

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УТЕПЛИТЕЛЯ AUSTROTHERM С ОТДЕЛКОЙ ИЗ ЦЕМЕНТНО-ШЛАКОВОГО РАСТВОРА

В. П. Ярцев, В. А. Кузнецов

*Кафедра «Конструкции зданий и сооружений»,
Kuznetsov_Vladislav_Andreevich@mail.ru ;
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия*

Ключевые слова: сопротивление теплопередаче; тепловая защита; тепловые потери; термическое сопротивление; утеплитель; цементно-шлаковый раствор.

Аннотация: Выбраны основные материалы для дополнительного утепления и наружной отделки стеновой панели здания. Все элементы модернизации соответствуют требованиям энергоэффективности и экологичности. Выполнен расчет теплопотерь каркасно-панельного дома с дополнительным утеплением Austrotherm и отделкой из цементно-шлакового раствора и проведено сравнение по теплотехническим показателям в северном и южном регионах России.

Каркасно-панельный дом состоит из плит цокольного перекрытия, на которые опирается антисептированный опорный брус, среднеразмерных стеновых панелей, плит междуэтажного перекрытия, собранных на производстве АО «ТАМАК», антресоли и элементов крыши.

Панель (цокольная, междуэтажная, стеновая) представляет собой деревянный каркас, выполненный из хвойных пород дерева, негорючего утеплителя из минераловатных плит Isoroc (Изолайт или Isover) различной толщины и плотности, и обшивки из цементно-стружечных плит (ЦСП). Данные панели весьма просты в монтаже, легкие, прочные, теплые и экологически чистые [1].

Каркас изготавливается из сосны, поставляемой с Урала и Сибири. Пиломатериал проходит строгий входящий контроль, автоматическую калибровку, сортировку и промышленную сушку. В готовых конструкциях сухой пиломатериал не подвергается гниению [2].

В стеновых панелях применяется утеплитель из негорючей базальтовой минераловатной плиты Изолайт, он обладает необходимой плотностью (60 кг/м^3) и жесткостью, исключаящие его осаживание. Для северных регионов общая толщина утепления наружных стен составляет не менее 200 мм. ISOROC относится к классу материалов повышенной биостойкости. Материал не подвержен воздействию насекомых и гниению [3].

Обшивка из ЦСП идеально подходит для стеновых панелей с деревянным каркасом. Цементно-стружечные плиты имеют преимущества перед рядом других листовых строительных материалов: ориентировано-стружечная плита (ОСП), стекломатный лист (СМЛ), древесно-стружечная плита (ДПС) и т.д. Материал

весьма плотный (1100...1400 кг/м³), с удельной теплоемкостью 1,15 кДж/(кг·°С), дышащий паропроницаемый материал (0,03 мг/(м·ч·Па)). Данный элемент имеет IV степень огнестойкости. Индекс распространения пламени – нулевой (пламя по поверхности не распространяется), предел огнестойкости – 50 мин, группа дымообразующей способности – Д (токсичные газы и пары не выделяются). Устойчив к гниению, с хорошей звукоизоляцией, водоустойчив, гарантийный срок службы 50 лет [4, 5].

Утеплитель из пенополистирола Austrotherm (Польша) толщиной 160 мм, с параметрами: EPS-EN 13163-L3-A2-T1-S2-P3-DS (N) 2-DS (70,-) 1-TR150-BS100, Lambda 0.031 W/mK. Утеплитель крепится к панели при помощи органического клея фирмы STO.

Цементно-шлаковый раствор, толщиной 7 мм. Это вяжущий гидравлический компонент, производимый посредством измельчения цементного клинкера, шлака в гранулах (20 – 80 %, но оптимально 50 %) и гипса (максимум 5 %). Обладает коррозионной стойкостью на высоком уровне, повышенным показателем морозостойкости, сравнительно низкой температурой тепловыделения.

