

**ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ
ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ
ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА
«TEMPER-3D»**

**ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ
ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА
ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ С
ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММ РАСЧЕТА
ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ**

**Расчет приведенного
сопротивления
теплопередаче
конструкции R_0 ,
 $\text{м}^2 \text{°C/Вт}$**

**Расчет температуры
внутренней
поверхности в местах
теплопроводных
включений T_{min} ,
 °C**

ОСНОВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ, ПРЕДПИСЫВАЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ:

- **СНиП 23-02-2003** «Тепловая защита зданий»;
- **СП 23-101-2004** «Проектирование тепловой защиты зданий»;
- **ТСН 23-338-2002** Омской области «Энергосбережение в гражданских зданиях. Нормативы по теплопотреблению и теплозащите».

**EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE**

EN ISO 10211-2

März 2001

ICS 91.120.00

Deutsche Fassung

Wärmebrücken im Hochbau

Berechnung der Wärmeströme und Oberflächentemperaturen

**Teil 2: Linienförmige Wärmebrücken
(ISO 10211-2:2001)**

Thermal bridges in building construction — Calculation of heat flows and surface temperatures — Part 2: Linear thermal bridges (ISO 10211-2:2001)

Ponts thermiques dans les bâtiments — Calcul de flux thermiques et des températures superficielles — Partie 2: Ponts thermiques linéaires (ISO 10211-2:2001)

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 21. Juli 1999 angenommen.

При оценке теплозащитных качеств ограждающих конструкций применяют:

- коэффициент теплопроводности материала - λ , [Вт/м °С]; (различают λ_0 - в сухом состоянии, λ_A - в условиях эксплуатации «А»; λ_B - в условиях эксплуатации «Б»);
- сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций - R_0 , [м² °С/Вт];
- коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций - k [Вт/м² °С];
- приведенное сопротивление теплопередаче - $R_0^{пр}$, [м² °С/Вт].

Коэффициент теплопроводности материала - показатель, характеризующий способность строительных материалов проводить тепло - λ , [Вт/м °С];

Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций - показатель, характеризующий способность теплотехнически однородных ограждающих конструкций сопротивляться прохождению теплового потока, [м² °С/Вт]

$$R_o = 1/\alpha_{int} + R + 1/\alpha_{ext}$$

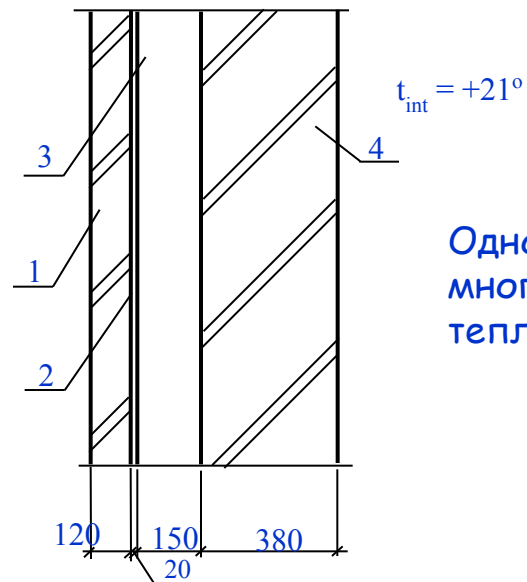
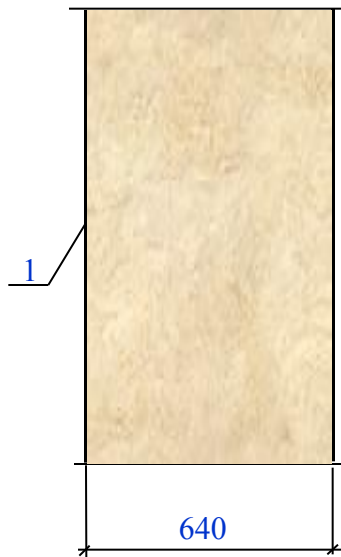
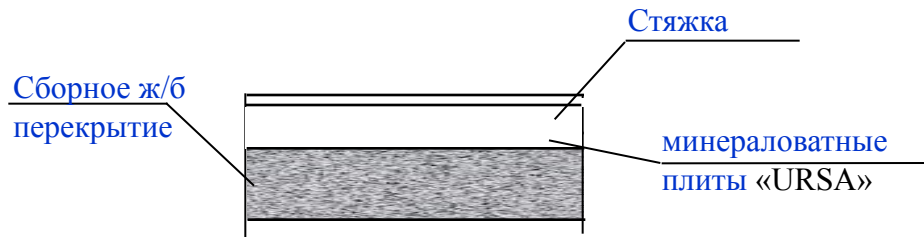
Коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций - показатель, характеризующий способность ограждающих конструкций передавать тепловой поток, [м² °С/Вт]

$$k_o = 1/R_o$$

Приведенное сопротивление теплопередаче - показатель, характеризующий способность теплотехнически неоднородных ограждающих конструкций сопротивляться прохождению теплового потока, [м² °С/Вт]

$$R_o^{np} = 1/\alpha_{int} + R^{np} + 1/\alpha_{ext}$$

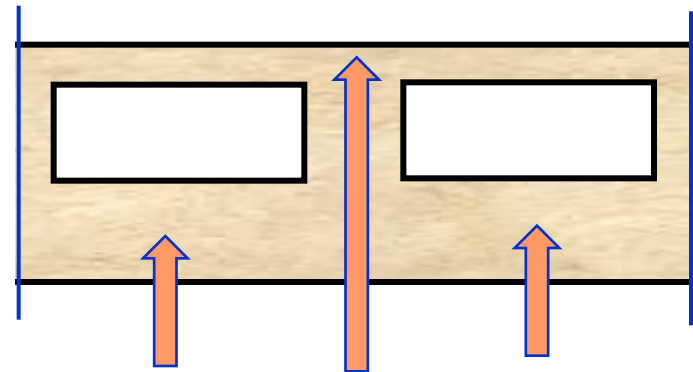
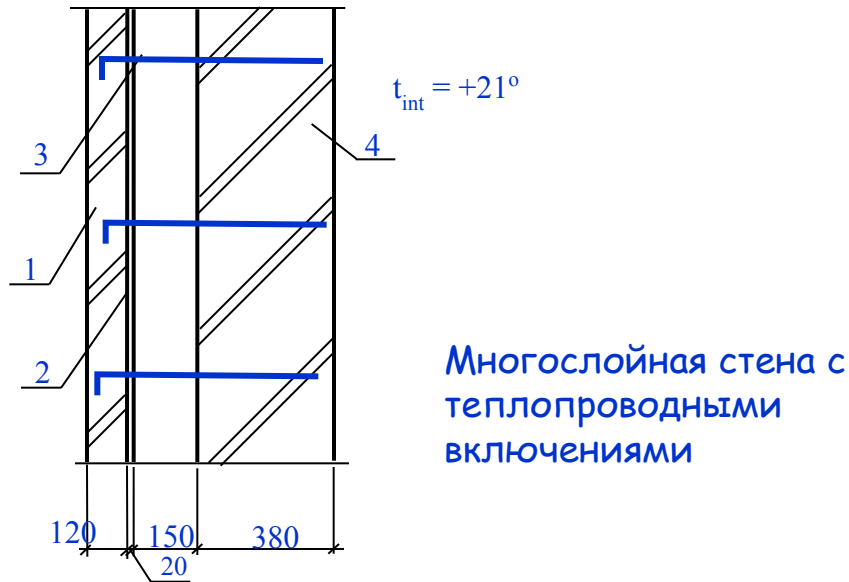
Теплотехнически однородные конструкции



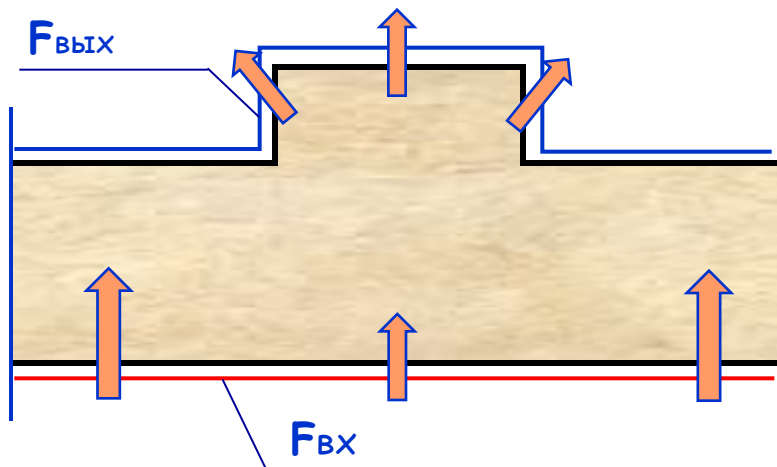
Однослойная или многослойная стена без теплопроводных включений

Теплотехнически неоднородные конструкции

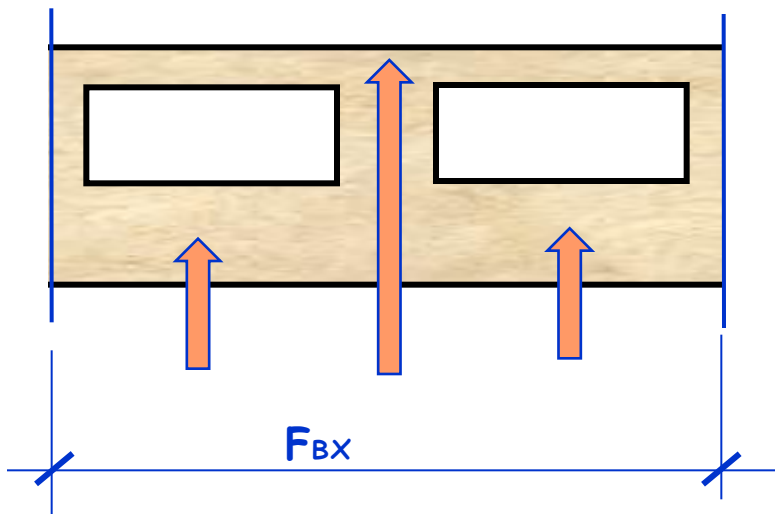
А - неоднородность первого рода



Б - неоднородность второго рода

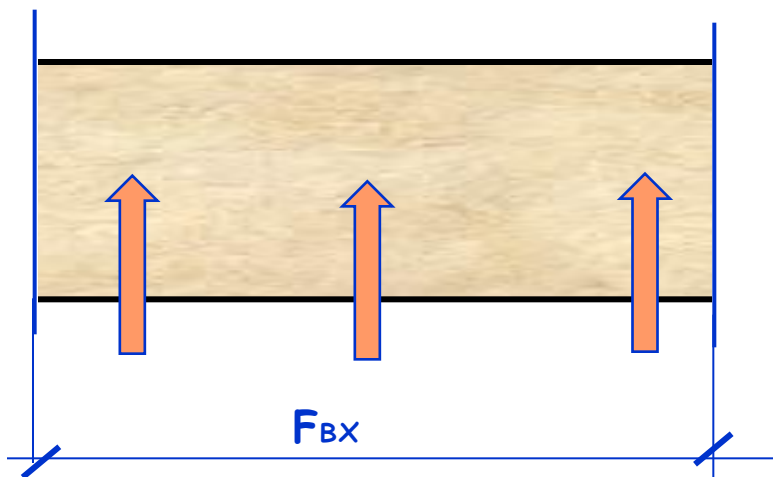
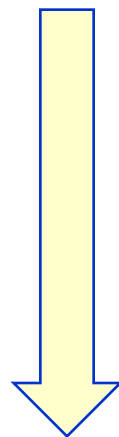


Стена с разной площадью тепловосприятия и теплоотдачи

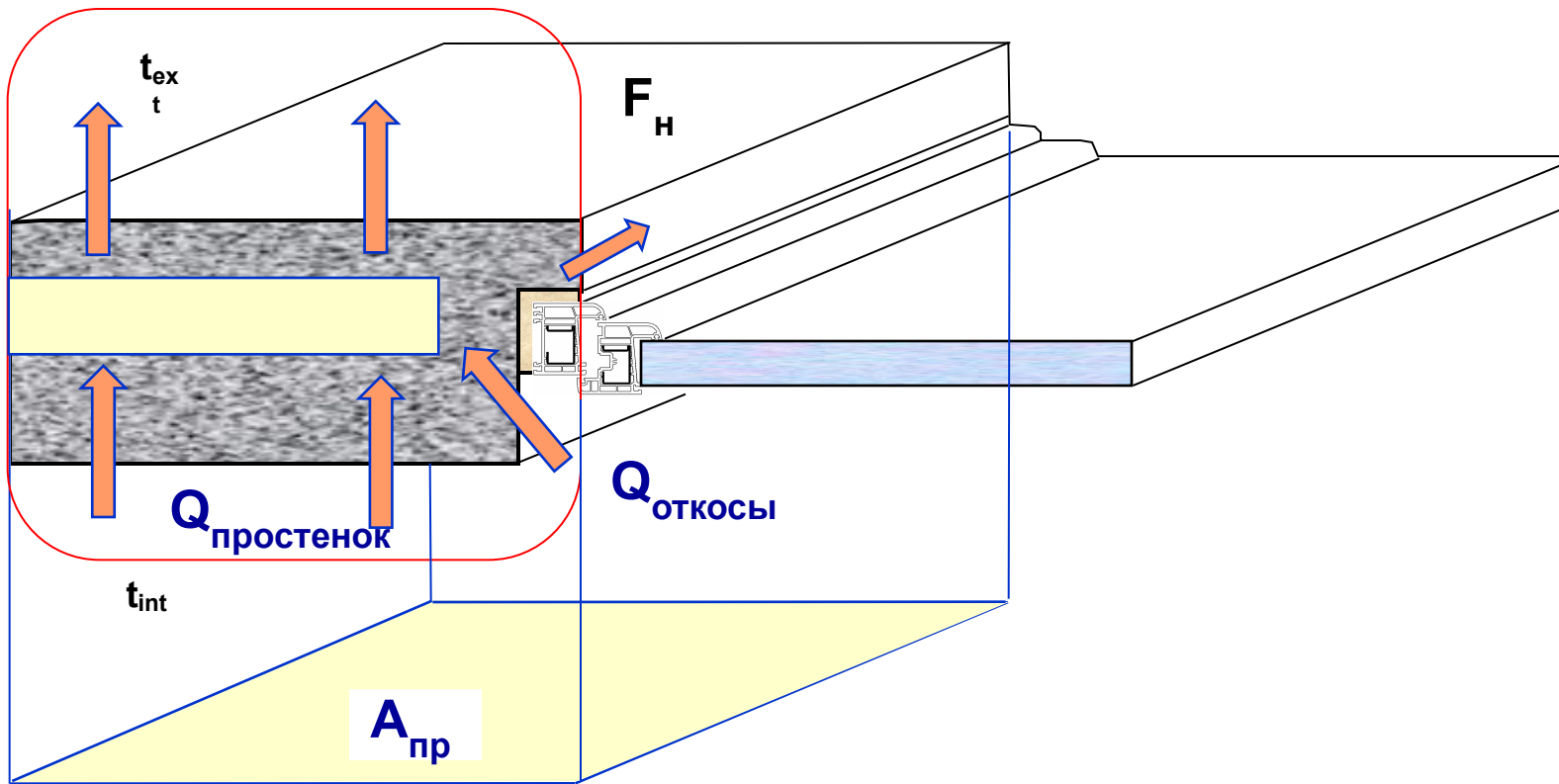


Многослойная стена с теплопроводными включениями (теплопотери $\Sigma Q_{ст}$)

$$\Sigma Q_{ст} = \frac{t_{int} - t_{ext}}{R_0 пр} \cdot A_{пр}$$



Однослойная теплотехнически однородная стена аналогичной площади с равными теплопотерями $\Sigma Q_{ст}$



$F_{\text{пp}}$

$$\sum Q_{\text{ст}} = Q_{\text{простенок}} + Q_{\text{откосы}};$$

$$\sum Q_{\text{ст}} = \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}}{R_0^{\text{пр}}} \cdot A_{\text{пр}} \rightarrow$$

$$R_0^{\text{пр}} = \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}}{\sum Q_{\text{ст}}} \cdot A_{\text{пр}}$$

Выдержка из СНиП 23-02-2003, п.5.6

5.6 Приведенное сопротивление теплопередаче R_0 , $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, для наружных стен следует рассчитывать для фасада здания либо для одного промежуточного этажа с учетом откосов проемов без учета их заполнений.

