

ПРООН/ГЭФ

Проект №00077154

«Повышение энергетической эффективности жилых зданий
в Республике Беларусь»

Отчет

**Рекомендации по ликвидации несоответствия между
национальными стандартами энергетических характеристик
и стандартами, принятыми в странах ЕС, применяемыми
ко вновь построенным зданиям**

(согласно задаче 13)

Исполнитель,

Эксперт по вопросам энергетической

эффективности в зданиях

Л. Н. Данилевский.

Минск, 2013

Введение.....	3
1. Тепловой баланс в зданиях РБ различных поколений проектирования	6
2. Обзор методов и стандартов, принятых в странах ЕС и других странах северного пояса для стимулирования внедрения зеленых технологий.....	11
Заключение	15
Источники	16

Введение

В Республике Беларусь в настоящее время эксплуатируются здания, построенные по различным нормативным документам: Советского Союза, [1], и суверенной РБ [2], [3]. В [1] значение сопротивления передаче ограждающих конструкций зданий выбиралось из условия исключения конденсации влаги на внутренней поверхности наружных стен зданий и перепада температуры между внутренней поверхностью наружной стены и воздуха в помещении, равного или больше 4°C . Задачи энергосбережения при этом фактически оставались в стороне.

Независимость страны, полученная в 1991 г. сразу поставила задачу экономии энергии, что нашло свое отражение в изменении действовавшего стандарта в 1993 г. и введении новых значений сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций [2]. Рассматривалось только поэлементное нормирование, без предъявления требований к удельным тепловым характеристикам зданий. В [3] помимо требований к значениям сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий были установлены значения удельного потребления тепловой энергии на отопление зданий. Вышедший в 2009 г документ [4] закрепил требования к удельным тепловым характеристикам зданий, сохранив при этом поэлементное нормирование. На рис. 1 и 2 представлены значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий, соответствующие стандартам [2] и [3]. Требования к значению сопротивления теплопередаче в [3] на 25 – 60% изменяют значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций по сравнению с [2].

При оценке энергетической эффективности зданий в странах ближнего и дальнего зарубежья принимают методы различной сложности, основанные на оценке компонентов теплового баланса здания.

Принципы оценки энергопотребления зданий и общие требования к методам выражения энергетических характеристик предписывает стандарт [5], который устанавливает для этих целей общий показатель энергоэффективности EP. Показатель EP является средневзвешенной алгебраической суммой затраченной и выработанной энергии каждым энергопотребителем. Показатель EP выражают в виде удельного энергопотребления, определяемого на единицу площади или объема здания.

Ограждающие конструкции	Нормативное сопротивление теплопередаче $R_{н.н.н.}$ м ² ·°С/Вт
А Строительство	
1 Наружные стены крупнопанельных, каркасно-панельных и объемно-блочных зданий	2,5
2 Наружные стены монолитных зданий	2,2
3 Наружные стены из штучных материалов (кирпич, шлакоблоки и т. п.)	2,0
4 Совмещенные покрытия, чердачные перекрытия (кроме теплых чердаков) и перекрытия над проездами	3,0
5 Покрытия теплых чердаков	По расчету, обеспечивая перепад между температурой потолка и температурой воздуха помещения последнего этажа не более 2 °С
6 Перекрытия над <u>неотапливаемыми</u> подвалами и техническими подпольями	По расчету, обеспечивая перепад между температурой пола и температурой воздуха помещения первого этажа не более 2 °С
7 Заполнения световых проемов	0,6

Рис.1 Требования к сопротивлению ограждающих конструкций зданий, соответствующих [3]

При оценке энергетической эффективности зданий в странах ближнего и дальнего зарубежья принимают методы различной сложности, основанные на оценке компонентов теплового баланса здания.

