



федеральное государственное бюджетное учреждение
Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук
НИИСФ РААСН

Research Institute of Building Physics (NII SF)
Russian Academy of Architecture and Building Science (RAABS)



УТВЕРЖДАЮ
Директор НИИСФ

Шубин И.Л.
2012 г.

Заключение

по результатам проведения теплотехнических испытаний
оконного блока из ПВХ профиля Rehau Delight-Design с двухкамерным стеклопакетом с
внутренним электрическим обогревом.

Ответственный исполнитель
научный сотрудник

Наносов И.М.

Зав. лабораторией «Ограждающие конструкции
высотных и уникальных зданий», к.т.н.

Верховский А.А.

Москва 2012 г.

Оглавление

Введение	3
1. Методика проведения испытаний	4
2. Результаты испытаний и анализ экспериментальных данных	6
2.1 Проведение испытаний по определению приведенного сопротивления теплопередаче при температуре наружного воздуха $t_n = -20^{\circ}\text{C}$.	7
2.2 Проведение испытаний по определению приведенного сопротивления теплопередаче при температуре наружного воздуха $t_n = -30^{\circ}\text{C}$.	10
2.3 Проведение испытаний по определению приведенного сопротивления теплопередаче при температуре наружного воздуха $t_n = -50^{\circ}\text{C}$.	13
2.4 Анализ показателей датчиков теплового потока установленных с холодной стороны.	19
Выводы	20

Введение

Работа выполнена специалистами НИИ строительной физики РААСН на основании договора №53280(2012) от 06.11.2012 между ООО "Термо Глас" и НИИСФ РААСН.

Испытания оконного блока проведены в испытательном центре «Фасады СПК» НИИСФ РААСН с 3.12.2012 по 18.12.2012 г.

Тема работы: Проведение испытаний по определению теплотехнических характеристик оконного блока и его применимости для различных регионов Российской Федерации.

Образец для испытаний: Оконный блок размером 1,3м x 1,4 м с двумя открывающимися створками, профиль Rehau Delight-Design, с нагреваемыми стеклопакетами СПДН 4И-10-4КЗ-10-4АЗ (СПД 4мм ДАВ - 10 – 4 ЗАК – 10 – 4И) и СПДН 4З-10-4КЗ-10Аг-4АЗ (СПД4М1 Зак – 10 – 4К Зак – 10 А – 4 Дав) с применением внутреннего электрически нагреваемого стекла и дистанционными рамками TGI. Напряжение 220 В. Производства компании Stis.

Методика проведения испытаний: Согласно техническому заданию заказчика с учетом требований ГОСТ Р 54861-2011 «Окна и наружные двери. Методы определения сопротивления теплопередаче»:

- внутренняя температура воздуха: +20°C;
- относительная влажность воздуха: 55%;
- наружная температура воздуха: -20°C; -30°C; -50°C.
- Испытания при каждой наружной температуре проводились с включенным и выключенным нагревом стекла.

1. Методика проведения испытаний

Образец испытывался в вертикальном положении. Теплотехнические испытания проводили в климатической камере КТК-2009, имеющей теплое и холодное отделения. Холодное отделение оборудовано холодильными агрегатами, а теплое – обогревателями и термостатом.

Целью теплотехнических исследований конструкций являлось определение их теплотехнических свойств и установление соответствия их нормам проектирования. Оценку теплотехнических характеристик конструкции проводили по методике, изложенной в ГОСТ Р 54861-2011 «Окна и наружные двери. Методы определения сопротивления теплопередаче».

В соответствии с п. 5.10. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», температура внутренней поверхности конструктивных элементов остекления окон должна быть не ниже +3°C, а непрозрачных элементов окон – не ниже температуры точки росы при расчетной температуре холодного воздуха в холодной период года.

Данные для расчета получены с использованием Измерителя теплопроводности и тепловых потоков многоканального Кейтли.

Для оценки теплотехнических характеристик определяют температуры и тепловые потоки на различных поверхностях конструкций, приведенное сопротивление теплопередаче.

Приведенное сопротивление теплопередаче стеклопакета определяют по формуле:

$$R_0^{np} = 1/\alpha_e + R_k^{np} + 1/\alpha_n$$

где R_k — приведенное термическое сопротивление стеклопакета, м²°C/Вт;

α_e , α_n — коэффициенты теплопередачи внутренней и наружной поверхности,

принимаемые равными: $\alpha_e = 8,0$ Вт/м²°C, $\alpha_n = 23$ Вт/м²°C.

Приведенное термическое сопротивление стеклопакета R_k^{cm} , определяют по формуле:

$$R_k^{np} = \sum_{i=1}^m A_i / \sum_{i=1}^m (A_i / R_i)$$

где m, n — число однородных зон стеклопакета;

A_i — расчетная площадь i -й однородной зоны стеклопакета, м²;

R_{ki} — термическое сопротивление i -й однородной зоны стеклопакета, м²°C/Вт.

Термическое сопротивление i -й однородной зоны стеклопакета определяют по формуле:

$$R_{ki} = (\tau_{vi} - \tau_{ni}) / q_i$$

где τ_{vi} , τ_{ni} — средние температуры соответственно внутренней и наружной поверхностей i -й зоны за период измерений, °C.

q_i — средняя плотность теплового потока, проходящего через i -ю зону за период измерений, Вт/м².

