



Елохов Александр Евгеньевич, директор, ООО "Институт пассивного дома"

**Институт пассивного дома (ИПД)** в РФ при тесном сотрудничестве с немецким Институтом пассивного дома (**Passivhaus Institut - PHI**) в г. Дармштадте (Германия) оказывает консультационные услуги при проектировании, строительстве и мониторинге энергоэффективных зданий, к которым относятся пассивные дома и здания с низким и ультранизким энергопотреблением, а также занимается научными исследованиями, развитием и продвижением энергоэффективного строительства, организацией конференций и обучающих семинаров.

Адрес: Москва, ул. Кирпичные Выемки д.2, корп.1, офис 407

Тел./факс: +7 (499) 723-77-24

E-Mail: [info@passivrus.ru](mailto:info@passivrus.ru)

Сайт: [www.passivrus.ru](http://www.passivrus.ru)

## Методики расчета тепловых мостов. Примеры расчета

Ограждающие конструкции современных зданий характеризуются наличием утепляющих, конструктивных слоев, различного рода теплопроводных включений в виде плит перекрытий, перегородок, связей, конструктивных элементов фасадных систем и т.п. Метод оценки теплозащитных качеств таких конструкций основан на применении программ расчета двумерных или трехмерных температурных полей.

В настоящее время активно обновляется нормативная база строительной отрасли, в том числе по проектированию тепловой защиты зданий. С 01.07.2013 года введен в действие СП 50.13330.2012 «Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий», одним из существенных отличий от СНиП 23-02-2003 является обязательное требование по расчету приведенного сопротивления теплопередаче с учетом «тепловых мостов» - линейных и точечных теплотехнических неоднородностей.

Так же разрабатывается СП «Правила расчета приведенного сопротивления теплопередаче», основную часть которого составляют таблицы с расчетными характеристиками различных узлов конструкций, позволяющие частично или полностью исключить расчеты температурных полей в процессе проектирования.

К сожалению, в этих документах методика расчета температурных полей не полностью раскрыта, отсутствует описание правил моделирования, методики расчета «тепловых мостов» для конструкций контактирующих с грунтом и не отапливаемыми помещениями, «геометрических тепловых мостов» и их учета. Все это существенно влияет на корректность результатов расчетов, и, как следствие, приводит к произвольной трактовке методик расчета, большим расхождениям в результатах расчетов, даже при использовании одних и тех же программ.

В СП 50.13330.2012 «Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий» вводится понятие приведенного сопротивления теплопередаче, который рассчитывается по формуле:

$$R_o^{np} = \frac{1}{\frac{1}{R_o^{ysl}} + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k} = \frac{1}{\sum a_i U_i + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k}, \text{ где}$$

$R_o^{ysl}$  – осредненное по площади условное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания либо выделенной ограждающей конструкции,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ;

$l_j$  – протяженность линейной неоднородности  $j$ -го вида, приходящаяся на  $1 \text{ м}^2$  фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции,  $\text{м}/\text{м}^2$ ;

$\Psi_j$  – удельные потери теплоты через линейную неоднородность  $j$ -ого вида,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$ ;

$n_k$  – количество точечных неоднородностей  $k$ -го вида, приходящихся на  $1 \text{ м}^2$  фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции,  $\text{шт}/\text{м}^2$ ;

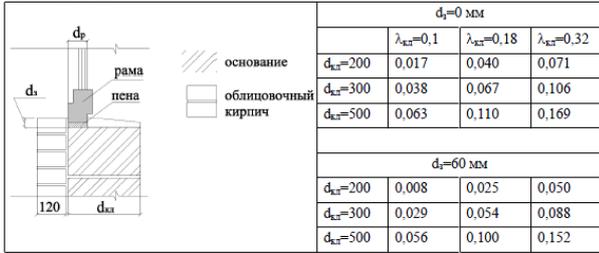
$\chi_k$  – удельные потери теплоты через точечную неоднородность  $k$ -го вида,  $\text{Вт}/\text{°C}$ ;

$a_i$  – площадь плоского элемента конструкции  $i$ -го вида, приходящаяся на  $1 \text{ м}^2$  фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции,  $\text{м}^2/\text{м}^2$ .

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче основан на представлении фрагмента теплозащитной оболочки здания в виде набора независимых элементов, каждый из которых влияет на тепловые потери через фрагмент. В качестве теплозащитных элементов выбираются отдельные участки конструкции, детали (в основном прорезающие утеплитель), стыки между различными конструкциями.

В Приложении В проекта СП «Правила расчета приведенного сопротивления теплопередаче» приведены типовые разбивки на теплозащитные элементы основных видов стен.

Удельные потери теплоты  $\Psi$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°С), для узла примыкания оконного к стене. Кладка из блоков легкого, особо легкого бетона, или крупноформатных камней с облицовкой кирпичом. Рама 60 мм.



Удельные потери теплоты  $\Psi$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°С), для узла примыкания балконной плиты к стене. Стена с наружным утеплением и тонкой облицовкой. Без перфорации.

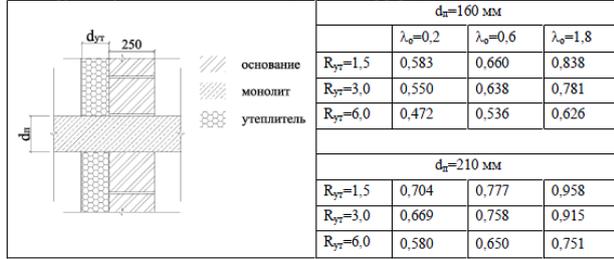


Рис. 1 и 2. Таблицы расчетных характеристик Приложения В проекта СП «Правила расчета приведенного сопротивления теплопередаче».

Еще одним нововведением в СП 50.13330.2012, отличающим его от СНиП 23-02-2003 является расчет удельной теплотехнической характеристики, которая рассчитывается по формуле:

$$k_{об} = \frac{1}{V_{от}} \sum_i \left( n_{t,i} \frac{A_{\phi,i}}{R_{o,i}^{np}} \right) = K_{комп} \cdot K_{общ}, \text{ или } k_{об} = \frac{1}{V_{от}} \left[ \sum \left( n_{t,i} \frac{A_{\phi,i}}{R_{o,i}^{ysel}} \right) + \sum n_{t,j} L_j \Psi_j + \sum n_{t,k} N_k \chi_k \right], \text{ где}$$

$R_{o,i}^{np}$  - приведенное сопротивление теплопередаче  $i$ -го фрагмента теплозащитной оболочки здания, м<sup>2</sup>·°С/Вт;

$A_{\phi,i}$  - площадь соответствующего фрагмента теплозащитной оболочки здания, м<sup>2</sup>;

$V_{от}$  - отапливаемый объем здания, м<sup>3</sup>;

$n_{t,i}$  - коэффициент учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у конструкции от принятых в расчете ГСОП;

$K_{общ}$  - общий коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м<sup>2</sup>·°С);

$K_{комп}$  - коэффициент компактности здания, м<sup>-1</sup>;

$R_{o,i}^{ysel}$ ,  $\Psi_j$ ,  $\chi_k$  - принимаются по Приложению Е СП 50.13330.2012;

$L_j$  - суммарная протяженность линейной неоднородности  $j$ -го вида по всей оболочке здания, м;

$N_k$  - суммарное количество точечных неоднородностей  $k$ -го вида по всей оболочке здания, шт.

