

ENGINEER



international scientific journal

SPECIAL ISSUE

E-ISSN

3030-3893

ISSN

3060-5172



SLIB.UZ
Scientific library of Uzbekistan



A bridge between science and innovation



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**

Tashkent state
transport university



ENGINEER

A bridge between science and innovation

E-ISSN: 3030-3893

ISSN: 3060-5172

SPECIAL ISSUE

24-april, 2025



engineer.tstu.uz

**MUHAMMADAMIN KABULOVICH TOHIROVNING TAVALLUDINING
80 YILLIGIGA BAG'ISHLANGAN
“SAMARALI QURILISH MATERIALLARI, KONSTRUKSIYALARI VA
TEXNOLOGIYALARI”
MAVZUSIDAGI XALQARO ILMIY-AMALIY KONFERENSIYASI
ILMIY ISHLARI TO'PLAMI**

Toshkent davlat transport universiteti Rossiya Arxitektura va qurilish fanlari akademiyasining akademigi, O'zbekiston Respublikasida xizmat ko'rsatgan yoshlar murabbiysi, texnika fanlari doktori, professor **Muhammadamin Kabulovich Tohirovning tavalludining 80 yilligiga bag'ishlangan “Samarali qurilish materiallari, konstruksiyalari va texnologiyalari”** mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya ilmiy ishlari to'plami chop etildi.

Muhammadamin Kabulovich kompozitsion qurilish materiallarining polistrukturaviy nazariyasini rivojlantirishga ulkan hissa qo'shgan olimdir. 1995-yilda Muhammadamin Kabulovich Rossiya Arxitektura va qurilish fanlari akademiyasining (RAASN) xorijiy a'zosi etib saylangan, bu esa ularning qurilish materialshunosligi sohasiga qo'shgan ilmiy hissasining xalqaro miqyosdagi e'tirofi bo'ldi. Ular o'z ilmiy faoliyati davomida 6 ta monografiya, 200 dan ortiq ilmiy maqola va 25 ta ixtiroga mualliflik guvohnomasi yaratganlar.

Ushbu konferensiyaning asosiy maqsadi – qurilish materialshunosligi, bino va inshootlarni loyihalash hamda qurilish sohasidagi zamonaviy ilmiy tadqiqotlar natijalarini muhokama qilish, shuningdek, muhandislik ta'limini takomillashtirish yo'llarini aniqlashdir.

Konferensiyada O'zbekiston Respublikasi hamda xorijiy mamlakatlarning oliy o'quv yurtlari va ilmiy-tadqiqot institutlari olimlari, shuningdek, muhim ilmiy tadqiqot natijalariga ega bo'lgan ishlab chiqarish vakillari o'z ilmiy ishlari bilan ishtirok etdilar.

“Samarali qurilish materiallari, konstruksiyalari va texnologiyalari” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyaning asosiy yo'nalishlari quyidagilardan iborat:

1. **Resurs va quvvatni tejaydigan qurilish materiallari va texnologiyalari** – zamonaviy ekologik va iqtisodiy talablarni qondirishga qaratilgan innovatsion yechimlar.
2. **Bino va inshootlarning qurilish konstruksiyalari, zamonaviy hisoblash va loyihalash usullari - muhandislik** va texnologik yechimlarni takomillashtirish yo'nalishlari.
3. **Arxitektura va shaharsozlik** – estetik va funksional jihatlarni uyg'unlashtirgan zamonaviy loyihalar yaratish.
4. **Zamonaviy muhandislik ta'limi tizimini takomillashtirish** – kelajak mutaxassislarini yuqori malakali darajada tayyorlash uchun ta'lim jarayonini modernizatsiya qilish.

Mazkur konferensiya ilmiy hamjamiyatning turli vakillarini bir joyga jamlab, qurilish materialshunosligi sohasidagi zamonaviy muammolar va istiqbollarni muhokama qilish uchun qulay platforma vazifasini bajardi.

Modeling of unsteady heat transfer processes in combined coatings

D.T. Sharipova¹, N.B. Rakhimova¹

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: Modeling of unsteady heat transfer processes in combined coatings is an important task for the development of efficient technologies and materials used in various industries such as mechanical engineering, energy, construction and others. Combined coatings are multi-layered structures that provide protection from external influences, improving the performance of materials.