Термопары и тепломеры были подключены к системе автоматического сбора данных, обеспечивающих вывод информации на ПК.

Измерения температуры и плотности тепловых потоков производят после установления стационарного режима теплопередачи. Режим теплопередачи следует считать стационарным, если результаты двух последовательных с интервалом 3 часа измерений температуры на поверхностях стекла и переплета со стороны теплового отделения друг от друга не отличаются более, чем на 0,3 °С, колебания влажности воздуха в теплом отделении камеры составляют не более 5%.

Измерения температуры и плотности тепловых потоков проводят не менее десяти раз после установления стационарного режима.

Замеры температуры воздуха в теплой зоне климатической камеры осуществлялись согласно ГОСТ Р 54861-2011 на расстоянии 150 мм от поверхности конструкции. Кроме того температурный режим в «теплом» отделении климатической камеры поддерживался с использованием электронного термостата с выносным датчиком температуры OJ Electronics с точностью поддержания температуры 0,4 °С, подключенного к электрическому обогревателю.

Влажность воздуха в «теплой» зоне при проведении теплотехнических испытаний составляла 55±5%. В

При проведении испытаний проводился контроль температурных полей с использованием тепловизора NEC 9100.

На рис. 1 приведена схема расстановки датчиков температуры и теплового потока.

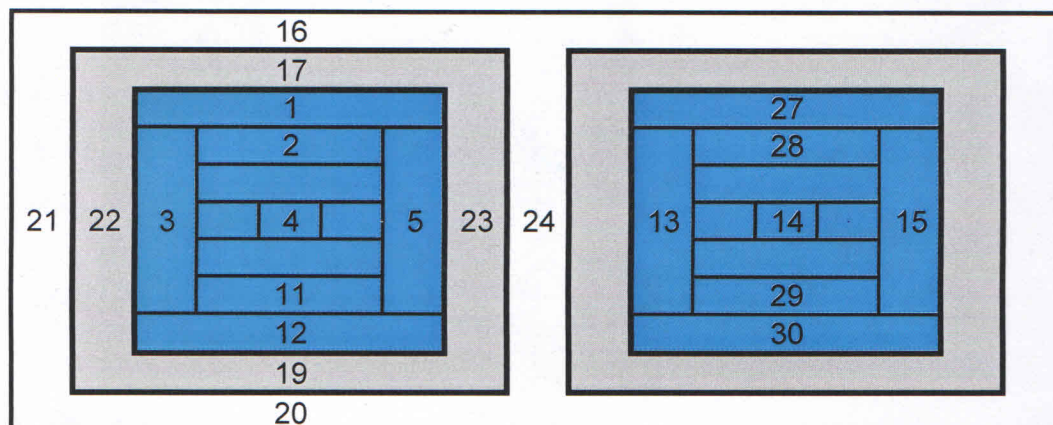


Рис. 1. Схема расстановки датчиков температуры и теплового потока.

2. Результаты испытаний и анализ экспериментальных данных

Испытания по определению сопротивления теплопередаче проводились при следующих условиях:

- температура наружного воздуха $t_n = -20^{\circ}\text{C}$; -30°C ; -50°C , внутреннего воздуха $t_b = +20^{\circ}\text{C}$, без включенного нагрева стеклопакета.
- температура наружного воздуха $t_n = -20^{\circ}\text{C}$; -30°C ; -50°C , внутреннего воздуха $t_b = +20^{\circ}\text{C}$, со включенным нагревом стеклопакета.

В соответствии с требованиями ГОСТ Р 54861-2011 «Окна и наружные двери. Методы определения сопротивления теплопередаче» температура воздуха в теплой зоне климатической камеры должна быть выше 18°C до 20°C .

Результаты проведения испытаний представлены в таблице 1 и 2.

Как и в предыдущих испытаниях имело место резкое снижение температуры в точках 20 и 24, что может быть вызвано температурными деформациями ПВХ профиля, либо недостаточным количеством точек крепления фурнитуры. Как следствие было выявлено образование наледи, на внутренней поверхности образца (рис 2). Данные точки не учитывались при определении допустимости использования оконного блока, однако это свидетельствует о серьезной зависимости диапазона применимости оконного блока от качества изготовления.



Рис 2 Обмерзание внутренней поверхности рамы в следствии прохождения воздуха сквозь оконную раму ($t_n = -50^{\circ}\text{C}$).

2.1. Проведение испытаний по определению приведенного сопротивления теплопередаче при температуре наружного воздуха $t_n = -20^\circ\text{C}$.

При температуре наружного воздуха $t_n = -20^\circ\text{C}$ приведенное сопротивление теплопередаче оконного блока составило:

со стеклопакетом СПДН 4И-10-4КЗ-10-4АЗ $R_0^{np} = 0,79 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

со стеклопакетом СПДН 4З-10-4КЗ-10Аг-4АЗ $R_0^{np} = 0,77 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Температура во всех точках на внутренней поверхности стеклопакетов превышает $+3^\circ\text{C}$, что удовлетворяет требованиям п. 5.10. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

Наименьшая температура на внутренней поверхности профиля составила $11,90^\circ\text{C}$. Образование конденсата на поверхности не будет происходить при относительная влажности воздуха 59 %;

Наименьшая температура на внутренней поверхности профиля при включенном электрическом обогреве стеклопакета составила $13,53^\circ\text{C}$. Образование конденсата на поверхности не будет происходить при относительная влажности воздуха: 66%.

