

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
ISI (Dubai, UAE) = 1.582
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
ПИИЦ (Russia) = 3.939
ESJI (KZ) = 9.035
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2022 Issue: 02 Volume: 106

Published: 22.02.2022 <http://T-Science.org>

QR – Issue



QR – Article



E.V. Shchipacheva

Tashkent State Transport University
Doctor of Technical Sciences, Professor

M.K. Turdalieva

YEJU Technical Institute
PhD, Tashkent

ACCOUNTING FOR SPECIFIC HEAT LOSSES THROUGH HEAT-CONDUCTING INCLUSIONS AS AN EFFECTIVE WAY TO DETERMINE THE HEAT-PROTECTIVE PROPERTIES OF BUILDING ENCLOSING STRUCTURES

Abstract: The article presents the results of theoretical and experimental studies to determine the heat-protective properties of external thermotechnically inhomogeneous walls of earthquake-resistant buildings. The most accurate method for calculating the reduced heat transfer resistance of an inhomogeneous external structure based on taking into account the values of specific heat losses through heat-conducting inclusions has been established.

Key words: heat transfer resistance, fence fragment, thermal conductivity coefficient, temperature field, thermal resistance.

Language: Russian

Citation: Shchipacheva, E. V., & Turdalieva, M. K. (2022). Accounting for specific heat losses through heat-conducting inclusions as an effective way to determine the heat-protective properties of building enclosing structures. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 02 (106), 545-552.

Soi: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-02-106-54> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2022.02.106.54>

Scopus ASCC: 2200.

УЧЕТ УДЕЛЬНЫХ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ ЧЕРЕЗ ТЕПЛОПРОВОДНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

Аннотация: В статье представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований по определению теплозащитных свойств наружных теплотехнически неоднородных стен сейсмостойких зданий. Установлен наиболее точный метод расчёта приведенного сопротивления теплопередаче неоднородной наружной конструкции, основанный на учёте значений удельных потерь теплоты через теплопроводные включения.

Ключевые слова: сопротивление теплопередаче, фрагмент ограждения, коэффициент теплопроводности, температурное поле, термическое сопротивление.

Введение

Всеобщее стремление минимизировать затраты энергии на создание и поддержание комфортных параметров микроклимата помещений обосновывает необходимость поиска наиболее достоверных методов оценки теплотехнических свойств наружных ограждающих конструкций зданий, с целью

повышения качества проектирования и сокращения энергоресурсов.

Принимая во внимание, что анализ научной литературы показал неэффективность многих известных мероприятий, направленных на повышение теплозащиты наружных ограждений зданий, из-за несоответствия заявляемых в проектной документации теплотехнических

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
ISI (Dubai, UAE) = 1.582
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
РИИЦ (Russia) = 3.939
ESJI (KZ) = 9.035
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

качеств ограждающих конструкций их реальным значениям, представляется целесообразным установить наиболее точный метод определения приведённого сопротивления теплопередаче теплотехнически неоднородных конструкций в климатических условиях Республики Узбекистан. Кроме того, на необходимость этого исследования указывает и тот факт, что предложенные в КМК 2.01.04-2018 «Строительная теплотехника» [1] методики определения приведенного сопротивления с учётом потоков теплоты, распространяющихся нормально или параллельно внешним граням ограждения, дают расхождение в полученных значениях в пределах 25 %. Российские специалисты указывают, что методики СНиП, а следовательно и КМК, работают при соотношении коэффициентов теплопроводности каменной кладки и утеплителя ($\lambda_{\text{кам}}/\lambda_{\text{ут}}$) не более чем 10:1, а в противном случае рекомендуют воспользоваться расчётом с использованием температурных полей или с учётом удельных потерь теплоты плоскими, линейными и точечными неоднородностями [3, 4].

