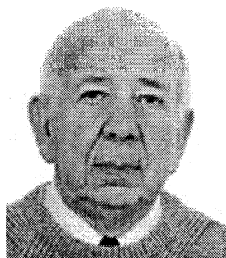


Нужны ли в Беларуси корректировки требований по определению сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций?

При проектировании ограждающих конструкций зданий и сооружений одним из основных критериев их энергетической эксплуатационной эффективности, как правило, считается сопротивление теплопередаче. Согласно действующим нормативным документам Республики Беларусь (пункт 5.1 [1]) сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций (R_T), за исключением заполнений проемов и ограждающих конструкций помещений с избытками явной теплоты, следует принимать равным экономически целесообразному ($R_{T,эк}$), определяемому по формуле (5.1), но не менее требуемого сопротивления теплопередаче ($R_{T,тр}$) определяемого по формуле (5.2), и не менее нормативного сопротивления теплопередаче ($R_{T,норм}$), приведенного в таблице 5.1 [3].



Вячеслав ЧЕРНОИВАН,
к.т.н., профессор кафедры
технологии строительного
производства Брестского
государственного технического
университета



Анализируем действующие ТНПА

Экономически целесообразное сопротивление теплопередаче рекомендуется определять на основе выбора толщины теплоизоляционного слоя по формуле 5.1 [1]:

$$R_{T,эк} = 0,5 \cdot R_{T,тр} + \frac{5,4 \cdot 10^{-4} \cdot C_{т.э} \cdot Z_{от} \cdot (t_b - t_{н.от})}{C_m \cdot \lambda \cdot R_{T,тр}}$$

где $R_{T,тр}$ – требуемое сопротивление теплопередаче, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$, определяемое по формуле 5.2 [1]:

$$R_{T,тр} = \frac{n(t_b - t_n)}{\alpha_b \Delta t_b}$$

Анализ формулы 5.1 [1] позволяет сделать вывод, что одним из основных параметров являются градусо-сутки отопительного периода D_d (ГСОП) $^\circ C \cdot сут$, которые, согласно п. 6.1.1 [4], определяют по формуле:

$$D_d = ГСОП = (t_b - t_{н.от}) \cdot Z_{от} \quad (1),$$

где $t_{н.от}$, $Z_{от}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, $^\circ C$, и продолжительность отопительного периода, сут., определяемые по СНБ 2.04.02. [7];
 t_b – расчетная температура внутреннего воздуха в помещениях зданий, $^\circ C$, принимается по табл. 4.1 [1];
 λ – коэффициент теплопроводности материала однослойной или теплоизоляционного слоя многослойной

ограждающей конструкции в условиях эксплуатации, согласно таблице 4.2, Вт/(м² · °С), принимаемый по Приложению А [1].

В действующем нормативном документе [1] (табл. 4.4) численные значения средней температуры наружного воздуха ($t_{н.от}$) и продолжительность отопительного периода в сутках ($Z_{от}$) даны укрупненно, т. е. по областям, что не согласуется с п. 6.1.1 [4].

Следует отметить, что в СНБ 2.04.02-2000 (отражает климатические условия в Беларуси с 1961-го по 1990 г.), а также СНБ 2.04.02-2000 (Изменение №1, отражает климатические условия в нашей стране с 1966-го по 2004 г.), отсутствуют численные значения $t_{н.от}$ и $Z_{от}$ по областям Республики Беларусь, которые рекомендованы для расчетов (табл. 4.4 [1]). Информации в открытой печати о методике получения численных значений $t_{н.от}$ и $Z_{от}$ по областям нашей страны, а также о том, что выполнена их корректировка с учетом потепления климата на Земле, и в том числе в Беларуси [7], нет.

В СНБ 2.04.02-2000 и СНБ 2.04.02-2000 (Изменение № 1) приведены численные значения $t_{н.от}$ и $Z_{от}$ для населенных пунктов всех областей в Беларуси, где расположены метеостанции.

Сколько в Беларуси метеостанций?

Всего в нашей стране действует 46 метеостанций: в Брестской области – 8, в Витебской – 10, в Гомельской – 9, в Гродненской – 5, в Минской – 8; в Могилевской – 6.