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, контактирующих с грунтом, следует определять по СНиП 41-01.

Приведенное сопротивление теплопередаче светопрозрачных конструкций (окон, балконных дверей, фонарей) принимается на основании сертификационных испытаний; при отсутствии результатов сертификационных испытаний следует принимать значения по своду правил.

Выдержка из СНиП 23-02-2003, п.5.9

5.9 Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции (за исключением вертикальных светопрозрачных конструкций) в зоне теплопроводных включений (диафрагм, сквозных швов из раствора, стыков панелей, ребер, шпонок и гибких связей в многослойных панелях, жестких связей облегченной кладки и др.), в углах и оконных откосах, а также зенитных фонарей **должна быть не ниже температуры точки росы внутреннего воздуха при расчетной температуре наружного воздуха в холодный период года.**

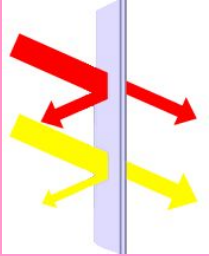
Примечание - Относительную влажность внутреннего воздуха для определения температуры точки росы в местах теплопроводных включений ограждающих конструкций, в углах и оконных откосах, а также зенитных фонарей следует принимать:

- для помещений жилых зданий, больничных учреждений, диспансеров, амбулаторно-поликлинических учреждений, родильных домов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, общеобразовательных детских школ, детских садов, яслей, яслей-садов (комбинатов) и детских домов - 55%, для помещений кухонь - 60%, для ванных комнат - 65%, для теплых подвалов и подполий с коммуникациями - 75%;

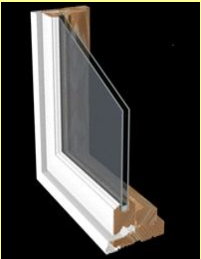
- для теплых чердаков жилых зданий - 55%;

- для помещений общественных зданий (кроме вышеуказанных) - 50%.

**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАСЧЕТА
ПРИВЕДЕННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ
ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ОГРАЖДАЮЩИХ
КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ПРОГРАММ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНЫХ
ПОЛЕЙ**



Optics
(Window Glass)

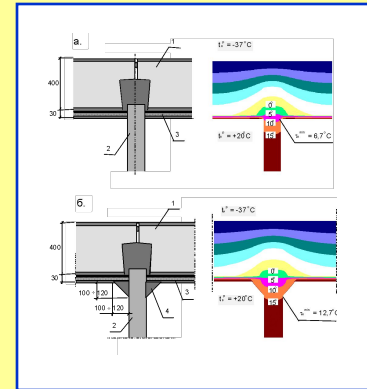


THERM
(Window Frame)



WINDOW+5
(Whole Window)

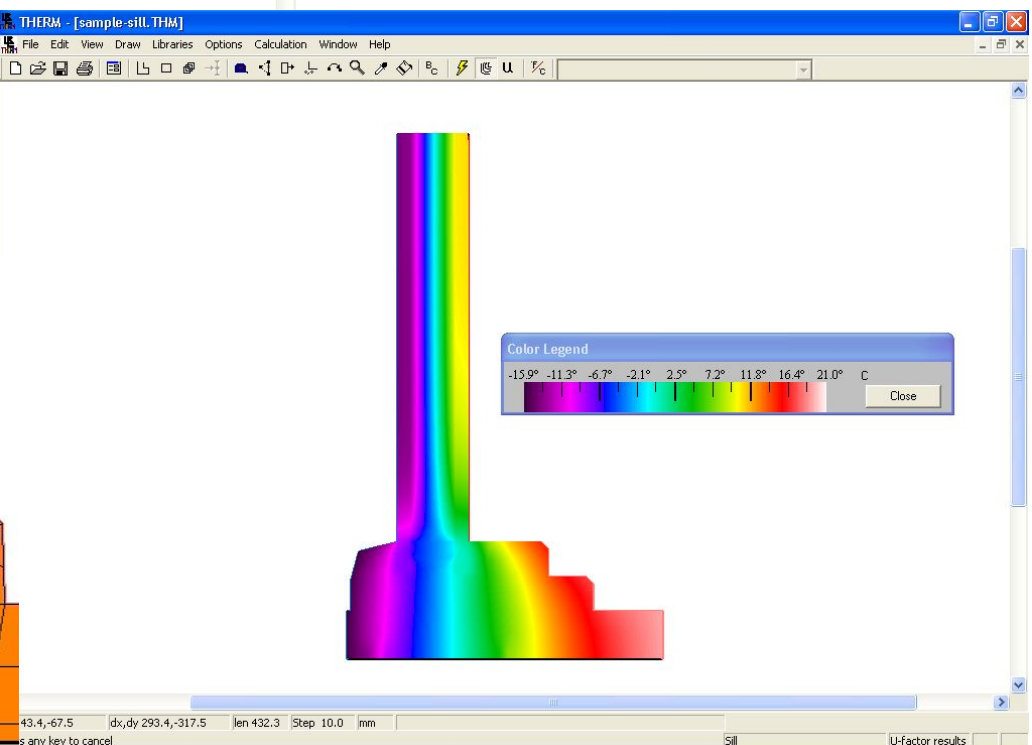
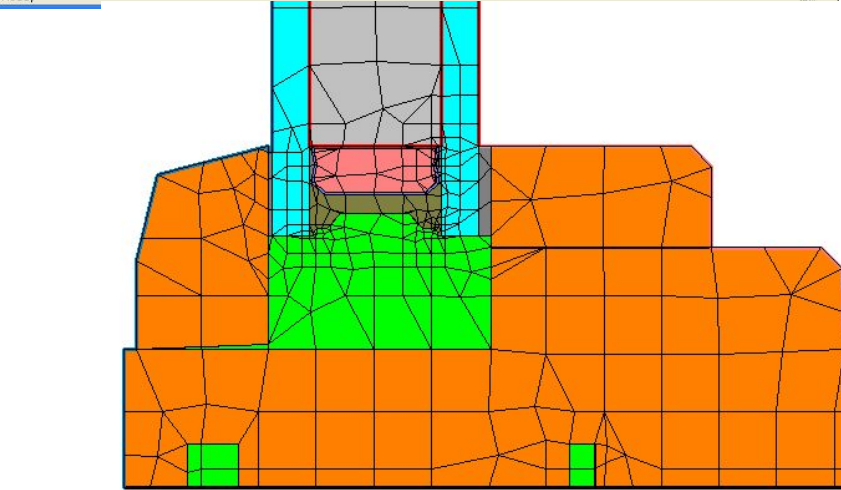
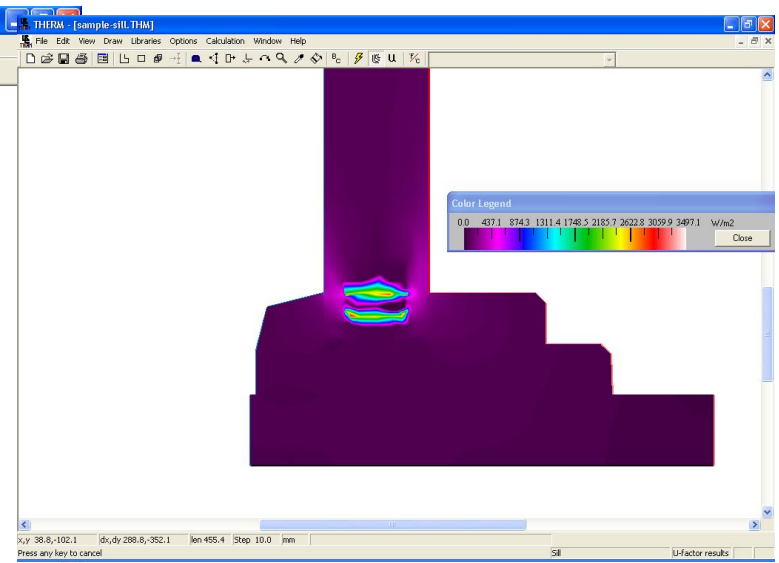
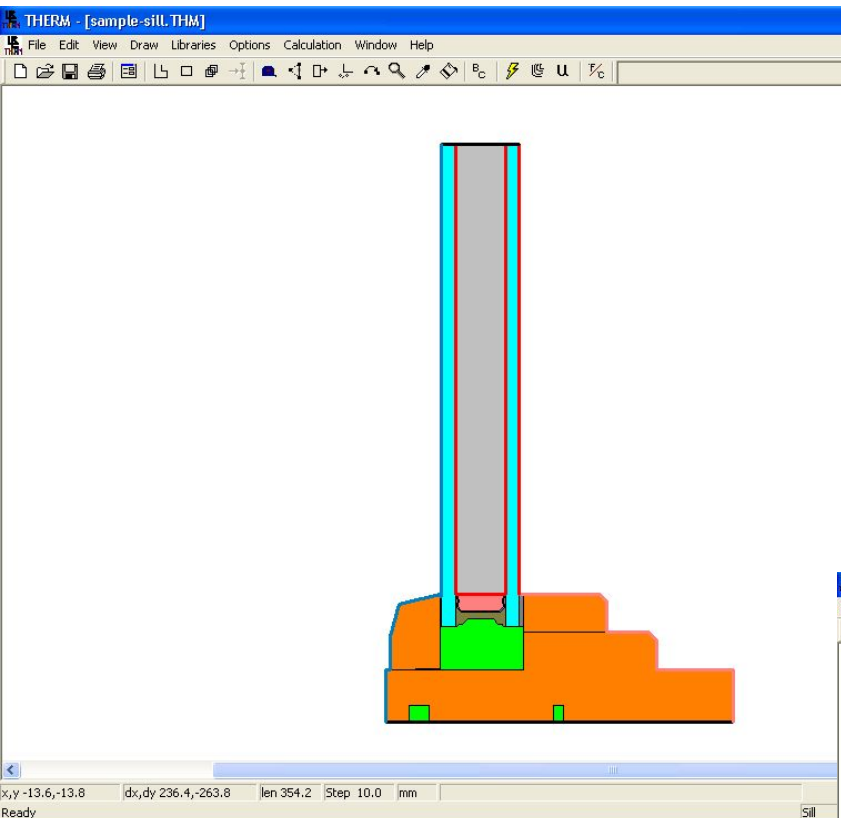
TEMPER-3D



INSYS

Программа по
расчету
температурных
полей НИИСФ

THERPL



ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ПО РАСЧЕТУ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ «TEMPER-3D»

Назначение

Программный комплекс "TEMPER-3D" предназначен для расчета трехмерных температурных полей в ограждающих конструкциях зданий и их приведенного сопротивления теплопередаче.

Актуальность

Повышение требований к уровню теплозащитных качеств ограждающих конструкций зданий обуславливает необходимость применения в строительстве многослойных конструкций с эффективными утеплителями. Теплотехнический расчет таких конструкций, оценка их теплозащитных качеств, выбор наиболее оптимальных решений практически невозможны без программы расчета температурных полей.

Программный комплекс "TEMPER-3D", разработанный в Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии, позволяет быстро и удобно решать проблемы расчета распределения температур в любом сечении ограждающих конструкций здания, определять их сопротивление теплопередаче, составлять документацию по результатам расчета.

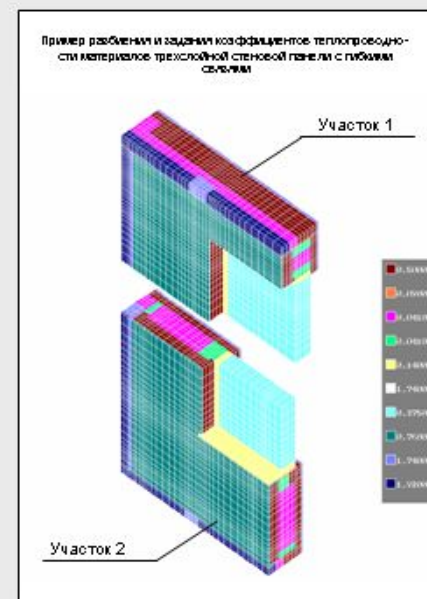
Краткая характеристика программного комплекса «TEMPER-3D»

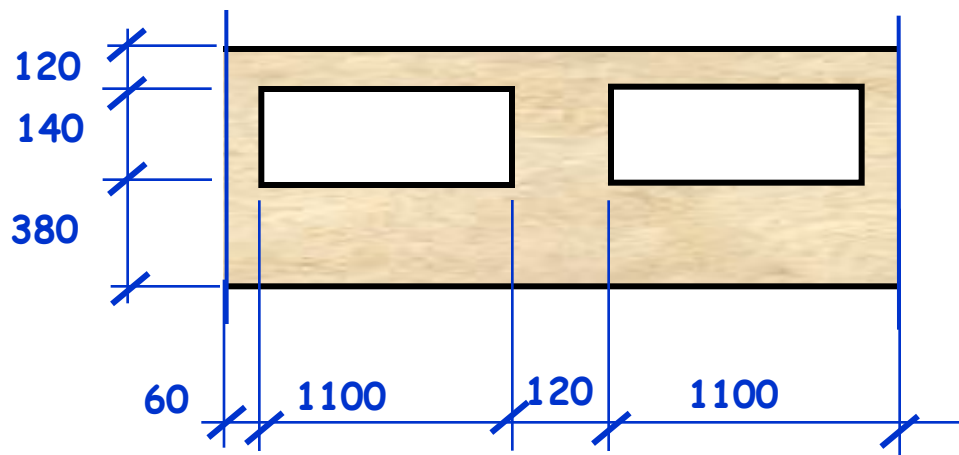
Программный комплекс включают следующие программы:

- разбиения конструкции на конечные элементы;
- задания коэффициентов теплопроводности материалов конструкции;
- задания граничных условий на поверхности конструкции;
- формирования матрицы и расчета температурного поля;
- визуализации результатов расчета.

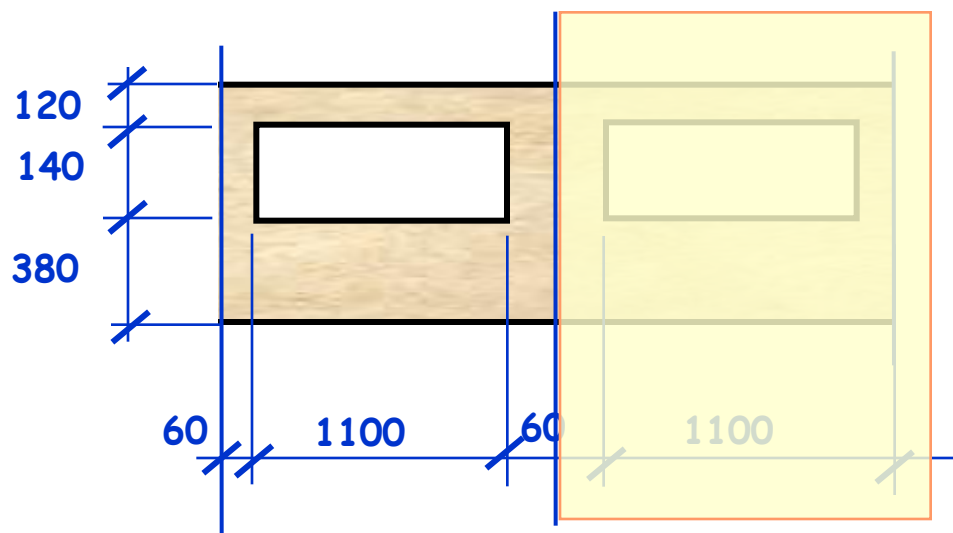
Расчет температурных полей основан на методе конечных элементов. Продолжительность подготовки и ввода исходных данных составляет от 20 до 60 минут, в зависимости от сложности рассчитываемой конструкции. Затраты процессорного времени на проведение расчета с 80 тысячами узлов конечно-элементной сети составляют около 2 - 6 минут. Погрешность между входящими и выходящими тепловыми потоками не превышает 0,001%.