Сравнительные расчеты теплотерь наружных стеновых панелей в городах Агата и Сочи проводились в программе SmartCalc. Для расчета приняты следующие данные: стандартная стеновая панель «ТАМАК» (ЦСП толщиной 12 мм, пароизоляционная мембрана толщиной 0,1 мм, утеплитель из минеральной каменной ваты плотностью 45...75 кг/м³, толщиной 150 мм, ЦСП толщиной 12 мм), Austrotherm $\gamma = 125$ кг/м³ – 160 мм, цементно-шлаковый раствор 1400 кг/м³ – 7 мм. Слои конструкции (внутри–снаружи) представлены на рис. 1.

Тепловая защита для городов Сочи и Агата представлена в табл. 1 [6].

Результаты расчета стандартной стеновой панели «ТАМАК» с дополнительным утеплением Austrotherm и отделкой из цементно-шлакового раствора для городов Сочи и Агата приведены в табл. 2 (слои – см. рис. 1).

Термические сопротивления для городов Сочи и Агата, (м²·°С)/Вт, соответственно: $R_a - 5,66$ и $6,17$; $R_{\sigma} - 5,08$ и $5,62$; ограждающей конструкции – $5,27$ и $5,80$. Сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции R соответственно – $5,43$ и $5,96$.

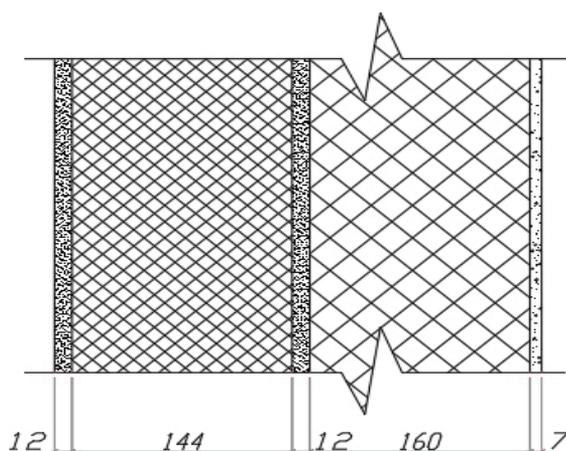


Рис. 1. Слои конструкции (внутри–снаружи):

- 1 – ЦСП (внутри) – 12 мм; 2 – пароизоляционная мембрана – 0,2 мм;
- 3 – минеральная (каменная) вата 45...75 кг/м³ – 144 мм; 4 – ЦСП (снаружи) – 12 мм;
- 5 – Austrotherm $\gamma=125$ кг/м³ – 160 мм; 6 – цементно-шлаковый раствор 1400 кг/м³ – 7 мм

Таблица 1

Тепловая защита для городов Сочи и Агата

Показатель	Сочи	Агата
Температура холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92, °С	-2	-53
Продолжительность отопительного периода, сут.	94	292
Средняя температура воздуха отопительного периода, °С	6,6	-16,6
Условия эксплуатации помещения	Б	А
Число градусо-суток отопительного периода (ГСОП), °С·сут.	1260	10979
Санитарно-гигиенические требования R_c , (м ² ·°С)/Вт	0,63	2,13
Нормируемое значение поэлементных требований R_z , (м ² ·°С)/Вт	1,16	3,30
Базовое значение поэлементных требований R_T , (м ² ·°С)/Вт	1,84	5,24

Таблица 2

Результаты расчета тепловой защиты для городов Сочи и Агата

Материал	λ , Вт/(м ² ·°С)	R , (м ² ·°С)/Вт	T_{max} , °С	T_{min} , °С
ЦСП (внутри)	$\frac{0,26}{0,23}$	0,05	19,50	19,30
Пароизоляционная мембрана	0	0,00	19,30	19,30
Минеральная вата 44...75 кг/м ³	$\frac{0,043}{0,038}$	$\frac{3,35}{3,79}$	19,30	$\frac{4,30}{3,70}$
Каркас из сосны и ели с шагом 600 мм, сечением 144×70 мм	$\frac{0,18}{0,14}$	$\frac{0,80/1,90}{1,03/2,30}$	–	–
ЦСП (снаружи)	$\frac{0,26}{0,23}$	0,05	$\frac{4,30}{3,70}$	$\frac{4,00}{3,40}$
Austrotherm $\gamma = 125$ кг/м ³	$\frac{0,06}{0,05}$	$\frac{3,08}{3,20}$	$\frac{4,00}{3,40}$	-9,80
Цементно-шлаковый раствор 1400 кг/м ³	$\frac{0,64}{0,52}$	0,01	-9,80	-9,80

Пр и м е ч а н и е . В числителе – данные для г. Сочи, в знаменателе – г. Агата; показатели сопротивления теплопередачи каркаса стеновой панели для городов Сочи и Агата соответственно 1,90 и 2,30.