Удельная теплотехническая характеристика характеризует теплотери единицей отапливаемого объема, при расчете которой так же необходимо учитывать влияния линейных и точечных теплотехнических неоднородностей.

Более подробно методика расчета «тепловых мостов» с использованием программ расчета двумерных и трехмерных температурных полей описана в европейских нормативах ISO 10211 [4], ISO 14683 [5] и DIN 4108 [6], в которых изложены принципы моделирования, граничные условия, представлены каталоги тепловых мостов.

Основными отличиями европейских от российских методик являются:

- отсутствие понятия приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций;
- теплотери от тепловых мостов учитываются либо в виде надбавок (DIN 4108 [6]), либо рассчитываются в соответствии с методиками, описанными в ISO 10211 [4] и учитываются в дополнительных удельных трансмиссионных теплотерях через оболочку здания;
- определение трансмиссионных теплотер и расчет тепловых мостов выполняются по наружным размерам здания, поэтому  $\Psi_{снп}$  и  $\Psi_{ISO/DIN}$  будут иметь разные значения.

Основным документом, регламентирующим правила расчета тепловых мостов, является ISO 10211 [4], в котором подробно описаны методики расчета линейных и точечных теплотехнических тепловых мостов, параметры 2D/3D моделирования и приведены примеры расчетов.

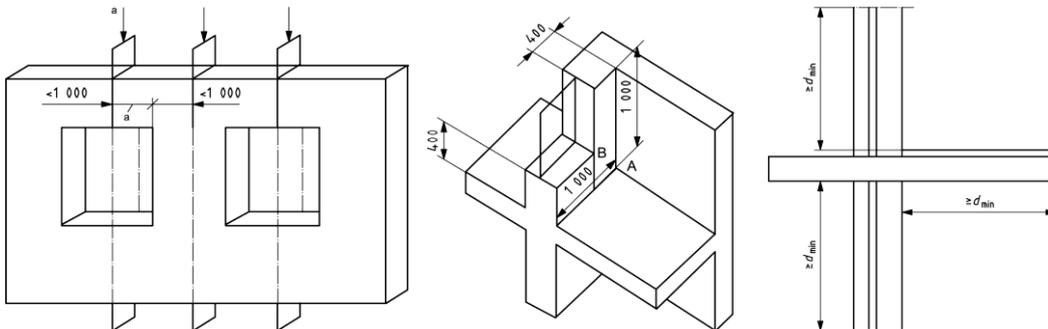


Рис. 3, 4 и 5. Определение параметров расчетной области для различных случаев в ISO 10211.

В документе [4] описаны методики определения тепловых мостов с конструкциями, контактирующими с грунтом или неотапливаемыми помещениями, т.е. когда вместо двух температур (температуры наружного воздуха и температуры внутреннего воздуха) появляется еще третья температура (температура грунта) или даже четвертая (температура неотапливаемого помещения).

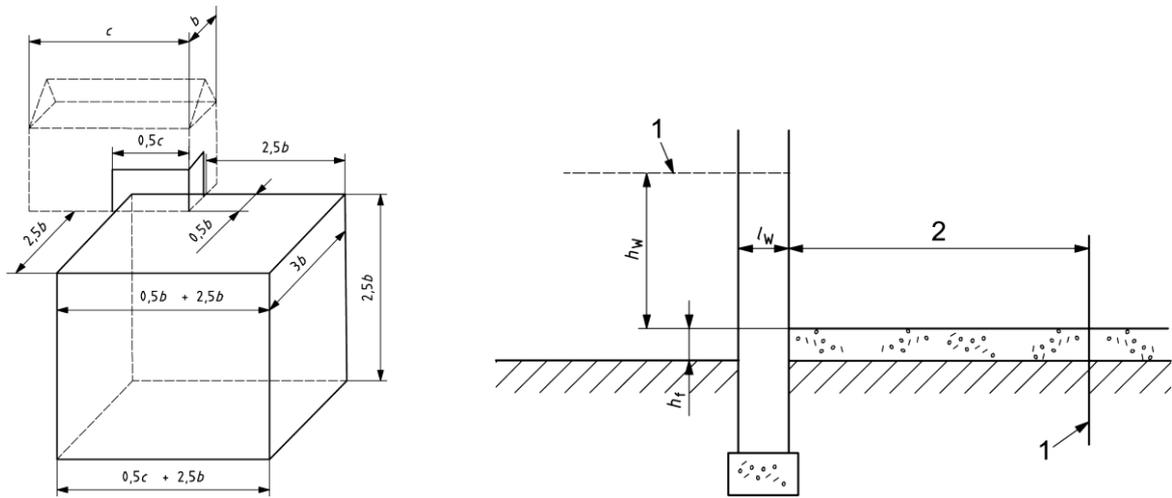


Рис. 6 и 7. Определение параметров расчетной области для конструкций, граничащих с грунтом в ISO 10211.

ISO 14683 [5] подробно описывает методику расчета удельных трансмиссионных теплопотерь,

которые рассчитываются по формуле:  $H_T = H_D + H_g + H_U$ , где

$H_D$  – дополнительные удельные трансмиссионные теплопотери через оболочку здания;

$H_g$  – дополнительные удельные трансмиссионные теплопотери через ограждающие конструкции, контактирующие с грунтом, рассчитанные в соответствии с ISO 13370 [8];

$H_U$  – дополнительные удельные трансмиссионные теплопотери через неотапливаемые пространства, рассчитанные в соответствии с ISO 13789 [9].

Дополнительные удельные трансмиссионные теплопотери через оболочку здания определяются по

формуле:  $H_D = \sum A_i U_i + \sum l_k \Psi_k + \sum \chi_j$ , где

$A_i$  – площадь i-го элемента ограждающих конструкций, м<sup>2</sup>;

$U_i$  – коэффициент теплопередачи i-го элемента ограждающих конструкций здания, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);

$l_k$  – длина линейного теплового моста, в м;

$\Psi_k$  – линейный коэффициент теплопередачи k-го линейного теплового моста, Вт/(м·°C);

$\chi_j$  – точечный коэффициент теплопередачи j-го точечного теплового моста, Вт/°C.