Keywords: nonstationary heat transfer, combined coatings, multilayer structures, temperature fields, finite element method, thermal engineering characteristics, numerical methods, dynamic modeling, heat transfer, conduction, convection, radiation, temperature gradients, heat transfer, engineering materials, protection from external influences

О моделировании процессов нестационарного теплопереноса в совмещенных покрытиях

Шарипова Д.Т.¹, Рахимова Н.Б.¹

¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

Аннотация: Моделирование процессов нестационарного теплопереноса в совмещенных покрытиях является важной задачей для разработки эффективных технологий и материалов, применяемых в различных отраслях промышленности, таких как машиностроение, энергетика, строительство и другие. Совмещенные покрытия представляют собой многослойные структуры, которые обеспечивают защиту от внешних воздействий, улучшая эксплуатационные характеристики материалов.

Ключевые слова: нестационарный теплоперенос, совмещенные покрытия, многослойные структуры, температурные поля, метод конечных элементов, теплотехнические характеристики, численные методы, динамическое моделирование, теплопередача, кондукция, конвекция, радиация, температурные градиенты, теплообмен, инженерные материалы, защита от внешних воздействий

1. Введение

Современное строительство предъявляет высокие требования к теплоизоляционным характеристикам зданий, что обусловлено стремлением повысить энергоэффективность и комфорт эксплуатации. Важной частью этих требований является учет процессов теплопереноса, происходящих в различных конструктивных элементах зданий, особенно в совмещенных покрытиях, таких как крыши. Эти покрытия подвергаются значительному воздействию солнечной радиации, что приводит к увеличению тепловых нагрузок и может существенно повлиять на внутренний климат помещений, особенно в жаркое время года.

Исследования показывают, что воздействие солнечной радиации на горизонтальную поверхность значительно интенсивнее, чем на вертикальные ограждающие конструкции, такие как стены. Это объясняется тем, что горизонтальные элементы (кровля) получают максимальное количество солнечной энергии в течение дня, тогда как вертикальные конструкции частично защищены от прямых солнечных лучей.

2. Методология исследования

Поскольку воздействие потока солнечной радиации на горизонтальную поверхность оказывается более интенсивным, чем такое же воздействие на вертикальные ограждающие конструкции, то совмещенные крыши зданий испытывают тепловые нагрузки, значительно превышающие таковые, воздействующие на стены. Выполненные в [1] натурные наблюдения показали, что, например, асбофанерная крыша может нагреваться до 55-60 °С, а рубероидная запыленная - до 70 °С. В результате происходит перегрев верхних этажей эксплуатируемых зданий. Поэтому задача математического моделирования процессов нестационарного теплопереноса в совмещенных покрытиях представляется достаточно актуальной при термообновлении гражданских зданий.

Температурное поле внутри слоистой конструкции покрытия описывается дифференциальными уравнениями теплопроводности

$$\frac{\partial T_i}{\partial \tau} = a_i \frac{\partial^2 T_i}{\partial x^2}, \quad i=1,2,\dots,m, \quad (1)$$

условиями сопряжения на

стыке слоев

^a <https://orcid.org/0000-0003-1993-8165>

^b <https://orcid.org/0000-0002-2477-4516>

$$\lambda_i \frac{\partial T_i}{\partial x} = \frac{T_{i+1} - T_i}{R_{ki}} = \lambda_{i+1} \frac{\partial T_{i+1}}{\partial x}, \quad x = x_i, \quad \text{краевыми условиями:} \quad (2)$$

начальными

$$T_i = T_i(x), \quad \tau = 0, \quad (3)$$

и граничными

$$\left. \begin{aligned} -\lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial x} &= \alpha_{\text{вн}} (T_{\text{вн}} - T_1), \quad x = 0, \\ \lambda_m \frac{\partial T_m}{\partial x} &= q_k + q_{\text{рад.}} - q_{\text{рад.н.}}, \quad x = R_m. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

В правой части уравнения (4) представлены плотности тепловых потоков конвекцией

$$q_k = \alpha_{\text{вн}} [T_{\text{с}}(\tau) - T_m], \quad (5)$$

а также за счет поглощения солнечной радиации

$$q_{\text{рад.}} = \rho^* Q(\tau) \quad (6)$$

Наиболее сложной является задача определения $q_{\text{рад.н.}}$ — поверхностной плотности потока излучения применительно к покрытию, обращенному в сторону безоблачного неба. В процессе численного моделирования процессов теплопереноса в совмещенных покрытиях были рассмотрены два подхода в определении величины $q_{\text{рад.н.}}$.

