

ПРООН/ГЭФ  
Проект №00077154

«Повышение энергетической эффективности жилых зданий  
в Республике Беларусь»

Отчет

**Результаты анализа существующих методологий и практик  
для осуществления мониторинга интегральных энергетических  
характеристик зданий в части приложений методов  
энергетического аудита**

Исполнитель,  
Эксперт по вопросам  
энергетического аудита в зданиях

А.Ф.Молочко

Минск  
май 2013

1. МЕТОДОЛОГИИ И ПРАКТИКИ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ МОНИТОРИНГА ИНТЕГРАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗДАНИЙ.....	3
2. МЕТОДОЛОГИИ И ПРАКТИКИ, ПРИНЯТЫЕ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ, ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ МОНИТОРИНГА ИНТЕГРАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗДАНИЙ.....	7
3. АНАЛИЗ СООТВЕТСТВИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ И МЕСТНЫХ МЕТОДОЛОГИЙ И ПРАКТИК ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ МОНИТОРИНГА ИНТЕГРАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗДАНИЙ.....	10
4. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	15

## **1. Методологии и практики европейского союза для осуществления мониторинга интегральных энергетических характеристик зданий**

19 мая 2010 г. Европейским парламентом и Советом принята новая Директива 2010/31/EU по энергетическим характеристикам зданий. Директива вступила в силу с 8 июля 2010 г. Эта директива отменяет и заменяет действовавшую ранее Директиву 2002/91/EU. В соответствии с Директивой Европейского парламента и Совета 2010/31/EU от 19 мая 2010 года об энергосбережении зданий[1] «энергетическая характеристика здания» – расчетное или измеренное количество энергии, необходимое для удовлетворения нужд в энергии при стандартном использовании здания, которое, помимо прочего, может включать энергию для отопления, охлаждения, вентиляции, горячего водоснабжения и освещения. Директива [1] устанавливает ряд параметров, которые должны быть учтены при определении интегральных энергетических характеристик зданий, а именно:

- фактические теплотехнические характеристики здания (теплоемкость, теплоизоляция, свободные теплопоступления и мостики холода);
- системы отопления и горячего водоснабжения, и их теплоизоляционные характеристики;
- системы кондиционирования воздуха;
- естественная и механическая вентиляция, включая воздухопроницаемость;
- системы внутреннего освещения (преимущественно в нежилой части);
- конструкцию, положение и ориентацию здания, а также параметры наружного воздуха;
- инсоляцию и защиту от солнца;
- параметры внутреннего воздуха, включая нормативные;
- внутренние нагрузки.

Директива по энергетической эффективности зданий[1] устанавливает общую методологию требований по энергоэффективности зданий и сооружений, предоставляя возможность каждой из стран учитывать в нормах свои национальные особенности, связанные с климатом, ресурсными возможностями, состоянием экономики. Директива EPBD предусматривает 5 блоков нормативных документов (всего 65 стандартов). Общие взаимоотношения между различными европейскими стандартами и директивой EPBD определяет так называемый «зонтичный стандарт»

(Рисунок 1). «Зонтичный стандарт» содержит общие положения, включающие структуру всех блоков нормативной системы и входящих в них 65 стандартов, общие понятия, перечень показателей энергоэффективности, их определения, обозначения и единицы измерений[2].