Учет теплопотерь от тепловых мостов выполняется отдельно и суммируется с теплопотерями через ограждающие конструкции. В документе так же представлены каталоги тепловых мостов с расчетными значениями для различных методик определения расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию.

DIN 4108-6 [7] описывает методику определения удельных трансмиссионных теплопотерь для условий

Германии, которые рассчитываются по формуле:  $H_T = \sum U_i \cdot A_i \cdot F_{xi} + H_{WB} + \Delta H_{T, FH}$ , где

$A_i$  – площадь i-го элемента ограждающих конструкций, м<sup>2</sup>;

$U_i$  – коэффициент теплопередачи i-го элемента ограждающих конструкций здания, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);

$F_{xi}$  – температурный коэффициент, учитывающий положение ограждающей конструкции;

$H_{WB}$  – дополнительные удельные трансмиссионные теплопотери от тепловых мостов, которые должны быть учтены в соответствии с DIN 4108-6;

$\Delta H_{T, FH}$  – дополнительные удельные трансмиссионные теплопотери через конструкции с интегрированными нагревательными поверхностями (в полах, перекрытиях и вертикальные строительных конструкциях).

В DIN 4108-6 [7] в отличие от ISO 14683 [5] существует возможность учета тепловых мостов через так называемые надбавки к коэффициенту теплопередачи оболочки здания,  $\Delta U_{WB}$ , а так же несколько вариантов для расчета  $H_{WB}$ :

1.  $H_{WB} = \Delta U_{WB} \cdot A$ , где  $A$  – площадь ограждающих конструкций (наружной оболочки здания):

- $\Delta U_{WB} = 0,10$  Вт/(м<sup>2</sup>·°C) – для всех новых зданий;

- $\Delta U_{WB} = 0,05$  Вт/(м<sup>2</sup>·°C) – для проработанных узловых решений в соответствии с DIN 4108 Beiblatt 2;

- $\Delta U_{WB} = 0,15$  Вт/(м<sup>2</sup>·°C) – для всех зданий с внутренней теплоизоляцией;

2.  $H_{WB} = \sum l \cdot \Psi_e$  – для более точного определения, в соответствии с DIN 4108-6, в сочетании с другими нормами.

В документе DIN 4108 Beiblatt 2 подробно описаны граничные значения граничных условий и приблизительные значения линейных теплотехнических неоднородностей различных узловых решений для условий Германии.

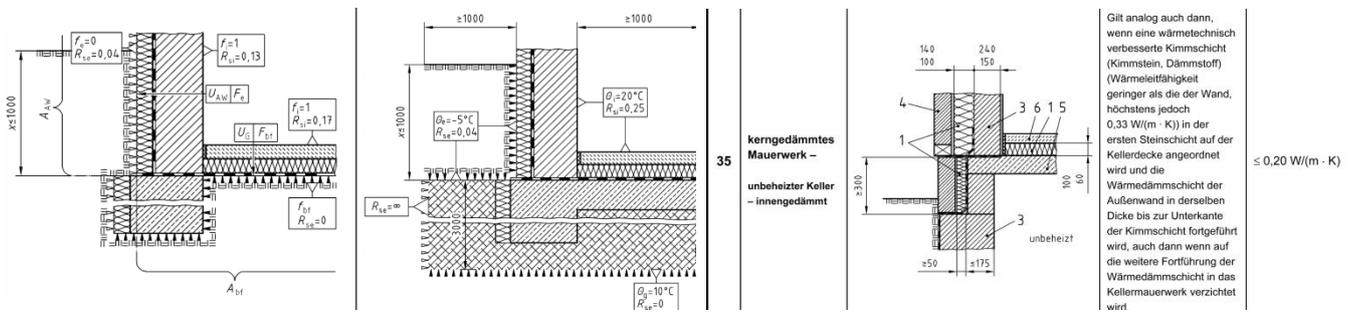


Рис. 8 и 9. Таблицы значений граничных условий и приблизительных значений для тепловых мостов.

В СП 50.13330.2012 [1] желательно вести нормирование  $\Delta U$ , чтобы линейные и точечные неоднородности не только рассчитывались, но и нормировались их суммарное влияние на трансмиссионные теплопотери здания. Т.е. чтобы не просто проводились расчеты, но и в итоге выбирались оптимизированные значения.

Следует понимать, что надбавка  $\Delta U_{WB}$  имеет довольно существенное значение. Так, если усредненное значение  $U$  оболочки здания равно  $0,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ , то при  $\Delta U_{WB} = 0,1$ , это означает что  $R_0^{chl} = 1/0,3 = 3,3$  становится  $R_0^{np} = 1/0,4 = 2,5$ . Для энергоэффективных, а тем более пассивных зданий это непоколебимая роскошь, поэтому в любом случае  $\Psi$  необходимо считать, т.к.  $R_0^{chl} = 1/0,1 = 10$  становится  $R_0^{np} = 1/0,2 = 5$ !

Для пассивных домов в документе «Wärmebrückenfreies Konstruieren. Protokollband Nr. 16» [14] введено понятие «конструирования без тепловых мостов» с граничным значением для  $\Psi \leq 0,01 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$  или

$$H_T = \sum_{\text{Поверхности оболочки } j} U_j \cdot A_j + \sum_{\text{Линейные ТМ } j} \psi_j \cdot l_j + \sum_{\text{Точечные ТМ } j} \chi_j \leq H_{\text{regulär}} = \sum U_j \cdot A_j, \text{ где}$$

$A_j$  – площадь  $i$ -го элемента ограждающих конструкций,  $\text{м}^2$ ;

$U_j$  – коэффициент теплопередачи  $i$ -го элемента ограждающих конструкций здания,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ ;

$l_j$  – длина линейного теплового моста,  $\text{м}$ ;

$\psi_j$  – линейный коэффициент теплопередачи  $k$ -го линейного теплового моста,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$ ;

$\chi_j$  – точечный коэффициент теплопередачи  $j$ -го точечного теплового моста,  $\text{Вт}/\text{°C}$ .

Принцип «конструирования без тепловых мостов» определяется следующим образом: доля теплопотерь от тепловых мостов меньше или равна нулю.

Расчетная методика РНПП [11] разработана Passivhaus Institut Darmstadt для энергоэффективных и пассивных домов и позволяет учитывать все типы тепловых мостов, относя их к соответствующим ограждающим конструкциям и группам тепловых мостов. В составе РНПП [11] есть средство для пересчета тепловых мостов с внутренних к наружным размерам, что позволяет пользоваться как европейскими, так и российскими методиками расчета.