Как видно из результатов расчета, стеновая панель «ТАМАК» с дополнительным наружным утеплением Austrotherm и отделкой из цементно-шлакового раствора в обоих случаях удовлетворяет требованиям теплозащиты согласно ГОСТ 26254–84 «Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций» [7].

Защита стеновой панели с дополнительным утеплением Austrotherm и отделкой из цементно-шлакового раствора

Расчет координаты плоскости максимального возможного увлажнения для городов Сочи «А» и Агата «Б» представлен на рис. 2.

Послойный расчет защиты от переувлажнения в городах Сочи и Агата представлен в табл. 3.

По графику и результатам расчета видно, что во всех вариантах в ограждающей конструкции переувлажнение невозможно. Конструкция полностью удовлетворяет требованиям от переувлажнения.

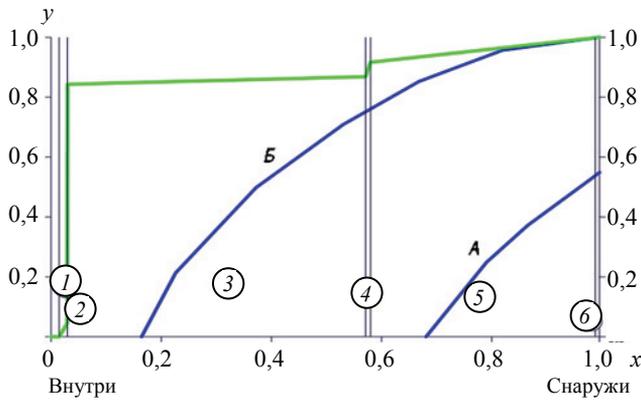


Рис. 2. Координата плоскости максимального возможного увлажнения для городов Сочи «А» и Агата «Б» (слой 1 – 6, см. рис. 1)

Таблица 3

Послойный расчет защиты от переувлажнения для городов Сочи и Агата

Материал	μ	$R_{п. в.}$ ($m^2 \cdot ^\circ C$)/Вт	$R_{п. тр1}$, ($m^2 \cdot ^\circ C$)/Вт	$R_{п. н.}$ ($m^2 \cdot ^\circ C$)/Вт	$R_{п. тр2}$, ($m^2 \cdot ^\circ C$)/Вт
ЦСП (внутри)	0,03	0,00	0,00	0,40	0,00
Пароизоляционная мембрана	NaN	0,00	0,00	7,00	0,00
Минеральная вата 44...75 кг/м ³	0,62	7,63	<u>1,17</u> 0,66	0,23	<u>0,00</u> 2,23
ЦСП (снаружи)	0,03	0,00	0,00	0,40	0,00
Austrotherm $\gamma = 125$ кг/м ³	0,23	<u>8,73</u> 8,56	<u>0,06</u> 0,88	0,70	<u>0,00</u> 185,28
Цементно-шлаковый раствор 1400 кг/м ³	0,11	0,00	0,00	0,06	0,00

Примечание. В числителе – данные для г. Сочи, в знаменателе – г. Агата; $R_{п. тр1}$, $R_{п. тр2}$ – показатели требуемого сопротивления теплопередаче стеновой внутри и снаружи соответственно.

Тепловые потери ограждающей конструкции для городов Сочи и Агата

Рассчитанные тепловые потери ограждающей конструкции для городов Сочи «А» и Агата «Б» представлены на рис. 3.

Потери тепла в час Q в зависимости от изменения сопротивления теплопередаче в городах Москва и Сочи представлены в табл. 4.

Из полученных результатов следует, что потери тепла за отопительный сезон для данной конструкции в городах Сочи и Агата составляют соответственно 5,57 и 43,02 кВт·ч.