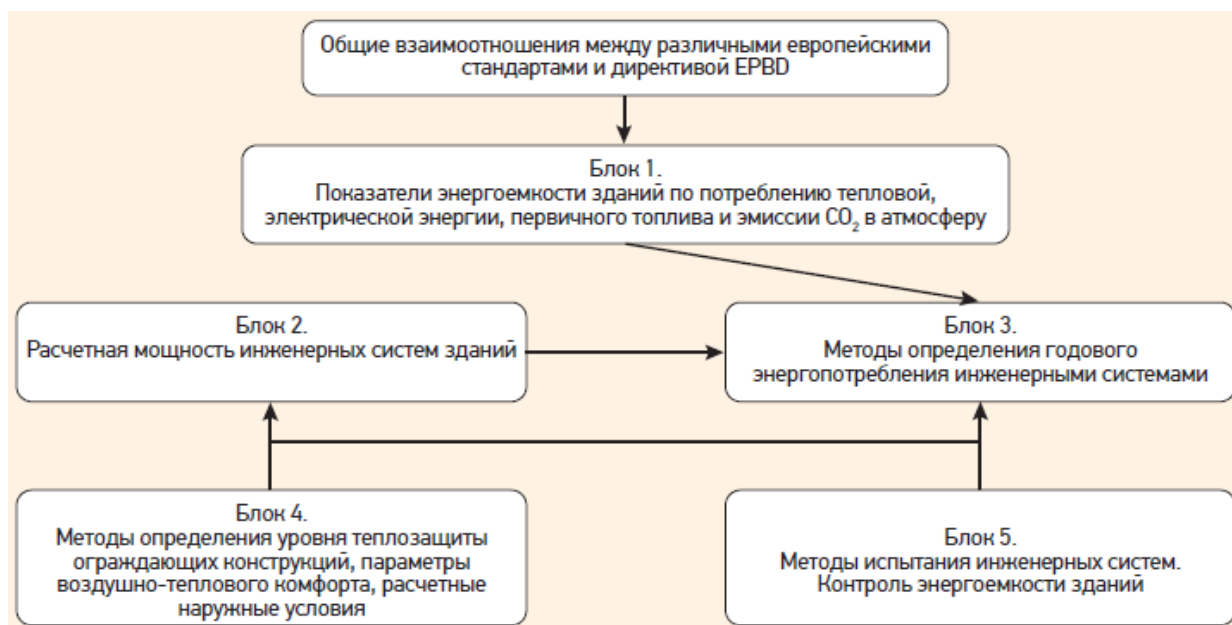


Рисунок 1 – Структура блоков нормативов директивы 2010/31/ЕС по энергетической эффективности зданий – EPBD

Перечень стандартов, используемых для определения энергетических характеристик зданий:

EN 15603 Энергетическая эффективность зданий — Общее потребление энергии и определение номинальных энергетических характеристик

Данный документ перечисляет энергетические процессы, номинальные значения эффективности которых должны определяться как для существующих, так и для проектируемых зданий следующими способами:

- оценкой общего энергопотребления в здании;
- расчетом общих номинальных энергетических характеристик (первичная энергия, выбросы CO<sub>2</sub>, стоимость энергии).

В данном стандарте сравниваются значения других стандартов, которые задают расчет энергопотребления в здании. Он учитывает энергию, производимую в самом здании, часть которой может отводиться для использования на ином объекте. В стандарте приводятся сводная таблица для общего энергопотребления в здании, а также определяются те виды использования энергии, которые необходимо принять во внимание при

задании номинальных значений энергоэффективности для новых и существующих зданий, а также методики:

- вычисления стандартной расчетной номинальной энергетической характеристики при стандартном способе энергопотребления, не учитывая поведение людей в помещении, фактические погодные условия и прочие реальные факторы;
- оценки фактических (измеряемых) номинальных энергетических характеристик на основании поставляемой и отводимой энергии;
- повышения достоверности расчетной модели здания путем сравнения с фактическим энергопотреблением;
- оценки энергоэффективности при возможной модернизации.

EN 15217:2007 Энергоэффективность зданий. Методы выражения энергетических характеристик зданий и сертификация энергопотребления зданий

Данный стандарт проясняет различные возможные подходы к сертификации и определяет:

- общие индикаторы выражения энергетических характеристик всего здания, включая системы отопления, вентиляции, кондиционирования, горячего водоснабжения для бытовых нужд, а также осветительные системы. Сюда относятся различные возможные показатели, а также методы их стандартизации;
- способы выражения энергетических характеристик здания для проектирования новых зданий или реконструкции существующих;
- процедуры, определяющие справочные значения и ориентировочные показатели;
- способы разработки схем сертификации энергопотребления.