Принципы оценки энергопотребления зданий и общие требования к методам выражения энергетических характеристик предписывает стандарт [4], который устанавливает для этих целей общий показатель энергоэффективности EP. Показатель EP является средневзвешенной алгебраической суммой затраченной и выработанной энергии каждым энергопотребителем. Показатель EP выражают в виде удельного энергопотребления, определяемого на единицу площади или объема здания.

Ограждающие конструкции	Нормативное сопротивление теплопередаче $R_{t, \text{норм}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$
Жилые и общественные здания	
А Строительство, реконструкция, модернизация	
Наружные стены зданий	3,2
Совмещенные покрытия, чердачные перекрытия и перекрытия над проездами	6,0
Перекрытия над <u>неотапливаемыми</u> подвалами и техническими подпольями	2,5
Заполнения световых проемов	1,0
Перекрытия над техническими подпольями, ограждающие конструкции технических подпольий	По расчету, из условия обеспечения перепада между температурой пола и температурой воздуха помещений первого этажа не более $0,8 \text{ °C}$ и отсутствия конденсата на внутренних поверхностях ограждающих конструкций
Перекрытия между теплым чердаком и помещениями последнего этажа, ограждающие конструкции теплых чердаков	По расчету, из условия обеспечения перепада между температурой потолка и температурой воздуха помещений последнего этажа не более $0,8 \text{ °C}$ и отсутствия конденсата на внутренних поверхностях ограждающих конструкций
* - проект Изменения № 4 ТКП 45-2.04-43-2006	

Рис.2 Требования к сопротивлению ограждающих конструкций зданий, соответствующих [3]

1. Тепловой баланс в зданиях РБ различных поколений проектирования

На следующих рисунках представлены распределения тепловых потерь зданий, построенных по стандартам различных поколений в Республике Беларусь, по составляющим. Для конкретизации полученных цифр для расчетов выбрано 4-х подъездное 9 –этажное панельное здание серии 111-90 МАПИД с отапливаемой площадью 10000 м². Рассмотрены различные варианты значений сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, соответствующих нормативным требованиям [1], [2], и [3], и вычислены соответствующие значения составляющих теплового баланса зданий различных поколений, которые приведены в таблице 1.

Здесь следует различать возвращаемые и безвозвратные тепловые потери. К возвращаемым следует отнести потери тепловой энергии с вытяжным воздухом. Использование высокоэффективных рекуператоров и высокая герметичность помещений может обеспечить 100% возврата тепловой энергии вытяжного воздуха. Принципиально невозвратимыми являются трансмиссионные потери тепловой энергии через ограждающие конструкции зданий. Величину средней за отопительный сезон энергии трансмиссионных тепловых потерь можно записать в виде:

$$Q = 0,024G \sum_{i=1}^N \frac{S_i}{R_i}, \quad (1)$$

Где Q - средняя за отопительный сезон энергии трансмиссионных тепловых потерь, кВтч/год;

G – количество градусосуток отопительного сезона, °С*сутки;

S_i и R_i площадь, м², и сопротивление теплопередаче, м²*град/Вт, i –й ограждающей конструкции, соответственно.

Значение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций здания можно принять из равенства значений трансмиссионных тепловых потерь в здании суммарному значению энергии внутренних источников теплоты в здании и солнечной энергии.

Таблица 1 Значения составляющих теплового баланса зданий различных поколений

Норматив	стены			окна			Чердачное покрытие			Цокольное перекрытие	
	[1]	[2]	[3]	[1]	[2]	[3]	[1]	[2]	[3]	[1]	[2], [3]
Сопротивление теплопередаче, $\text{м}^2\text{град}/\text{Вт}$	1	2,5	3,2	0,38	0,6	1	1,5	3	6	1,2	1,8
Теплопотери, $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год	54,4	21,9	17	23,4	20,6	13	8,2	4,1	2	7,6	5.1
Сумма трансмиссионных теплопотерь, $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год	93,6	51.7	37								
Теплопотери с воздухообменом при естественной вентиляции, $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год										52,6	
Теплопотери с воздухообменом при использовании принудительной вентиляции с рекуперацией тепловой энергии вытяжного воздуха, $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год ($\eta=0,8$)										10,5	
Энергия внутренних источников $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год, [5]										29,7 ± 1,5	
Солнечная энергия, $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год										7,9	