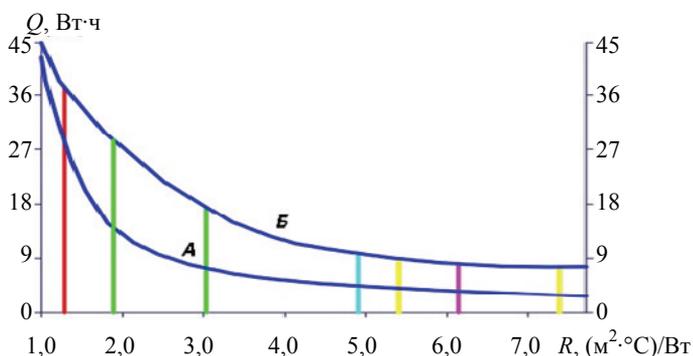


Рис. 3. Тепловые потери ограждающей конструкции для г. Сочи «А» и Агата «Б»

Таблица 4

Потери тепла в час при изменении сопротивления теплопередаче для городов Сочи и Агата

Сопротивление теплопередаче	R , (м ² ·°С)/Вт	$\pm R$, %	Q , Вт·ч	$\pm Q$, Вт·ч
Санитарно-гигиенические требования R_c	<u>0,63</u> 2,13	<u>-88,36</u> -64,34	<u>34,80</u> 34,33	<u>30,75</u> 22,09
Нормируемое значение поэлементных требований R_3	<u>1,16</u> 3,30	<u>-78,64</u> -44,61	<u>18,97</u> 22,10	<u>14,92</u> 9,86
Базовое значение поэлементных требований R_T	<u>1,84</u> 5,24	<u>-66,10</u> -12,07	<u>11,95</u> 13,92	<u>7,90</u> 1,68
Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции R	<u>5,43</u> 5,96	0,00	<u>4,05</u> 12,24	0,00
$R + 10\%$	<u>5,97</u> 6,56	10,00	<u>3,68</u> 11,13	<u>-0,37</u> -1,11
$R + 25\%$	<u>6,79</u> 7,45	25,00	<u>3,24</u> 9,79	<u>-0,81</u> -2,45
$R + 50\%$	<u>8,15</u> 8,94	50,00	<u>2,70</u> 8,16	<u>-1,35</u> -4,08
$R + 100\%$	<u>10,86</u> 11,92	100,00	<u>2,03</u> 6,12	<u>-2,03</u> -6,12

Примечание. В числителе – данные для г. Сочи, в знаменателе – г. Агата.

Список литературы

1. Молчанова, Я. П. Современные требования к продукции, используемой в строительстве: стандарт в области окружающей среды и устойчивого развития / Я. П. Молчанова, М. А. Вартанян, Е. М. Аверочкин // Сб. материалов XI Всероссийской науч.-практ. конф. «Управление качеством», 12–13 марта 2012 г., Москва. – М., 2012. – С. 180–181.
2. ГОСТ 11047–90 Детали и изделия деревянные для малоэтажных жилых и общественных зданий. Технические условия. – Взамен ГОСТ 11047–72, ГОСТ 4.232–84. – Введ. 1991-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 12 с.
3. Литвинова, А. Экологичные материалы для строительства. – Текст : электронный / А. Литвинова // Nature Time. – URL : <https://nature-time.ru/2013/12/ekologichnyie-materialyi-v-stroitelstve/> (дата обращения: 17.12.2019).
4. ГОСТ 26816–86 Плиты цементно-стружечные. Технические условия. – Введ.- 1986-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 20 с.
5. Ярцев, В. П. Прочность и долговечность цементно-стружечных плит / В. П. Ярцев // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2000. – Т. 6, № 1. – С. 137 – 147.
6. Свод правил СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий // Минрегион России. – Введ. 2013-07-01. – М. : ООО «Аналитик», 2012. – 95 с.
7. ГОСТ 26254–84 Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. – Введ. 1985-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 27 с.

Effect of Climate on Thermophysical Properties of Austrotherm Insulation with a Cement Slag Finish

V. P. Yartsev, V. A. Kuznetsov

*Department of Construction of Buildings and Structures,
Kuznetsov_Vladislav_Andreevich@mail.ru; TSTU, Tambov, Russia*

Keywords: heat transfer resistance; thermal protection; heat loss; thermal resistance; insulation; cement slag solution.

