые ветрогенераторы категории эффективности I (микроветрогенераторы мощностью от 1,5 до 5 кВт) можно встраивать в здания. С технической точки зрения трудно предсказать наличие ветра в городе, а особенно на зданиях. Зачастую малые скорости ветра связывают с высокими уровнями турбулентности. Поэтому экономический эффект трудно предсказать. Кроме этого, конструктивные требования к зданию, а также шумовое загрязнение ограничивают возможности использования.

Энергия льда

Замороженная вода может использоваться для отопления за счет использования большого бака для воды, абсорбционных установок для воздуха и теплового насоса. В режиме отопления тепловой насос отбирает энергию из бака с водой, которая используется для отопления и горячего водоснабжения. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не образуется лед. А также в процессе преобразования воды в лед выделяется тепло кристаллизации, которое можно использовать. Солнечный и воздушный абсорберы, а также земля дают достаточно энергии для теплового насоса. Для растапливания льда используется энергия солнца, атмосферное тепло или тепло земли. Фазы регенерации и нагрева постоянно чередуются.

Конкуренция между различными технологиями

Не все перечисленные выше технологии можно с пользой сочетать. Ниже приведено три варианта сочетаний.

¹⁹ Сравните [19]

Конкуренция за место: Например, устройства для преобразования солнечной энергии в электроэнергию и тепло

Обе системы располагают на крыше или фасаде с южной стороны

Экономия

Например, геотермальная энергия

Геотермальная энергия представляет собой возобновляемый источник тепла высокой температуры - дополнительный тепловой генератор в таком случае не требуется, это только увеличит затраты.

Периоды работы:

Например, установки для комбинированной выработки тепла и электричества – устройства для преобразования солнечной энергии в тепло

Поступление солнечной энергии сквозь остекление здания летом сокращает потенциальный срок службы комбинированных установок и, таким образом, выработку энергии. При более высоких финансовых вложениях они вырабатывают меньше энергии.

Вентиляция

Вентиляционная система здания может представлять собой принудительную вентиляцию через вытяжную систему, или приточно-вытяжные установки с утилизацией тепла, или это может быть простое вентилирование помещения жильцами.

Наиболее широко распространена простая вентиляция через открытые окна. Преимущества очевидны. Не требуется активных приводов, жильцы управляют вентиляцией по своему усмотрению, ни капиталовложений, ни затрат на техническое обслуживание. Однако двигателями такого процесса выступают лишь давление ветра и термическая плавучесть в зависимости от преобладающих климатических условий. Снижается защита от внешних шумов и загрязненного наружного воздуха, а утилизация энергии из вытяжного воздуха практически невозможна. Изменения наветренной и подветренной сторон в зависимости от погодных условий может привести к тому, что вытяжной воздух из санузлов и кухни может попадать в жилые комнаты.

В целом, возможна естественная вентиляция через так называемые внешние воздухопроводы. На рис. 10 показано базовое решение, когда вентиляционный элемент устанавливается в щель между окном и рамой, что обеспечивает минимальный воздухообмен вне зависимости от поведения жильцов.



Рисунок 10: Вентиляционный элемент, встроенный в промежуток между окном и рамой (источник: www.regel-air.de)

Регулируемую вентиляцию, которая настраивается в соответствии с реальными потребностями жильцов, можно реализовать только в рамках принудительной вентиляции. Что касается такого типа вентиляции, необходимая разница давлений вызывается механически. Соответствующие системы могут быть централизованными или локальными. Кондиционирование вытяжного воздуха образует в здании вакуум, вследствие чего наружный воздух проникает в помещение через вентиляционные отверстия и(или) просачивается внутрь оболочки здания в холлах. Потребление энергии системами естественной и вытяжной вентиляции практически одинаково, поскольку с меньшим воздухообменом связано более высокое потребление электроэнергии.

Система вентиляции с утилизацией тепла сокращает теплотери из-за вентиляции, превращая отработанное тепло в подогретый воздух. Прочие альтернативы – централизованные и децентрализованные системы. В особенности, когда речь идет о центральных вентиляционных установках, следует регулярно проводить осмотр и техническое обслуживание, чтобы обеспечить эффективность и соответствие гигиеническим требованиям. На рисунке 11 показано возможное распределение воздуховодов в квартире многоэтажного дома. На рис. 12 схематично представлена вентиляционная установка местной сборки на внешней стене.