Для оценки расхождения значений Dd (ГСОП) были выполнены поверочные расчеты по формуле 1 для двух вариантов:

- вариант 1. Численные значения $t_{н.от}$ и $Z_{от}$ приняты с учетом укрупненных по областям средних параметров наружного воздуха за отопительный период и его продолжительности (табл. 4.4 [1]);

- вариант 2. Численные значения $t_{н.от}$ и $Z_{от}$ приняты в соответствии с приведенными в табл. 3.1 [7].

Результаты расчетов и выполненный сравнительный анализ приведены в табл. 1 и табл. 2.

Какие напрашиваются выводы?

Сравнительный анализ численных значений ГСОП, полученных расчетами по формуле 1 с учетом $t_{н.от}$ и $Z_{от}$ приведенных в табл. 4.4 [1], позволяет сделать следующие выводы:

Таблица 1. Значения ГСОП, полученные расчетами согласно ТКП 45-2.04-43

Область	Значение ГСОП, °С · сут	Разница значений ГСОП, %
Брестская	3328,6	100
Витебская	4140	124,4
Гомельская	3802,4	114,2
Гродненская	3589	107,8
Минская	3959,2	119
Могилевская	4059,6	122

Таблица 2. Значения ГСОП, полученные расчетами с учетом СНБ 2.04.02-2000 (Изменение № 1)

Пункт	Значение ГСОП, °С · сут	Разница значений ГСОП между пунктами, %	Разница значений ГСОП по сравнению с расчетами по ТКП 45-2.04-43, %
Брестская область			
Барановичи	3589	114	107,8
Брест	3149,4	100	94,6
Пружаны	3383,1	107,4	98,4
Витебская область			
Витебск	3891,6	100,8	94
Докшицы	3858,2	100	93,2
Езерище	4036,5	104,6	97,5
Гомельская область			
Гомель	3572	105	94
Лельчицы	3403,8	100	89,5
Чечерск	3705,6	108,9	94,5
Гродненская область			
Волковыск	3436,8	100	95,8
Гродно	3472,6	101	96,8
Ошмяны	3777,4	109,9	105,2
Минская область			
Борисов	3760	103,7	95
Минск	3742,2	103,2	94,5
Столбцы	3627	100	91,6
Могилевская область			
Бобруйск	3723,3	100	92
Кличев	3762	101	92,6
Могилев	3900	104,7	96

- во-первых, ввиду того что расхождения значений ГСОП между областями составляют 19...24,4% (табл. 1), очевидно, при проектировании ограждающих конструкций зданий и сооружений объединение всей территории Беларуси в один климатический район (табл. 5.1 [2]) экономически нецелесообразно;

- во-вторых, при проектировании ограждающих конструкций зданий и сооружений для обеспечения экономической целесообразности их конструктивного решения (формула 5.1 [1]) численные значения $t_{н.от}$ и $Z_{от}$ необходимо принимать по табл. 3.1 [7].

В формулу 5.1 [1] входит требуемое сопротивление теплопередаче ($R_{т.пр}$), которое определяется по формуле 5.2 [1] с учетом расчетной зимней температурой наружного воздуха ($t_{н.в}$). Численные значения $t_{н.в}$ рекомендуется принимать по таблице 4.3 [1] с учетом тепловой инерции ограждающих конструкций D (за исключением заполнений проемов) по таблице 5.2 [1]. Таблица 4.3 [1] построена аналогично табл. 4.4 [1], т.е. по областям и по ней рекомендуется принимать «среднюю температуру наружного воздуха» по областям. Следует отметить, что в действующем нормативном документе Беларуси [7] термин «средняя температура наружного воздуха» отсутствует. Есть «средняя месячная и годовая температура воздуха,

°С» (табл. 3.3). Численные значения наружного воздуха по областям, аналоги которых приведены в табл. 4.3 [1], в табл. 3.1 [7], даны как климатические параметры холодного периода года для конкретных населенных пунктов по областям РБ. В связи с изложенным во избежание путаницы в трактовке $t_{н.от}$ рекомендуется название табл. 4.3 [1] откорректировать в соответствии с терминологией принятой в [7].

Что можно рекомендовать?