Согласно первому способу, излучение «неба» не учитывается: в расчет берется только обратное излучение — от поверхности покрытия в соответствии с законом Стефана-Больцмана:

$$q_{\text{рад.н.}} = \varepsilon_{\text{пр}} \sigma_0 T_m^4 \quad (7)$$

Для практического использования теоретических результатов первостепенное значение имеет согласования последних с экспериментальными

результатами. Для их согласования во втором подходе использована связь, полученная С. В. Зоколеем в работе [2]:

$$q_{\text{рад.н.}} = \varepsilon_{\text{пр}} \cdot E \quad (8)$$

в которой $\varepsilon_{\text{пр}}$ обычно принимается равной 0,9. Поверхностная плотность потока излучения абсолютно черного тела E для плоского покрытия, согласно [2], составляет около 100 Вт/м².

Для решения задачи теплопереноса согласно модели (1) — (4) был применен разностный метод, реализованный в виде отдельной процедуры расчета нестационарных температур совмещенных покрытий в программном

$$\lambda_i \frac{\partial T_i}{\partial x} = \frac{T_{i+1} - T_i}{R_{ki}} = \lambda_{i+1} \frac{\partial T_{i+1}}{\partial x}, \quad x = x_i. \quad (9)$$

комплексе модели теплопереноса.

Для согласования теоретических и экспериментальных данных и оценки точности работы модели, необходимы данные натурных измерений. В качестве натурных данных были использованы результаты экспериментальных обследований, выполненных Е. А. Солдатовым [3] и И. С. Сухановым [4] (Бухара, климатический район III). Ниже приведено сопоставление результатов расчета и экспериментальных данных процесса нестационарного теплопереноса в совмещенном покрытии при радиационно-конвективном теплообмене на внешней поверхности (граничное условие (4)).

Физические параметры исследуемого совмещенного покрытия, представляющего собой многослойную конструкцию, состоящую из железобетонной плиты, керамзитового утеплителя, цементной стяжки и рулонного ковра приведены в табл. 1.

Таблица 1

Физические параметры совмещенной крыши и окружающей среды

Климатический район	δ , м	α , Вт/(м ⁰ С)	a , м ² /с	$t_{\text{вн}}$, °С	$\delta_{\text{вн}}$, Вт/(м ² . ⁰ С)	$\delta_{\text{н}}$, Вт/(м ² . ⁰ С)	$\alpha_{\text{пр}}$	α
III (г. Бухара)	Железобетонная плита			30	8,7	20	0,80	0,65
	0,1	1,92	$9,14 \cdot 10^{-7}$					
	Керамзитовый утеплитель							
	0,35	0,19	$3,77 \cdot 10^{-7}$					
	Цементная стяжка							
	0.03	0.76	$5.03 \cdot 10^{-7}$					

Суточные изменения температуры наружного воздуха $T_{\text{с}}(\tau)$, а также плотности теплового потока суммарной солнечной радиации $Q(\tau)$ в июле месяце брались по данным главы II. Величина термического контактного сопротивления между слоями R_k приравнивалась нулю. Предполагалось, что предшествующая длительность теплообмена настолько велика, что влияние начального распределения температуры (3) уже не проявляется. При $\tau = 0$ начальная температура описывалась ломаной кривой, характерной для стационарного состояния. Затем выполнялся расчет температурного поля последовательно в течение пяти суток при периодических изменениях $T(\tau)$ и $Q(\tau)$. Распределения нестационарных температур ограждения в период пятих суток принимались в качестве искомых.

Рассчитанные с помощью предлагаемого метода значения температур на наружной поверхности покрытия $T_{\text{н.пов}}(\tau)$, температур на наружной поверхности утеплителя $T_{\text{утепл}}(\tau)$ и внутренней поверхности конструкции $T_{\text{вн.пов}}(\tau)$ (потолка последнего этажа) представлены на рис. 1. На этом же рисунке также отображены экспериментальные значения соответствующих температур, полученные в результате натурных экспериментов, выполненных Е. А. Солдатовым и И. С. Сухановым [5,6].