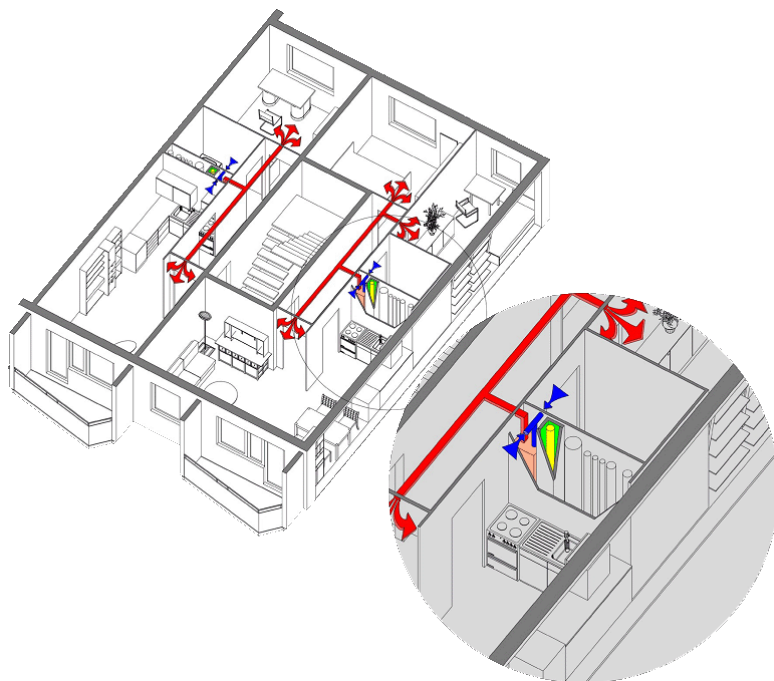


Рисунок 11: Расположение в квартире централизованной системы подачи и отвода воздуха с утилизацией тепла



Рисунок 12: Домашняя вентиляционная система с утилизацией тепла (источник: www.lunos.de)

Принудительная вентиляция, подключенная к системе предварительного подогрева воздуха грунтовыми или солнечными коллекторами, может быть целесообразна с энергетической и экономической точки зрения. Соответственно снижается отопительная нагрузка здания. Геотермальные теплообменники имеют преимущество: в зимний период они могут использоваться для предварительного нагрева. А в летний – для предварительного охлаждения воздуха.

Отопление

Размеры отопительной установки зависят от энергетического уровня здания.

В свете имеющегося опыта ассиметричное тепловое излучение за счет повышения температуры в помещении и одновременного охлаждения воздуха на поверхностях колодных компонентов в зданиях с высокой отопительной нагрузкой термически некомфортно для жильцов. Поэтому в зданиях с низкими отопительными нагрузками требуется оптимальное распределение тепла и контроль качества в целях достижения максимальной эффективности системы. При использовании пассивного солнечного тепла, проникающего в здание через остекление, отопительная нагрузка, то есть установленная мощность, не снижается, однако период времени, в течение которого необходимо максимальное количество энергии, сокращается, а вместе с ним – потребность в энергии.

Для эффективного использования возобновляемой энергии следует отдавать приоритет низкотемпературным системам. Это инновационные поверхностные **отопительные системы** (пол, потолок, потолочные обогреватели) или даже активация железобетонного каркаса. В то же время такие системы также можно использовать для охлаждения.

Все компоненты системы необходимо размещать в непромерзающих помещениях внутри тепловой оболочки здания, чтобы предотвратить промерзание и избежать использования добавок к воде. Еще одно важное требование высокой энергоэффективности – это сведение к минимуму объемного расхода. Это требование относится к отоплению, охлаждению и горячему водоснабжению.

Охлаждение

В общем, все отопительные системы также можно использовать для охлаждения. Однако при этом основная цель – поддержать на минимальном уровне расход электроэнергии для активного охлаждения. Для этого необходимо свести к минимуму внешние охлаждающие нагрузки за счет эффективной теплоизоляции летом и пригодного к эксплуатации дизайна с максимальной массой, дающего возможность естественного охлаждения ночью и активации

компонентов с естественным повторным охлаждением и применением геотермального холода.

Подогрев воды

Подогрев воды должен осуществляться генератором, используемым для отопления, или в дополнение может использоваться солнечный коллектор. Поэтому необходимо бивалентное хранилище, располагаемое внутри отапливаемой .

Освещение

Конструкция здания должна обеспечивать возможность активного использования дневного света для естественного освещения помещений. Приемлемая глубина комнаты, оптимизированные перепады высот и специальные окна обязательны, чтобы свести к минимуму расход электроэнергии для искусственного освещения, с одной стороны, и более активного использования естественного освещения, с другой. Для лестничных клеток, проемов и лифтов необходимо предусмотреть установку энергоэффективных ламп и датчиков присутствия.

Примеры

Приведенные ниже примеры призваны дать общее впечатление о том, какие целевые показатели реальны для энергоэффективных домов. Список таких зданий можно продолжить. Но не следует забывать, что для строительства таких зданий необходима финансовая поддержка.