Конструкция в полной мере соответствует требованиям СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

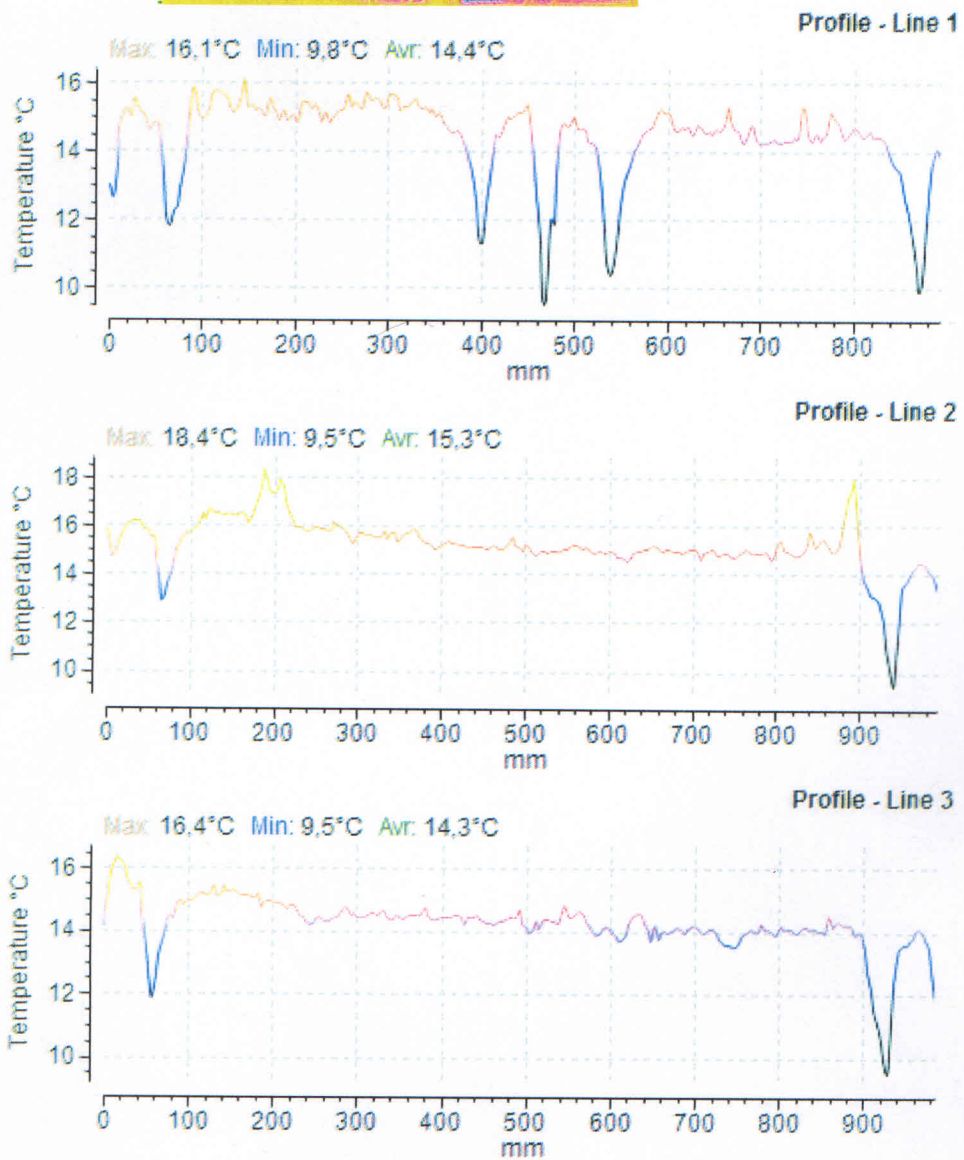
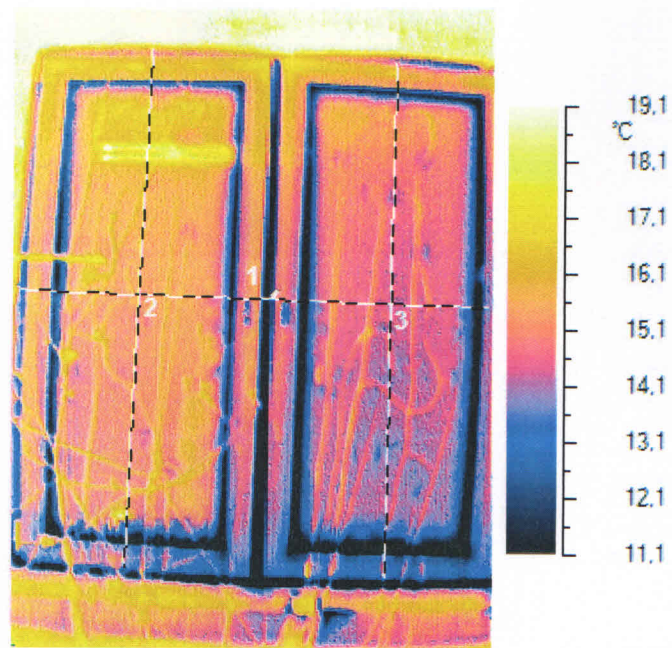


Рис 3 Тепловизионная съемка оконного блока при температуре наружного воздуха $t_{н} = -20^{\circ}\text{C}$.