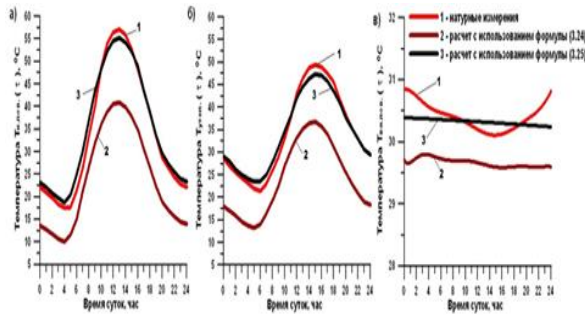


Рис. 1. Суточные колебания температуры элементов совмещенного покрытия: а) - наружной поверхности покрытия; б) – наружной поверхности утеплителя; в) – внутренней поверхности (потолка) конструкции

Анализ представленных на рис.1 результатов реализации модельного теплового переноса в рассматриваемой конструкции совмещенного покрытия

в сопоставлении с результатами натурных измерений, указывают на достаточно высокую точность расчета температурных распределений, а значит, приемлемо передают действительную картину теплового переноса. Количественные оценки точности работы модели (1) - (4) представлены в табл. 1. Приведенные в табл. 1 оценки точности расчета теплового переноса в конструкции совмещенного покрытия, прежде всего, показывают, что использование формулы (8) при определении поверхностной плотности потока излучения $q_{\text{рад.н.}}$ применительно к покрытию оказалось более точным, поэтому, в граничном условии (4) следует применять эту формулу. В целом модельные расчеты распределения температурного поля, как функции времени суток, элементов совмещенного покрытия (наружная поверхность покрытия, наружная поверхность утеплителя и внутренняя поверхность покрытия) оказались достаточно точными.

Таблица 2

Оценка точности модели теплового переноса в совмещенном покрытии

Время суток, час	Наружная поверхность покрытия					Наружная поверхность утеплителя					Внутренняя поверхность конструкции				
	Температура, °С														
	$T_{ни}$	T_1	$ \Delta_1 $	T_2	$ \Delta_2 $	$T_{ни}$	T_1	$ \Delta_1 $	T_2	$ \Delta_2 $	$T_{ни}$	T_1	$ \Delta_1 $	T_2	$ \Delta_2 $
0															
1															
2	22,1	13,7	8,4	23,2	1,1	28,6	18,0	10,6	29,2	0,5	30,8	29,7	1,1	30,3	0,5
3	21,0	12,7	8,3	22,1	1,1	26,9	17,0	9,9	27,9	1,0	30,8	29,7	1,1	30,3	0,5
4	19,8	11,8	8,0	20,8	1,0	25,5	16,0	9,5	26,2	0,6	30,7	29,7	1,0	30,4	0,3
5	18,4	10,8	7,6	19,8	1,4	24,3	14,7	9,6	25,1	0,8	30,6	29,8	0,8	30,4	0,2
6	17,5	10,1	7,4	18,8	1,3	23,1	13,7	9,4	24,1	1,0	30,5	29,8	0,6	30,4	0,1
7	17,7	11,6	6,1	20,5	2,8	21,9	13,3	8,6	23,5	1,6	30,5	29,8	0,6	30,5	0,0
8	21,5	15,2	6,3	25,1	3,6	21,5	14,1	7,4	23,7	2,2	30,5	29,7	0,8	30,4	0,1
9	26,3	21,1	5,2	30	3,7	23,0	16,3	6,7	25,1	2,1	30,4	29,7	0,6	30,4	0,0
10	33,4	26,6	6,8	36,8	3,4	25,8	19,3	6,5	27,8	2,0	30,4	29,7	0,6	30,4	0,0
11	40,1	31,8	8,3	43,4	3,3	29,2	22,6	6,6	31,2	2,0	30,3	29,7	0,6	30,4	0,0
12	48,6	36,0	12,6	48,2	0,3	33,3	27,0	6,3	34,8	1,5	30,3	29,7	0,6	30,3	0,0
13	54,0	38,9	15,1	52,4	1,6	37,8	30,5	7,3	38,2	0,4	30,3	29,7	0,6	30,3	0,0
14	56,4	40,5	15,9	54,6	1,8	43,1	33,3	9,8	42,0	1,1	30,1	29,7	0,4	30,3	0,0
15	57,1	40,9	16,2	55,3	1,8	46,6	35,3	11,3	44,6	2,0	30,1	29,6	0,5	30,3	0,0
16	55,9	39,9	16,0	54,2	1,7	48,8	36,5	12,3	46,4	2,4	30,1	29,6	0,5	30,3	0,0
17	52,6	37,8	14,8	52,1	0,5	49,4	36,8	12,6	47,3	2,1	30,1	29,6	0,5	30,3	0,0
18	48,2	35,0	13,2	48,9	0,6	48,9	35,7	13,2	47,0	1,9	30,2	29,6	0,5	30,3	0,0
19	43,4	30,6	12,8	43,7	0,3	47,5	34,0	13,5	45,9	1,6	30,2	29,6	0,5	30,3	0,0
20	38,7	26,5	12,2	38,9	0,1	45,6	31,4	14,2	43,6	2,0	30,2	29,6	0,5	30,2	0,0
21	33,4	22,3	11,1	33,6	0,2	41,8	28,4	13,4	41,1	0,6	30,3	29,6	0,6	30,2	0,1
22	28,7	18,9	9,8	29,6	0,9	38,3	25,5	12,8	37,7	0,5	30,4	29,6	0,7	30,2	0,1
23	26,4	17,0	9,4	27,2	0,8	35,2	22,9	12,3	35,3	0,0	30,4	29,6	0,7	30,3	0,0
24	24,4	15,7	8,7	25,6	1,2	33,0	20,9	12,1	33,0	0,0	30,6	29,6	1,0	30,3	0,3
вечерние	22,8	14,5	8,3	24	1,2	30,6	19,0	11,6	30,6	0,0	30,7	29,6	1,1	30,3	0,3
	22,2	14,0	8,2	23,4	1,2	29,5	18,4	11,1	29,5	0,0	30,8	29,6	1,2	30,3	0,5
Статистические	σ_1^2		σ_2^2			σ_1^2		σ_2^2			σ_1^2		σ_2^2		
	11,8		2,66			6,25		2,16			0,04		0,04		
	$ \Delta_1^{max} $		$ \Delta_2^{max} $			$ \Delta_1^{max} $		$ \Delta_2^{max} $			$ \Delta_1^{max} $		$ \Delta_2^{max} $		
	16,2		1,8			14,2		2,4			0,8		0,5		
	r_1		r_2			r_1		r_2			r_1		r_2		
	0.919		0.992			0.909		0.993			0.993		0.998		