Для рассматриваемого здания средние по отопительному сезону трансмиссионные потери тепловой энергии в таблице 1 из здания, построенного по действующим нормативным документам [3], равны суммарному поступлению энергии внутренних источников теплоты в здании и солнечной энергии. Следовательно, значение сопротивления теплопередаче выбранного здания можно считать достаточным для решения задачи минимизации энергии, необходимой для отопления. Дальнейшую экономию тепловой энергии необходимо решать за счет полной утилизации теплоты

вентиляционных выбросов из здания. Конечно, 100% утилизации теплоты вытяжного воздуха – это вопрос будущего. В то же время, управляемая система воздухообмена дает возможность экономии энергии за счет управления режимами вентиляции в различное время дня. Для работающих более 70 часов в неделю, когда жители находятся вне здания, на работе, в магазине, на прогулке, можно ограничить воздухообмен 50% от нормативного. Опыт эксплуатации энергоэффективного здания по пр. Притыцкого, 107, показывает, что в ночные часы жители также ограничивают воздухообмен до 2/3 нормативного. Следовательно 56 часов в неделю воздухообмен составляет 2/3 нормативного, 70 – 0,5 нормативного и только 42 часа - нормативный. При таком управлении потери с воздухообменом в здании, оборудованном управляемой приточно-вытяжной вентиляцией с рекуперацией теплоты вытяжного воздуха при эффективности системы 80% составит 8,29 кВтч/м² за отопительный сезон. Эта цифра дает нижний порог затрат тепловой энергии на отопление зданий, построенным по действующим стандартам, в Республике Беларусь

Ниже приведены значения удельного потребления тепловой энергии на отопление для зданий различной этажности и различных климатических зон РБ [4].

**Нормативные значения удельного расхода тепловой энергии
за отопительный период на отопление и вентиляцию жилых
зданий
кВт·ч/м² (МДж/м²)**

Этажность здания	Витебск		Минск		Гродно		Могилев		Брест		Гомель	
	1..3	108	(388)	96	(346)	88	(315)	101	(364)	79	(283)	92
4	65	(232)	55	(198)	50	(179)	58	(210)	44	(158)	52	(189)
5	63	(226)	53	(191)	49	(175)	57	(205)	43	(154)	51	(185)
6	62	(220)	51	(184)	47	(168)	55	(198)	42	(150)	50	(178)
7	59	(213)	50	(180)	45	(162)	53	(191)	40	(144)	48	(171)
9	58	(210)	49	(176)	44	(158)	52	(187)	39	(140)	47	(168)
12	57	(206)	48	(173)	43	(155)	51	(183)	38	(137)	46	(165) »

Рис.3 Нормативные значения удельного расхода тепловой энергии на
отопление зданий

Трансмиссионные тепловые потери для зданий г. Минска, считая заселенность и соотношение жилой и отапливаемой площади для всех зданий одинаковой, можно найти из формулы:

$$Q_{тр} = Q + Q_{вн} + Q_{солн} - Q_{во} \quad (2)$$

Значения трансмиссионных тепловых потерь для зданий г. Минска представлены в таблице 2.

Таблица 2 Трансмиссионные тепловые потери для зданий г. Минска

Этажность	4	5	6	7	9	12
Q _{тр} кВт·ч/м ² в год	40	38	36	35	34	33

Из таблицы можно сделать вывод, что если для зданий , начиная с 6 этажей трансмиссионные тепловые потери ниже суммарного значения мощности внутренних источников теплоты и солнечной энергии, поступающей в здание, то для зданий меньшей этажности целесообразно увеличить сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций с целью снижения уровня трансмиссионных тепловых потерь до такого же уровня.