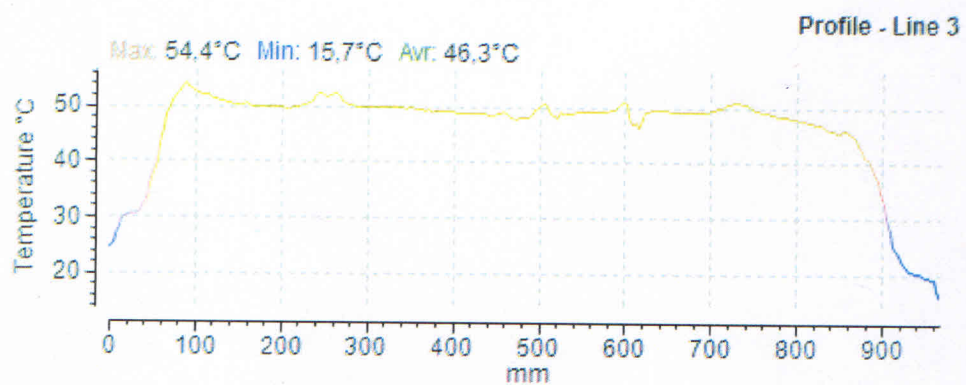
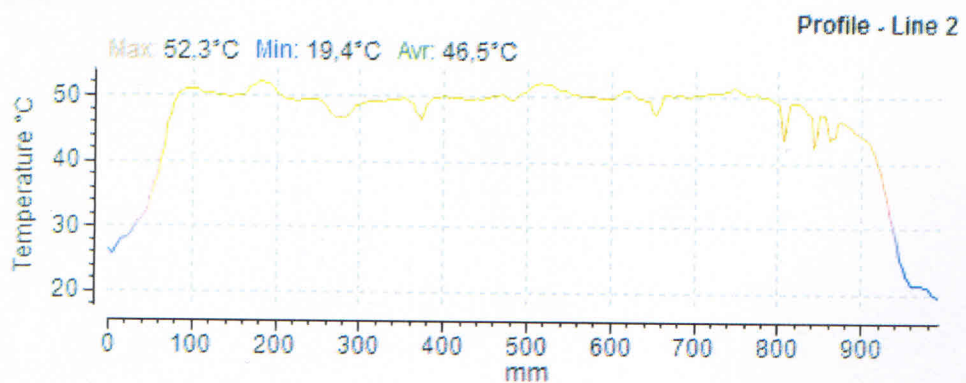
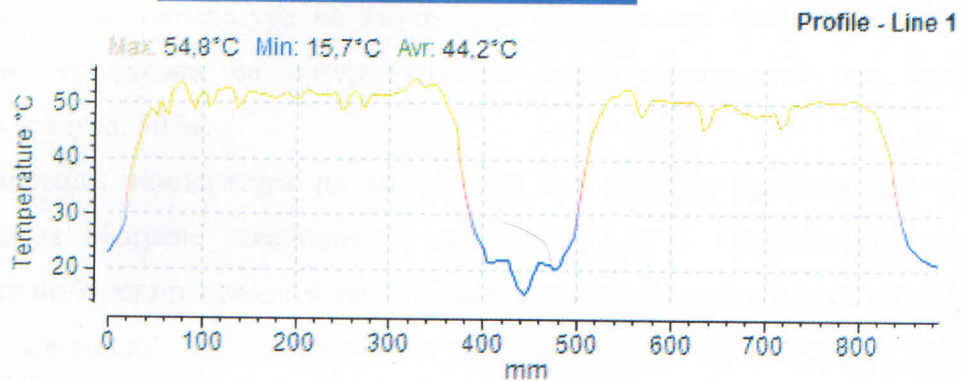
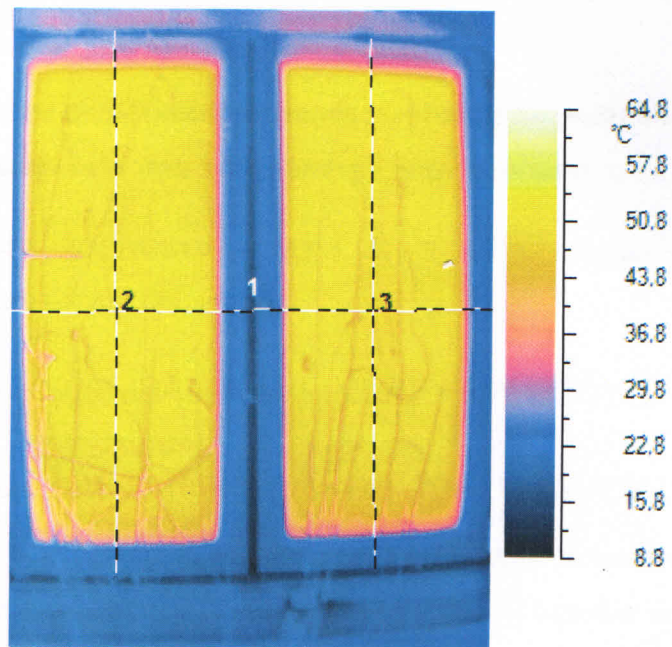


Рис 4 Тепловизионная съемка оконного блока с включенным обогревом при температуре наружного воздуха $t_n = -20^\circ\text{C}$.