На основании выполненного анализа методики по расчету экономически целесообразного сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций (формула 5.1 [1]) рекомендуется исключить таблицу 4.4. [1] из нормативного документа и взамен ее, используя данные таблицы 3.1 [7], построить карту распределения численных значений ГСОП по территории Беларуси (по аналогии со снеговой, ветровой нагрузками) и дать ее в качестве Приложения в нормативный документ.

Такой подход уже на стадии проектирования ограждающих конструкций зданий и сооружений позволяет учесть фактические климатические условия, при которых будет эксплуатироваться объект, и тем самым обеспечит требуемую энергетическую эксплуатационную эффективность.

Как показывает практика, при проектировании ограждающих конструкций зданий и сооружений определяющим является нормативное сопротивление теплопередаче ($R_{т.норм.}$).

В действующих нормативных документах Республики Беларусь [1] с 2013 г. [3] назначены единые для всех населенных пунктов численные значения нормативного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций:

- наружные стены – $R = 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;
- совмещенные покрытия, чердачные перекрытия и перекрытия над проездами – $K = 6,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Следует отметить, что в 2009 г. [2] численные значения нормативного сопротивления теплопередаче ($R_{т.норм.}$) были также назначены без обоснования и разъяснения:

- наружные стены – $2,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;
- совмещенные покрытия, чердачные перекрытия и перекрытия над проездами – $3,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

То есть, несмотря на изменения (потепление) климата на Земле [7], $R_{т.норм.}$ увеличили:

- наружные стены – на 60%;
- совмещенные покрытия, чердачные перекрытия и перекрытия над проездами – в два раза.

Столь существенное увеличение $R_{т.норм.}$ (до $6,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$) для совмещенных покрытий, чердачных перекрытий и перекрытий над проездами привело к тому, что соотношение расчетного перепада между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ($\Delta t_{в}$, °С, табл. 5.5 [1]) для покрытий и чердачных перекрытий к стенам, которое рекомендовано как $6/4$, т. е. $1,5$, уже не выполняется: $6:3,2 = 1,88 > 1,5$.

Как показывает практика, существенное повышение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций (наружных стен на 60%, совмещенных покрытий – в два раза) (табл. 5.1) [3] привело к тому, что строительные материалы, входящие в состав таких

ограждающих конструкций (кирпич, газосиликатные блоки, плитные утеплители), в процессе их эксплуатации увлажняются. И – как следствие этого – теплотехнические характеристики утепленных кирпичных наружных стен в помещениях без механической вентиляции уже в течение 3...5 лет эксплуатации снизились почти на 30% [9, 10, 11].

Как лучше рассчитать сопротивление теплопередаче?

Изложим предложения по методике расчета нормируемого сопротивления теплопередаче основных ограждающих конструкций зданий и сооружений. На сегодня основным критерием оценки энергетической эффективности ограждающих конструкций является величина годовых тепловых потерь (Q) через 1 м^2 конструкции, которая вычисляется по следующему выражению: $Q = 0,024 D_d / R_{норм.}$, кВт · ч/м²/год) (2),

где: D_d – градусо-сутки отопительного периода (ГСОП), °С · сут.;

$R_{норм.}$ – нормируемое сопротивление теплопередаче, м² · °С/Вт.

После преобразования выражения (2) получим математическое выражение, позволяющее рассчитать нормируемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций:

$$R_{норм.} = 0,024 D_d / Q, \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт} \quad (3).$$

Численные значения Q и D_d (ГСОП) зависят:

Q – согласно табл. 2 [4] от этажности здания и области Республики Беларусь (в таблице дан город – областной центр), в которой (котором) здание будет эксплуатироваться;

D_d (ГСОП) – от климатического района эксплуатации проектируемого объекта (вычисляется с учетом численных значений $t_{н.от}$ и $Z_{от}$ района эксплуатации, табл. 3.1 [7]).

Для оценки рекомендуемой методики при проектировании ограждающих конструкций зданий и сооружений были выполнены вычисления $R_{норм.}$ по выражению (3) для следующих населенных пунктов:

г. Брест (самый теплый город в Беларуси, $D_d = 3149,4 \text{ °C} \cdot \text{сут.}$);

г. Барановичи (самый холодный город Брестской обл., $D_d = 3589 \text{ °C} \cdot \text{сут.}$);

г. Витебск ($D_d = 3891,6 \text{ °C} \cdot \text{сут.}$).