Abstract: The basic materials for additional insulation and exterior decoration of the wall panel of the building were selected. All materials meet the requirements of energy efficiency and environmental friendliness. Calculation of the heat loss of the frame-panel house with additional Austrotherm insulation and finishing from cement-slag mortar, and a comparison of the thermal performance in the northern and southern regions of Russia are made.

References

1. Molchanova Ya.P., Vartanyan M.A., Averochkin Ye.M. *Sbornik materialov XI Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Upravleniye kachestvom»* [Collection of materials of the XI All-Russian Scientific - practical conference "Quality Management"], 12-13 March, 2012, Moscow, 2012, pp. 180-181. (In Russ.)
2. GOST 11047–90 *Detali i izdeliya derevyannyye dlya maloetazhnykh zhilykh i obshchestvennykh zdaniy. Tekhnicheskkiye usloviya* [GOST 11047–90 Details and wooden products for low-rise residential and public buildings. Technical conditions], Moscow: Izdatel'stvo standartov, 1990, 12 p. (In Russ.)

3. <https://nature-time.ru/2013/12/ekologichnyie-materialyi-v-stroitelstve/> (accessed 17 December 2019).

4. *GOST 26816–86 Plity tsementno-struzhechnyye. Tekhnicheskiye usloviya* [GOST 26816–86 Cement bonded particleboards. Technical conditions], Moscow: Izdatel'stvo standartov, 1986, 20 p. (In Russ.)

5. Yartsev V.P. [Strength and durability of cement-bonded particle boards], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2000, vol. 6, no. 1, pp. 137-147. (In Russ., abstract in Eng.)

6. *Svod pravil SP 50.13330.2012 Teplovaya zashchita zdaniy* [Code of rules SP 50.13330.2012 Thermal protection of buildings], Moscow: OOO «Analitik», 2012, 95 p. (In Russ.)

7. *GOST 26254–84 Zdaniya i sooruzheniya. Metody opredeleniya soprotivleniya teploperedache ograzhdayushchikh konstruktsiy* [GOST 26254–84 Buildings and structures. Methods for determining the heat transfer resistance of building envelopes], Moscow: Izdatel'stvo standartov, 1984, 27 p. (In Russ.)

Einfluss der klimatischen Einflüsse auf die thermophysikalischen Eigenschaften der Austrotherm-Dämmung mit Zementschlackenmörtel

Zusammenfassung: Es sind die Grundmaterialien für die zusätzliche Dämmung und Außendekoration der Wandplatte des Gebäudes ausgewählt. Alle Elemente der Modernisierung entsprechen den Anforderungen an Energieeffizienz und Umweltfreundlichkeit. Es ist die Berechnung des Wärmeverlustes des Rahmenplattenhauses mit zusätzlicher Austrotherm-Isolierung und Veredelung aus Zementschlackenmörtel erfüllt und der Vergleich der Wärmeleistung in den nördlichen und südlichen Regionen Russlands ist durchgeführt.

Influence de l'action climatique sur les propriétés thermiques et physiques de l'isolant Austrotherm avec une finition en mortier de ciment et de laitier

Résumé: Sont sélectionnés les matériaux de base pour l'isolation supplémentaire et la décoration extérieure du panneau mural du bâtiment. Tous les éléments de la modernisation répondent aux exigences de l'efficacité énergétique et au respect de l'environnement. Est réalisé le calcul des pertes de chaleur de la maison à ossature préfabriquée avec une isolation supplémentaire Austrotherm et une finition de mortier de ciment et de scories. Est effectuée une comparaison des indicateurs thermiques dans les régions du Nord et du Sud de la Russie.

Авторы: *Ярцев Виктор Петрович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Конструкции зданий и сооружений»; *Кузнецов Владислав Андреевич* – аспирант кафедры «Конструкции зданий и сооружений», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.

Рецензент: *Монастырев Павел Владиславович* – доктор технических наук, профессор, директор института архитектуры, строительства и транспорта, ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.