2.2. Проведение испытаний по определению приведенного сопротивления теплопередаче при температуре наружного воздуха $t_n = -30^\circ\text{C}$.

При температуре наружного воздуха $t_n = -30^\circ\text{C}$ приведенное сопротивление теплопередаче оконного блока составило:

со стеклопакетом СПДН 4И-10-4КЗ-10-4АЗ $R_0^{np} = 0,79 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

со стеклопакетом СПДН 4З-10-4КЗ-10Аг-4АЗ $R_0^{np} = 0,77 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Температура во всех точках на внутренней поверхности стеклопакета превышает $+3^\circ\text{C}$, что удовлетворяет требованиям п. 5.10. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

Наименьшая температура на внутренней поверхности профиля составила $9,26^\circ\text{C}$. Образование конденсата на поверхности не будет происходить при относительная влажности воздуха: 50 %;

Наименьшая температура на внутренней поверхности профиля при включенном электрическом обогреве стеклопакета составила $12,90^\circ\text{C}$. Образование конденсата на поверхности не будет происходить при относительная влажности воздуха: 64%.

Конструкция в полной мере соответствует требованиям СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

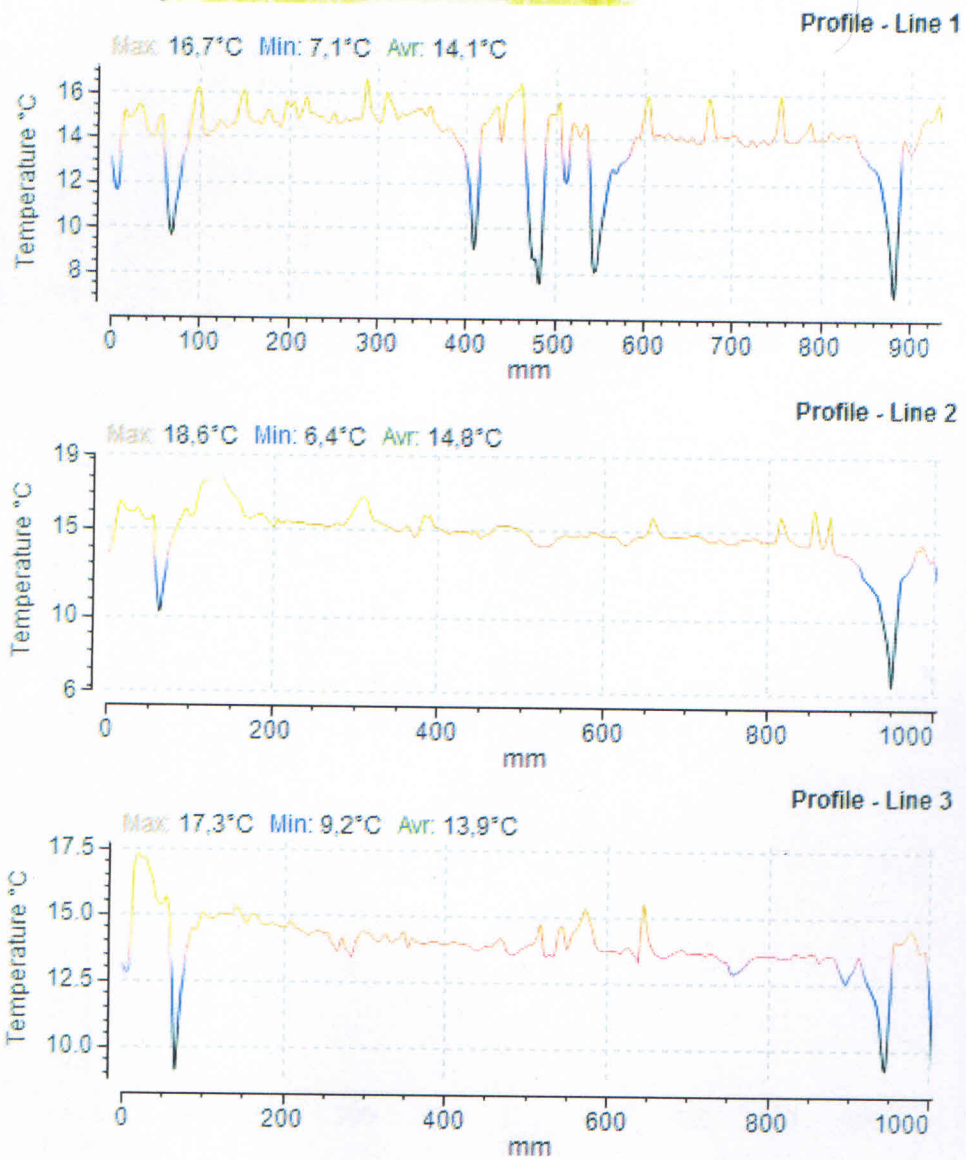
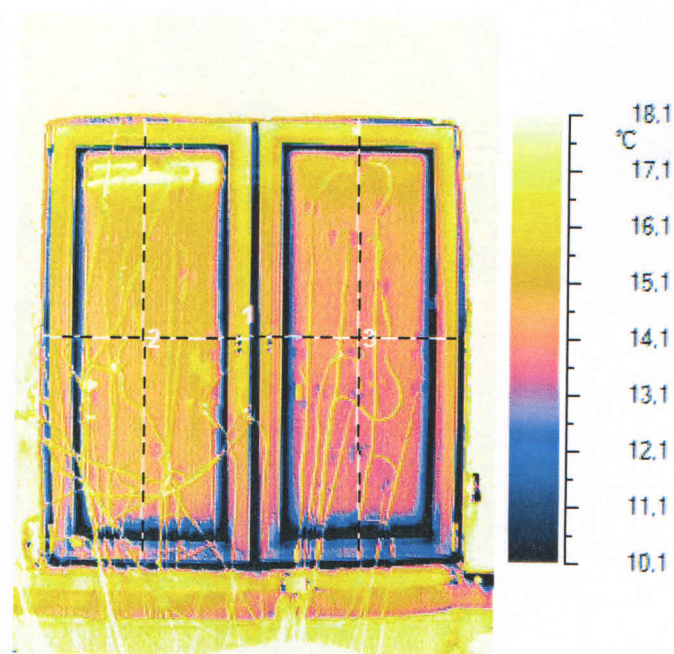