Максимальное количество рассчитываемых узлов - до 300 тысяч.

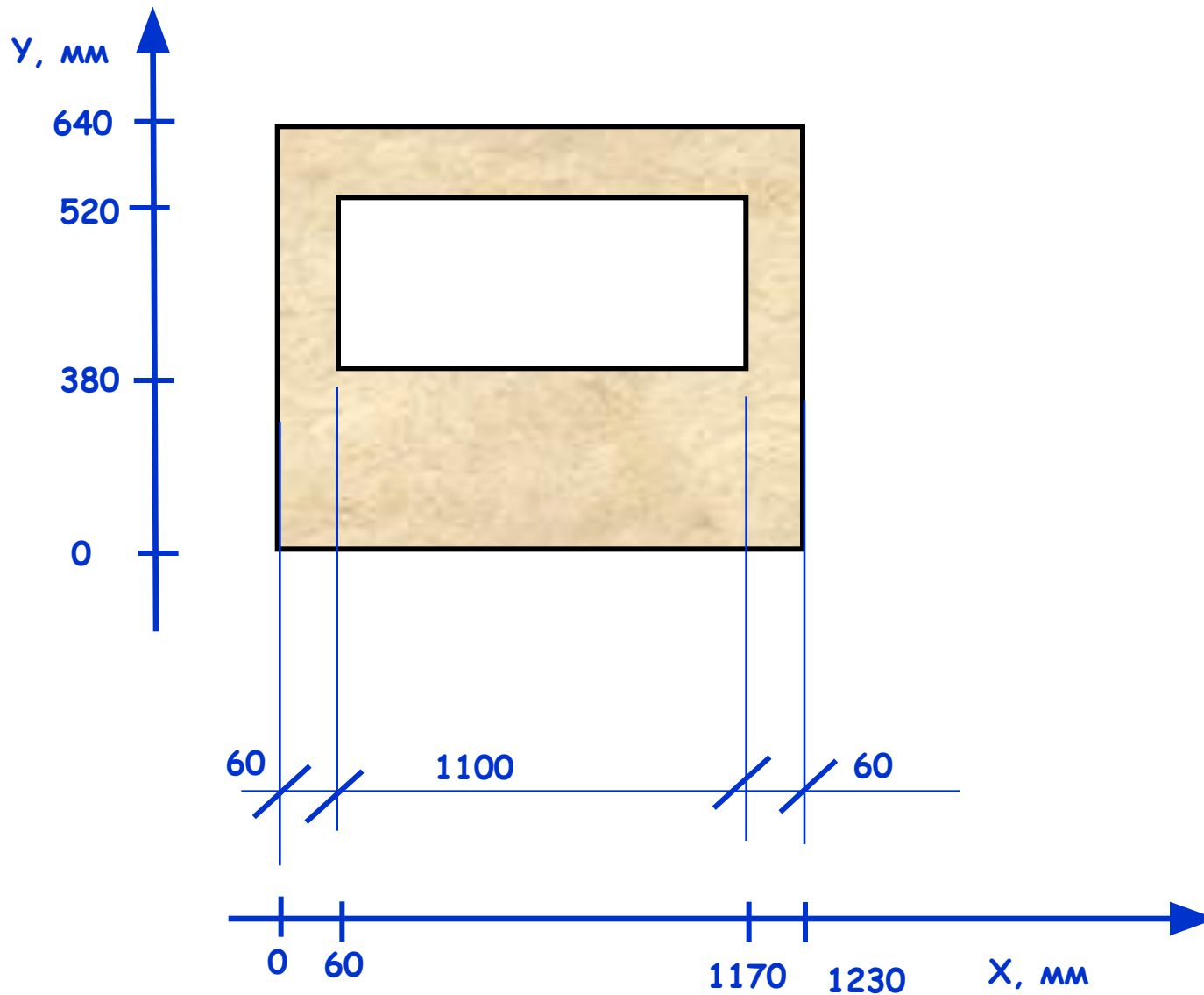




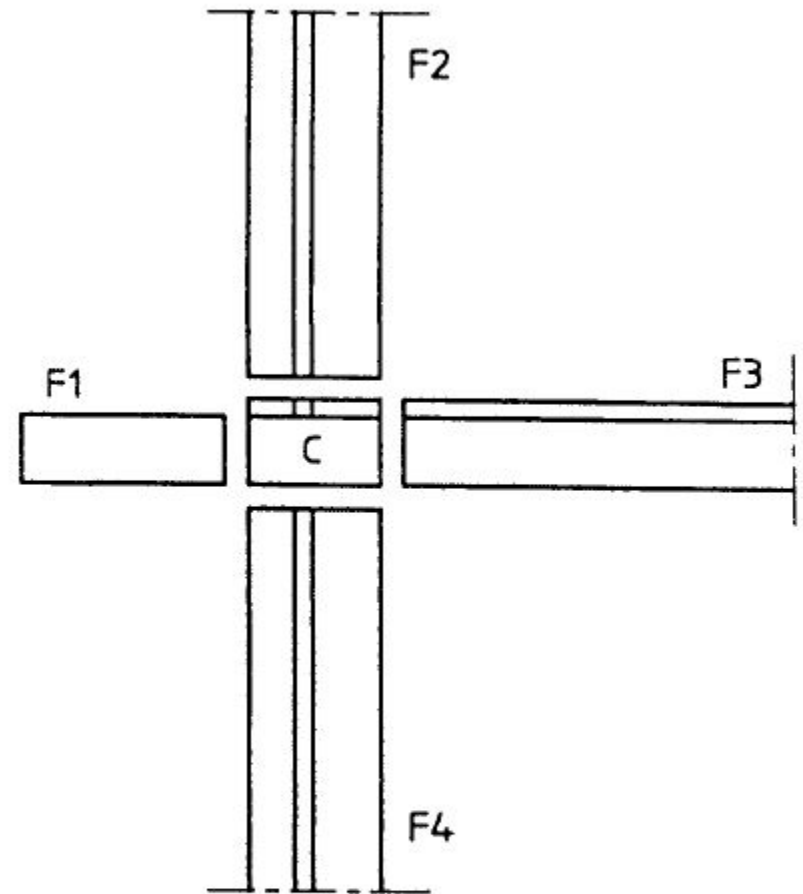
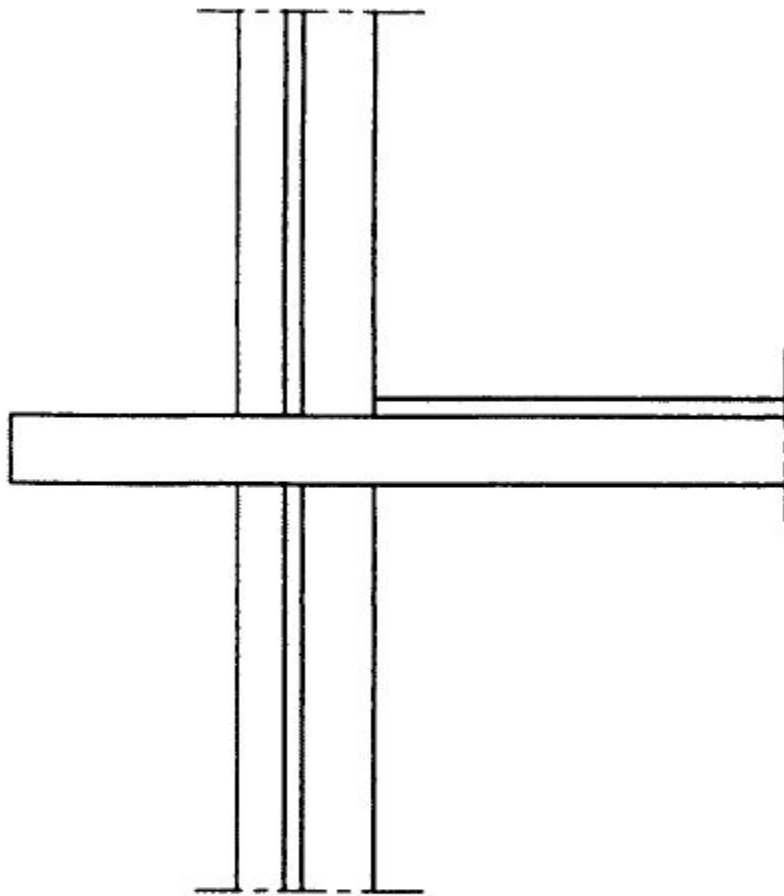
Исходная схема с размерами



Расчетная схема



Блок 1. $X=0, Y=0; X=1230, Y=640$. $L_x = 123$; $L_y = 64$.



F1 bis F4 haben konstante Querschnitte.
C ist der verbleibende Teil

Bild 1 — 2-D-Modell mit vier flankierenden Elementen und einem zentralen Element

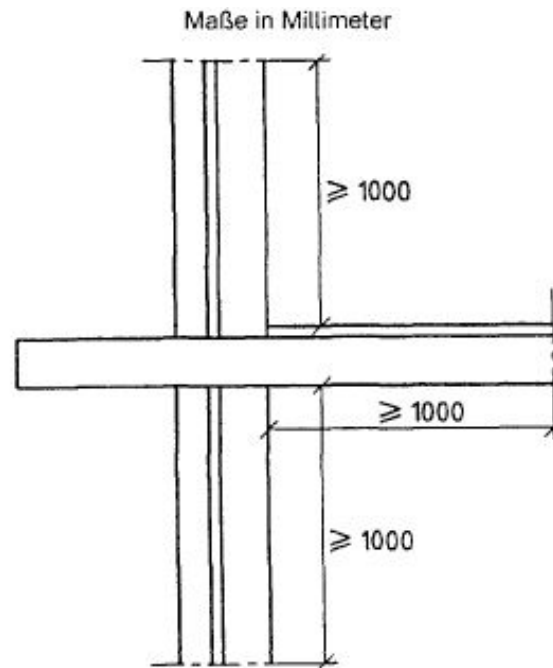


Bild 2 — Anordnung der Schnittebenen mindestens 1 m vom zentralen Element

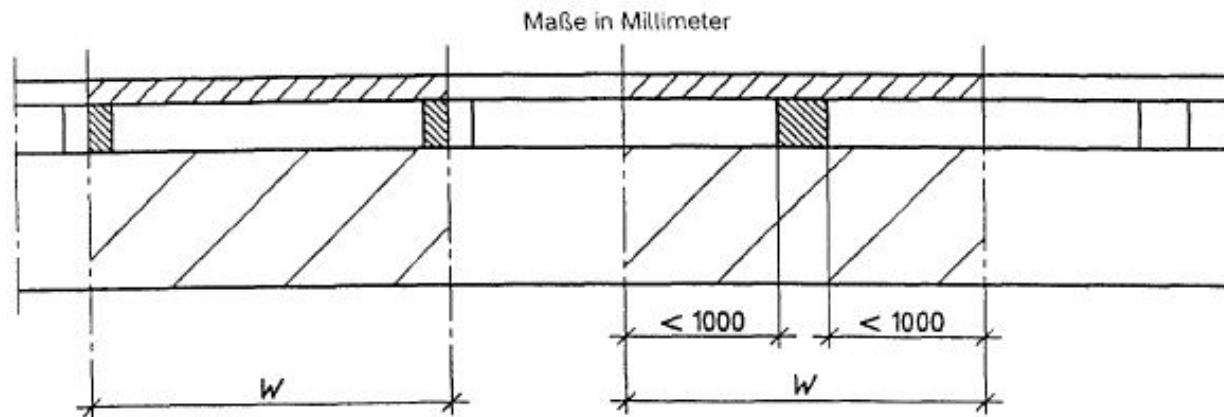
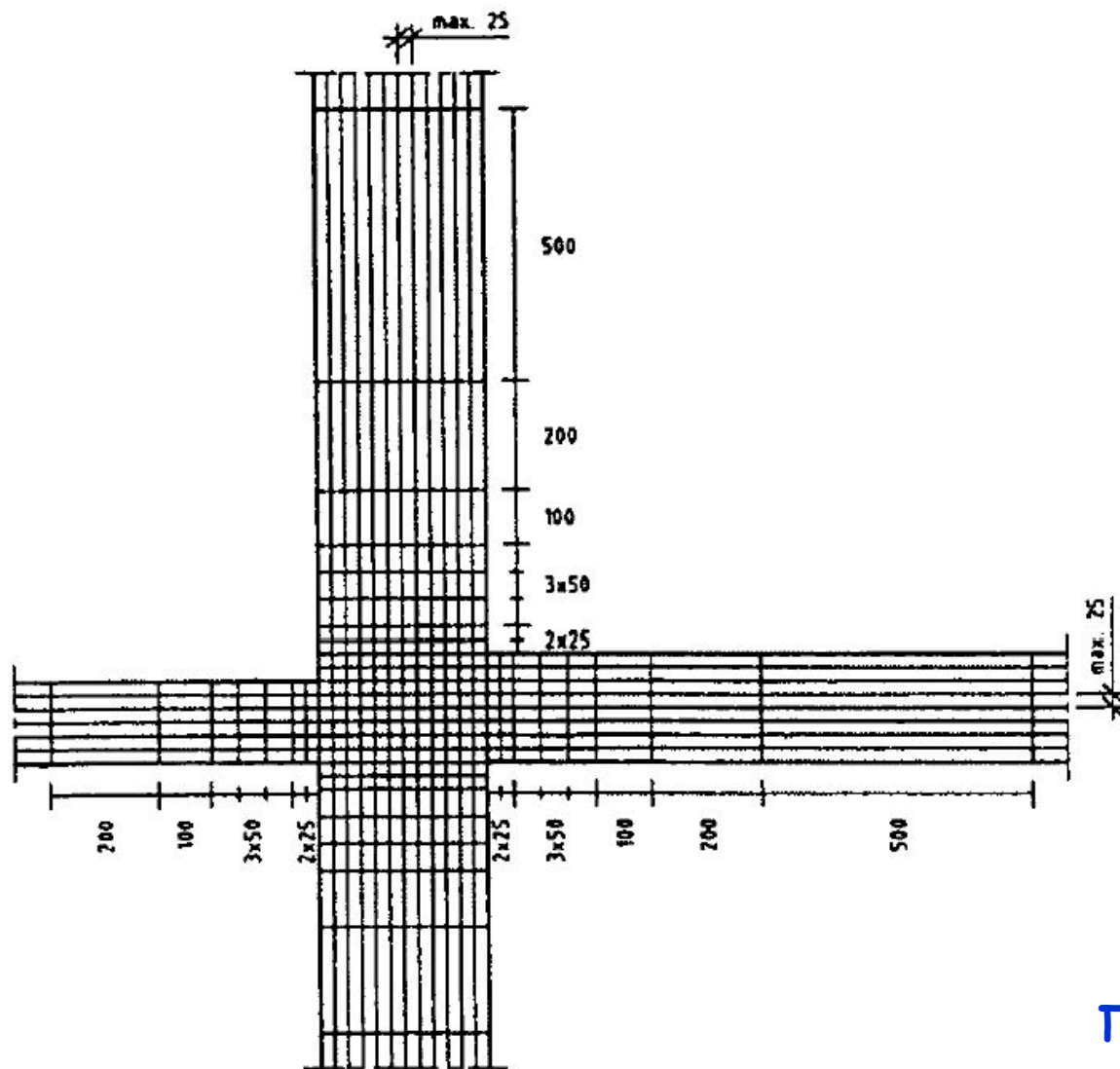


Bild 3 — Beispiel einer Konstruktion mit Wärmebrücken in festliegenden Abständen W , das die Symmetrie-Ebenen, die als Schnittebenen verwendet werden können, zeigt