EN 15193 Энергетическая эффективность зданий — Потребность в энергии для освещения

ISO13790 Энергетическая эффективность зданий — расчет потребления энергии для отопления и охлаждения

EN 15316-1 Системы отопления зданий — Метод расчета энергетических характеристик и показателей эффективности системы. - Часть 1: Общие положения

EN 15316-2.1 Системы отопления зданий - Метод расчета энергетических характеристик и показателей эффективности системы. Часть 2-1: Системы отопления помещений.

EN 15316-2.3 Системы отопления зданий — Метод расчета энергетических требований и показателей эффективности системы. Часть 2-3: системы распределения тепла в помещении.

EN 15316-3.1 Бытовые системы горячего водоснабжения, характеристики потребностей (требования к подключениям).

EN 15316-3.2 Бытовые системы горячего водоснабжения, система распределения.

EN 15316-3.3 Бытовые системы горячего водоснабжения, производство.

EN 15316-4.1 Системы отопления помещений – Системы сжигания топлива (котлы)

EN 15316-4.4 Системы генерации тепловой энергии – встроенные системы когенерации.

EN 15316-4.5 Системы отопления помещений – Производительность и качество централизованного теплоснабжения и систем большого объема.

EN 15316-4.6 Системы генерации тепловой энергии – фотогальванические системы

EN 15316-4.7 Системы отопления помещений – системы сжигания биотоплива

DIN V 18599 Энергетическая оценка зданий. Расчет потребности в полезной, конечной и начальной энергии для нагревания, охлаждения, вентиляции, горячего бытового водоснабжения и освещения.

DIN V 4701-10 Энергетическая оценка систем отопления и вентиляции в действующих зданиях. Отопление, подогрев бытовой воды, вентиляция

По методике расчета можно выделить два вида энергетических паспортов:

Расчетный энергетический паспорт – определяет характеристики на основе данных проектной документации. Эти характеристики должны отражать потребности на отопление и охлаждение зданий (исключая перетопы), чтобы поддерживать заданное качество внутреннего микроклимата здания, и потребности в горячей воде.

Энергетический паспорт, составленный по данным потребления объекта – основан на реальном энергопотреблении.

## 2. Методологии и практики, принятые в Республике Беларусь, для осуществления мониторинга интегральных энергетических характеристик зданий

Действующими нормативными документами, разработанными согласно Постановления Совета Министров РБ № 706 от 01.06.2009 г. Об утверждении Комплексной программы по проектированию, строительству и реконструкции энергоэффективных жилых домов в Республике Беларусь на 2009 - 2010 годы и на перспективу до 2020 года, сформулированы требования к ограждающим конструкциям и инженерным системам, теплоэнергетические характеристики тепловой защиты зданий регламентируют ТКП 45–2.04–43–2006 «Строительная теплотехника» и ТКП 45–2.04–196–2010 «Тепловая защита зданий». Нормативные значения удельного расхода тепловой энергии за отопительный период на отопление и вентиляцию различных типов жилых и общественных зданий приведены далее (Таблица 1 и Таблица 2).

Таблица 1 – Нормативные значения удельного расхода тепловой энергии за отопительный период на отопление и вентиляцию жилых зданий  $q_h^{req}$  МДж/м<sup>2</sup> (кВт·ч/м<sup>2</sup>)

Этажность здания	Витебск		Минск		Гроно		Могилев		Брест		Гомель	
	МДж/м <sup>2</sup>	кВт·ч/м <sup>2</sup>	МДж/м <sup>2</sup>	кВт·ч/м <sup>2</sup>	МДж/м <sup>2</sup>	кВт·ч/м <sup>2</sup>	МДж/м <sup>2</sup>	кВт·ч/м <sup>2</sup>	МДж/м <sup>2</sup>	кВт·ч/м <sup>2</sup>	МДж/м <sup>2</sup>	кВт·ч/м <sup>2</sup>
От 1 до 3 включ.	108	389	96	346	88	317	101	364	79	284	92	331
4	65	234	55	198	50	180	58	209	44	158	52	187
5	63	227	53	191	49	176	57	205	43	155	51	184
6	62	220	51	184	47	169	55	198	42	151	50	180
7	59	212	50	180	45	162	53	191	40	144	48	173
9	58	209	49	176	44	158	52	187	39	140	41	169
12 и более	57	205	48	173	43	155	51	184	38	137	46	166