Для сравнения для г.п. Езерице (самого холодного города Витебской области) $D_d = 4036,5 \text{ °C} \cdot \text{сут.}$.

Чтобы обеспечить корректность выполнения сравнительного анализа, в качестве аналога при выполнении расчетов по выражению (3) было принято 5-этажное жилое здание.

Исходные для расчета данные для разных городов составили:

г. Брест: $Q = 43 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2/\text{год}$;

$R_{норм.} = 0,024 \cdot 3149,4 \text{ °C} \cdot \text{сут.}/43 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2/\text{год} = 1,76 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

г. Барановичи. Исходные данные для расчета: $Q = 43 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2/\text{год}$;

$$R_{\text{норм.}} = 0,024 \cdot 3589 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{сут.}/43 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2 / \text{год} = 2,0 \text{ м}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт.}$$

г. Витебск. Исходные данные для расчета:

$$Q = 63 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2 / \text{год};$$

$$R_{\text{норм.}} = 0,024 \cdot 3891,6 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{сут.}/63 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2 / \text{год} = 1,48 \text{ м}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

г.п. Езерище. Исходные данные для расчета:

$$Q = 63 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2 / \text{год};$$

$$R_{\text{норм.}} = 0,024 \cdot 4036,5 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{сут.}/63 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2 / \text{год} = 1,53 \text{ м}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт.}$$

О чем говорит анализ результатов расчетов?

Сравнительный анализ полученных расчетами значений эксплуатационного сопротивления теплопередаче позволяет сделать следующие выводы.

Во-первых, установленные [3] численные значения нормативного сопротивления теплопередаче для наружных стен почти в два раза превышают полученные расчетами с учетом реальных условий эксплуатации зданий и сооружений.

Во-вторых, расхождения численных значений нормируемого сопротивления теплопередаче наружных стен жилых зданий для населенных пунктов, расположенных в одной области Беларуси, полученных расчетами по выражению (3), не превышают 12%.

Учитывая, что в нашей стране сегодня отсутствует четко изложенная в одном нормативном документе методика, позволяющая обосновать величину сопротивления теплопередаче стен и покрытий жилых зданий с учетом климатических условий их эксплуатации, проанализируем подходы решения этой проблемы в других государствах. Рассмотрим методику решения этой проблемы в одной из ведущих стран СНГ – Российской Федерации.

Методика Российской Федерации [8] базируется на так называемом потребительском подходе, который допускает снижение требуемого значения приведенного сопротивления теплопередаче до величины, удовлетворяющей требованиям к удельному расходу тепловой энергии на отопление здания.

Согласно СП 50.13330.2012 [8] приведенное сопротивление теплопередаче R_0 ,

$\text{м}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, ограждающих конструкций, а также окон и фонарей (с вертикальным остеклением или с углом наклона более 45°) следует принимать не менее нормируемых значений, $R_{\text{рег.}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, которые определяются по таблице 4 в зависимости от градусо-суток района строительства D_d , $^\circ\text{C} \cdot \text{сут.}$

Численные значения нормируемого сопротивления теплопередаче $R_{\text{рег}}$ ограждающих конструкций (стен, покрытий и перекрытий над проездами и др.) для различных по назначению зданий и помещений принимаются по табл. 4 с учетом ГСОП. Значения $R_{\text{рег}}$ для величин D_d , отличающихся от табличных (табл. 4 [8]), рекомендуется рассчитывать по формуле:

$$R_{\text{рег}} = \alpha D_d + b \quad (4),$$

где D_d – градусо-сутки отопительного периода, $^\circ\text{C} \cdot \text{сут.}$, могут быть рассчитаны по формуле (1);

СКОЛЬКО МЕТЕОСТАНЦИЙ В БЕЛАРУСИ?

ВСЕГО В НАШЕЙ СТРАНЕ
ДЕЙСТВУЕТ 46 МЕТЕОСТАНЦИЙ:
В БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ – 8,
В ВИТЕБСКОЙ – 10,
В ГОМЕЛЬСКОЙ – 9,
В ГРОДНЕНСКОЙ – 5,
В МИНСКОЙ – 8;
В МОГИЛЕВСКОЙ – 6

α и b – уточняющие коэффициенты. Их численные значения принимаются по таблице 4 [8] с учетом назначения зданий и помещений и типа ограждающих конструкций (стены, покрытия и др.).