Рис 5 Тепловизионная съемка оконного блока при температуре наружного воздуха $t_{н} = -30^{\circ}\text{C}$.

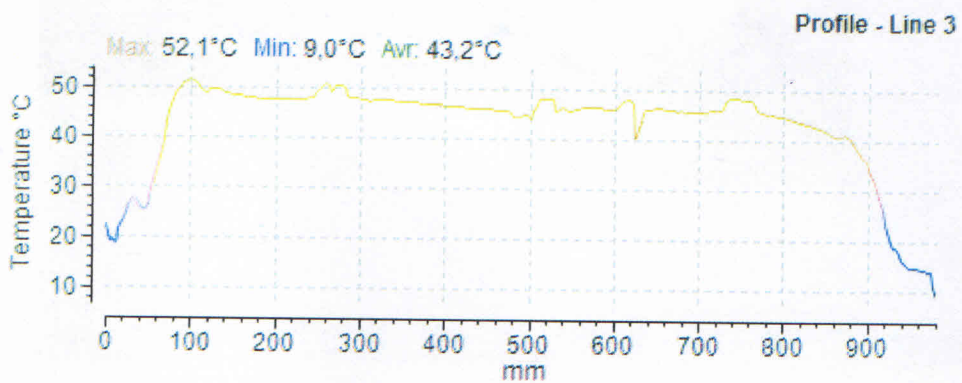
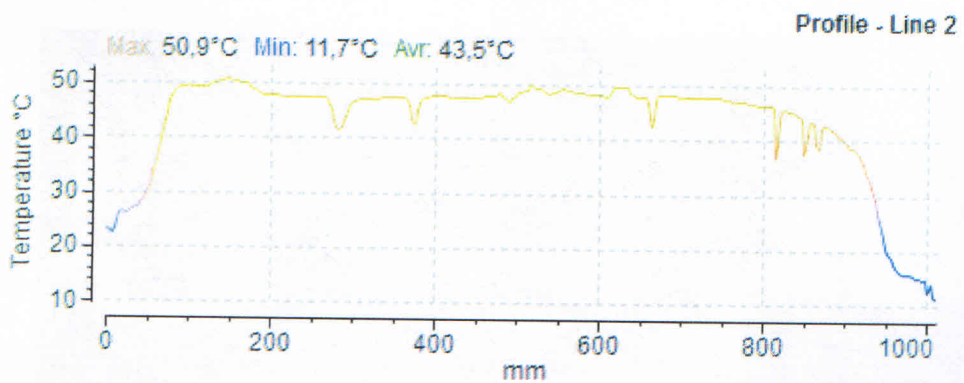
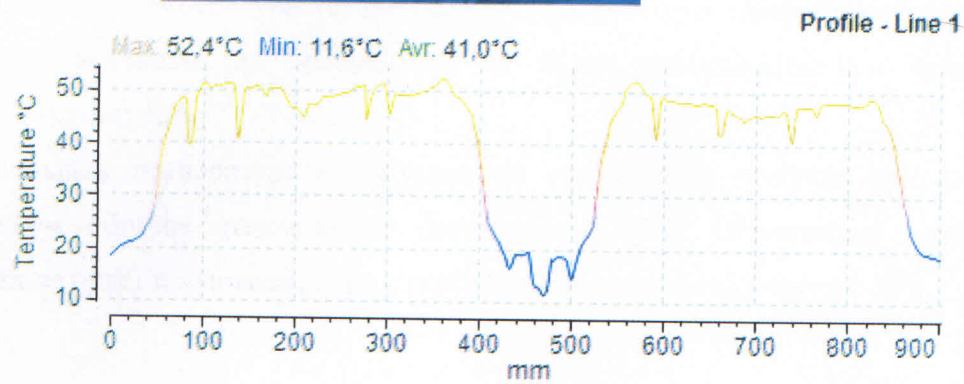
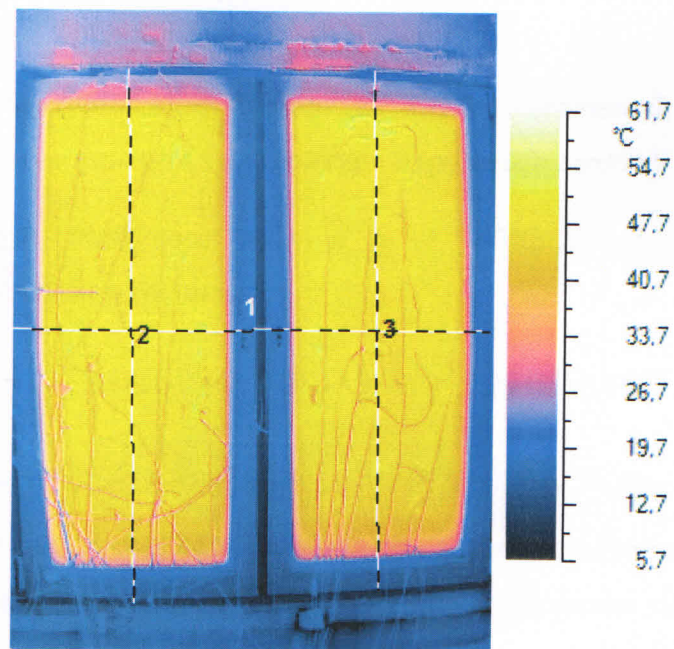