Примечание: $T_{\text{ни}}$ – температура по результатам натурных измерений; T_1 – модельная температура, рассчитанная с использованием формулы (3.24); T_2 – модельная температура, рассчитанная с использованием формулы (3.25); $|\Delta|$ – абсолютная ошибка; σ^2 – дисперсия ошибки; $|\Delta^{\text{max}}|$ – максимальная абсолютная ошибка; r – коэффициент корреляции между натурными измерениями и рассчитанными температурами.

А принимая во внимание малое изменение температуры потолка $T_{\text{вн.пов}}(\tau)$ ($\sigma^2 = 0,04$), можно отметить значительную теплоустойчивость покрытия. В последнем случае, как видно из табл. 1, использование формул (7), (8) при расчете величины $q_{\text{рад.из}}$ практически, идентично. Это очевидный результат, ибо влияние внешнего потока излучения на внутреннюю поверхность ограждения очень мало.

На основании описанной выше модели теплового переноса были проведены численные эксперименты для различных климатических зон Узбекистана и других вариантов горизонтальных ограждающих конструкций, схема которых показана на рис.2. Рассматривались совмещенные покрытия для летних условий в г. Каракалпакия, г. Ташкент, г. Термез климатических зонах.

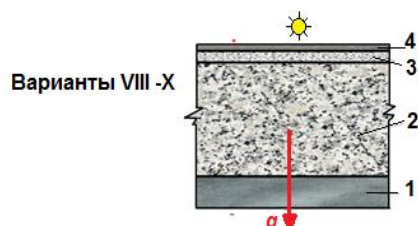


Рис. 2. Схема конструкции совмещенных покрытий:

1- железобетонная плита; 2-утеплитель; 3 – цементно-песчаная стяжка; 4 – гидроизоляционный ковер

Физические характеристики рассмотренных материалов ограждающих конструкций приведены в табл. 3.6.

На рис. 3. приведены распределения нестационарных температур наружной $T_{\text{н.пов}}(\tau)$ и внутренней $T_{\text{вн.пов}}(\tau)$ поверхностей покрытия, рассчитанные в соответствии с данными VI-IX вариантов (табл. 3). Здесь же изображены изменения температуры наружного воздуха $T_c(\tau)$ в течение суток для данного климатического района.

Как видно из приведенных на рис. 3. кривых, повышенные амплитуды суточных колебаний внешних тепловых воздействий практически не отражаются на изменении температуры внутренней поверхности конструкций $T_{\text{вн.пов}}(\tau)$.

