УДК 697.1: 699.865

# ИССЛЕДОВАНИЕ И СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАРКАСНО-ЩИТОВЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

### Шалагин И.Ю., Куриленко Н.И.

ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет», Тюмень, e-mail: igor-shalagin@mail.ru, kurilenkoni@mail.ru

Настоящая статья посвящена исследованию эффективности ограждающих конструкций, возведенных по каркасно-щитовой технологии. В результате обследования ограждающих конструкций было установлено, что для условий наружной температуры наиболее холодной пятидневки г. Тюмени температуры на внутренних поверхностях в местах расположения вертикальных стоек возведенных ограждающих конструкций не будут соответствовать требованиям санитарно-гигиенических норм по максимальному температурному перепаду между внутренним воздухом и внутренней поверхностью стены, который составляет не более 4°С. Исходя из полученных экспериментальных данных было принято решение модернизации ограждения на основании расчетов температурных полей различных конструкций и вариантов расположения вертикальных стоек. Расчеты температурных полей показали, что минимальный разброс температур на внутренней поверхности ограждения будет у конструкции с вертикальными стойками из деревянного двутавра, расположенными в шахматном порядке с четырьмя слоями минеральной ваты.

Ключевые слова: температура внутренней поверхности, температурное поле, тепловизионное обследование

# RESEARCH AND WAYS TO IMPROVE FRAME-PANEL FENCCING STRUCTURES Shalagin I.Y., Kurilenko N.I.

Tyumen State University of Architecture and Civil Engineering, Tyumen, e-mail: igor-shalagin@mail.ru, kurilenkoni@mail.ru

This article is devoted to research the effectiveness of walling erected on the frame-panel technology. A survey of walling was found that the conditions for the external temperature of the coldest five-day week in Tyumen, the temperature on the inner surfaces in the locations uprights erected walling will not comply with sanitary standards for the maximum temperature difference between the inside air and the inner surface walls, which is not more than 4°C. Based on the experimental data, it was decided on the basis of the modernization of fencing calculation of temperature fields of different designs and layout options uprights. Calculations of temperature fields showed that the most minimal temperature variations on the inner surface of the fence will have the structure with vertical uprights of wood I beam staggered with four layers of mineral wool.

Keywords: interior surface temperatures, temperature field, thermal imaging inspection

С древних времен древесина являлась одним из основных материалов при индивидуальном домостроении. Деревянные дома имеют ряд положительных свойств: экологичность, морозостойкость, долговечность, низкий коэффициент теплопроводности, шумоизоляция.

В настоящее время в нашей стране при строительстве индивидуальных жилых домов стали интенсивно применять каркаснощитовую технологию домостроения. Данная технология обеспечивает значительную экономию на трудозатратах при изготовлении узлов и монтаже зданий, сокращение сроков строительства, снижение массы зданий, снижение расходов на перевозку конструкций.

Ограждающие конструкции при данном виде строительства перестали нести на себе нагрузку и, следовательно, стали менее массивными. В составе таких ограждений стали использоваться высокопористые материалы с меньшим коэффициентом теплопроводности. Для исследования эффективности применяемых ограждающих конструкций, возведенных по каркасно-щитовой технологии были

проведены натурные исследования на одном из вновь возведенных индивидуальных жилых домов. Конструкция наружных стен обследуемого объекта представлена на рис. 1.

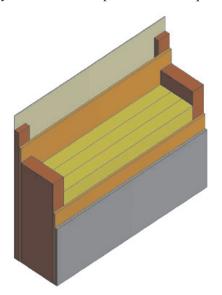


Рис. 1. Фрагмент конструкции стены

Деревянные стойки (сосна) сечением 50×150 мм расположены на расстоянии 600 мм друг от друга. Между вертикальными стойками располагаются горизонтальные деревянные бруски (сосна) сечением 50×150 мм. В пролет между стойками укладываются три слоя минеральной ваты плотностью  $50 \text{ кг/м}^3$ , толщиной 50 мм, с коэффициентом теплопроводности равным  $0.039 \, \text{BT/(M} \cdot ^{\circ}\text{C})$ . Укладка производится в шахматном порядке для исключения сквозных швов. С внутренней стороны утеплитель закрывается пароизоляционным слоем марки «Изоспан В». Поверх пароизоляционного слоя к стойкам на саморезы крепятся листы из ориентированно-стружечной плиты (далее ОСП) толщиной 9,5 мм коэффициентом теплопроводности  $0.15 \, \text{Br/(M} \cdot ^{\circ}\text{C})$ . Внутренняя отделка выполнена гипсокартонными листами толщиной 12,5 мм, с коэффициентом теплопроводности 0,15 Bт/(м·°C). Швы между гипсокартонными листами заполнены шпатлевкой. С наружной стороны утеплитель закрывается ОСП-листами. На ОСП-листы укладывается ветрозащитная пленка марки «Изоспан А». Поверх ветрозащитной пленки в местах расположения вертикальных стоек крепятся вертикальные деревянные бруски (сосна) сечением 50×20 мм, к которым крепится виниловый сайдинг.