Ввод тепловых мостов								Коэф-т Н: $\Psi \times l$ [Вт/°C]	Пониж. коэф-т (учет темп.) $f_t$	Значение Н $f_t \times \Psi \times l$ [Вт/°C]	Доля от трансмиссионных теплопотерь	
N тепл. моста	Тепловые мосты Описание соединения или слабого участка	N группы	Соответствие группе	Кол-во	Собств. определе-ние длины [м]	Длина $l$ [м]	Ввод линейного коэф-та теплопередачи [Вт/(м°C)]					
1	Узел примыкания н	1,6	Тепловые мосты – по краям ф	1	27,13	27,13	Узел примыкания наружной ст	-0,044	-1,19	0,447	-0,534	-0,3%
2	Узел примыкания в	1,7	Тепл. мосты фонд. плиты/пола	1	37,22	37,22	Узел примыкания внутренней ст	0,807	30,04	0,447	13,441	8,6%
3	Узел примыкания н	1,7	Тепл. мосты фонд. плиты/пола	1	1,40	1,40	Узел примыкания внутренней ст	1,251	1,75	0,447	0,784	0,5%
4	Узел примыкания н	1,6	Тепловые мосты – по краям ф	1	2,52	2,52	Узел примыкания наружной ст	-0,195	-0,49	0,447	-0,220	-0,1%
5	Узел примыкания н	1,6	Тепловые мосты – по краям ф	1	12,35	12,35	Узел примыкания наружной ст	-0,037	-0,46	0,447	-0,204	-0,1%
6	Узел примыкания н	1,5	Тепл. мосты – наруж. воздух	1	14,83	14,83	Узел примыкания наружной ст	0,028	0,42	1,000	0,415	0,3%
7	Узел примыкания н	1,5	Тепл. мосты – наруж. воздух	1	11,00	11,00	Узел примыкания наружной ст	0,021	0,23	1,000	0,231	0,1%
8	Узел примыкания н	1,5	Тепл. мосты – наруж. воздух	1	5,26	5,26	Узел примыкания наружной ст	0,033	0,17	1,000	0,174	0%
9	Узел примыкания н	1,5	Тепл. мосты – наруж. воздух	1	5,74	5,74	Узел примыкания наружной ст	0,027	0,15	1,000	0,155	0%
10	Узел примыкания н	1,5	Тепл. мосты – наруж. воздух	1	5,17	5,17	Узел примыкания наружной ст	0,041	0,21	1,000	0,212	0%
11	Узел примыкания н	1,5	Тепл. мосты – наруж. воздух	1	16,22	16,22	Узел примыкания наружной ст	-0,077	-1,25	1,000	-1,249	-1%
12	Узел примыкания н	1,5	Тепл. мосты – наруж. воздух	1	26,36	26,36	Узел примыкания наружной ст	-0,071	-1,87	1,000	-1,872	-1%
13	Узел примыкания н	1,5	Тепл. мосты – наруж. воздух	1	36,40	36,40	Узел примыкания наружной ст	0,014	0,51	1,000	0,510	0%
14	Внутренний угол	1,5	Тепл. мосты – наруж. воздух	1	9,94	9,94	Внутренний угол	0,035	0,35	1,000	0,348	0%
15								0,00	0,00	1,000	0,000	
16	Наружный угол	1,5	Тепл. мосты – наруж. воздух	1	31,64	31,64	Наружный угол	-0,051	-1,61	1,000	-1,614	-1%
17	Узел примыкания ч	1,5	Тепл. мосты – наруж. воздух	1	6,79	6,79	Узел примыкания чердачного г	0,040	0,27	1,000	0,272	0%
18	Узел примыкания ч	1,5	Тепл. мосты – наруж. воздух	1	20,58	20,58	Узел примыкания чердачного г	-0,094	-1,93	1,000	-1,935	-1%
19	Узел примыкания ч	1,5	Тепл. мосты – наруж. воздух	1	12,34	12,34	Узел примыкания чердачного г	-0,093	-1,15	1,000	-1,148	-1%
20	Узел примыкания н	1,5	Тепл. мосты – наруж. воздух	1	12,71	12,71	Узел примыкания наружной ст	-0,070	-0,89	1,000	-0,889	-1%
21	Узел примыкания ч	1,5	Тепл. мосты – наруж. воздух	1	3,60	3,60	Узел примыкания чердачного г	0,035	0,13	1,000	0,126	0%

Рис. 10. Таблица учета тепловых мостов в РНПП 2007.

Средство для пересчета лин. тепл. мостов (с внутр. к наруж. размерам)				
Обозначение	Ед. изм.	Пример		
	$\Psi$ с привяз. к внутр. размер.	Вт/(м <sup>2</sup> С)	0,027	
	Разность темп-р ТМ	°С	30	
Примыкающая поверхность I	Разность темп-р $\Delta\theta$ I	°С	30	
	Нар. размер - внут. размер I	м	0,40	
	Козф-т U стр. эл-та I	Вт/(м <sup>2</sup> С)	0,138	
Примыкающая поверхность II	Разность темп-р $\Delta\theta$ II	°С	30	
	Нар. размер - внут. размер II	м	0,30	
	Козф-т U стр. эл-та II	Вт/(м <sup>2</sup> С)	0,110	
	$\Psi$ привязка к нар. размеру	Вт/(м <sup>2</sup> С)	-0,061	

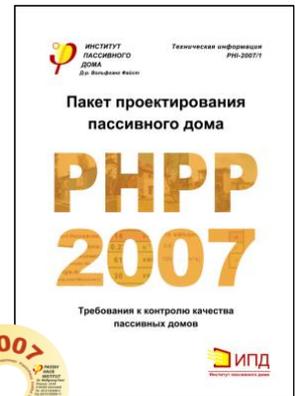


Рис. 11. Средство для пересчета тепловых мостов к наружным размерам.

Строит. конструкции	Температурная зона	Площадь м <sup>2</sup>	Козф-т U Вт/(м <sup>2</sup> С)	Пониж. коэф. f <sub>i</sub>	G <sub>i</sub> к°С/год	кВтч/год	
1. Наруж. стена - наруж. воздух	A	196,3	0,208	1,00	118,4	4838	
2. Наруж. стена - грунт	B			0,45			
3. Крыша/перекрытие - наруж. возд.	A	112,3	0,216	1,00	118,4	2878	
4. Фундаментная плита/пол	B	101,4	0,203	0,45	118,4	1089	
5.	A			1,00			
6.	A			1,00			
7.	X			0,75			
8. Окна	A	35,2	2,088	1,00	118,4	8697	
9. Наружная дверь	A	0,8	1,103	1,00	118,4	99	
10. Тепл. мосты - наруж. возд. (д	A	246,2	-0,020	1,00	118,4	-583	
11. Тепл. мосты - по краям (длина	P	42,0	-0,051	0,45	118,4	-113	
12. Тепл. мосты - грунт (длина/м)	B	38,6	0,823	0,45	118,4	1684	
Сумма всех площадей оболочки		445,9					
<b>Трансмиссионные теплопотери Q<sub>T</sub></b>						Сумма	18588

Рис. 12. Учет влияния тепловых мостов в энергобалансе здания в листе "Тепло для отопления" PHPP 2007.