Следовательно, рассмотренные совмещенные покрытия (VI-IX) можно оценить, как теплоустойчивые. При этом для различных видов утеплителей со значительным различием в коэффициенте теплопроводности (вариант VIII и IX, табл. 2) нестационарные температуры на внутренней поверхности ограждения по мере приближения к максимальному часу суток прогрева конструкции заметно увеличиваются, достигая максимальной величины (около градуса) в 16 часов (рис. 4, кривая разности).

Таблица 3

Физические параметры элементов покрытий, используемые как входные данные при численном моделировании

№ варианта	Материал	δ , м	λ , Вт/м·°C	α , м ² /с	$t_{\text{вн}}$, °C	$\varepsilon_{\text{пр}}$	ρ	R , м ² ·K / °C
Плита								
VI	Железобетон	0,10	1,92	$9,1 \cdot 10^{-7}$	23	0,9	0,7	3,302
VII	Железобетон	0,10	1,92	$9,1 \cdot 10^{-7}$	23	0,9	0,7	3,302
VIII	Железобетон	0,10	1,92	$9,1 \cdot 10^{-7}$	25	0,9	0,7	1,848
IX	Железобетон	0,10	1,92	$9,1 \cdot 10^{-7}$	25	0,9	0,7	1,469
Стяжка								
VI□ IX	Цементно-песчаный раствор	0,02	0,76	$5,03 \cdot 10^{-7}$	—	—	—	—
Гидроизоляция								
VI	Битум	0,02	0,27	$1,15 \cdot 10^{-7}$	—	—	—	—
VII□ □□X	Рубероидный ковер	0,01	0,17	$1,69 \cdot 10^{-7}$	—	—	—	—
Утеплитель								
VI	Вермикулит	0,20	0,067	$7,98 \cdot 10^{-7}$	—	—	—	—
VII	Плиты из стекловолна URSA	0,12	0,04	$7,94 \cdot 10^{-7}$	—	—	—	—
VIII	Пенобетон	0,17	0,11	$4,37 \cdot 10^{-7}$	—	—	—	—
IX	Плиты минераловатные	0,07	0,06	$7,14 \cdot 10^{-7}$	—	—	—	—

Условные обозначения: δ - толщина слоя; λ – коэффициент теплопроводности; α -коэффициент температуропроводности; $t_{\text{вн}}$ – температура в помещении; $\varepsilon_{\text{пр}}$ – приведенная степень черноты; ρ -коэффициент поглощения солнечной радиации; R – термическое сопротивление теплопередаче.



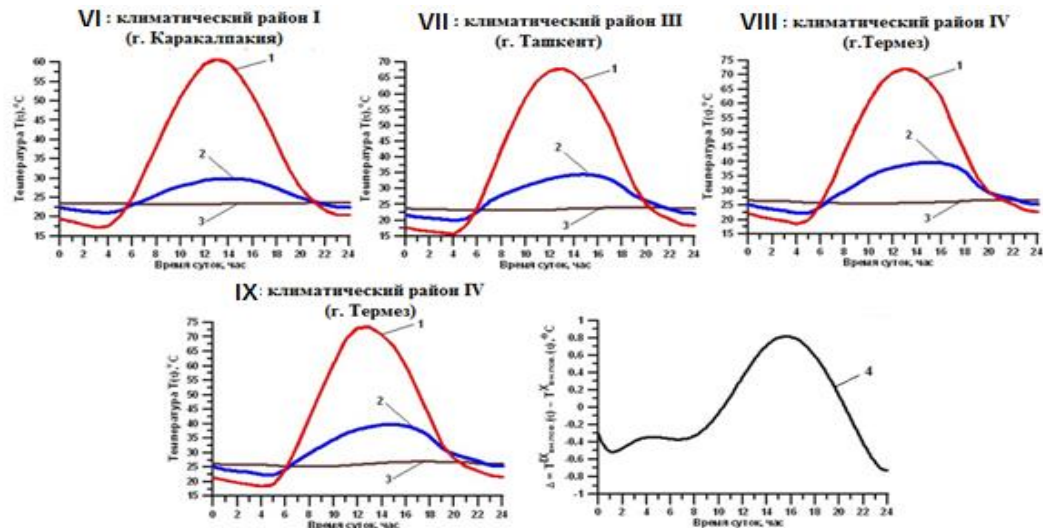


Рис. 3. Нестационарные температуры совмещенного покрытия:

1 – наружной поверхности; 2 – наружного воздуха; 3 – внутренней поверхности; 4 – разности температур внутренней поверхности, рассчитанных для утеплителей с различной теплопроводностью (варианты VIII и IX табл. 3).