Аналогичный подход к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций зданий можно использовать для зданий, построенных в других климатических условиях.

2. Обзор методов и стандартов, принятых в странах ЕС и других странах северного пояса для стимулирования внедрения зеленых технологий

Принципы оценки энергопотребления зданий и общие требования к методам выражения энергетических характеристик предписывает стандарт [5], который устанавливает для этих целей общий показатель энергоэффективности EP. Показатель EP является средневзвешенной алгебраической суммой затраченной и выработанной энергии каждым энергопотребителем. Показатель EP выражают в виде удельного энергопотребления, определяемого на единицу площади или объема здания.

Согласно стандарту [5] показатель EP может быть выражен в следующих величинах:

- первичная энергия (E_p);
- выбросы CO_2 (m_{CO_2});
- потребленная энергия в единицах измерения энергии или в денежном выражении.

Показатель энергоэффективности EP может быть дополнен другими показателями, например, теплотехнической характеристикой оболочки здания.

Основные показатели при оценке энергоэффективности зданий должны основываться на одном из двух видов оценки:

- стандартном показателе энергопотребления;
- измеренном показателе энергопотребления.

Стандартный показатель энергопотребления может быть рассчитан для проектируемого или для существующего здания.

В [5] установлено два способа требований:

- требования к общей энергоэффективности;

- специальные требования.

Специальные требования устанавливаются на основе:

- энергозатрат на определенные коммунальные услуги (например, отопление, горячую воду, охлаждение, освещение, вентиляцию);
- расхода энергии на отопление или охлаждение, а также расход энергии на горячую воду для бытовых нужд;
- характеристик здания или его инженерных систем, рассматриваемых как единое целое (например, коэффициент теплопередачи оболочки здания, КПД системы отопления или охлаждения и системы горячего водоснабжения);
- характеристик здания или элементов инженерных систем (например, коэффициент теплопередачи стен, КПД котлов, изоляция труб отопления и горячей воды, мощность освещения ($\text{Вт}/\text{м}^2$), удельная мощность вентилятора).

Общий показатель энергоэффективности может быть представлен в сочетании с конкретными требованиями.

Используемые показатели могут различаться в следующих случаях:

- новое здание;
- модернизация существующего здания;
- расширение существующего здания;
- различные типы зданий.

При определении основных требований к применению энергии и при ее контроле (расчете) учитывают следующие параметры:

- теплотехнические характеристики ограждающих конструкций здания (теплоизоляция и герметичность оболочки здания, тепловая инерция);
- параметры отопительной системы и горячего водоснабжения (производство, распределение, передача и регулирование);

- параметры системы кондиционирования воздуха (включая удаление избытка влаги);
- параметры системы вентиляции (включая увлажнение и регенерацию тепла);
- параметры осветительного оборудования;
- характеристики пассивных солнечных источников теплоты и солнцезащитных устройств;
- параметры устройств производства энергии, в частности, за счет возобновляемых источников и объединенной выработки тепловой и электрической энергий.

Указания о методике использования указанных выше характеристик представлены в соответствующих стандартах – например, [2], [3]

Из приведенных выше данных, можно сделать вывод, что методика определения интегральной энергетической характеристики для жилых зданий, принятая в Республике Беларусь в целом соответствует требованиям директивы 2010/31/EU. За исключением пункта о системах внутреннего освещения, данный не отражается в форме энергетического паспорта Республики Беларусь и не используется при вычислении интегральных энергетических характеристик.