Актуальность темы расчета теплотехнических характеристик ограждающих конструкций обусловлена большим количеством вопросов, возникающих на стадии проектирования зданий при выполнении расчетов в соответствии с требованиями СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003». И прежде всего при выполнении расчетов с применением программ расчета температурных полей.

Программный комплекс для расчета 2D/3D температурных полей в составе HEAT2 и HEAT3 соответствует стандартам ISO 10211 [4] и ISO 10077-2 [10] и позволяет упростить решение ряда задач, связанных с расчетом температурных полей и свести к минимуму возникновение ошибок в расчетах.

#### Основные возможности программного комплекса HEAT2/HEAT3:

1. Расчет 2D/3D стационарного/нестационарного процесса теплопередачи;
2. Проведение анализа тепловых мостов, расчет коэффициентов  $\Psi$  и  $\chi$ ;
3. Расчет приведенного сопротивления теплопередачи и коэффициентов теплотехнической однородности ограждающих конструкций;
4. Анализ распределения температур на поверхностях (санитарно-гигиенические требования) и в толще ограждений;
5. Расчет теплопотерь через конструкции, контактирующие с грунтом;
6. Оптимизация крепления теплоизоляции и консольных элементов;
7. Анализ параметров напольного отопления;
8. Расчет оконных профилей и оконных примыканий.

#### В новой версии:

1. Добавлен список материалов из СП 50.13330.2012
2. Для HEAT2 количество узлов расчетной сетки увеличено до 4.000.000
3. Для HEAT3 количество узлов расчетной сетки увеличено до 50.000.000
4. Автоматический расчет  $\Psi$  в соответствии с ISO 10211
5. Генератор отчетов с возможностью экспорта в различные форматы

# HEAT2

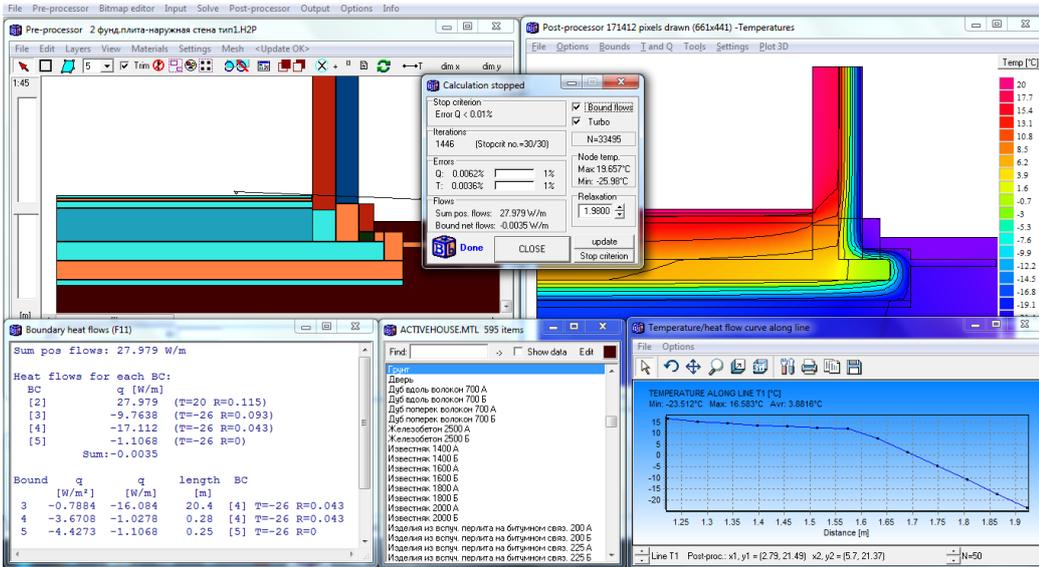


Рис. 13. Пользовательский интерфейс HEAT2.

# HEAT3

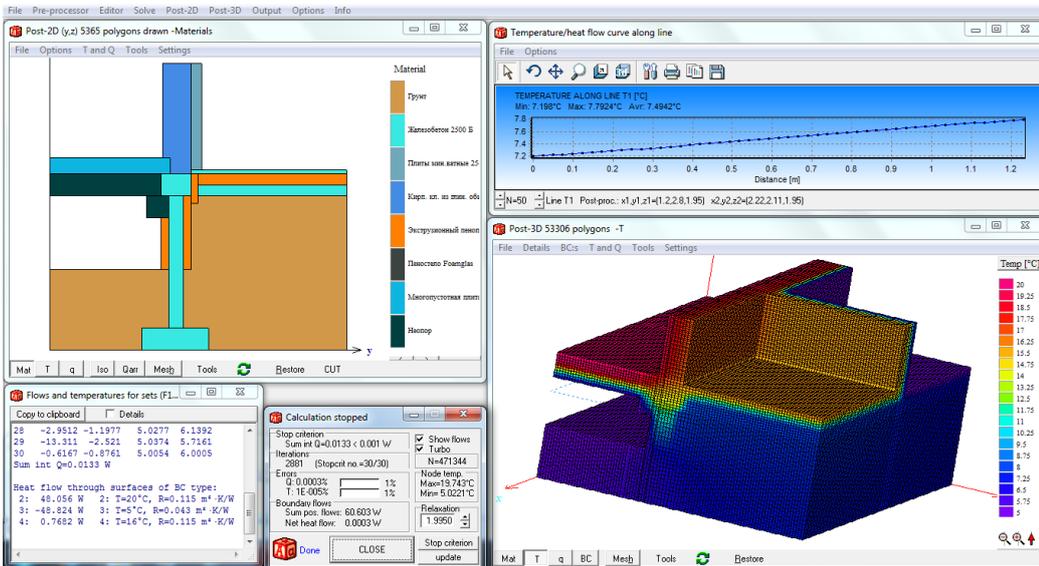


Рис. 14. Пользовательский интерфейс HEAT3.

# Примеры расчетов



Рис. 15. Прямыкание оконного блока.



Рис. 16. Примыкание ж/б консоли к наружной стене через несущий теплоизоляционный элемент в зоне межэтажного перекрытия.