Таблица 2 – Нормативные значения удельного расхода тепловой энергии за отопительный период на отопление и вентиляцию общественных зданий  $q_h^{req}$  МДж/м<sup>3</sup> (кВт·ч/м<sup>3</sup>)

Тип здания	Нормативное значение $q_h^{req}$ , приэтажности здания				
	1-3	4	5	6	7
1 Дошкольные учреждения, МДж/м <sup>3</sup> (кВт·ч/м <sup>3</sup> )	38 (135)	-	-	-	-
2 Общеобразовательные школы, МДж/м <sup>3</sup> (кВт·ч/м <sup>3</sup> )	-	37 (131)	-	-	-
3 Поликлиники и лечебные учреждения, МДж/м <sup>3</sup> (кВт·ч/м <sup>3</sup> )	-	-	-	-	35 (123)
4 Административные, МДж/м <sup>3</sup> (кВт·ч/м <sup>3</sup> )	-	-	36 (128)	-	-

В качестве интегральной энергетической характеристики выступает значение удельного расхода тепловой энергии за отопительный период на отопление и вентиляцию, который определяется по формуле:

$$q_h^{des} = \frac{Q_h^y}{A_h} \text{ или } q_h^{des} = \frac{Q_h^y}{V_h},$$

где  $Q_h^y$  — расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода, МДж;

$A_h$  — отапливаемая площадь здания, м<sup>2</sup>;

$V_h$  — отапливаемый объем здания, принимаемый равным объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждающих конструкций, м<sup>3</sup>.

При определении величины удельной отопительной характеристики здания используются значения:

- сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций;
- положение и ориентацию здания;
- потери теплоты через ограждающие конструкции помещений;
- расход теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха;
- теплопоступления через светопрозрачные ограждающие конструкции (инсоляция);
- бытовые теплопоступления за отопительный период
- параметры внутреннего воздуха,



- параметры наружного воздуха и продолжительность отопительного периода;
- наличие механической или естественной вентиляции;
- характеристики систем отопления.

Важным нормируемым параметром является значение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций жилых и общественных зданий. В соответствии с изменением № 1 к ТКП 45-2.04-43-2006 (02250) введены следующие значения нормативного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций жилых и общественных зданий применительно к строительству, реконструкции и модернизации: для наружных стен -  $3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ ; для совмещенных покрытий, чердачных перекрытий и перекрытий над проездами -  $6,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ ; для перекрытий над не отапливаемыми подвалами и техническими подпольями -  $2,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ ; для заполнения световых проемов -  $1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ .

Сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций может определяться двумя способами:

- расчетный;
- измерительно-расчетный.

Методика расчетного метода определения сопротивления теплопередаче приведена в ТКП 45–2.04–43–2006 «Строительная теплотехника»[5].

$$R = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{н}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

где  $\alpha_{в}$  — коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ , (таблица 5.4[5]);

$\delta$  — толщина слоя, м

$\lambda$  — коэффициент теплопроводности материала однослойной или теплоизоляционного слоя многослойной ограждающей конструкции в соответствующих условиях эксплуатации,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$ , принимаемый по [5] приложение А.

$\alpha_{н}$  — коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для зимних условий,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ , (таблица 5.7[5]).