При строительстве зданий в Республике Узбекистан соблюдаются требования КМК [2], что предполагает устройство наружных ограждающих конструкций, содержащих в своей структуре значительное количество теплопроводных включений в виде железобетонных сердечников и поясов. Для расчёта приведённого сопротивления теплопередаче такой теплотехнически неоднородной наружной стены здания были применены две методики [5]: действующего в Узбекистане нормативного документа [1] и методика, основанная на применении значений удельных потерь теплоты через тепловые мостики [4].

В качестве объекта исследования была принята конструкция наружной стены здания с монолитным железобетонным каркасом, поэтажно опирающаяся на железобетонные перекрытия и представляющая собой кирпичную кладку толщиной 380 мм (слоями штукатурки пренебрегали).

Расчётная схема рассматриваемого фрагмента наружной стены представлена на рис. 1.

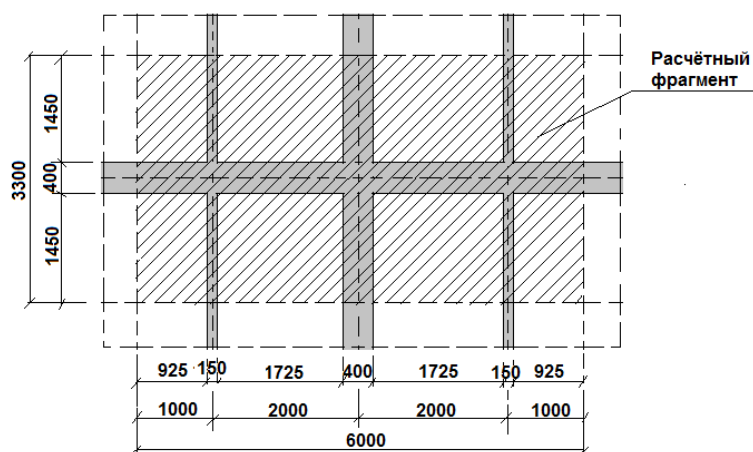


Рис. 1. Схема расчётного фрагмента стены жилого дома

Было установлено, что рассматриваемый фрагмент наружной стены содержит следующие узлы с теплопроводными включениями:

- узел 1. Примыкание наружной стены (железобетонный пояс) к междуэтажному перекрытию;

- узел 2. Примыкание наружной стены к рядовой колонне (сердечнику) и внутренней перегородке;

- узел 3. Примыкание наружной стены к рядовой колонне (сердечнику).

Геометрические и удельные геометрические показатели элементов стены с теплопроводными включениями представлены в табл. 1.

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 1.582	РИИЦ (Russia) = 3.939	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 9.035	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

Таблица 1. Геометрические характеристики узлов с теплопроводными включениями

Маркировка узла	Вид узла	Краткое описание узла	Геометрический показатель	Удельный геометрический показатель
1	Линейный горизонтальный	Примыкание наружной стены (железобетонный пояс) к междуэтажному перекрытию	6,0 m	0,3030 m/m ²
2	Линейный вертикальный	Примыкание наружной стены к рядовой колонне и внутренней перегородке	2,9 m	0,1465 m/m ²
3	Линейный вертикальный	Примыкание наружной стены к сердечнику	5,8 m	0,2929 m/m ²

Расчёт удельного потока теплоты, обусловленного рассматриваемым фрагментом стены, приведен в табл. 2. Удельные потери

теплоты через элементы стены определены при помощи компьютерной программы «TEMPER-3D».