Maße in Millimeter



Пример задания разбиения

$$R_{o,w}^r = \frac{(t_{int} - t_{ext}) \cdot A}{Q},$$

где Q - суммарный тепловой поток, входящий в расчетную область внутренней поверхности конструкции, Вт; A - расчетная площадь ограждающей конструкции, m^2 .

$$R_{o,w}^{r,sp} = \frac{A_w^I + A_w^{II} + \dots + A_w^i}{A_w^I/R_{o,w}^{r,I} + A_w^{II}/R_{o,w}^{r,II} + \dots + A_w^i/R_{o,w}^{r,i}}$$

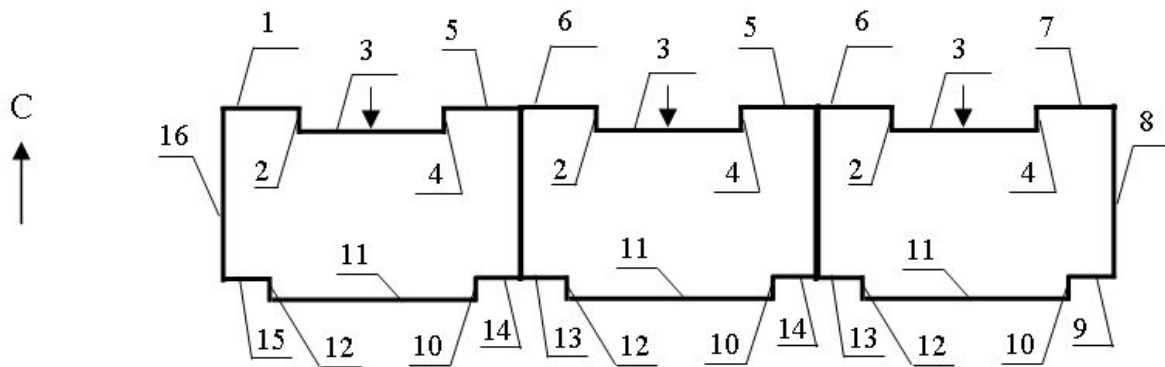
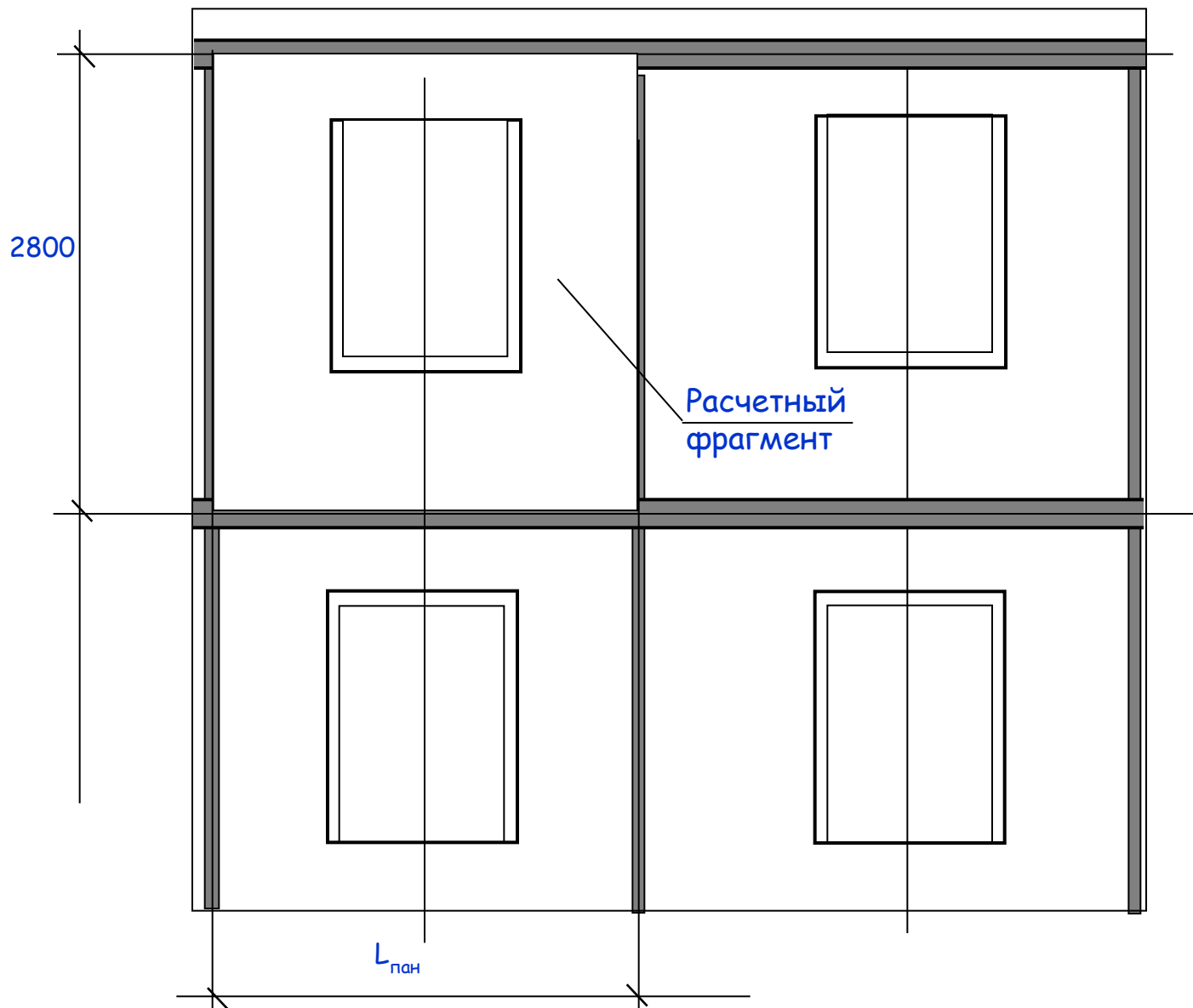


Рис.П.1.1 Расчетная схема здания

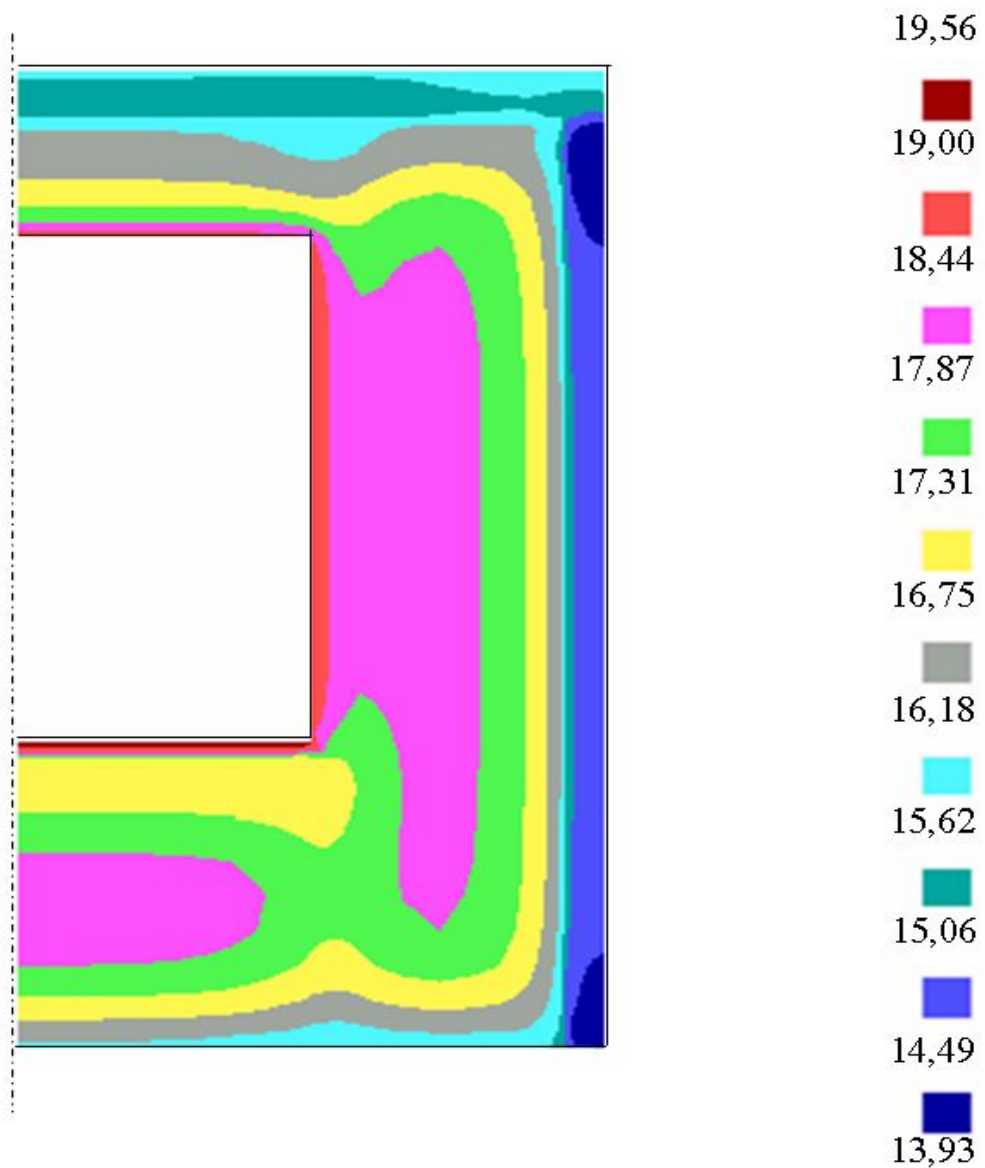
Таблица П1.1

№ п/п	Ориентация стены	Эскиз стен	Площади, м ²
1	северо-восток	<p>Остекление: 1.-2,83 м²; 2.-1,99</p>	$A_F = 48,2 \text{ м}^2$; $A_{ed} = 0 \text{ м}^2$; $A_w = 135,73 \text{ м}^2$.
2	юго-		$A_F = 0 \text{ м}^2$;

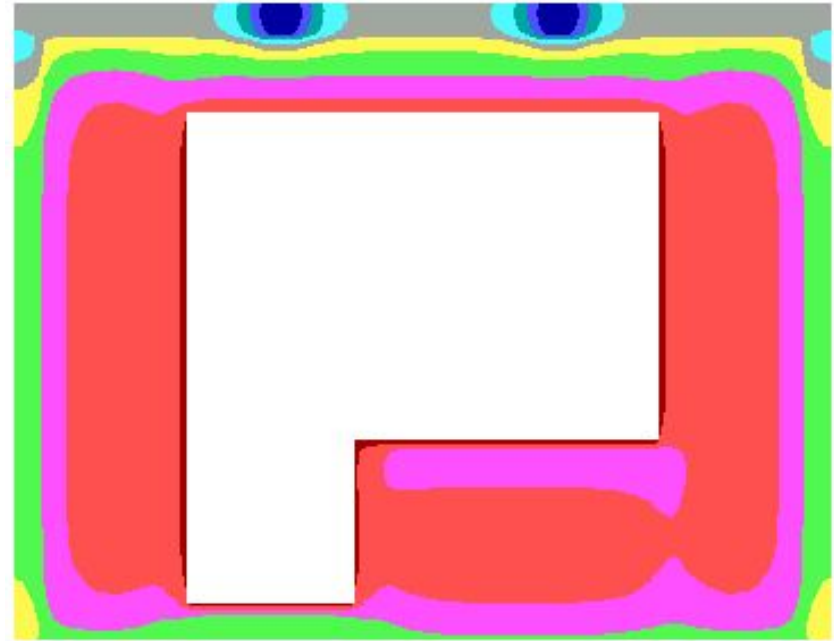
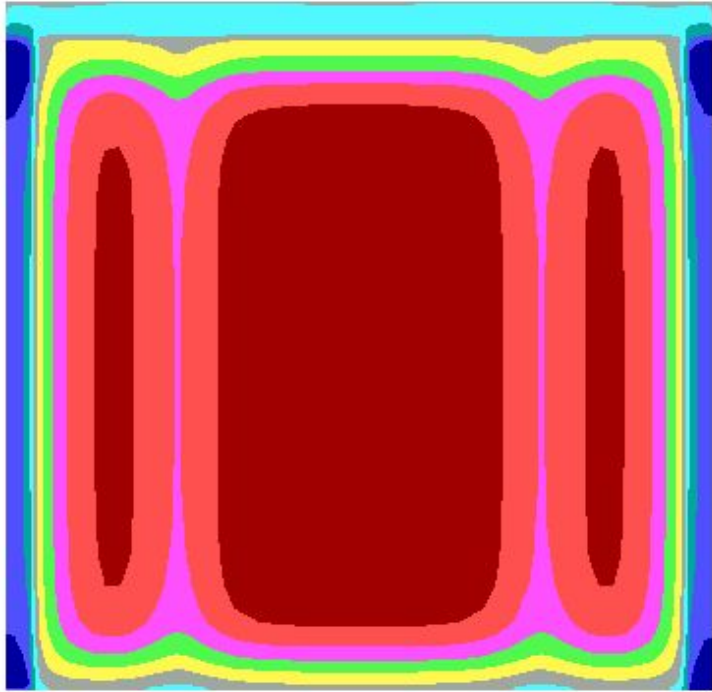
Пример определения номенклатуры и площади наружных стен 10-ти этажного жилого дома



Пример выбора расчетного фрагмента наружной стены (стеновой панели) для определения приведенного сопротивления теплопередаче по программе «TEMPER-3D»



Пример представления результатов расчета распределения температур по внутренней поверхности рядовой стеновой панели НТИ-85-2-1(НТ-I-5)



Пример выбора расчетного фрагмента наружной стены (стеновой панели) для определения приведенного сопротивления теплопередаче по программе «TEMPER-3D»

Результаты расчета приведенного сопротивления теплопередаче стеновой панели НТ-I-29 жилого здания серии 90 при значениях коэффициентов теплопроводности материалов, соответствующих условиям эксплуатации "А"

№ участка	$t_{int},$ °C	$t_{ext},$ °C	$A_w^i,$ м ²	$Q_i,$ Вт/м ²	$R_{o,w}^r,$ м ² ·°C/Вт
I	-37	+20	8,689	220,9	2,242
$R_{o,w}^r = \frac{20 - (-37)}{220,9} \cdot 8,689 = 2,242 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$					

Результаты расчета приведенного сопротивления теплопередаче стеновой панели НТИ-85-2-1 (НТ-I-5) жилого здания серии 90 при значениях коэффициентов теплопроводности материалов, соответствующих условиям эксплуатации "А"

№ участка	$t_{int},$ °C	$t_{ext},$ °C	$A_w^i,$ м ²	$Q_i,$ Вт/м ²	$R_{o,w}^r,$ м ² ·°C/Вт
I	-37	+20	3,504	96,35	2,073
$R_{o,w}^r = \frac{20 - (-37)}{96,35} \cdot 3,504 = 2,073 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$					

Пример представления результатов расчета приведенного сопротивления теплопередаче стеновых панелей серии 90

Сводная таблица расчетных значений приведенного сопротивления теплопередаче трехслойных стеновых панелей жилых зданий серии 90