На рис. 4. приведены величины плотностей тепловых потоков на наружной $q_{н.пов}$ и внутренней $q_{вн.пов}$ поверхностях ограждений (VI-IX), найденные на основе соотношения (4). Для иллюстрации на этих же рисунках показан суточный ход плотности теплового потока

суммарной солнечной радиации Q (τ). Сделанный ранее вывод о повышенной теплозащите покрытий (VI-IX), подтверждается слабыми колебаниями величины $q_{вн.пов}$.

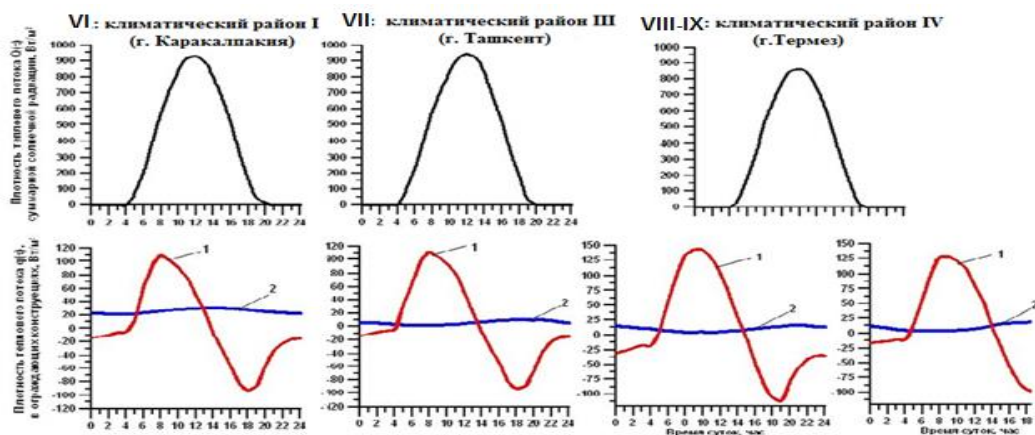


Рис. 4. Суточные изменения плотности теплового потока суммарной солнечной радиации (вверху) и плотности теплового потока на наружной (1) и внутренней (2) поверхности (внизу) совмещенного покрытия для вариантов VI-IX

Таким образом, рассмотренные результаты численного моделирования процессов теплопереноса в ограждающих конструкциях в летнее время на основе разработанного метода, наглядно продемонстрировали возможность приемлемой оценки теплоустойчивости ограждений. Варьируя теплофизическими параметрами, можно проводить исследования в различных строительных конструкциях – как в многослойных стенах, так и в совмещенных покрытиях, что дает простой инструмент инженерам - проектировщикам для решения практических оптимизационных проектных задач строительной физики.

3. Заключение

Предложен метод решения задачи нестационарной теплопроводности в многослойных строительных конструкциях с учетом результирующего излучения

между ограждением и окружающей средой. Для его численной реализации разработана программа «Расчет теплопереноса в многослойных строительных конструкциях с учетом солнечной радиации», позволяющая с высокой точностью определять температурные поля ограждений и плотности тепловых потоков на их наружных и внутренних поверхностях.

По результатам численных экспериментов установлены графические зависимости, характеризующие изменения температур и тепловых потоков типовых ограждающих конструкций при их лучисто-конвективном прогреве, показано влияние температуры наружного воздуха и интенсивности солнечной радиации на динамику тепловых режимов ограждений.

Было установлено, что окраска наружной поверхности ограждения составом с коэффициентом поглощения солнечной радиации 0,3 позволяет, по

сравнению с составом с коэффициентом поглощения 0,7, снизить температуру внутренней поверхности ограждающей конструкции на 15%.

Показано, что учет результирующего излучения между ограждением и окружающей средой при расчете величины температуры на внутренней поверхности ограждения повышает ее значение в среднем на (2 – 4)⁰C (3-16%), по сравнению с определенной по стандартной методике.

Подтверждена эффективность расположения слоя теплоизоляции с наружной стороны стены, при этом плотность теплового потока на наружной стороне ограждений западной и восточной ориентации минимальна и практически постоянна в течение суток.

Разработана методика расчета для оценки теплового режима и теплоустойчивости совмещенных покрытий при радиационно-конвективном теплообмене на внешней поверхности, позволяющая повысить точность определения на 5 – 8%.