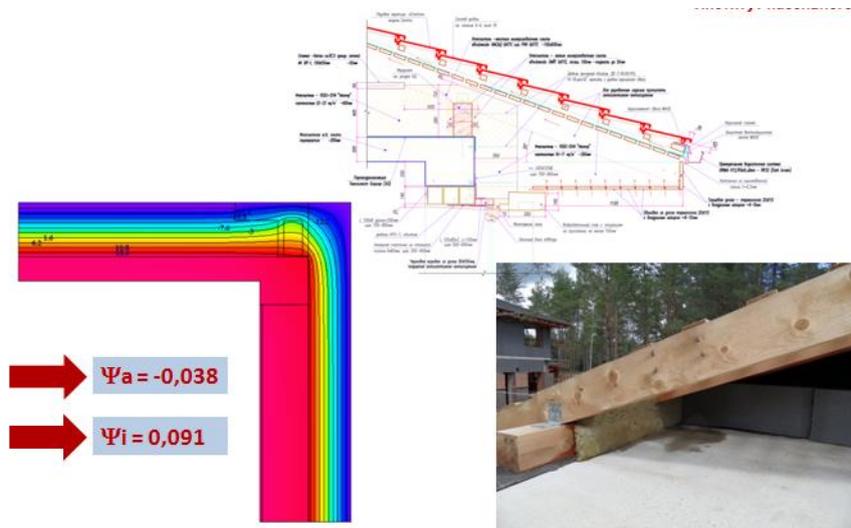


Рис. 17. Примыкание чердачного перекрытия и наружной стены.

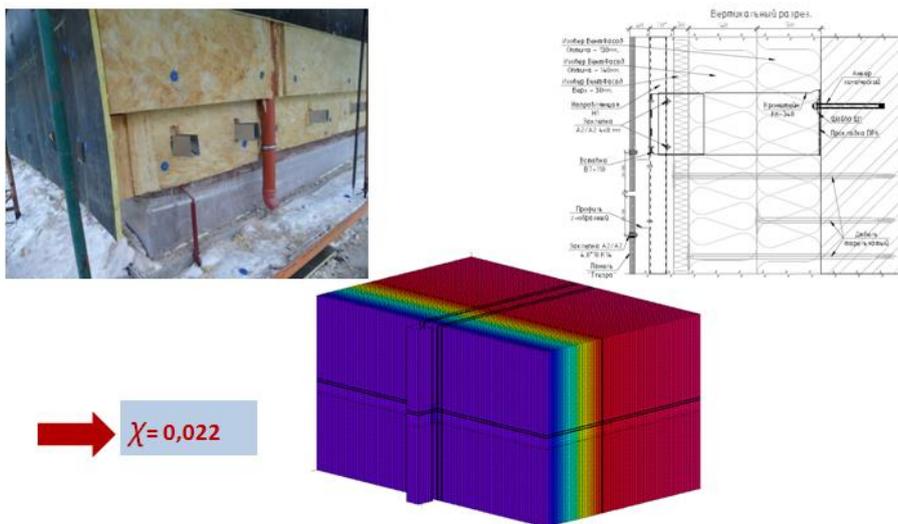


Рис. 18. Учет влияния кронштейнов подсистемы вентилируемого фасада.

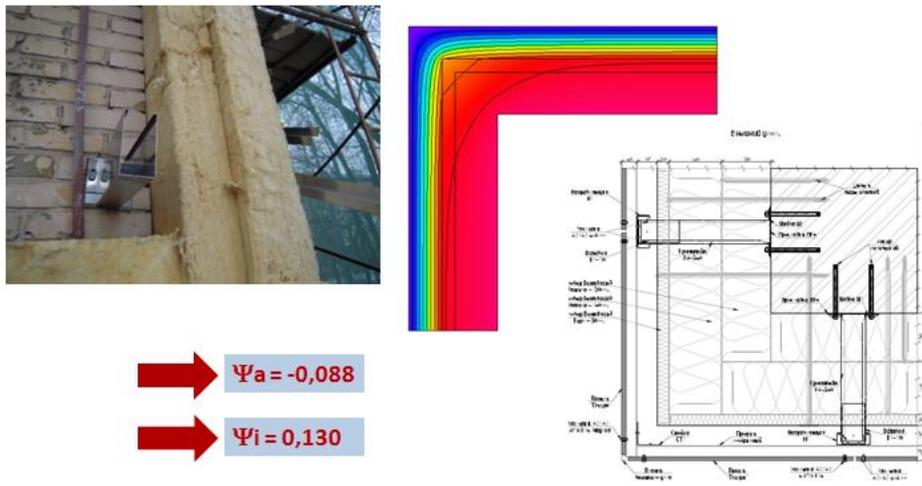


Рис. 19. Наружный угол.

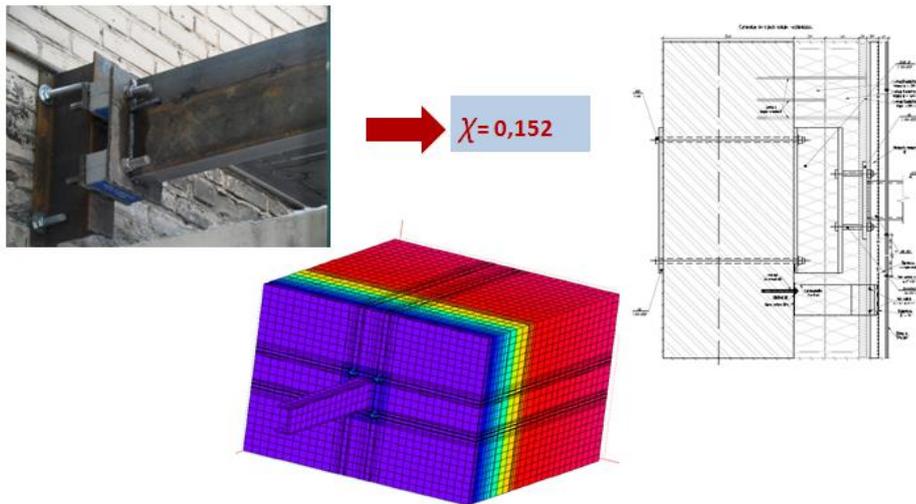


Рис. 20. Примыкание консольного элемента с терморазрывом.

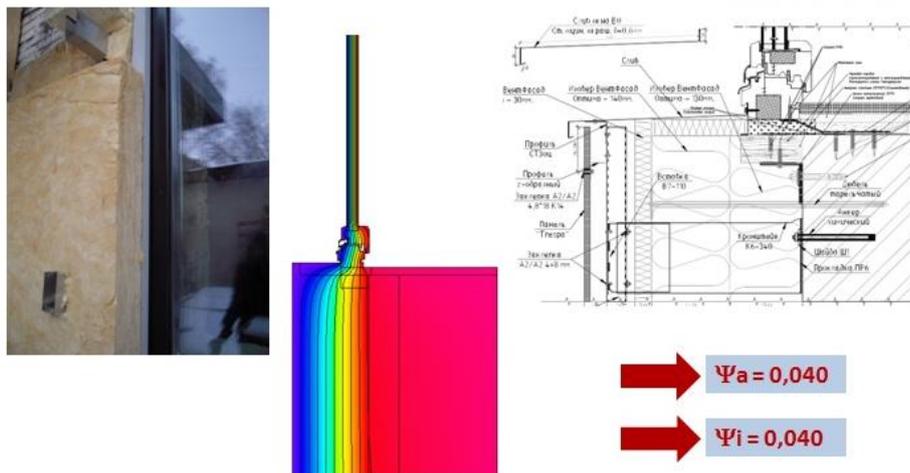


Рис. 21. Примыкание оконного блока.