Таблица 2

Элемент конструкции /№ узла	Удельный геом. показатель	Удельные потери теплоты, W/(m ² ·K)	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом, W/(m ² ·K)	Доля общего потока теплоты через фрагмент, %
Плоский элемент/-	$a=1 \text{ m}^2/\text{m}^2$	$U_1=1,4265$	1,4265	78,99
Линейный горизонтальный/1	$l_1=0,3030 \text{ m}/\text{m}^2$	$\Psi_1=0,577$	$\Psi_1 \cdot l_1=0,1748$	9,68
Линейный вертикальный/2	$l_2=0,1465 \text{ m}/\text{m}^2$	$\Psi_2=0,42$	$\Psi_2 \cdot l_2=0,0615$	3,4
Линейный вертикальный/3	$l_3=0,2929 \text{ m}/\text{m}^2$	$\Psi_3=0,489$	$\Psi_3 \cdot l_3=0,1432$	7,93
			$1/R_{np}=1,806$	100

В соответствии с выполненным расчётом приведенное сопротивление неоднородной стены жилого дома составило $R_{np}=0,554 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ при коэффициенте теплотехнической неоднородности $r=0,79$.

Этот же фрагмент стены был подвергнут тепловизионному обследованию, в результате которого была определена средняя температура на внутренней поверхности исследуемого фрагмента стены, которая составила плюс 13,9 °С. При этом наружная температура зафиксирована минус 2,7°С, а температура внутреннего воздуха в помещении квартиры - плюс 18 °С. Таким образом, фактическая величина приведённого сопротивления теплопередаче наружной стены здания составила:

$$R_o = \frac{t_b - t_n}{q_{\text{расч}}} = \frac{18 + 2,7}{8,7(18 - 13,9)} = 0,580 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right].$$

Коэффициент теплотехнической неоднородности $r=0,827$.

Расхождение в значениях приведённого сопротивления теплопередаче теплотехнически неоднородной наружной стены, полученных экспериментально и с применением значений удельных потерь теплоты через тепловые мостики, составило: $\Delta=(0,580 - 0,554) \cdot 100 \%/0,580=4,48 \%$.

По методике, приведенной в нормативном документе [1], были определены значения термических сопротивлений исследуемого фрагмента наружной стены жилого дома:

- при разрезании её параллельными тепловому потоку плоскостями R_a ;
- при разрезании её перпендикулярными тепловому потоку плоскостями R_b .

Принятая расчётная схема представлена на рис. 2.

Impact Factor:

ISRA (India)	= 6.317	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
ISI (Dubai, UAE)	= 1.582	РИИЦ (Russia)	= 3.939	PIF (India)	= 1.940
GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 9.035	IBI (India)	= 4.260
JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 7.184	OAJI (USA)	= 0.350

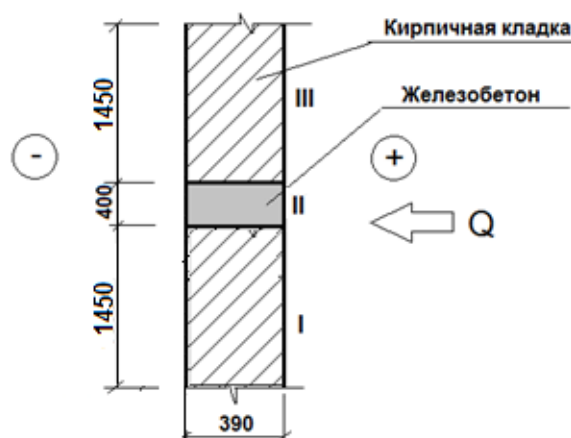


Рис. 2. Расчётная схема для определения приведенного термического сопротивления: I–III– участки, параллельные тепловому потоку; Q – тепловой поток

$$Ra = \frac{F_I + F_{II} + F_{III}}{\frac{F_I}{R_I} + \frac{F_{II}}{R_{II}} + \frac{F_{III}}{R_{III}}} = \frac{1,45 + 0,4 + 1,45}{\frac{1,45}{0,557} + \frac{0,4}{0,203} + \frac{1,45}{0,557}} = 0,46 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right].$$

$$Rb = \frac{\delta}{\lambda_{cp}} = \frac{0,39}{0,848} = 0,460 \left[\frac{m^2 \cdot C}{Вт} \right]$$

$$\lambda_{cp} = \frac{\lambda_I \cdot F_I + \lambda_{II} \cdot F_{II} + \lambda_{III} \cdot F_{III}}{F_I + F_{II} + F_{III}} = \frac{0,7 \cdot 1,45 + 1,92 \cdot 0,4 + 0,7 \cdot 1,45}{1,45 + 0,4 + 1,45} = 0,848 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right].$$

Таким образом $R_k^{np} = 0,460 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$.