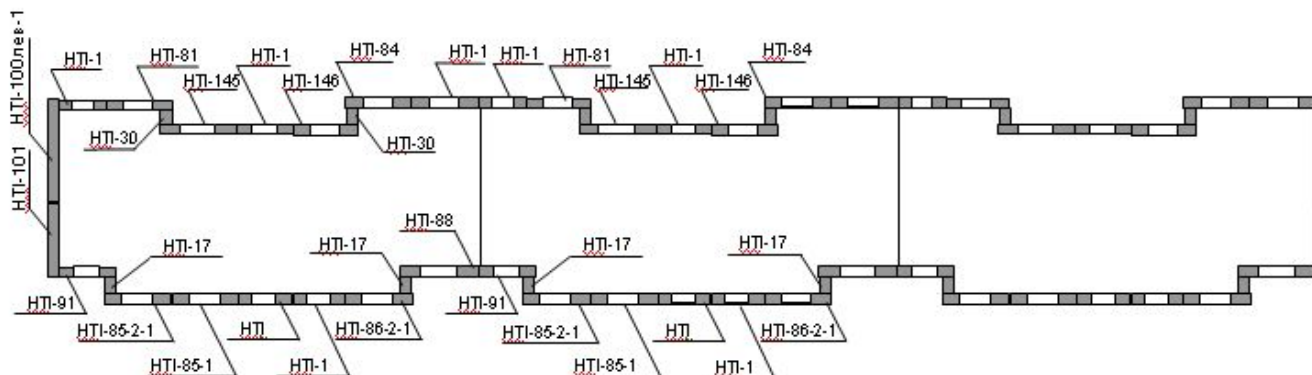
Марка стеновой панели	Площадь панели $A_w^i, \text{м}^2$	$R_{o,w}^{r,i}, \text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$	$A_w^i/R_{o,w}^{r,i}, \text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$	Количество панелей на этаж
НТИ-85-2-1	8,294	2,073	4,00	3
НТИ-30	1,624	2,054	0,79	6
НТИ-91	5,3	1,823	2,91	3
Н-27	9,29	2,242	4,14	3
НТИ-86-2-1	8,294	2,073	4,00	3
НТИ-92	5,3	1,823	2,91	3
НТИ-85-1	6,35	1,744	3,64	6
НТИ-1	13,9	2,161	6,43	3
НТИ-29	7,8	2,242	3,48	3
НТИ-167с	16,8	2,728	6,16	1
НТИ-168с	16,8	2,728	6,16	1
НТИ-101	7,91	2,654	2,98	2
НТИ-100лев-1	11,41	2,672	4,27	1
НТИ-100пр-1	11,41	2,672	4,27	1

$$R_{o,wr}^{cp} = 294,62/138,17 = 2,132 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$$

Сводная таблица значений приведенного сопротивления теплопередаче стеновых панелей

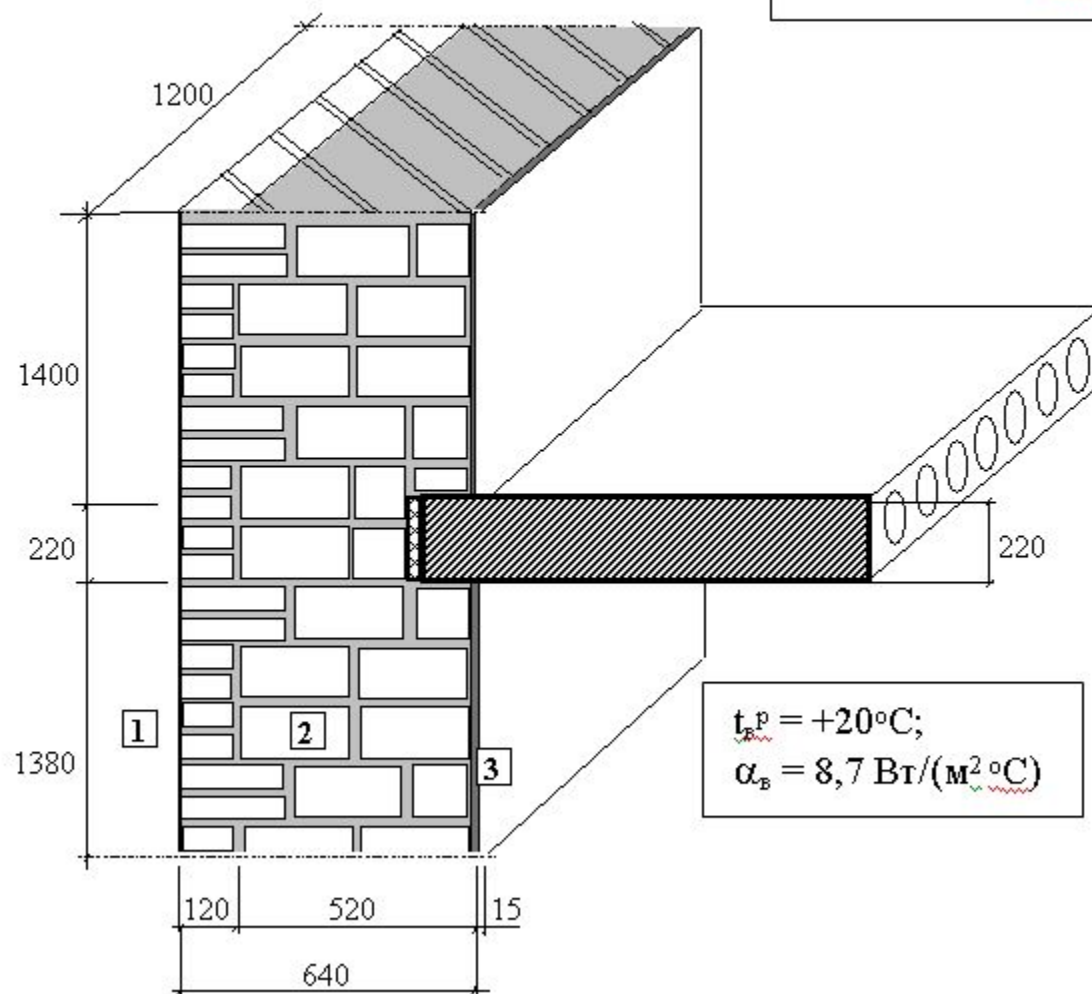
Сводные геометрические показатели ограждающих конструкций

Наименование ограждающей конструкции	Площадь ограждающей конструкции A_i , m^2 , ориентированной на:			
	северо-восток	юго-восток	юг-запад	северо-запад
Стены	1515,26	508,33	1490,64	508,36
Окна	495,12	0	508,5	0
Входные двери	7,29	0	0	0
Чердачное перекрытие	793,76			
Перекрытие подвала	793,76			
Площадь жилых комнат и кухонь	1672,3			
Площадь жилых комнат	1296,0			
Отапливаемая площадь	7815,74			
Отапливаемый объем, m^3	21733,15			



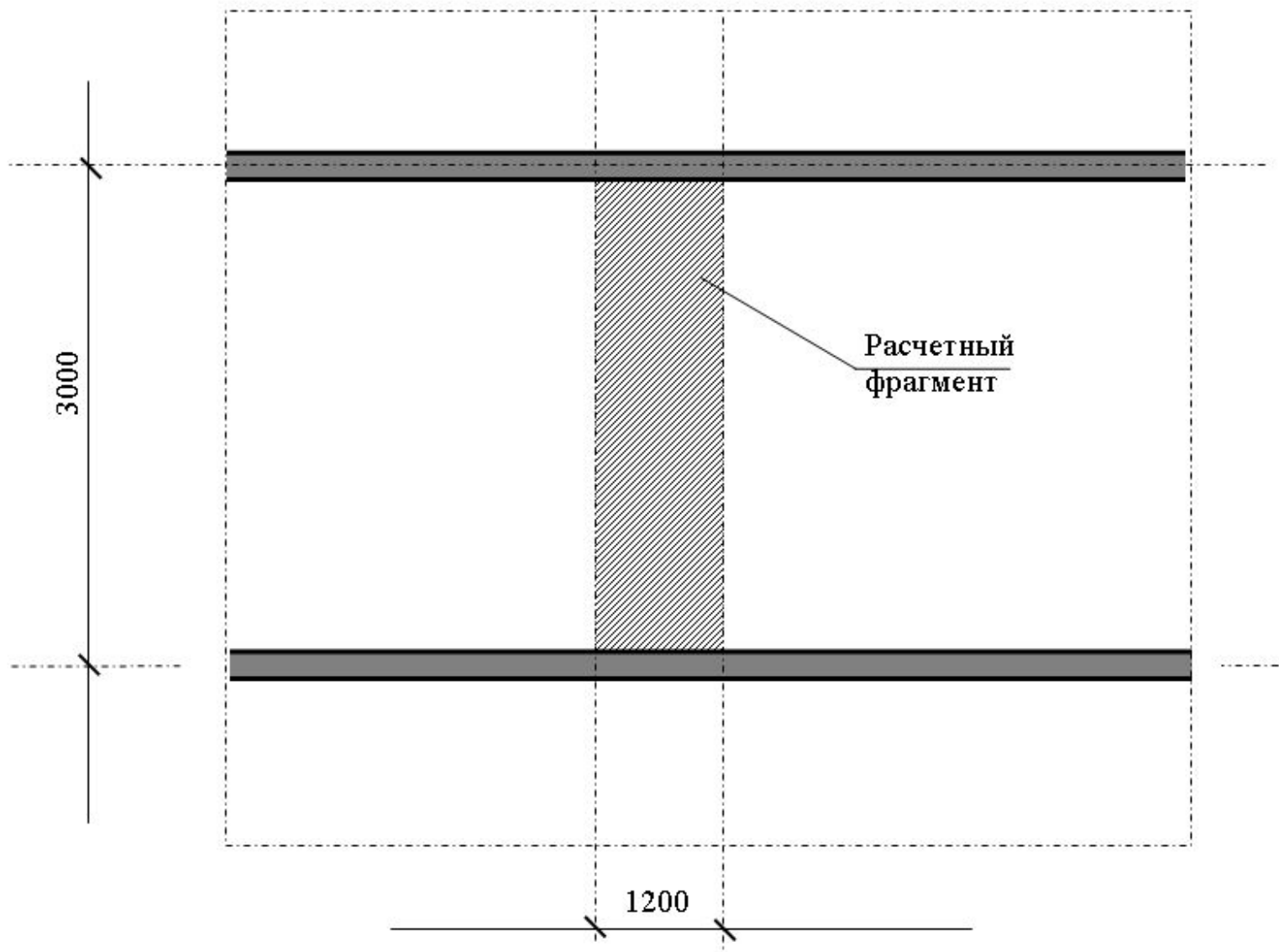
$$t_{в}^p = +20^{\circ}\text{C};$$
$$\alpha_{в} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$$

$$t_{н}^p = -37^{\circ}\text{C};$$
$$\alpha_{н} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$$

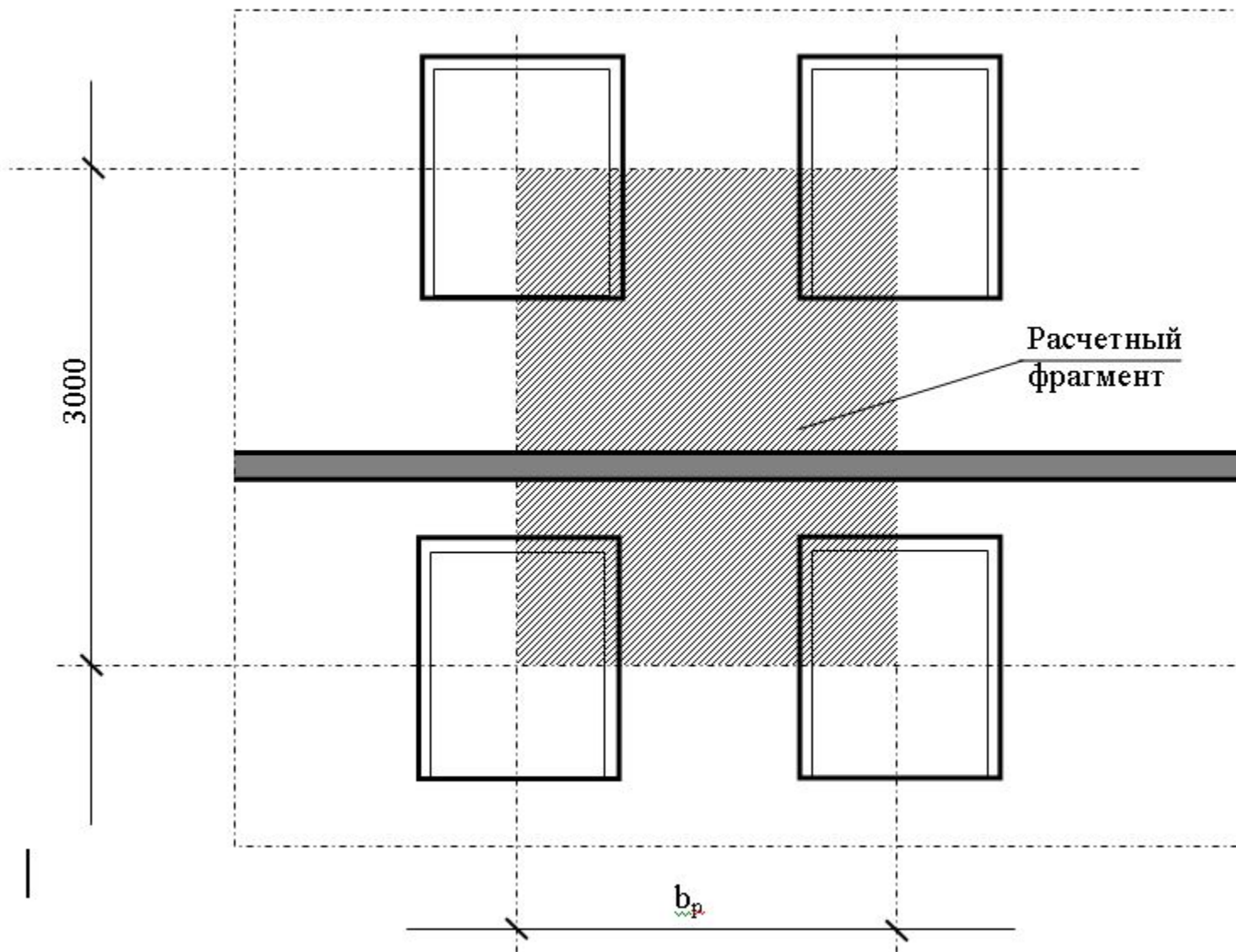


$$t_{в}^p = +20^{\circ}\text{C};$$
$$\alpha_{в} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$$

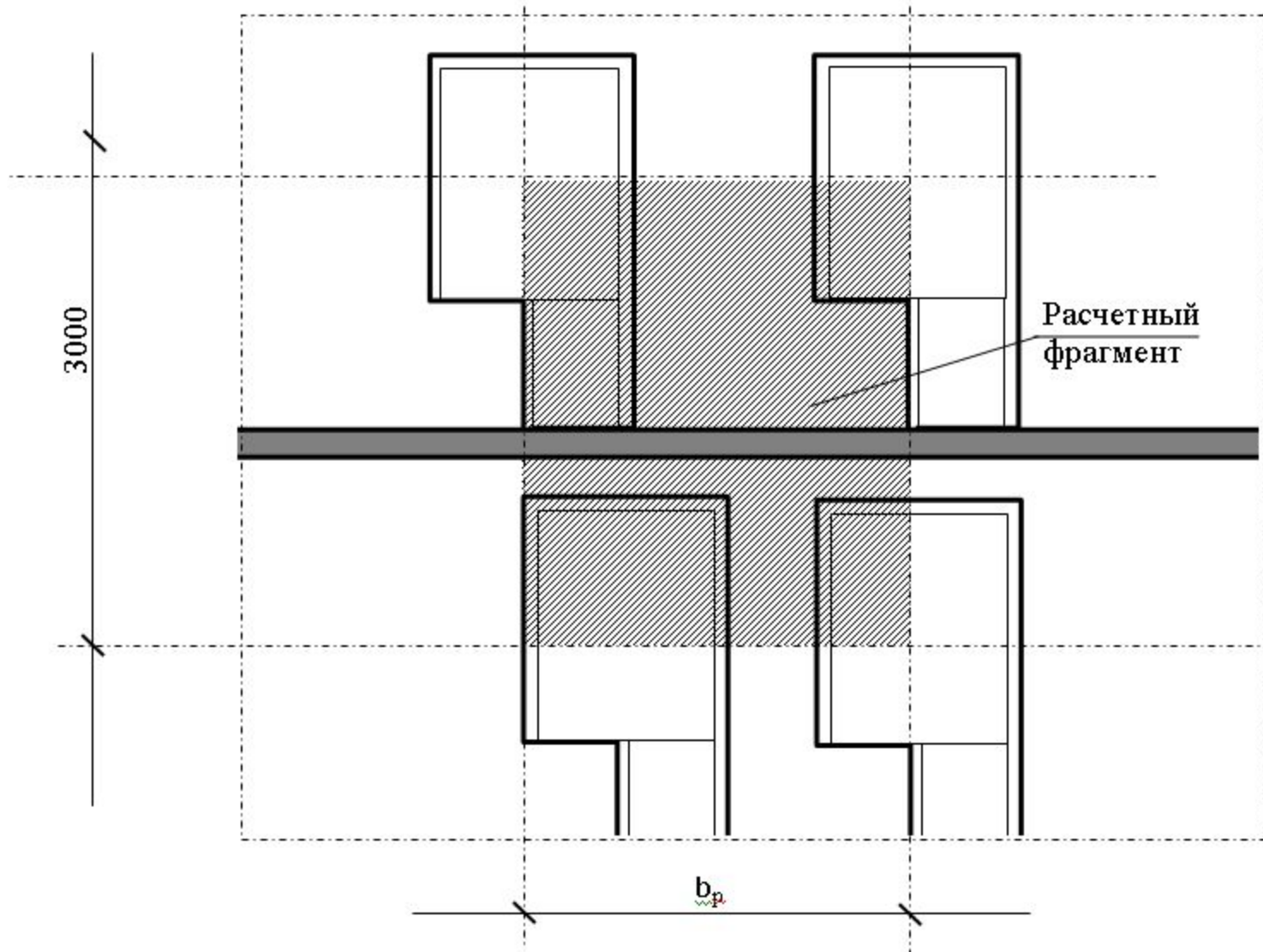
Схема задания граничных условий фрагмента наружной стены здания для определения приведенного сопротивления теплопередаче