Для получения полей температур на внутренних поверхностях ограждающих конструкцие было выполнено тепловизионное обследование в соответствии с [3]. Исследование было проведено в отопительный период, когда температура внутреннего воздуха составляла 22,3°C, относительная влажность составляла 24,2%. Температура наружного воздуха на момент обследования

составляла минус 8,6°C. На рис. 2 представлено температурное поле фрагмента стенового ограждения.

Как видно из рис. 2, в местах расположения вертикальных и горизонтальных брусков имеются зоны пониженных температур (до 18,7°C), что свидетельствует о сниженных теплозащитных свойствах смонтированного ограждения. Зоны пониженных температур в местах расположения деревянных брусков обусловлены тем, что материал брусков имеет непосредственный контакт с внутренней и наружной поверхностями ограждающей конструкции. Иными словами, деревянные бруски выполняют функции мостиков холода шириной 50 мм. Такой температурный режим ограждающих конструкций удовлетворяет требованиям табл. 5 [4] по условию максимального перепада (4°C) между температурой внутреннего воздуха (22,3°C) и внутренней поверхности стены (18,7°С). Следует отметить, что согласно [4] при расчете нормативного сопротивления теплопередаче принимается средняя температура наружного воздуха для периода со среднесуточной температурой не более 8°C, которая для условий г. Тюмени составляет минус 7,2°C.

Для сравнения фактических полей распределения температур был выполнен расчет данной конструкции в программе Elcut 6.1. При выполнении расчета, принимая во внимание тот факт, что натурное обследование было выполнено после небольшого промежутка времени после строительства здания, теплопроводность материала дерева была принята равной 0,457 Вт/(м·°С) при влажности материала дерева не более 30% [5]. Расчетное температурное поле представлено на рис. 3.

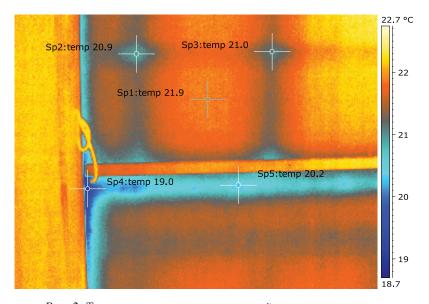


Рис. 2. Температурное поле внутренней поверхности стены

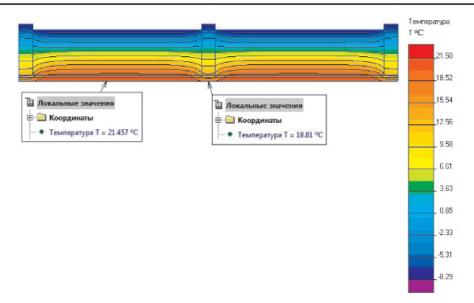


Рис. 3. Температурное поле по сечению стены

Сравнительный анализ рис. 2 и 3 показал высокую сходимость расчетных и экспериментальных значений. Значения расчетных температур на внутренней поверхности ограждения были получены при температуре наружного воздуха, равной минус 8,6°С, и температуре внутреннего воздуха, равной 22,3°C. При проверке ограждающих конструкций на соблюдение нормируемого температурного перепада между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности стены, следует обратить внимание на то, что перепад температур внутреннего воздуха и внутренней поверхности стены, регламентированный [4], определяется при средней наружной температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92. Температура наиболее холодной пятидневки для г. Тюмени составляет минус 35°C. В связи с этим был выполнен пересчет наиболее низкой температуры на внутренней поверхности ограждения в соответствии с формулой (2) прил. 7 [2] на расчетную наружную температуру минус 35°C, внутреннюю 20°C. Также был выполнен расчет распределения температур по сечению ограждающей конструкции. Расчетная температура внутренней поверхности, полученная по формуле (2) прил. 7 [2], составила 13,45°C. Температурное поле ограждения при температуре наружного воздуха минус 35°C представлено на рис. 4.