Приведённое сопротивление теплопередаче наружной стены при этом составило:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_B} + R_k^{np} + \frac{1}{\alpha_H} = \frac{1}{8,7} + 0,46 + \frac{1}{23} = 0,618 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right],$$

Коэффициент теплотехнической неоднородности $r=0,88$.

Расхождение в значениях приведённого сопротивления теплопередаче теплотехнически неоднородной наружной стены, полученных экспериментально и теоретически по стандартной методике составило:

$$\Delta = (0,580 - 0,618) \cdot 100 \% / 0,580 = - 6,6 \%$$

Для того, чтобы установить, как влияет на точность методов определения приведённого сопротивления теплопередаче неоднородных наружных стен конструктивное решение ограждений были рассмотрены аналогичные

расчёты для здания с фасадным утеплением, при этом экспериментальные исследования температуры на наружной поверхности ограждений производились с помощью пирометра.

Исследовался аналогичный изученному многоэтажный жилой дом, у которого наружные стены, в отличие от исследованного ранее, утеплены с наружной стороны слоем утеплителя из базальтового волокна толщиной 8 см с расчетным коэффициентом теплопроводности $\lambda=0,042 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ (рис.3).

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 1.582	РИИЦ (Russia) = 3.939	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 9.035	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

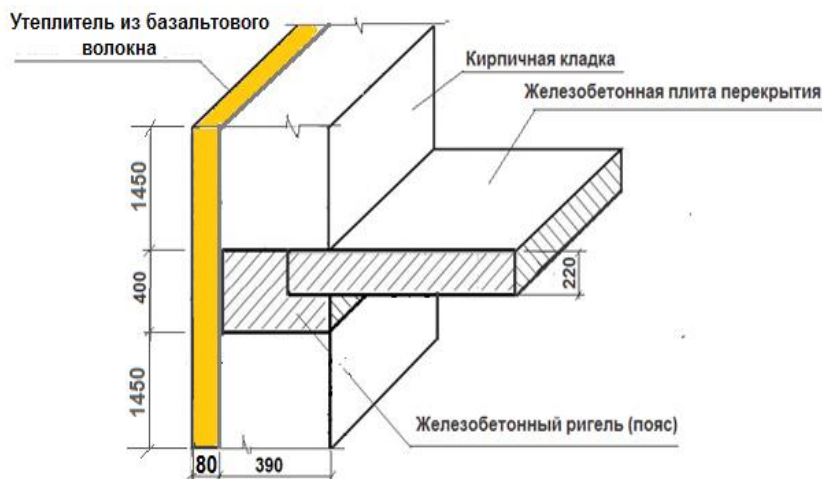


Рис. 3. Конструктивное решение наружной стены здания

Расчётная схема рассматриваемого фрагмента наружной стены аналогична ранее рассмотренному варианту и представлена на рис.1.

Было установлено, что рассматриваемый фрагмент наружной стены содержит следующие узлы с теплопроводными включениями:

- узел 1. Примыкание наружной стены (железобетонный пояс) к междуэтажному перекрытию;

- узел 2. Примыкание наружной стены к рядовой колонне и внутренней перегородке;
- узел 3. Примыкание наружной стены к рядовой колонне (сердечнику);
- узел 4. Точечный узел фасадного дюбеля системы утепления.

Геометрические характеристики узлов с теплопроводными включениями приведены в табл. 3.