Расчетная схема фрагмента наружной стены здания для определения приведенного сопротивления теплопередаче участка без проемов



Расчетная схема фрагмента наружной стены здания для определения приведенного сопротивления теплопередаче участка с оконными проемами



Расчетная схема фрагмента наружной стены здания для определения приведенного сопротивления теплопередаче участка с балконными дверями

Пример распечатки результатов расчета приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента наружной стены без проемов

1						
-0.358336E+02 0.199921E+02						
N/N	Козфф.тепл.	T среды	Площадь	T средняя	Тепл. поток	
1	0.2300D+02	-.3700D+02	0.1048D+01	-.3582D+02	-.2852D+02	
10	0.8700D+01	0.2000D+02	0.1904D+01	0.1828D+02	0.2852D+02	
Итого Q вход.=0.285180D+02 Q выход.=-.285175D+02 Погрешность = 0.00075%						
Ro=0.20947D+01						

Пример распечатки результатов расчета приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента наружной стены с оконными проемами

1						
-0.368173E+02 0.199898E+02						
N/N	Козфф.тепл.	T среды	Площадь	T средняя	Тепл. поток	
1	0.2300D+02	-.3700D+02	0.3190D+01	-.3570D+02	-.9531D+02	
2	0.2300D+02	-.3700D+02	0.1695D+01	-.3474D+02	-.8819D+02	
9	0.8700D+01	0.2000D+02	0.1413D+01	0.1322D+02	0.8338D+02	
10	0.8700D+01	0.2000D+02	0.7253D+01	0.1841D+02	0.1001D+03	
Итого Q вход.=0.183504D+03 Q выход.=-.183502D+03 Погрешность = 0.00052%						
Ro=0.18160D+01						

Расчетные значения приведенного сопротивления теплопередаче отдельных участков наружных стен 4-х этажного жилого дома в микрорайоне 11 ЛБИ

Номер участка	Особенности конструктивного решения участка стены	Условное сопротивление теплопередаче $R_{0,w}^{усл}$, м ² ·°С/Вт	Приведенное сопротивление теплопередаче $R_{0,w}^r$, м ² ·°С/Вт	Коэффициент теплотехнической однородности, \mathbf{r}
1	Глухой участок стены (без проемов)	2,16	2,09	0,97
2	Участок стены с оконными проемами (при утеплении оконных откосов)	2,16	1,81	0,85
3	Участок стены с балконными дверями (при утеплении оконных откосов)	2,16	1,72	0,81

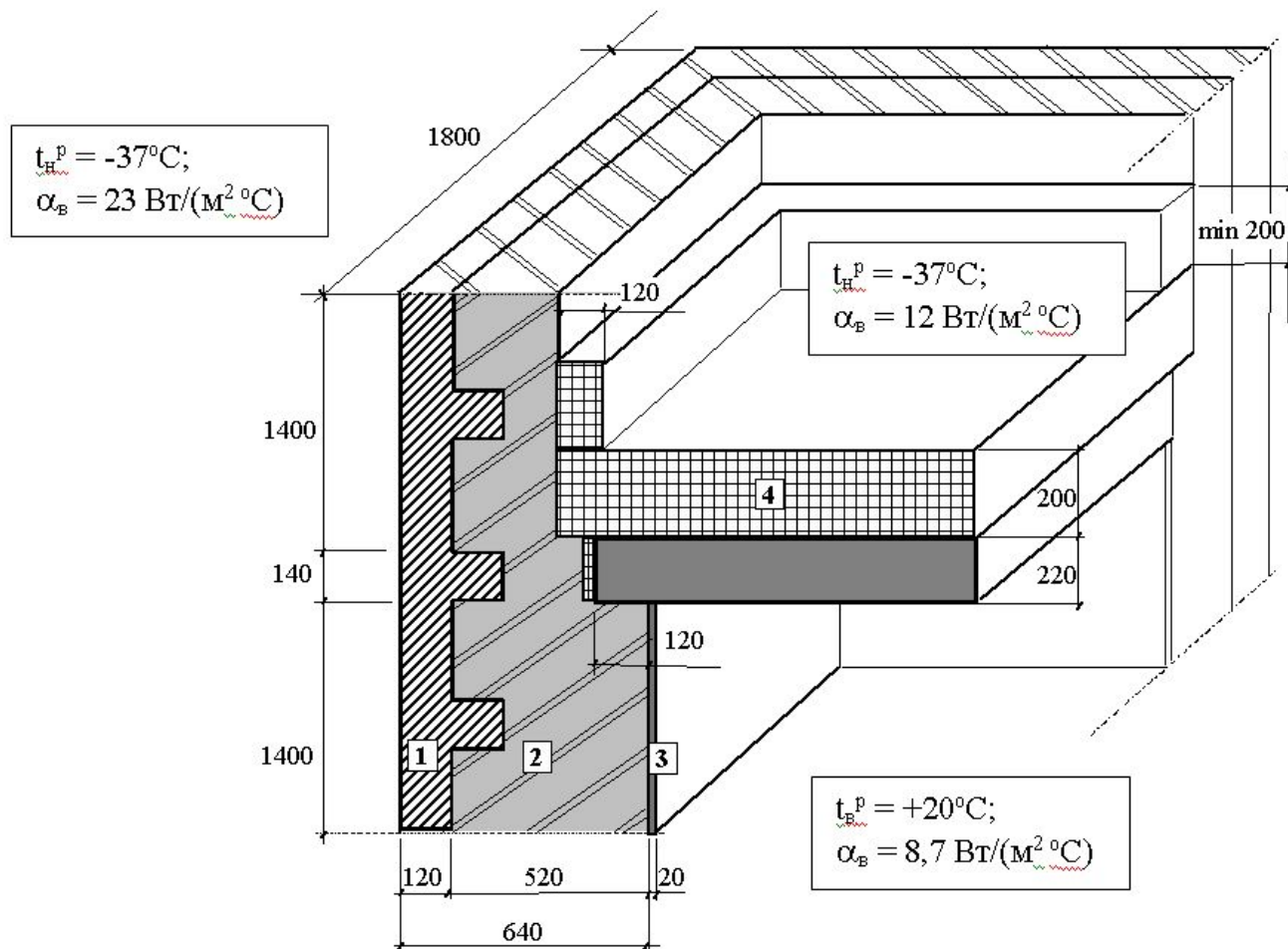
Характеристика расчетных участков наружной стены среднего этажа

Номер участка	Особенности <u>конструктивного</u> решения участка стены	Приведенное сопротивление теплопередаче $R_{0,w}^r$, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	Площадь A_w^i , м^2
1	Глухой участок стены (без проемов)	2,09	270,04
2	Участок стены с <u>оконными</u> проемами	1,81	278,6
3	Участок стены с балконными дверями	1,72	66,14

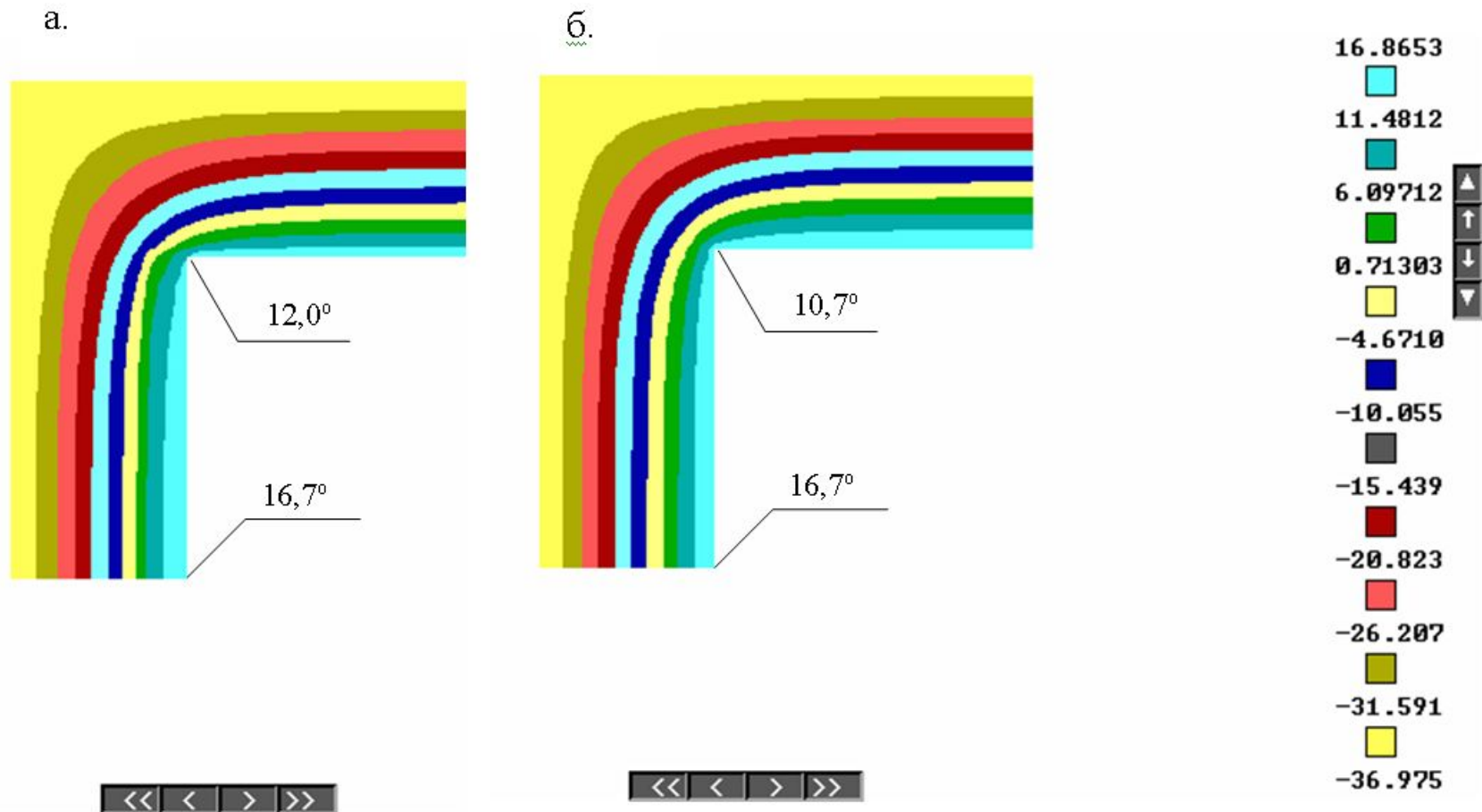
В соответствии с планировочными решениями проектируемого здания средняя величина $R_{0,w}^{r,sp}$ составляет (с учетом площади участков стен по фасадам здания)

$$R_{0,w}^{r,sp} = \frac{278,6 + 270,04 + 66,14}{278,6/1,81 + 270,04/2,09 + 66,14/1,72} = 1,91 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт} .$$

**ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРЫ
ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ОГРАЖДАЮЩИХ
КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ В МЕСТАХ
ТЕПЛОПРОВОДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ
ПОЛЕЙ**

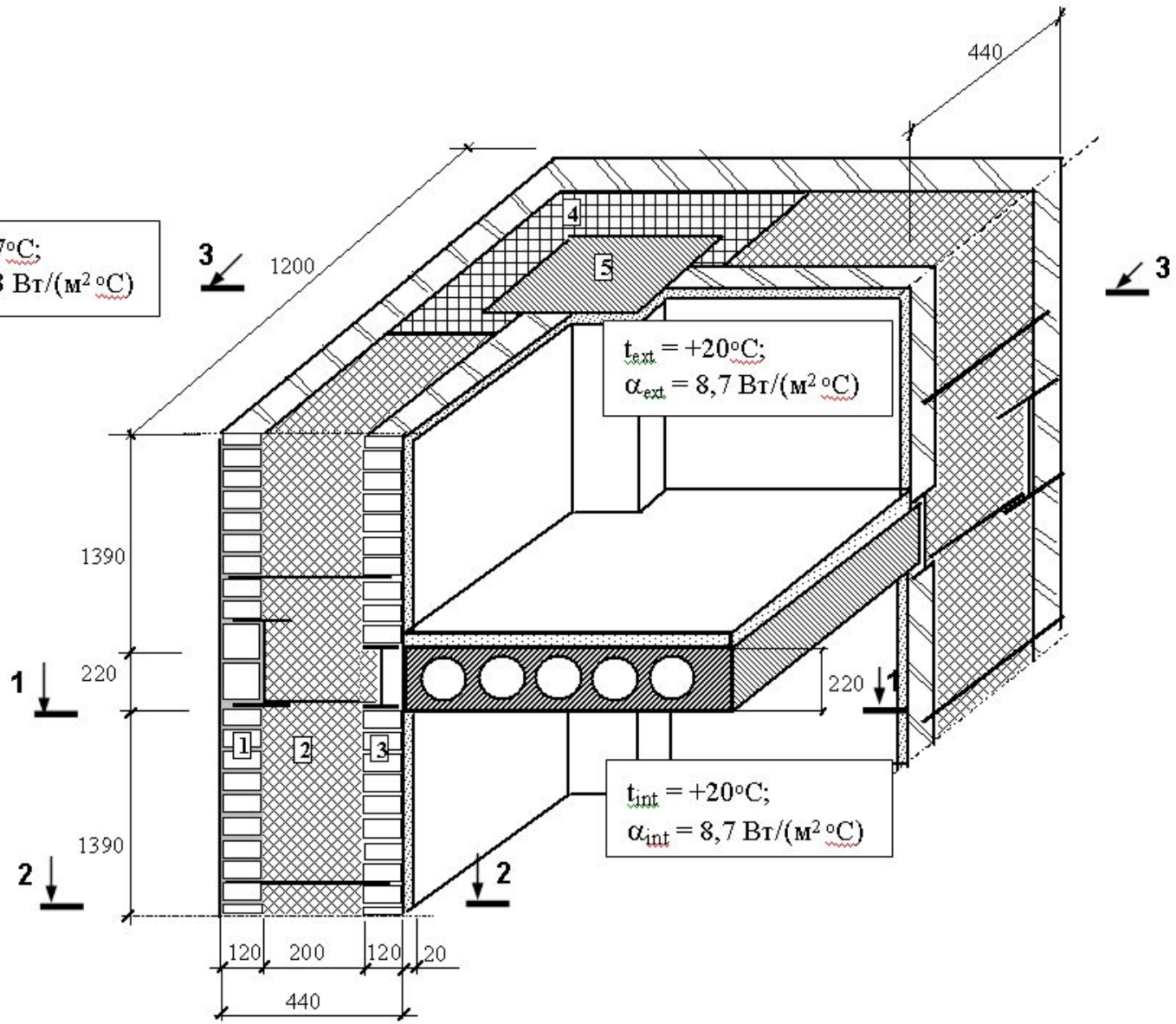


Расчетная схема и граничные условия узла сопряжения наружного выступающего угла с плитами чердачного перекрытия