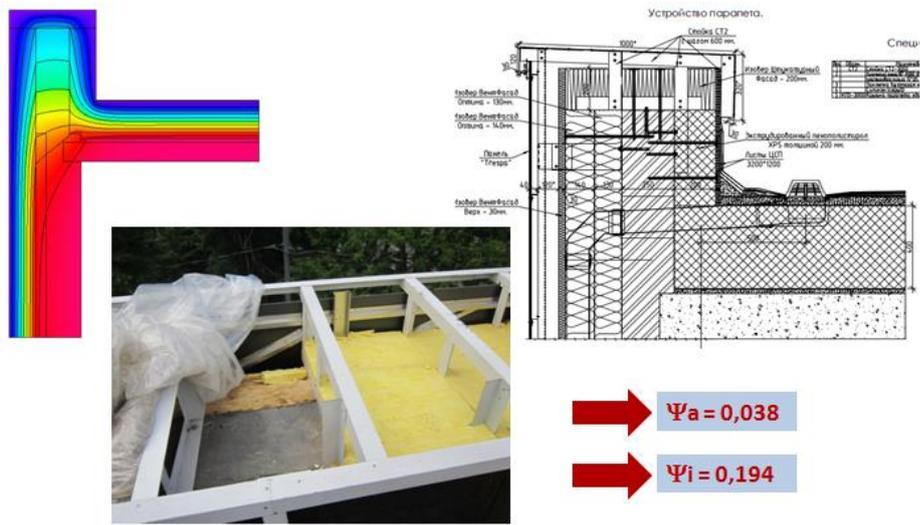


Рис. 22. Примыкание наружной стены и кровли.

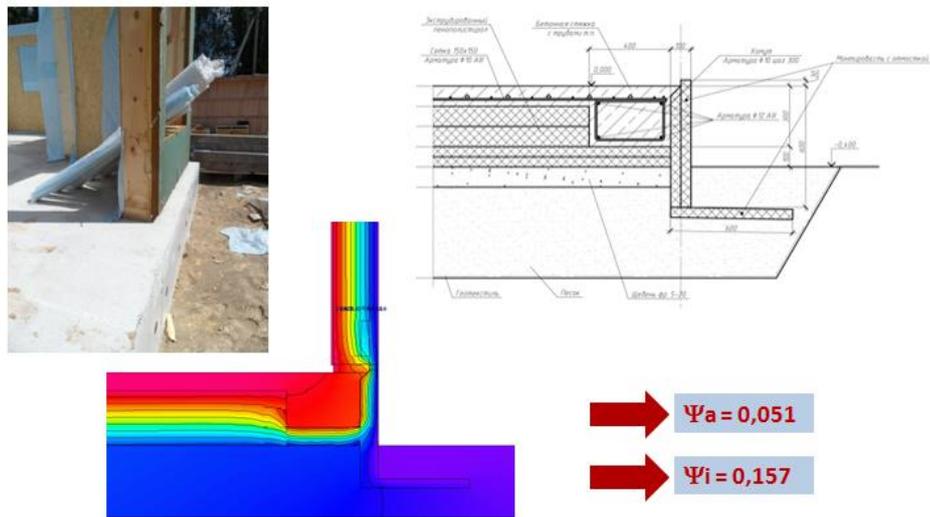


Рис. 23. Примыкание наружно стены и фундаментной плиты (УШП).

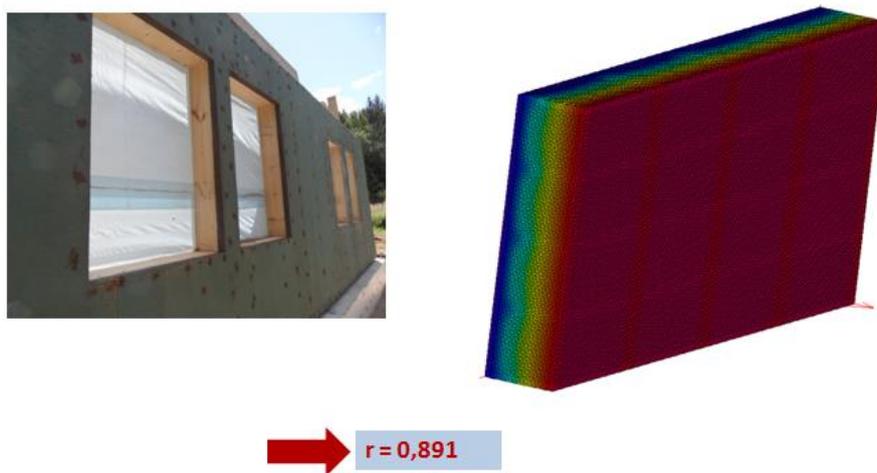


Рис. 24. Определение однородности каркасной панели.

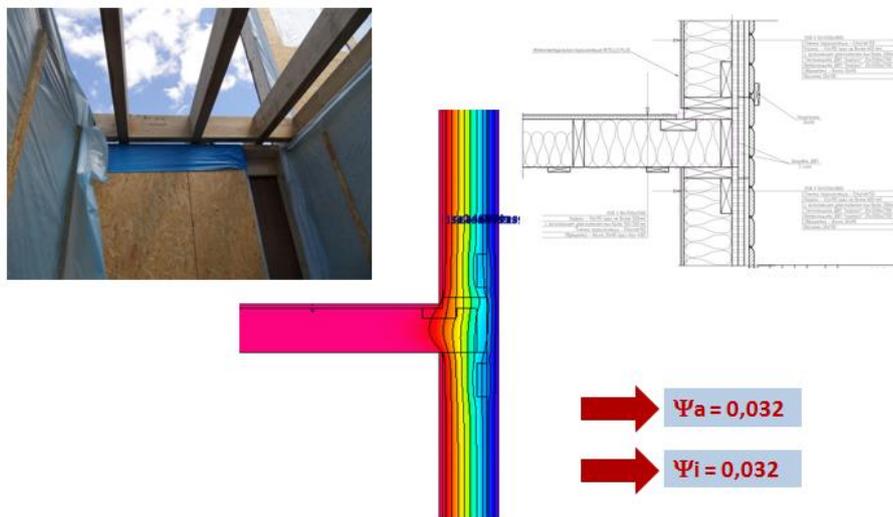


Рис. 25. Примыкание наружной стены и межэтажного перекрытия.