Таблица 3. Геометрические характеристики узлов с теплопроводными включениями

Маркировка узла	Вид узла	Краткое описание узла	Геометрический показатель	Удельный геометрический показатель
1	Линейный горизонтальный	Примыкание наружной стены (железобетонный пояс) к междуэтажному перекрытию	6,0 m	0,3030 m/m ²
2	Линейный вертикальный	Примыкание наружной стены к рядовой колонне и внутренней перегородке	2,9 m	0,1465 m/m ²
3	Линейный вертикальный	Примыкание наружной стены к сердечнику	5,8 m	0,2929 m/m ²
4	Точечный	Дюбель для крепления фасадного утеплителя к стене	5х6х3,3=99 шт	5 шт/m ²

Расчёт удельного потока теплоты, обусловленного рассматриваемым фрагментом стены, приведен в табл. 4. Удельные потери

теплоты через элементы стены определены при помощи компьютерной программы «TEMPER - 3D».

Таблица 4

Элемент конструкции /№ узла	Удельный геом. показатель	Удельные потери теплоты, W/(m ² ·K)	Удельный пото теплоты, обусловленный элементом, W/(m ² ·K)	Доля общего потока теплоты через фрагмент, %
Плоский элемент/-	$a=1 \text{ m}^2/\text{m}^2$	$U_1=0,3831$	$aU_1=0,3831$	94,4

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 1.582	ПИИЦ (Russia) = 3.939	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 9.035	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

Линейный горизонтальный/1	$l_1=0,3030 \text{ м/м}^2$	$\Psi_1=0,028$	$\Psi_1 \cdot l_1=0,0085$	2,1
Линейный вертикальный/2	$l_2=0,1465 \text{ м/м}^2$	$\Psi_2=0,02$	$\Psi_2 \cdot l_2=0,0029$	0,7
Линейный вертикальный/3	$l_3=0,2929 \text{ м/м}^2$	$\Psi_3=0,023$	$\Psi_3 \cdot l_3=0,0067$	1,7
Точечный/ 4	$n_1=5/\text{м}^2$	$\chi_1=0,0008878$	$\chi_1 \cdot n_1=0,0044$	1,1
			$1/R_{np}=0,4056$	100

Значение сопротивления теплопередаче плоских теплотехнически однородных участков наружных стен составляет:

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,08}{0,042} + \frac{0,38}{0,70} + \frac{1}{23} = 2,61 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

В соответствии с выполненным расчётом приведённое сопротивление неоднородной стены жилого дома составило $R_{np}=2,46 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ при

коэффициенте теплотехнической неоднородности $r=0,942$.

Для сравнения был произведен расчет по методике, приведённой в нормативном документе [1].

Принятая расчётная схема представлена на рис. 4.

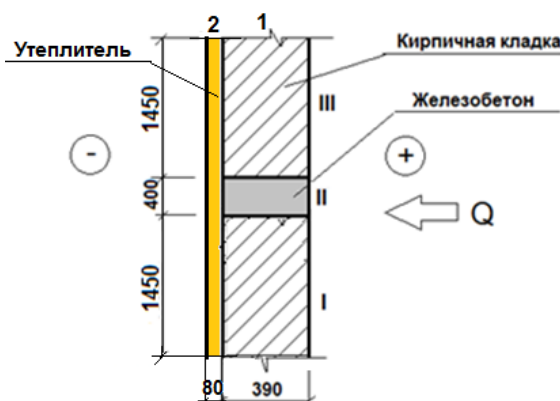


Рис. 4. Расчётная схема для определения приведенного термического сопротивления: 1 и 2 – участки, перпендикулярные тепловому потоку; I–III– участки, параллельные тепловому потоку; Q – тепловой поток

$$R_a = \frac{F_I + F_{II} + F_{III}}{\frac{F_I}{R'_I} + \frac{F_{II}}{R'_{II}} + \frac{F_{III}}{R'_{III}}} = \frac{1,45 + 0,4 + 1,45}{\frac{1,45}{2,448} + \frac{0,4}{2,102} + \frac{1,45}{2,448}} = 2,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$R'_I = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,38}{0,7} + \frac{0,08}{0,042} = 2,448 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} = R'_{III}$$