Выполненные расчеты нормируемого сопротивления теплопередаче ($R_{\text{норм.}}$) ограждающих конструкций по методике [8] дали следующие результаты. Теплотехнические показатели наружных стен зданий оказались такими:

г. Брест – $R_{\text{норм.}} = 2,5 \text{ м}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$; г. Барановичи – $R_{\text{норм.}} = 2,76 \text{ м}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$; г. Витебск – $R_{\text{норм.}} = 2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$; г.п. Езерище – $R_{\text{норм.}} = 2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Приведем теперь теплотехнические характеристики покрытий и перекрытий над проездами: г. Брест – $R_{\text{норм.}} = 3,7 \text{ м}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$; г. Витебск – $R_{\text{норм.}} = 4,1 \text{ м}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$; г.п. Езерище – $R_{\text{норм.}} = 4,2 \text{ м}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Показатели чердачных перекрытий выглядели так:

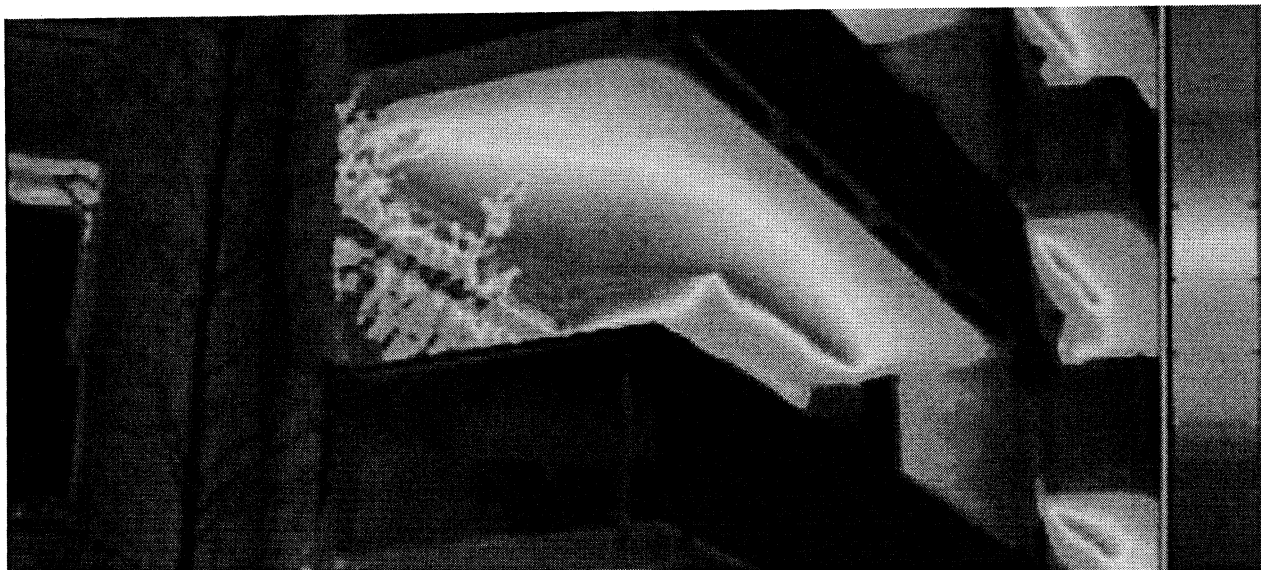
г. Брест – $R_{\text{норм.}} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;
г. Витебск – $R_{\text{норм.}} = 3,65 \text{ м}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;
г.п. Езерище – $R_{\text{норм.}} = 3,7 \text{ м}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Сравнение результатов расчетов по методике [8] показало, что рекомендуемые в табл. 5.1 [2] нормативные сопротивления существенно различаются в сторону увеличения:

- наружные стены зданий – 28...14%;
- покрытия и перекрытия над проездами – 62...43%;
- перекрытия чердачные – 82...62%.

В чем причина высокой стоимости 1 м²?