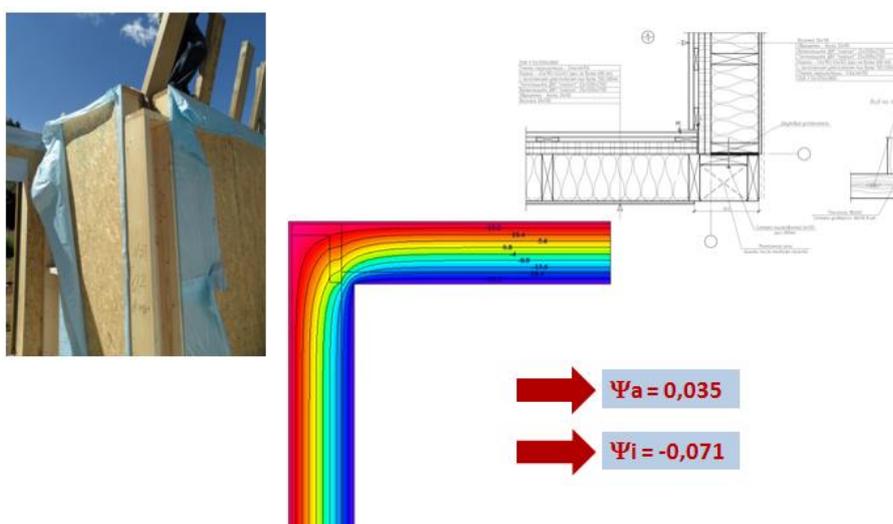


Рис. 26. Внутренний угол.

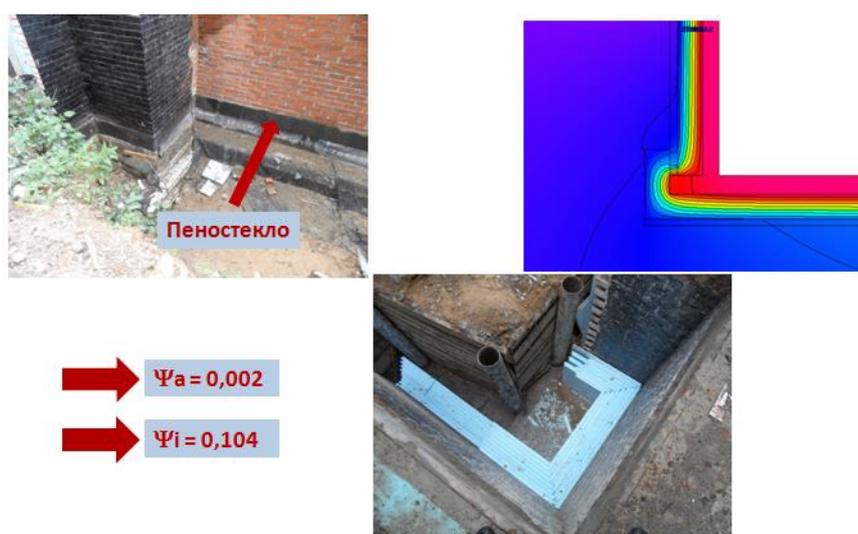


Рис. 27. Примыкание наружной стены и пола подвала.

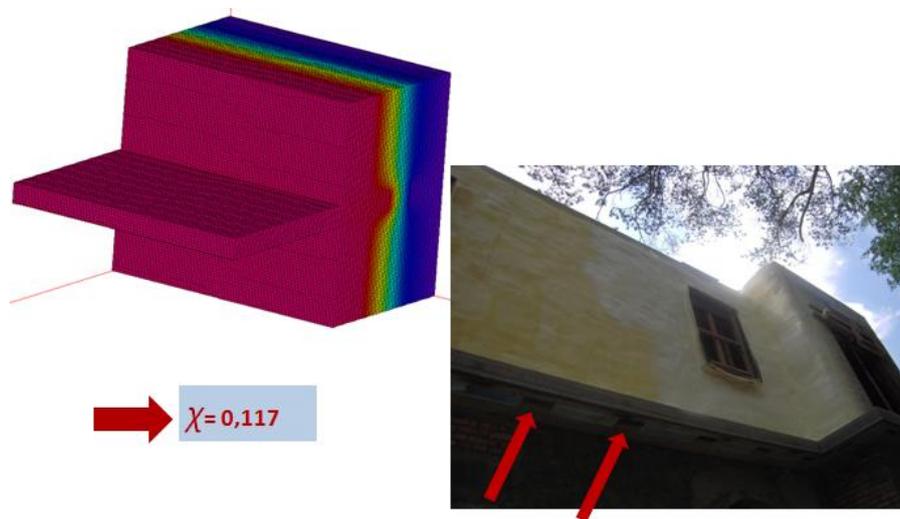


Рис. 28. Примыкание ж/б консоли к наружной стене через несущий теплоизоляционный элемент в зоне межэтажного перекрытия.

#### Литература:

1. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»;
2. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»;
3. СП «Правила расчета приведенного сопротивления теплопередаче. Таблицы теплотехнических характеристик типовых элементов ограждающих конструкций»;
4. ISO 10211 «Thermal bridges in building construction -- Heat flows and surface temperatures -- Detailed calculations»;
5. ISO 14683 «Thermal bridges in building construction -- Linear thermal transmittance -- Simplified methods and default values»;
6. DIN 4108 Beiblatt 2 «Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden –Wärmebrücken –Planungs- und Ausführungsbeispiele»;
7. DIN 4108-6 «Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs»;
8. ISO 13370 «Thermal performance of buildings -- Heat transfer via the ground -- Calculation methods»;
9. ISO 13789 «Thermal performance of buildings -- Transmission and ventilation heat transfer coefficients -- Calculation method»;
10. ISO 10077-2 «Thermal performance of windows, doors and shutters -- Calculation of thermal transmittance -- Part 2: Numerical method for frames»;
11. PHPP 2007 «Пакет проектирования пассивного дома»;
12. IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und – Ökologie (Hrsg.) «Passivhaus-Bauteilkatalog. Ökologisch bewertete Konstruktionen»;
13. Torsten Schoch «Neuer Wärmebrückenkatalog. Beispiele und Erläuterungen nach neuer DIN 4108 Beiblatt 2»;
14. Dr. Wolfgang Feist, Passivhaus Institut «Wärmebrückenfreies Konstruieren Protokollband Nr. 16»;
15. Dr. Wolfgang Feist, Passivhaus Institut «Wärmeverluste durch das Erdreich Protokollband Nr. 27»;
16. Dr. Wolfgang Feist, Passivhaus Institut «Wärmebrücken und Tragwerksplanung – die Grenzen des wärmebrückenfreien Konstruierens Protokollband Nr. 35»;
17. Вольфганг Файст, «Основные положения по проектированию пассивных домов». Перевод с немецкого с дополнениями под редакцией А. Е. Елохова. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008 г.