Измерительно-расчетный метод определения сопротивления теплопередаче основан на методике, приведенной в ГОСТ 26254-84. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций[10]. Для определения сопротивления теплопередаче в натуральных

условиях эксплуатации зданий используют тот температурный перепад, который установился на ограждающей конструкции вследствие разности температур наружного и внутреннего воздуха. Методы определения сопротивления теплопередаче, основанные на создании в ограждающей конструкции условий стационарного теплообмена и измерении температуры внутреннего и наружного воздуха, температуры поверхностей ограждающей конструкции, а также плотности теплового потока, проходящего через нее, по которым вычисляют соответствующие искомые величины.

### **3. Анализ соответствия международных и местных методологий и практик для осуществления мониторинга интегральных энергетических характеристик зданий**

Результат анализа соответствия методик, принятых в Европейском Союзе и Республике Беларусь приведен далее (Таблица 3).

Таблица 3 – Сравнение методик определения интегральной энергетической характеристики, принятых в Республике Беларусь и Европейском Союзе

Параметр	Европейский Союз	Республика Беларусь
Закон	Директива 2010/31/EU	Постановление Совета Министров РБ № 706 от 01.06.2009 г. Об утверждении Комплексной программы по проектированию, строительству и реконструкции энергоэффективных жилых домов в Республике Беларусь на 2009 - 2010 годы и на перспективу до 2020 года
Нормативная база	EN 15603 Энергетическая эффективность зданий — Общее потребление энергии и определение номинальных энергетических характеристик EN 15217:2007 Энергоэффективность зданий. Методы выражения энергетических характеристик зданий и сертификация энергопотребления зданий	ТКП 45–2.04–196–2010 «Тепловая защита зданий»
Фактические теплотехнические характеристики здания (теплоемкость, теплоизоляция, свободные теплопоступления и мостики холода)	EN 13789:2007. Тепловые характеристики зданий. Коэффициенты теплопотерь в результате теплопередачи и вентиляции. Метод расчета. ISO 10211:2007 Тепловые мосты в строительстве – Тепловые потоки и поверхностные температуры – 1: Общие методы расчёта ENISO 13370:2007 Характеристика тепловая зданий. Теплообмен через землю. Методы расчета ISO 7345:1987 Теплоизоляция. Физические величины и определения ISO 9288:1989 Теплоизоляция. Теплопередача посредством излучения. Физические величины и определения	ТКП 45–2.04–43–2006 «Строительная теплотехника» ТКП 45–2.04–196–2010 «Тепловая защита зданий» СНБ 4.02.01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха

Параметр	Европейский Союз	Республика Беларусь
Системы отопления и горячего водоснабжения, и их теплоизоляционные характеристики	<p>EN 15316-4.5 Системы отопления помещений – Производительность и качество централизованного теплоснабжения и систем большого объема.</p> <p>EN 15316-4.6 Системы генерации тепловой энергии – фотогальванические системы</p> <p>EN 15316-4.7 Системы отопления помещений – системы сжигания биотоплива</p> <p>DIN V 18599 Энергетическая оценка зданий. Расчет потребности в полезной, конечной и начальной энергии для нагревания, охлаждения, вентиляции, горячего бытового водоснабжения и освещения.</p> <p>DIN V 4701-10 Энергетическая оценка систем отопления и вентиляции в действующих зданиях. Отопление, подогрев бытовой воды, вентиляция</p> <p>EN 15316-3.1 Бытовые системы горячего водоснабжения, характеристики потребностей (требования к подключениям).</p> <p>EN 15316-3.2 Бытовые системы горячего водоснабжения, система распределения.</p> <p>EN 15316-3.3 Бытовые системы горячего водоснабжения, производство.</p>	СНБ 4.02.01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха
Системы кондиционирования воздуха	ISO13790 Энергетическая эффективность зданий — расчет потребления энергии для отопления и охлаждения	СНБ 4.02.01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха
Естественная и механическая вентиляция, включая воздухопроницаемость	EN 15242 «Вентиляция зданий. Методы расчета для определения скорости потока воздуха зданиях, включая инфильтрацию»	СНБ 4.02.01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха
Системы внутреннего освещения (преимущественно в нежилой части)	EN 15193 Энергетическая эффективность зданий — Потребность в энергии для освещения	ТКП 45-2.04-153-2009 (02250)Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования

Параметр	Европейский Союз	Республика Беларусь
Конструкция, положение и ориентация здания, а также параметры наружного воздуха	<p>ISO 15927-1:2003 Гидротермальные характеристики зданий. Расчет и представление климатических данных. Часть 1. Среднемесячные значения отдельных метеорологических элементов</p> <p>ISO 15927-4:2005 Гидротермальные характеристики зданий. Расчет и представление климатических данных. Часть 4. Ежечасные данные для оценки годового потребления энергии для обогрева и охлаждения</p> <p>ISO 15927-4:2005 Гидротермальные характеристики зданий. Расчет и представление климатических данных. Часть 4. Ежечасные данные для оценки годового потребления энергии для обогрева и охлаждения</p> <p>ISO 15927-5:2004 Гидротермальные характеристики зданий. Расчет и представление климатических данных. Часть 5. Данные для расчета тепловой нагрузки для отопления помещений</p> <p>ISO 15927-6:2007 Гидротермальные характеристики зданий. Расчет и представление климатических данных. Часть 6. Аккумулятивная разность температур (градусо-дни)</p>	<p>ТКП 45–2.04–43–2006 «Строительная теплотехника»</p> <p>ТКП 45–2.04–196–2010 «Тепловая защита зданий»</p> <p>СНБ 4.02.01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха</p> <p>СНБ 2.04.02-2000 Строительная климатология</p>
Инсоляция и защита от солнца	ISO13790 Энергетическая эффективность зданий — расчет потребления энергии для отопления и охлаждения	ТКП 45–2.04–196–2010 «Тепловая защита зданий»
Параметры внутреннего воздуха, включая нормативные	15251:2007. Входные параметры внутренней среды для проектирования и оценки энергетических характеристик зданий, рассматривая качество воздуха, тепловой комфорт, освещение и акустику внутри помещений.	СНБ 3.02.04-2003 Жилые здания СНБ 4.02.01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха
Внутренние нагрузки	ISO13790 Энергетическая эффективность зданий — расчет потребления энергии для отопления и охлаждения	ТКП 45–2.04–196–2010 «Тепловая защита зданий» СНБ 4.02.01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха

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

Показатель	Год принятия требования	Тип здания	Коэффициент сопротивления теплопередаче, м <sup>2</sup> ·°C/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 (Таблица 4) видно, что требования к сопротивлению теплопередаче наружных ограждающих конструкций в странах Европейского союза выше требований Республики Беларусь.

#### 4. Список использованных источников

- [1] Директива Европейского парламента и Совета 2010/31/ЕС от 19 мая 2010 года об энергосбережении зданий
- [2] Российская концепция нормирования энергоэффективности зданий и сооружений С.В. Пугачев, Ю.А. Табунщиков, А.Л. Наумов, Е.Н. Фадеева, АВОК №8/2011
- [3] Техническое регулирование и вопросы энергоэффективности в строительстве С. В. Пугачев, Энергосбережение №2/2013
- [4] Постановление Совета Министров РБ № 706 от 01.06.2009 г. Об утверждении Комплексной программы по проектированию, строительству и реконструкции энергоэффективных жилых домов в Республике Беларусь на 2009 - 2010 годы и на перспективу до 2020 года
- [5] ТКП 45–2.04–43–2006 «Строительная теплотехника»
- [6] ТКП 45–2.04–196–2010 «Тепловая защита зданий»
- [7] СНБ 2.04.02-2000 Строительная климатология
- [8] СНБ 3.02.04-2003 Жилые здания
- [9] СНБ 4.02.01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха
- [10] ГОСТ 26254-84 Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций
- [11] Беляев В.С. Критерии оценки экологических и энергетических характеристик жилых и общественных зданий (концепция зелёного строительства)