$$R'_{II} = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,38}{1,920} + \frac{0,08}{0,042} = 2,102 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$R_b = \frac{\delta_1}{\lambda_{cp}} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,38}{0,848} + \frac{0,08}{0,042} = 2,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$\lambda_{cp} = \frac{\lambda_I \cdot F_I + \lambda_{II} \cdot F_{II} + \lambda_{III} \cdot F_{III}}{F_I + F_{II} + F_{III}} = \frac{0,7 \cdot 1,45 + 1,92 \cdot 0,4 + 0,7 \cdot 1,45}{1,45 + 0,4 + 1,45} = 0,848 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

В результате расчёта определили, что $R_a=2,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) > R_0 = 2,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, но меньше, чем на 25 %.

Приведённое термическое сопротивление теплотехнически неоднородной наружной стены составило:

$$R_{np} = \frac{2,40 + 2 \cdot 2,35}{3} = 2,37 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}),$$

Приведённое сопротивление теплопередаче наружной стены при этом составило:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_B} + R_{np} + \frac{1}{\alpha_H} = \frac{1}{8,7} + 2,37 + \frac{1}{23} = 2,53 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Коэффициент теплотехнической неоднородности составил $r=0,97$.

Далее были проведены натурные исследования. На выделенный участок стены с наружной стороны была нанесена сетка с ячейками 10x10 см. В узлах сетки были проведены замеры температуры на поверхностях

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
ISI (Dubai, UAE) = 1.582
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
РИИЦ (Russia) = 3.939
ESJI (KZ) = 9.035
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

стенового ограждения с помощью пирометра в вечернее время с целью избегания воздействия на конструкцию прямого и отраженного солнечного света. Полученные результаты измерений обрабатывались и, путем усреднения, определялась температура на наружной поверхности стены здания, которая составила: +1,65 °С. При этом наружная температура воздуха зафиксирована +1,3 °С, а температура внутреннего воздуха составила +20,6 °С. Схема расположения точек и последовательность их нумерации на поверхности стены показаны на рис. 5.

Среднее значение температуры на поверхности фрагмента наружной стены здания

определяли как среднее арифметическое. Оно составило

$$T_{cp} = 1,648 \approx 1,65 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

В результате была определена фактическая величина приведённого сопротивления теплопередаче наружной стены здания, которая составила $R_0 = 2,40 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$. Коэффициент теплотехнической неоднородности составил $\gamma = 0,92$.

Расхождения в значениях приведённого сопротивления теплопередаче теплотехнически неоднородной наружной стены, полученных экспериментально и по двум использованным методам, составили соответственно: 2,5 % и 5,4 %.

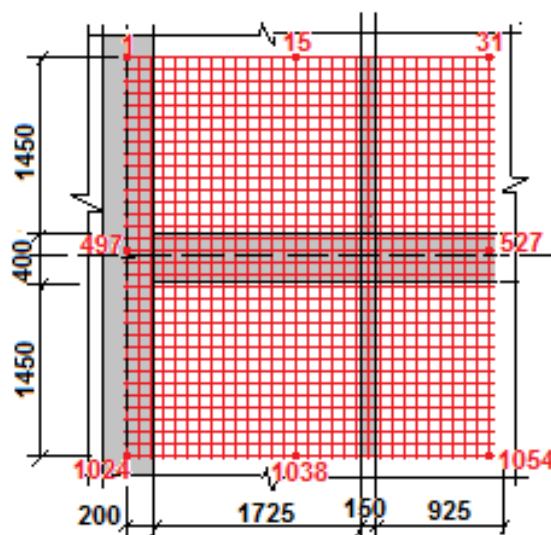


Рис. 5. Схема расположения точек на поверхности стены для замера температур при помощи пирометров.