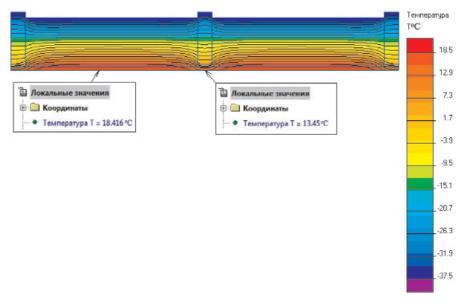


Рис. 4. Температурное поле по сечению стены

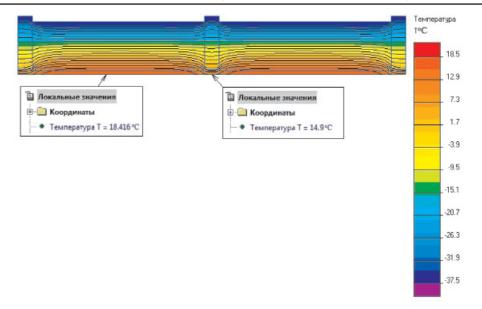


Рис. 5. Температурное поле по сечению стены

Как видно из рис. 4, значение температуры внутренней поверхности ограждения в зоне расположения вертикальной стойки и значение температуры, полученной по формуле (2) прил. 7 [2], в достаточной степени сходятся. Анализ температур внутренней поверхности, рассчитанных на условия температуры наружного воздуха наиболее холодной пятидневки, показал, что температурный режим ограждений не будет удовлетворять нормативным значениям [4] ввиду превышающего перепада температур (7°С) внутреннего воздуха и внутренней поверхности стены. При дальнейшей эксплуатации здания, в результате высыхания материала древесины, объемная эксплуатационная влажность для условий г. Тюмени будет не более 12%. В соответствии с [5] при объемной влажности 12% и средней плотности материала

(сосна обыкновенная) 600 кг/м³ при отрицательных температурах теплопроводность составит 0,292 Вт/(м· $^{\circ}$ С). Расчетное поле температур при теплопроводности древесины 0,292 Вт/(м· $^{\circ}$ С) представлено на рис. 5.

В результате проведенных исследований было принято решение оптимизации конструкции таких ограждений. Результаты расчетов различных вариантов ограждений представлены в таблице и на рис. 6.

Как видно из графика, наиболее оптимальным ограждением с теплотехнической точки зрения является конструкции 8 (рис. 7), так как в данной конструкции наблюдается наиболее равномерное распределение температур по внутренней поверхности и соблюдение нормативного перепада температур внутреннего воздуха и внутренней поверхностью стены в соответствии с [4].