Результаты расчета распределения температур узла сопряжения наружного выступающего угла с плитами чердачного перекрытия: а - горизонтальное сечение на расстоянии 10 мм от плиты перекрытия; б - горизонтальное сечение на расстоянии 1200 мм от плиты перекрытия

$t_{ext} = -37^{\circ}\text{C};$
 $\alpha_{ext} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$



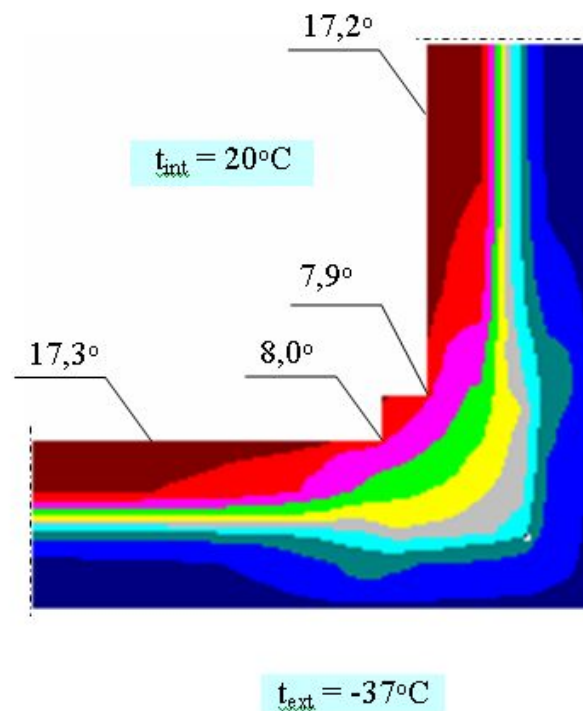
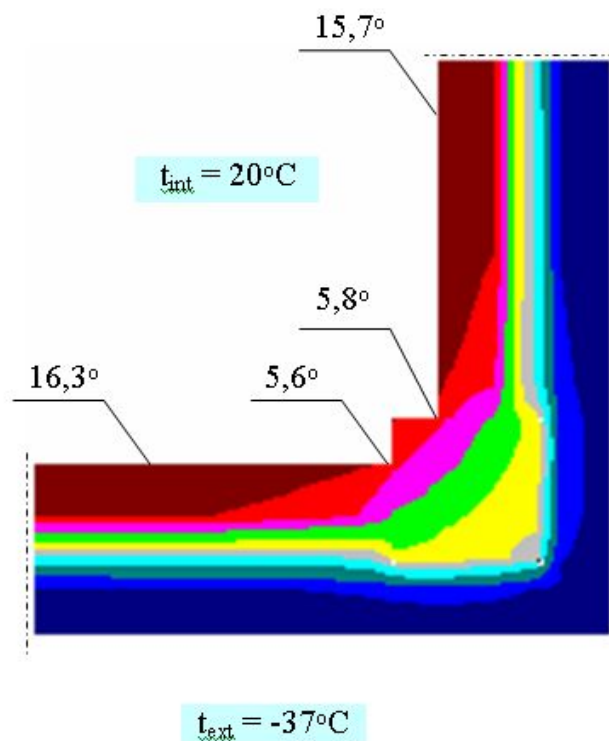


x=0

y=1198

а.

б.



17.2850

11.8672

6.44949

1.03174

-4.3860

-9.8037

-15.221

-20.639

-26.057

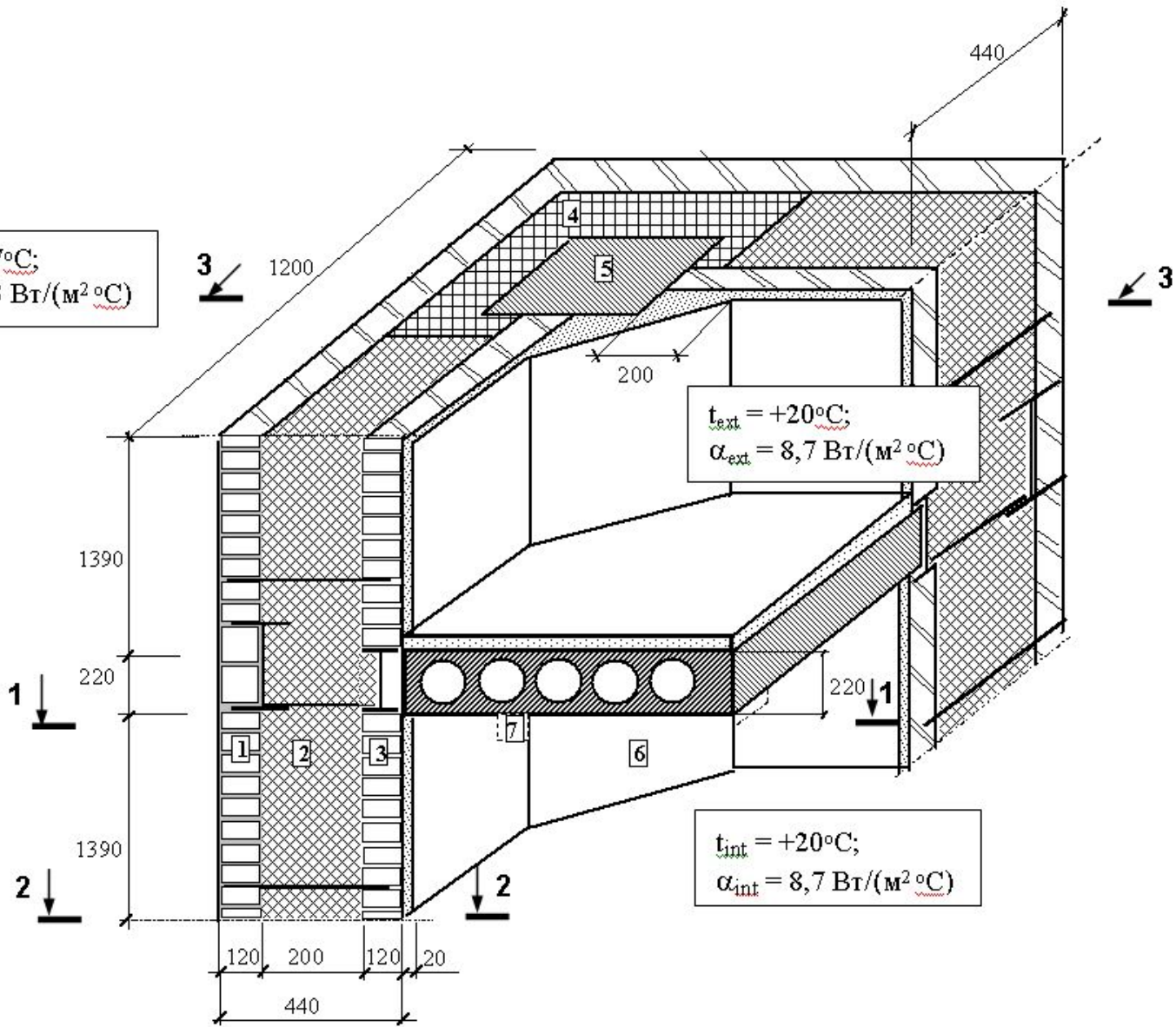
-31.474

-36.892



Результаты расчета распределения температур узла сопряжения наружного выступающего угла с плитами междуэтажного перекрытия (проектное решение): а - горизонтальное сечение по стене на расстоянии 10 мм от отметки низа плиты перекрытия (под потолком); б - горизонтальное сечение по стене на расстоянии 10 мм от пола

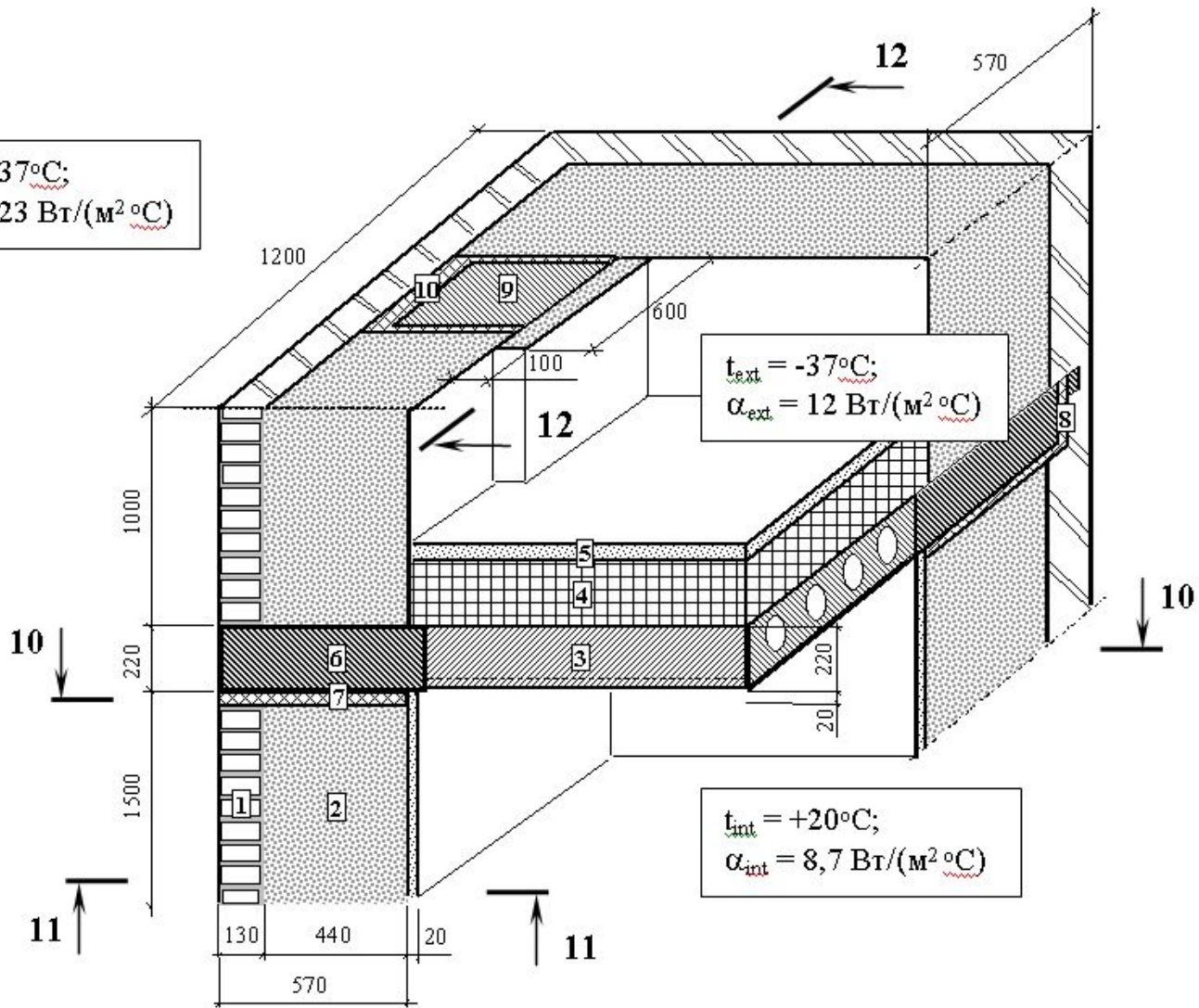
$t_{ext} = -37^{\circ}\text{C};$
 $\alpha_{ext} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$



$t_{ext} = +20^{\circ}\text{C};$
 $\alpha_{ext} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$

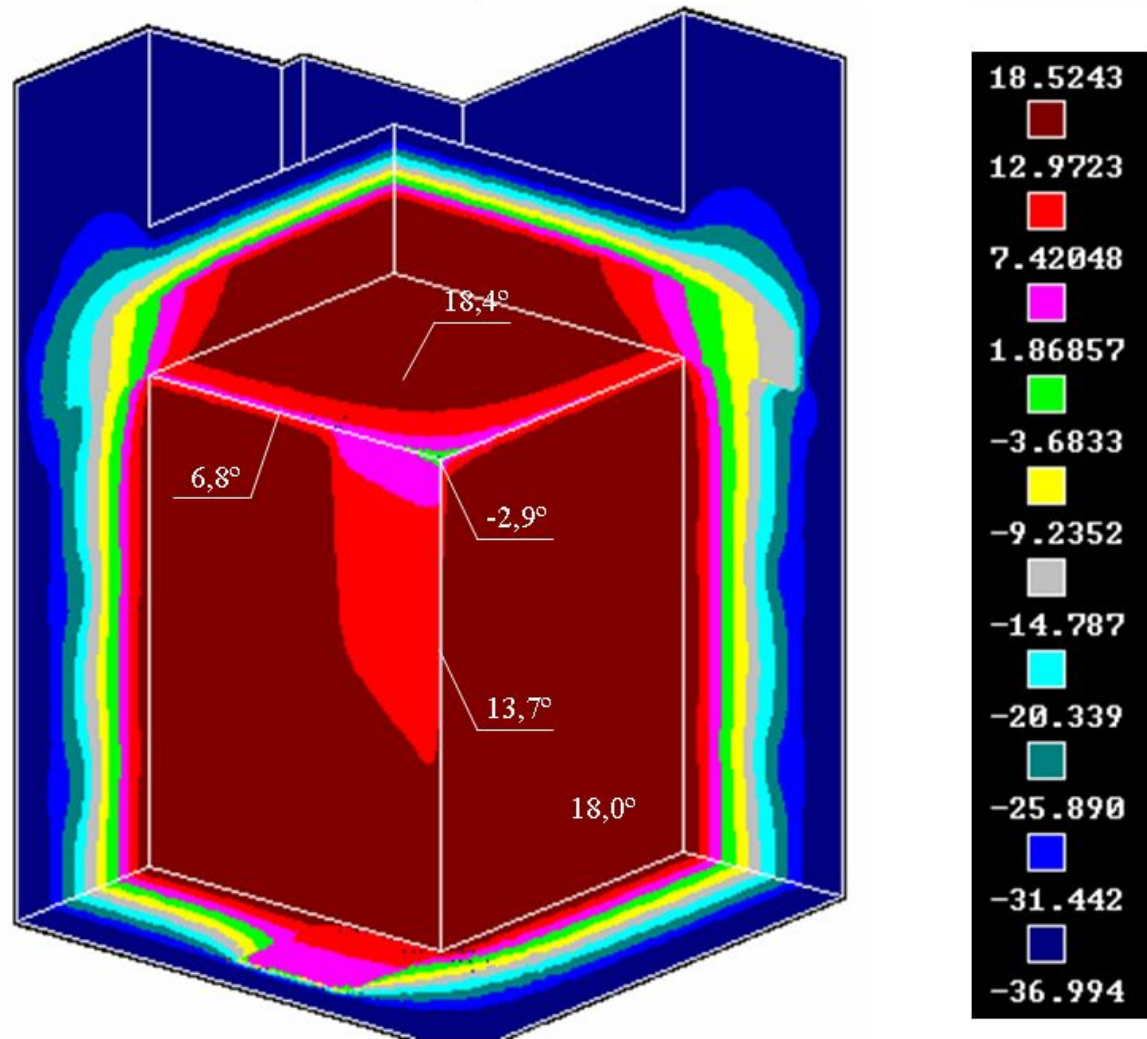
$t_{int} = +20^{\circ}\text{C};$
 $\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$

$t_{ext} = -37^{\circ}\text{C};$
 $\alpha_{ext} = 23 \text{ BT}/(\text{M}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$