О тенденции повышения сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций в странах Европейского Союза можно судить по обобщающей таблице, в которой указаны достигнутые к 2010 году требуемые значения показателя сопротивления теплопередаче наружных ограждений для типовых зданий европейских стран (Таблица 4)

Таблица 1 – Требуемые значения сопротивления теплопередаче для типовых зданий в некоторых европейских странах и Республике Беларусь

Показатель	Год принятия требования	Тип здания	Коэффициент сопротивления теплопередаче, м ² ·°С/Вт			
			Стены	Кровля	окна	Пол
Франция	2005	Жилое	2,78	5,00	0,56	3,7
Бельгия	2008	Жилое	2,0	3,33	0,47	1,11
Нидерланды	2011	Жилое	3,45	3,45	0,45	3,45
Германия	2009	Жилое	3,57	5,00	0,77	2,86
Великобритания	2010	Жилое	5,55	6,67	0,67	4,76
Италия	2010	Жилое	3,03	3,45	0,5	3,12
Венгрия	2006	Жилое	2,22	4,00	0,62	4,00
Румыния	2006	Жилое	1,41	3,03	0,4	3,03
Дания	2006	Жилое	5,00	6,67	0,67	6,67
Норвегия	2007	Жилое	5,56	7,69	0,83	6,67
Швеция	2008	Жилое	5,56	7,69	0,76	6,67
Финляндия	2010	Жилое	5,88	11,11	1,0	5,88
Беларусь	2009	Жилое	3,2	6,0	1,0	2,5

Из приведенной выше таблицы ([9]) видно, что требования к сопротивлению теплопередаче наружных ограждающих конструкций в северных странах Европейского союза выше требований Республики Беларусь. Следует учесть, что это диктуется структурой жилого фонда стран Европейского союза, в котором преобладают здания малой этажности.

Однако, в разделе 1 были выработаны требования к предельному уровню трансмиссионных тепловых потерь зданий и показано, что изменение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий должно быть увязано как с климатическими условиями, так и с этажностью зданий.

Заключение

Анализом международного опыта оценки энергетической эффективности зданий по показателю энергетической эффективности, энергопотребления зданий на отопление и охлаждение установлено, что отнесение здания к определенному классу энергоэффективности в большинстве стран принято в зависимости от его соответствия нормируемому интегральному показателю – удельному расходу энергии на его эксплуатацию. Сущность методик по контролю показателя энергопотребления зданий сводится к определению основных и дополнительных компонентов теплового баланса за контролируемый период.

Отличия по странам заключаются в количестве факторов, которое принимается в учет, обязательность их применения, в объеме рассчитываемых и расчетных показателей, временных отрезках контроля (расчета).

Можно отметить, что переход к интегральному нормированию теплотехнических характеристик зданий с созданием требований к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций зданий приблизил нормативную базу РБ к базе ЕС.

Требования к сопротивлению теплопередаче наружных ограждающих конструкций в северных странах Европейского союза выше требований Республики Беларусь. Следует учесть, что это диктуется структурой жилого фонда стран Европейского союза, в котором преобладают здания малой этажности.

В разделе 1 отчета выработаны требования к предельному уровню трансмиссионных тепловых потерь зданий и показано, что изменение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий должно быть увязано как с климатическими условиями, так и с этажностью зданий. Это задает направление развития нормативной базы энергоэффективного строительства Республики Беларусь.

Источники

1. Строительная теплотехника: СНиП II-3-79. – Москва: Государственный Комитет по делам строительства, 1980. – 20 с.
2. Строительная теплотехника: СНБ 2.01.01-93. – Минск, Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. Гос. Ин-т стандартизации и сертификации, 1994 г.
3. ТКП 45-2.04-43-2006 «Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования» для проектируемых зданий Изменение № 1, 2009
4. ТКП 45–2.04–196–2010 «Тепловая защита зданий, 2009
5. 1 EN 15217-20 Энергоэффективность зданий. Методы выражения энергетических характеристик зданий
6. 1 EN 15217-20 Энергоэффективность зданий. Методы выражения энергетических характеристик зданий
7. 2 DIN 4701 Расход теплоты в зданиях. Часть 1 Основные методы расчета. Часть 2 Таблицы удельных значений и коэффициентов.
8. 3 ISO 13790:2008 Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling (Энергетическая эффективность зданий - Расчет использования энергии для отопления и охлаждения).