Выполненный сравнительный анализ действующей методики проектирования ограждающих конструкций ТКП [1] позволяет сделать вывод, что назначенные одинаковые для всех населенных пунктов Беларуси численные значения нормативного сопротивления теплопередаче ($R_{\text{т.норм.}}$) [3] существенно (для наружных стен почти в два раза) превышают фактически полученные расчетами. Столь значительные расхождения в первую очередь можно объяснить тем, что в ТКП [1] приняты укрупненные по областям $t_{\text{н.от}}$ и $Z_{\text{от}}$ (табл. 4.4), которые не учитывают реальные климатические условия (табл. 3.1) [7], что влечет за собой необоснованное увеличение расходов



строительных материалов и, как следствие, увеличение стоимости 1 м² жилой площади.

Как показывает практика, в течение 5...8 лет эксплуатации фактическое сопротивление теплопередаче утепленных кирпичных наружных стен снижается почти на 30% [9, 10, 11]. В связи с этим рекомендуется при проектировании ограждающих конструкций ввести термин: эксплуатационное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций ($R_{\text{экспл}}$). Основная цель перехода к проектированию с учетом $R_{\text{экспл}}$ – обеспечение на нормируемый срок эксплуатации объекта величины термического сопротивления ограждающих конструкций, определенного расчетами при проектировании.

Учитывая, что основной причиной снижения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций в процессе эксплуатации является увлажнение строительных материалов, входящих в конструкцию (кирпич, газосиликатные блоки, плитные утеплители) [9, 10, 11], для перехода к проектированию с учетом $R_{\text{экспл}}$, необходимо в нормативные документы внести информацию (целесообразно в виде графиков), отражающую зависимость λ от W (весовая влажность материала).

Принимая во внимание, что на сегодня основными строительными материалами, массово применяемыми при возведении наружных стен и покрытий (перекрытий) являются: кирпич керамический (СТБ 1160-99); кирпич и камни силикатные (СТБ 1228-2000); блоки стеновые из ячеистого бетона (СТБ 1117-98); плиты пенополистирольные теплоизоляционные (СТБ 1437-2004); плиты теплоизоляционные из минеральной ваты (СТБ 1995-2009), целесообразно в первую очередь построить графики зависимости λ от W для этих материалов.

Список использованных источников

1. ТКП 45-2.04-43-2006* (02250) Строительная тепло-техника. Строительные нормы проектирования. – Мн.: Минстройархитект РБ, 2014. – 47 с.
2. Изменение №1 ТКП 45-2.04-43-2006 (02250). Утверждено и введено в действие приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 29 декабря 2008 г. № 484.
3. Изменение №4 ТКП 45-2.04-43-2006 (02250). Введено в действие приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 29 марта 2013 г. № 94.
4. ТКП 45-2.04-196-2010. Тепловая защита зданий. Теплоэнергетические характеристики. Правила определения. – Мн.: Минстройархитект РБ, 2010. – 21 с.
5. Изменение №1 ТКП 45-2.04-196-2010 (02250). Введено в действие приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 29 марта 2013 г. № 94.
6. СНБ 4.02.01-03. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – Мн.: Минстройархитект РБ, 2003. – 79 с.
7. СНБ 2.04.02-2000 Строительная климатология (Изменение № 1 СНБ 2.04.02-2000). – Мн.: Минстройархитект РБ, 2007. – 33 с.
8. СП 50.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 Строительные нормы и правила Российской Федерации. Тепловая защита зданий.
9. Пилипенко В.М., Черноиван В.Н., Черноиван Н.В. К вопросу создания и эксплуатации легких штукатурных систем // Архитектура и строительство. 2012. №1(225). С. 62–67.
10. Черноиван В.Н., Новосельцев В.Г., Черноиван Н.В., Ковенько Ю.Г., Матвиенко Е.В. К оценке эксплуатационной эффективности многослойной кирпичной кладки несущих стен с плитным утеплителем // Строительная наука и техника. 2013. №2(43). С. 27–31.
11. Черноиван В.Н., Новосельцев В.Г., Черноиван Н.В. Техническое состояние конструктивных слоев утепленных наружных стен эксплуатируемых зданий // Промышленное и гражданское строительство (г. Москва, Россия). 2014. №4. С. 45–48. ■