Моделирование процессов нестационарного теплопереноса в совмещенных покрытиях является важным инструментом в проектировании современных зданий. Оно позволяет учитывать все ключевые факторы, влияющие на тепловой режим, и разрабатывать эффективные стратегии для уменьшения негативных последствий перегрева крыш. С учетом текущих тенденций в области строительства и изменения климата, такие исследования и решения становятся неотъемлемой частью разработки экологически чистых и энергоэффективных зданий.

Использованная литература / References

[1] Зоколей С. В. Архитектурное проектирование, эксплуатация объектов, их связь с окружающей средой. М.: Стройиздат, 1984. 670 с.

[2] Минькин Л.М., Дикий Г.Ф. Экспериментальные исследования тепловых режимов ограждений в летнее время// Инженерно-физический журнал, т.91, № 6 – С.12-20

[3] Солдатов Е. А. Наружные ограждения и тепловой режим зданий в условиях действия солнечной радиации. Ташкент: Фан, 1979. – 104с.

[4] Суханов И.С. Лучистая энергия солнца и архитектура – Ташкент: Фан, 1973. – 224 с.

[5] Е.В. Щипачева, Д.Т. Шарипова, Н.Б. Рахимова, С.С. Шаумаров; Тепловая защита зданий в климатических условиях: монография / под.общ. ред.

[6] Щипачевой Е.В., -Т.: Muxammad Poligraf, 2019 – 186с.

[7] Шарипова Д.Т. Методы естественного регулирования микроклимата помещений гражданских зданий в условиях жаркого климата / Вестник ТашИИТ. -2015.-№3/4.-С. 30-32.

[8] Е.В. Щипачева, Д.Т. Шарипова. К вопросу об ограждающих конструкциях зданий с повышенными теплозащитными свойствами // Архитектура и строительство Узбекистана.-2016.-№.4-5.-С. 84-86.

[9] Е.В. Щипачева, Шарипова Д.Т. К вопросу строительного-климатического районирования территории Узбекистана // Вестник ТашИИТ. -2017.-№2/3.-С. 23-27.

[10] Шарипова Д.Т. Определение потока солнечной радиации на ограждающие конструкции зданий // Вестник ТашИИТ. -2017.- №2/3.-С.41.

[11] Shipacheva E.V., Pirmatov R.X., D. T. Sharipova. Exploration of heat transmission method in external enclosing structures of buildings under impact of solar radiation in the republic of Uzbekistan // International Journal of Scientific and Technology Research, 2019, 8(12), 3415–3418.

Информация об авторах/ Information about the authors

Шарипова Дилафруз Тоуфуковна Ташкентский государственный транспортный университет доктор философии (PhD) по техническим наукам, доцент
Email: dilafruz1407@gmail.com
Tel.: +998909725578
<https://orcid.org/0000-0003-1993-8165>

Рахимова Назима Бахтиеровна Ташкентский государственный транспортный университет доктор философии (PhD) по техническим наукам, доцент
E-mail: nozima.rakhimova@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2477-4516>



G. Khalfin

A method for calculating the stability of a jointless track using the compression ratio of intermediate rail fasteners Pandrol Fastclip..159

A. Bondarenko, K. Lesov, T. Salakhov, M. Kenjaliev

Modelling of longitudinal forces in a rail track to assess the stability of a track without joints.....162

B. Rakhmanov, S. Razzakov

Deformation characteristics of polypropylene thread (p-1) for synthetic slings.....166

D. Sharipova, N. Rakhimova

Modeling of unsteady heat transfer processes in combined coatings.....171

3 section. Architecture and Urban Planning**E. Shchipacheva, N. Umarova**

Innovative approaches to architectural design of youth centers in the era of information society.....177

S. Shaumarov, D. Nurmukhamedova

Modern approaches to designing student dormitories: energy efficiency, functionality, and social environment.....185

K. Markabaeva

Digital technologies in urban planning: a development vector for Uzbekistan.....192

E. Urazkhanova

Energy efficiency of buildings: world experience and prospects for Uzbekistan.....196

Y. Turdibekov

Smart city: problems and solutions.....201

N. Yuling, G. Liubou

Transport route efficiency optimization: a new perspective integrating sustainable development and economic benefits.....206

4 section. Improvement of modern engineering education system**K. Makhsimov, A. Marupov**

Innovative approaches to teaching the “geotechnics” course for future civil engineers.....211