Энергоэффективный дом (Effizienzhaus)²⁰



Германия, 60489 Франкфурт-на Майне

Год постройки: 2008

Жилая площадь: 1 465 м², квартир: 20

Потребность в конечной энергии: 29 кВт·ч/(м²год)

Потребность в первичной энергии: 37 кВт·ч/(м²год)

Компонент	U [Вт/м ² К]	d _{изоляция} [см]	Материал
Стена	0,094	38	Полистирен
Окно	0,79		Тройное остекление Рама с теплоизоляцией
Затемнение			Ставни
Пол	0,095		

²⁰ Источник [18]

Компонент	U [Вт/м ² К]	d _{изоляция} [см]	Материал
Стена подвала	0,097	35	Полистирен
Кровля	0,090	40,6	Минеральная вата
Отопление	Газовый конденсационный котел		
Горячее водоснабжение	Солнечный коллектор		
Вентиляция	Децентрализованная приточно-вытяжная вентиляция отдельно для каждой комнаты с утилизацией тепла		

Пассивный дом²¹

Германия, 10247 Берлин

Год постройки: 2008

Жилая площадь: 2 329 м², квартир: 19

Потребность в эффективной энергии: 8 кВт·ч/(м²а)

Потребность в первичной энергии: 42 кВт·ч/(м²а), в том числе, электроэнергия для бытовых нужд

Компонент	U [Вт/м ² К]	d _{изоляция} [см]	Материал
Стена	0,15	20	$\lambda = 0,035$ Вт/(мК)
Окно	0,8		$U_g = 0,5$ Вт/(м ² К) $U_f = 1,0$ Вт/(м ² К) $g = 58\%$
Пол/потолок подвала	0,17	20	$\lambda = 0.040$ Вт/(мК)
Стена подвала	0,097	35	Полистирен
Кровля	0,11	40	$\lambda = 0,035$ Вт/(мК)
Отопление	Котел на древесных пеллетах в комбинации с солнечным коллектором		
Горячее водоснабжение	Котел на древесных пеллетах в комбинации с солнечным коллектором При потребности в горячей воде нагревающая среда пропускается исключительно через нагреватель для воды.		
Вентиляция	Централизованная приточно-вытяжная система с утилизацией тепла, $\eta_{rec} \approx 90\%$		

²¹ Источник [15]

Эффективный дом плюс²²



Стандарт F87 (Эффективный дом плюс электромобильность) был разработан междисциплинарной группой под руководством профессора Вернера Собека. Дизайн демонстрирует потенциал активного объединения энергетических потоков между электрическими транспортными средствами и антропогенной средой. Архитектурно эта концепция реализована в удивительном стеклянном стенде, где все основные инженерные системы выставлены на видном месте и образуют полноценный действующий экспонат. Проект не только иллюстрирует возможность постройки в будущем домов усадебного типа, которые вырабатывают излишек энергии, – достаточно для подзарядки электромобилей жильцов – но также демонстрирует, как можно в будущем проектировать и строить здания, которые после окончания их срока службы можно будет полностью демонтировать и переработать. Комплексный подход к планированию, принятый междисциплинарной группой, поднимает понятие «устойчивого дизайна» на новый уровень и включает в себя энергетические и материальные концепции, превосходящие стандарты, установленные предыдущими значимыми проектами, например, конкурсом SolarDecathlon.

²² Источник [17]

Источники

- [1] ПРООН в Беларуси Проект «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь» 00077154
Техническое задание
получено: 27 мая 2013 г.
- [2] ПРООН/ГЭФ Программа развития ООН
страна Беларусь
Проектный документ
- [3] А.Ф. Молочко,
Проект ПРООН/ГЭФ 00077154
«Результаты анализа существующих методологий и практик для осуществления мониторинга интегральных энергетических характеристик зданий»
Минск, 2013 г.
- [4] Л.Н. Данилевский
О выполнении этапов работы 1 и 2
Минск, ма1 2013 г.
- [5] ARCEE
(Andreyenka, N., Svistunova, N., Schmigotzki, B., Indriksone, D., Paleiki, J.)
Country Dossier Belarus
current status (2013 forthcoming)
- [6] ARCEE
(von Knorre, C., Scharnowski, R., Schmigotzki, B., Engewald, Ph.)
Energy efficiency in residential buildings:
Criteria for good practice in refurbishment and new construction
2013
- [7] Institut für Politikstudien Interface GmbH
Internationaler Vergleich von Energiestandards im Baubereich
März 2005
- [8] Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council
of 19 May 2010
on the energy performance of Buildings (recast)
Official Journal of the European Union, 18.06.2010
- [9] www.ieee-cense.de
access 18. June 2013
- [10] DIN V 4108-6 Thermal protection and energy economy in buildings
part 6: Calculation of annual heat and annual energy demand
June 2003
- [11] DIN V 4701-10 Energy efficiency of heating and ventilation systems in buildings
Part 10: Heating, domestic hot water, ventilation
August 2003
- [12] DIN V 18599 Energy efficiency of buildings
Calculation of the net, final and primary energy demand for heating, cooling, ventilation,

domestic hot water and lighting
December 2011

- [13] <http://tc76.org/spc100/docs/IBP%2018599/18599-10.pdf>,
access 20. June 2013
- [14] http://prof.beuth-hochschule.de/fileadmin/user/himburg/SD_bp0211_LHT_web.pdf,
access 20. June 2013
- [15] www.passiv.de
access 20. June 2013
- [16] www.minergie.ch
access 20. June 2013
- [17] <http://www.wernersobek.de>
access 20. June 2013
- [18] <http://www.zukunft-haus.info/bauen-sanieren/beispielhaeuser/dena-modellvorhaben-effizienzhaeuser.html>
access 20. June 2013
- [19] Bundesverband WindEnergie e.V.
Efficiency and remuneration of small wind turbines (2010)