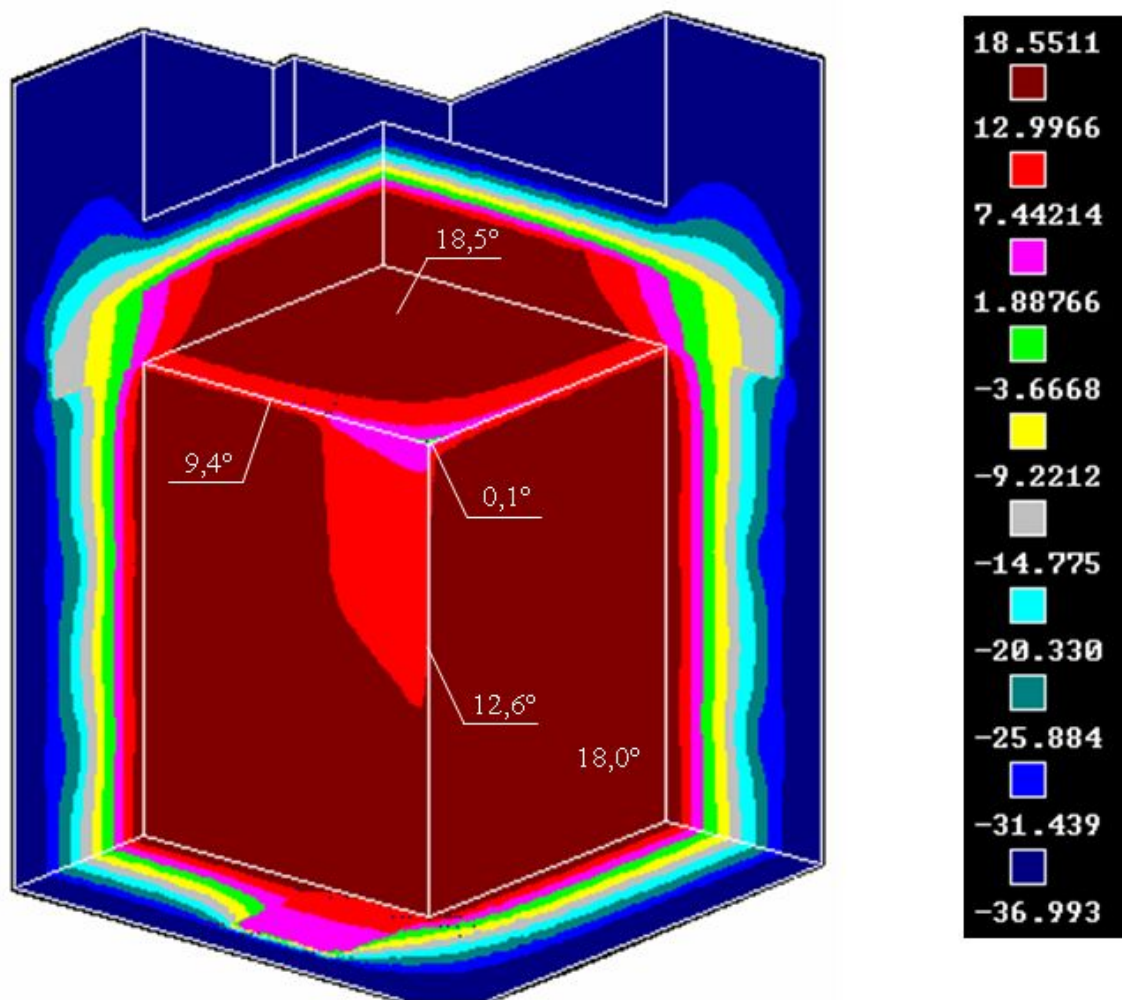


$t_{ext} = -37^{\circ}\text{C};$
 $\alpha_{ext} = 12 \text{ BT}/(\text{M}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$

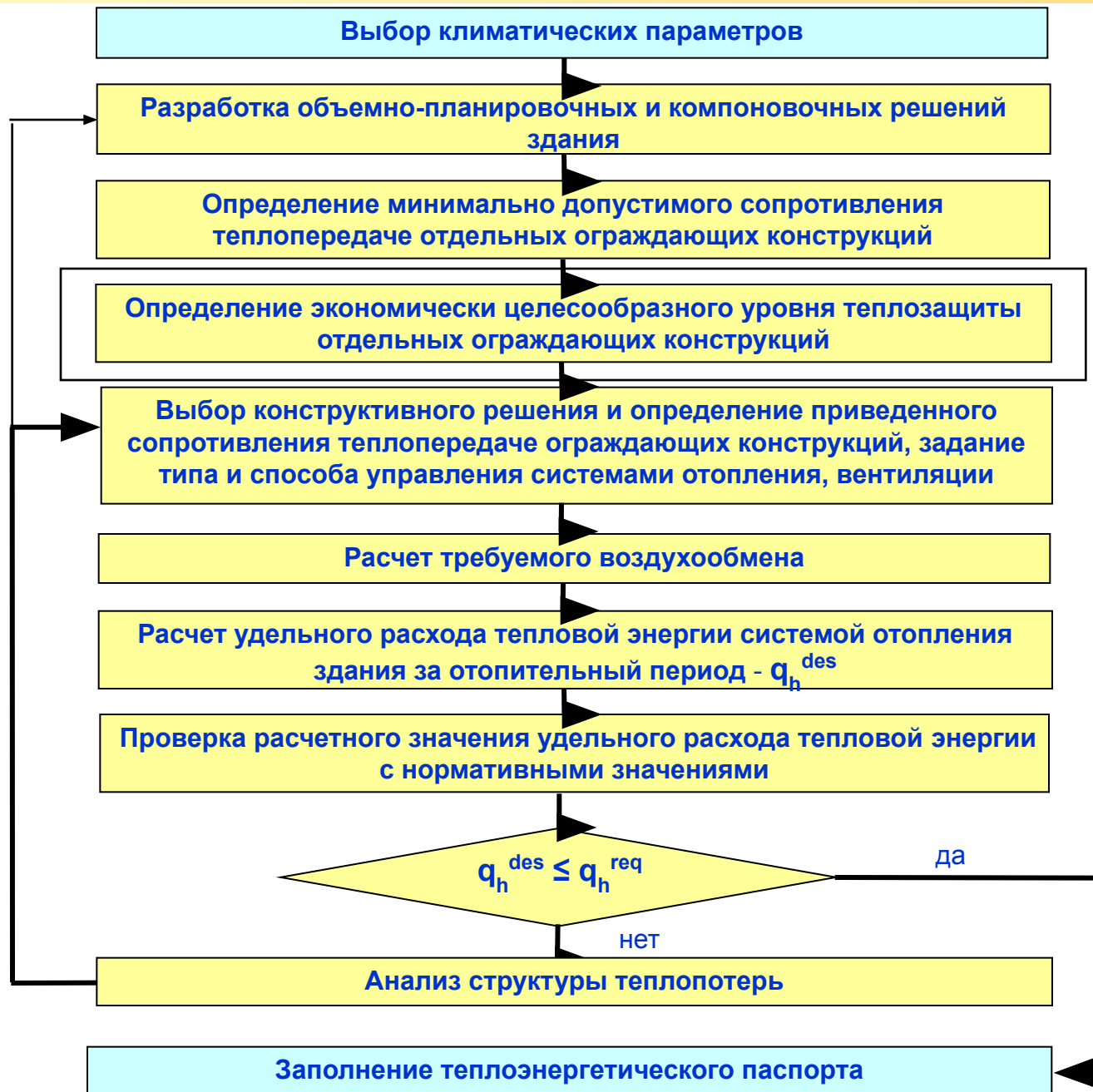
$t_{int} = +20^{\circ}\text{C};$
 $\alpha_{int} = 8,7 \text{ BT}/(\text{M}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$



Общий вид распределения температур расчетного фрагмента узла сопряжения наружной стены с плитами чердачного перекрытия при **отсутствии** в монолитном ж/б поясе термовкладышей



Общий вид распределения температур расчетного фрагмента узла сопряжения наружной стены с плитами чердачного перекрытия **при наличии** в монолитном ж/б поясе термовкладышей



Maße in Millimeter

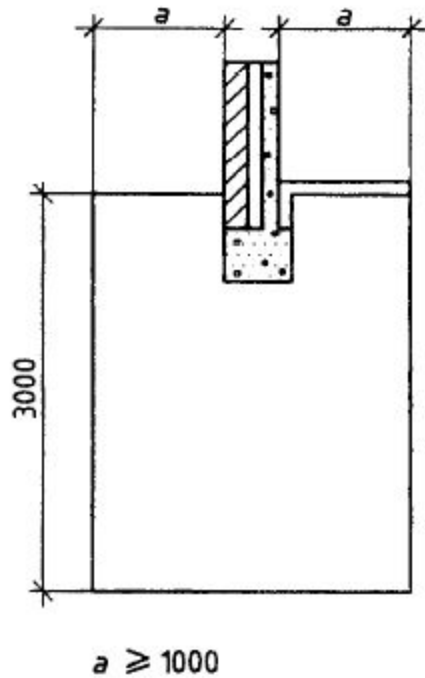


Bild 4a — Maße im Erdreich zur Berechnung der Oberflächentemperaturen

Maße in Millimeter

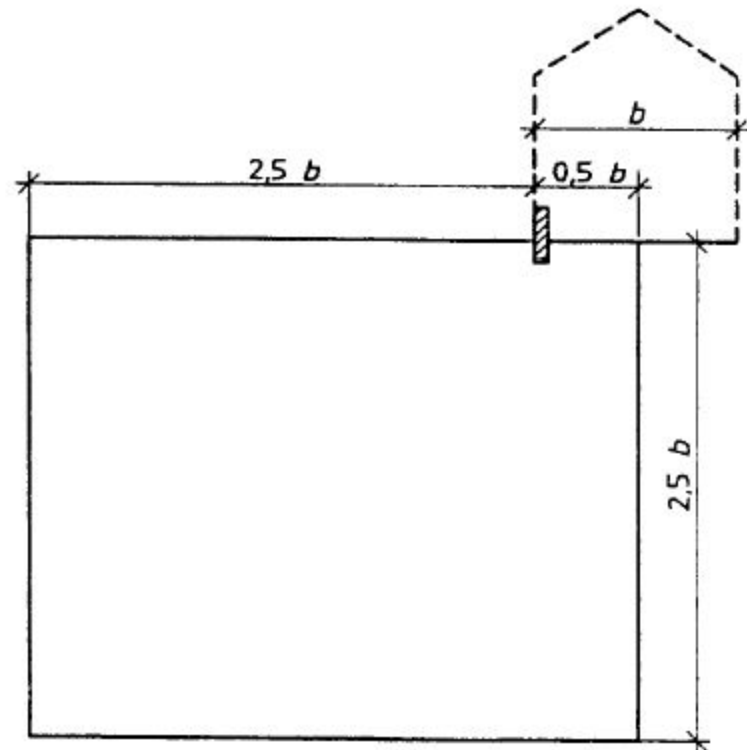
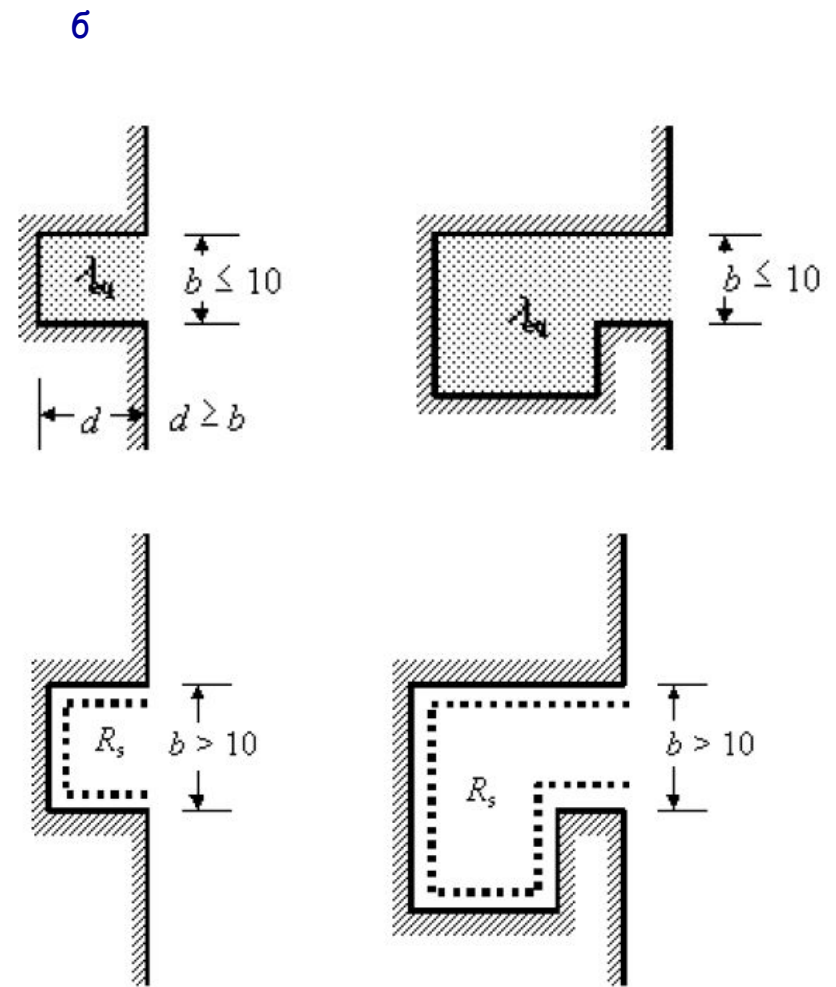
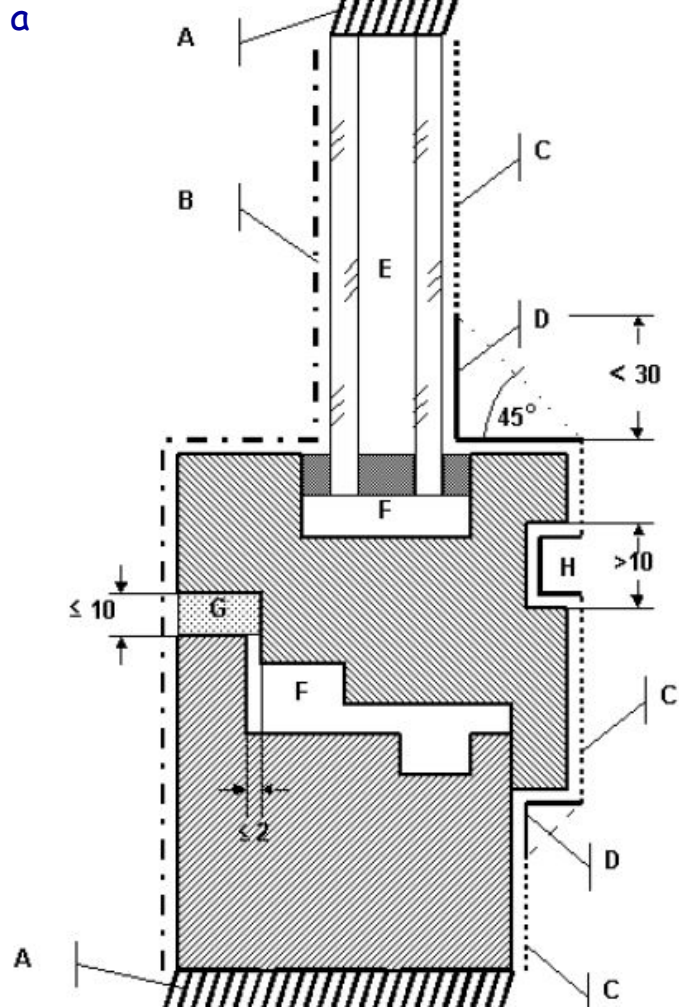


Bild 4b — Maße im Erdreich zur Berechnung des Wärmestroms



Особенности задания граничных условий на поверхности светопрозрачных конструкций при расчете : а - на поверхности; б - в открытых полостях