Выполненные теоретические и экспериментальные исследования для двух конструктивных решений наружных стен зданий в климатических условиях Республики Узбекистан показали, что даже при рассмотрении наиболее теплотехнически однородных фрагментов наружной оболочки, метод определения приведенного термического сопротивления, основанный на учёте значений удельных потерь теплоты через теплопроводные включения, оказывается в 1,5-2,1 раза точнее метода, приведённого в нормативном документе. Кроме

того, основываясь на исследованиях, выполненных другими авторами [6,7,8,9,10,11], очевидно, что при рассмотрении полностью всей наружной оболочки здания, могли бы быть получены еще более явственные результаты, доказывающие целесообразность обязательного учёта значений удельных потерь теплоты ограждающих конструкций зданий. Это подтверждается тем фактом, что количество источников потерь теплоты при полном рассмотрении наружной оболочки здания будет значительно больше.

References:

1. (2019). *KMK 2.01.04-2018 Stroitel'naja teplotehnika*. Tashkent: AQATM.
2. (1996). *KMK 2.01.03-96 Stroitel'stvo v seismicheskikh rajonah*. Tashkent: AQATM.

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
ISI (Dubai, UAE) = 1.582
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
PIHII (Russia) = 3.939
ESJI (KZ) = 9.035
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

3. (n.d.). *TKP 45-2.04-43-2006 Stroitel'naja teplotehnika. Stroitel'nye normy proektirovanija*. Minsk, 20.
4. (2015). *SP 1325800.2015 Konstrukcii ograzhdaushhie zdaniy. Karakteristiki teplotehnicheskikh neodnorodnostej*. (p.67). Moscow: Minstroy Rossii.
5. Shhipacheva, E.V., & Komilova, M.K. (2019). Sovremennye metody rascheta teplozashhitnyh svojstv teplotehnicheski neodnorodnyh naruzhnyh sten zdaniy. «*Arhitektura. Stroitel'stvo. Dizajn*», - Tashkent, №1, pp.63 - 65.
6. (2016). *Katalog tehnicheskikh reshenij i udel'nyh poter` teploty (teplyyh mostikov) uzlov ograzhdaushhih konstrukcij zhilyh zdaniy*. PROON/GJeF «Uluchshenie jenergojeffektivnosti v sektore zhilishhnogo stroitel'stva Turkmenistana», p.39.
7. Tenpierik, M. (2008). Analiticheskaja model' dlja rascheta jeffektov teplovogo mosta v vysokojeffektivnom ograzhdenii zdaniya / M. Tenpierik, V. Van der Spoel', H. Kauberg. *Zhurnal stroitel'noj fiziki*, № 31, pp. 361-387.
8. Dek, F. (2001). Vlijanie 2D-modelirovanija teplyyh mostov na jenergojeffektivnost' zdaniy: chislennoe prilozhenie k kvartire Matissa / F. Dek, F. Oliv'e, Zh. Zh. Ru. *Jenergetika i zdaniya*, T. 33, №6, pp.583-587.
9. Ben Larbi, A. (2005). Statisticheskoe modelirovanie teploperedachi dlja teplyyh mostov zdaniy / A. Ben Larbi. *Jenergetika i stroitel'stvo*, T. 37, № 9, pp. 945-951.
10. Berggren, B. (2013). Raschet teplyyh mostov v ograzhdaushhih konstrukcijah (severnyh stran) - Risk nevypolnenija rezul'tatov iz-za neposledovatel'nogo ispol'zovanija metodologii / B. Berggren, M. Uoll. *Jenergetika i stroitel'stvo*, T. 65, pp. 331-339.
11. (2011). Problemy rascheta teplyyh mostov v dinamicheskikh uslovijah / K. Martin, A. Jekoreka, I. Flores, M. Odriozola [i dr.]. *Jenergetika i stroitel'stvo*, T. 43, Vypuski 2-3, pp. 529-535.