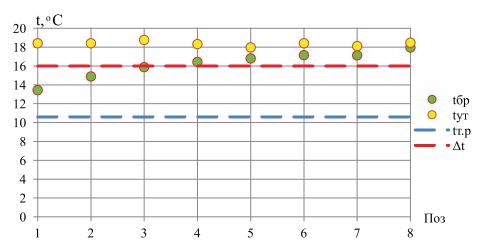


Рис. 6. График температур на поверхностях ограждений

№ п/п	Наименование		t = -8.6 °C	t = -38°C	Конструкция ограждения
1	брусок $150 \times 50$ мм $\lambda = 0,457$ Вт/м·°С, 3 слоя утеплителя	t₃ <sup>6p</sup> , °C	18,81	13,45	
		$t_{_3}^{_{\mathrm{YT}}}$ , °C	21,46	18,42	
2	брусок $150 \times 50$ мм $\lambda = 0.292 \text{ BT/M} \cdot ^{\circ}\text{C},$	<i>t</i> <sub>3</sub> <sup>6p</sup> , °C	19,58	14,9	
	3 слоя утеплителя	$t_{_3}^{_{\mathrm{YT}}}$ , °C	21,46	18,42	
	брусок $200 \times 50$ мм $\lambda = 0.292 \; \text{Вт/м} \cdot ^{\circ}\text{C},$ 4 слоя утеплителя	<i>t</i> <sub>3</sub> , °C	20,1	15,89	
		$t_{_3}^{_{\mathrm{yr}}}$ , °C	21,65	18,78	
4	брусок $100 \times 50$ мм $\lambda = 0.292$ Вт/м·°С, 3 слоя утеплителя (шахматн.)	t₃ <sup>6p</sup> , °C	20,4	16,44	
		$t_3^{\rm yr}$ , °C	21,39	18,33	
5	брусок $150 \times 50$ мм $\lambda = 0,292$ Вт/м·°С, 4 слоя утеплителя (шахматн.)	<i>t</i> <sub>3</sub> <sup>6p</sup> , °C	20,6	16,81	
		$t_{_3}^{_{\mathrm{yr}}}$ , °C	21,22	17,98	
6	двутавр $\lambda = 0.15 \; \mathrm{Bt/m} \cdot ^{\circ}\mathrm{C},$ 3 слоя утеплителя	t₃ <sup>6p</sup> , °C	20,79	17,16	
		$t_{_3}^{\mathrm{yr}}$ , °C	21,46	18,42	
7	двутавр $\lambda = 0.15 \; \text{Вт/м·°C}, \; 3 \; \text{слоя}$ утеплителя (шахматн.)	$t_{_3}^{6p}$ , °C	20,78	17,14	
		$t_3^{\rm yr}$ , °C	21,3	18,12	
8	Двутавр $\lambda = 0.15 \; \mathrm{Bt/m} \cdot ^{\circ}\mathrm{C},  4 \; \mathrm{слоя}$ утеплителя (шахматн.)	t₃ <sup>op</sup> , °C	21,21	17,97	
		$t_3^{\rm yr}$ , °C	21,49	18,48	

## Результаты расчета различных вариантов конструкций

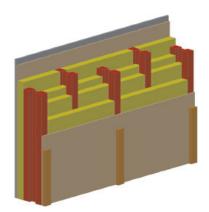


Рис. 7. Модернизированная ограждающая конструкция

Из всего вышеизложенного следует, что применяемая конструкция легких ограждений не удовлетворяет требованиям теплотехнических норм для условий г. Тюмени. Теплотехнический расчет таких ограждений необходимо выполнять в условиях наиболее экстремальных отрицательных температур.

#### Список литературы

1. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха): учебник для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. школа, 1982. — 415 с., ил.

- 2. ГОСТ 26254 84 Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. Введ. 1985-01-01. М.: Государственный комитет СССР по делам строительства. М.: Изд-во стандартов, 1984—28 с.
- 3. ГОСТ Р 54852—2011 Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций. Введ. 2011-12-15. М.: Технический комитет по стандартизации ТК 465 Строительство. М.: Стандартинформ, 2012. 15 с.
- 4. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Введ. 2012-06-30. М.: Технический комитет по стандартизации ТК 465 Строительство. М.: Минрегион России, 2012.-95 с.
- 5. Франчук А.У. Таблицы теплотехнических показателей строительных материалов. М.: НИИ строительной физики, 1969-142 с.

#### References

- 1. Bogoslovskii V.N. Stroitenaya teplofizika (teplofizicheskie osnovy otopleniya, ventilyatsii i konditsionirovaniya vozdukha): Uchebnik dlya vuzov. 2-e izd., pererab. i dop. M.: Vyssh. shkola, 1982. 415 p., il.
- 2. GOST 26254 84 Zdaniya i sooruzheniya. Metody opredeleniya soprotivleniya teploperedache ograzhdayushchikh konstruktsiy. Vved. 1985-01-01. M.: Gosudarstvennyy komitet SSSR po delam stroitestva. M.: Izd-vo standartov, 1984 28 p.
- 3. GOST R 54852 2011 Zdaniya i sooruzheniya. Metod teplovizionnogo kontrolya kachestva teploizolyatsii ograzhdayushchikh konstruktsiy. Vved. 2011-12-15. M.: Tekhnicheskiy komitet po standartizatsii TK 465 Stroitestvo. M.: Standartinform, 2012. 15 p.
- 4. SP 50.13330.2012 Teplovaya zashchita zdaniy. Vved. 2012-06-30. M.: Tekhnicheskiy komitet po standartizatsii TK 465 Stroitestvo. M.: Minregion Rossii, 2012. 95 p.
- 5. Franchuk A.U. Tablitsy teplotekhnicheskikh pokazateley stroitenykh materialov, M.: NII stroitenoy fiziki, 1969 142 p.