Рис 6 Тепловизионная съемка оконного блока с включенным обогревом при температуре наружного воздуха $t_H = -30^\circ\text{C}$.

2.3. Проведение испытаний по определению приведенного сопротивления теплопередаче при температуре наружного воздуха $t_n = -50^\circ\text{C}$.

При температуре наружного воздуха $t_n = -50^\circ\text{C}$ приведенное сопротивление теплопередаче оконного блока составило:

со стеклопакетом СПДН 4И-10-4КЗ-10-4АЗ $R_0^{np} = 0,79 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

со стеклопакетом СПДН 4З-10-4КЗ-10Аг-4АЗ $R_0^{np} = 0,76 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Температура во всех точках на внутренней поверхности стеклопакета превышает $+3^\circ\text{C}$, что удовлетворяет требованиям п. 5.10. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

Наименьшая температура на внутренней поверхности профиля составила $6,58^\circ\text{C}$. Образование конденсата на поверхности не будет происходить при относительная влажности воздуха: 42%;

Наименьшая температура на внутренней поверхности профиля при включенном электрическом обогреве стеклопакета составила $11,57^\circ\text{C}$. Образование конденсата на поверхности не будет происходить при относительная влажности воздуха: 57%.

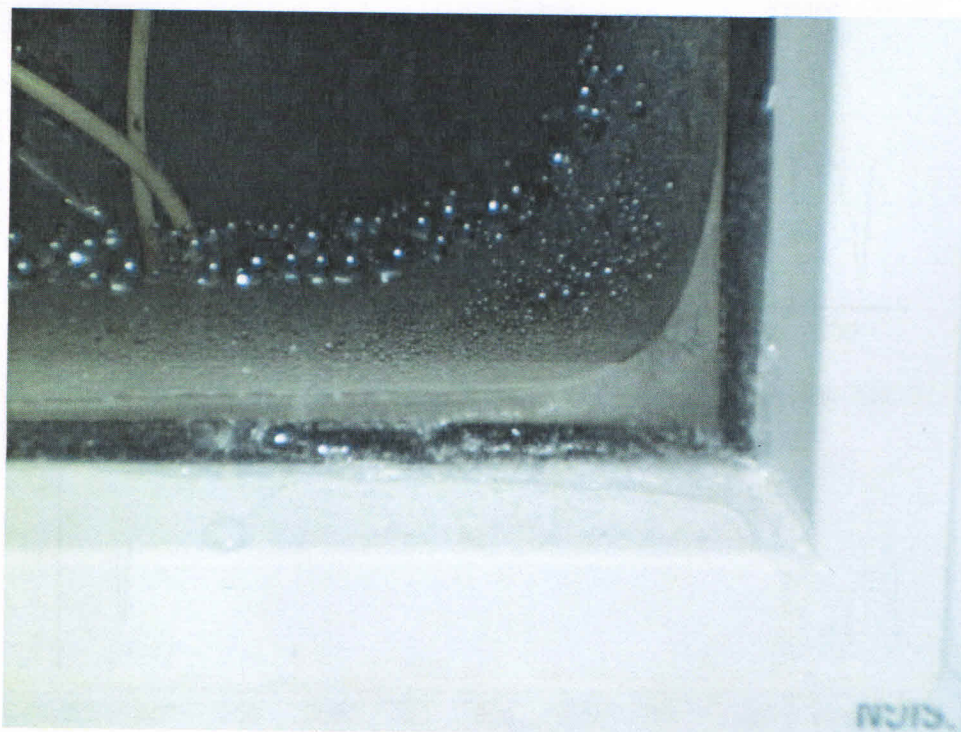
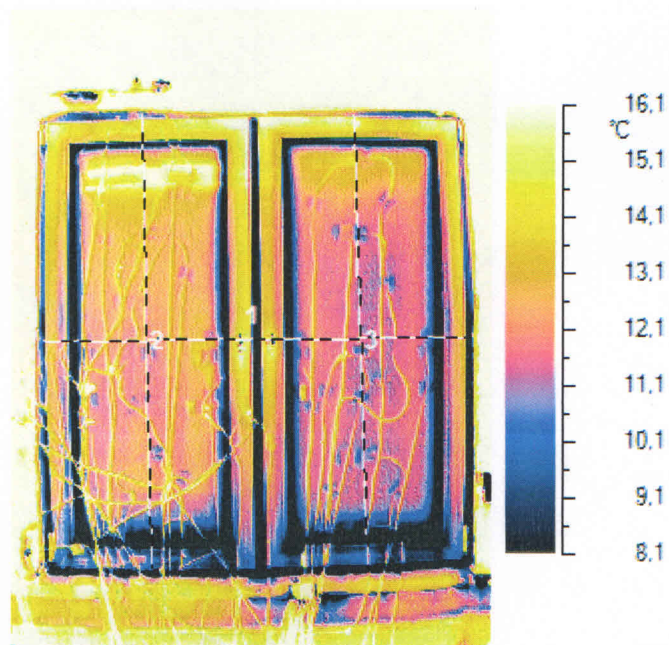
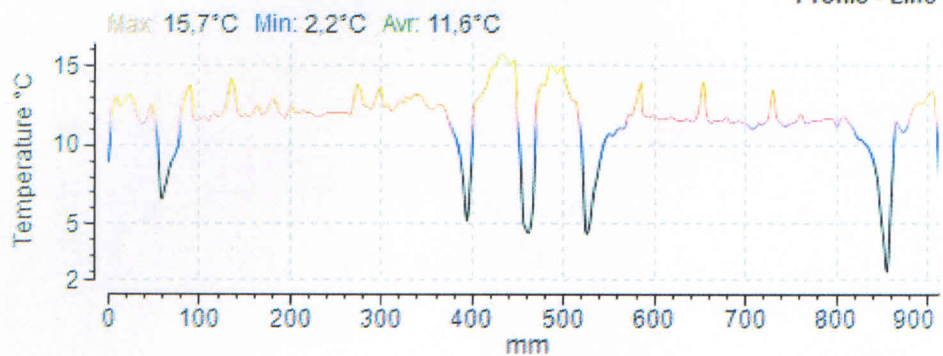


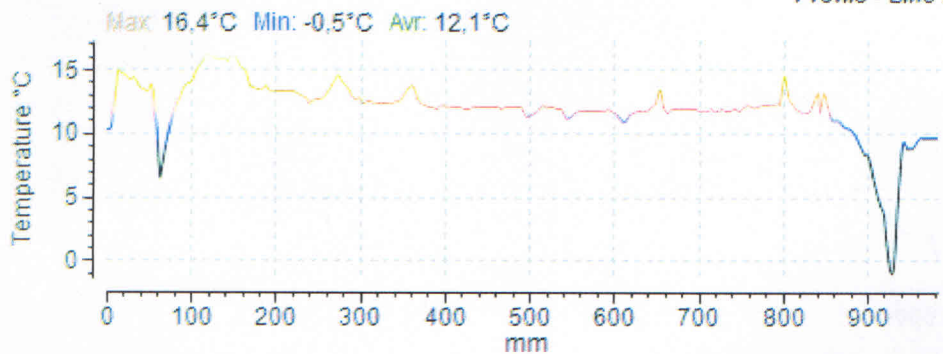
Рис 7 Образование наледи в углах стеклопакета.



Profile - Line 1



Profile - Line 2



Profile - Line 3

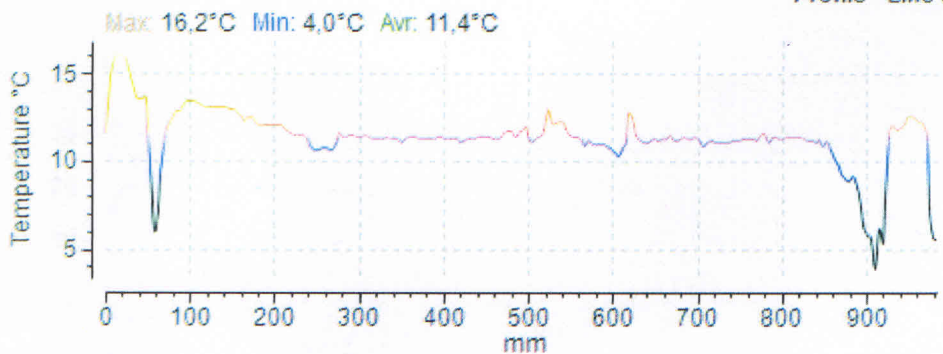


Рис 8 Тепловизионная съемка оконного блока при температуре наружного воздуха $t_{н} = -50^{\circ}\text{C}$.

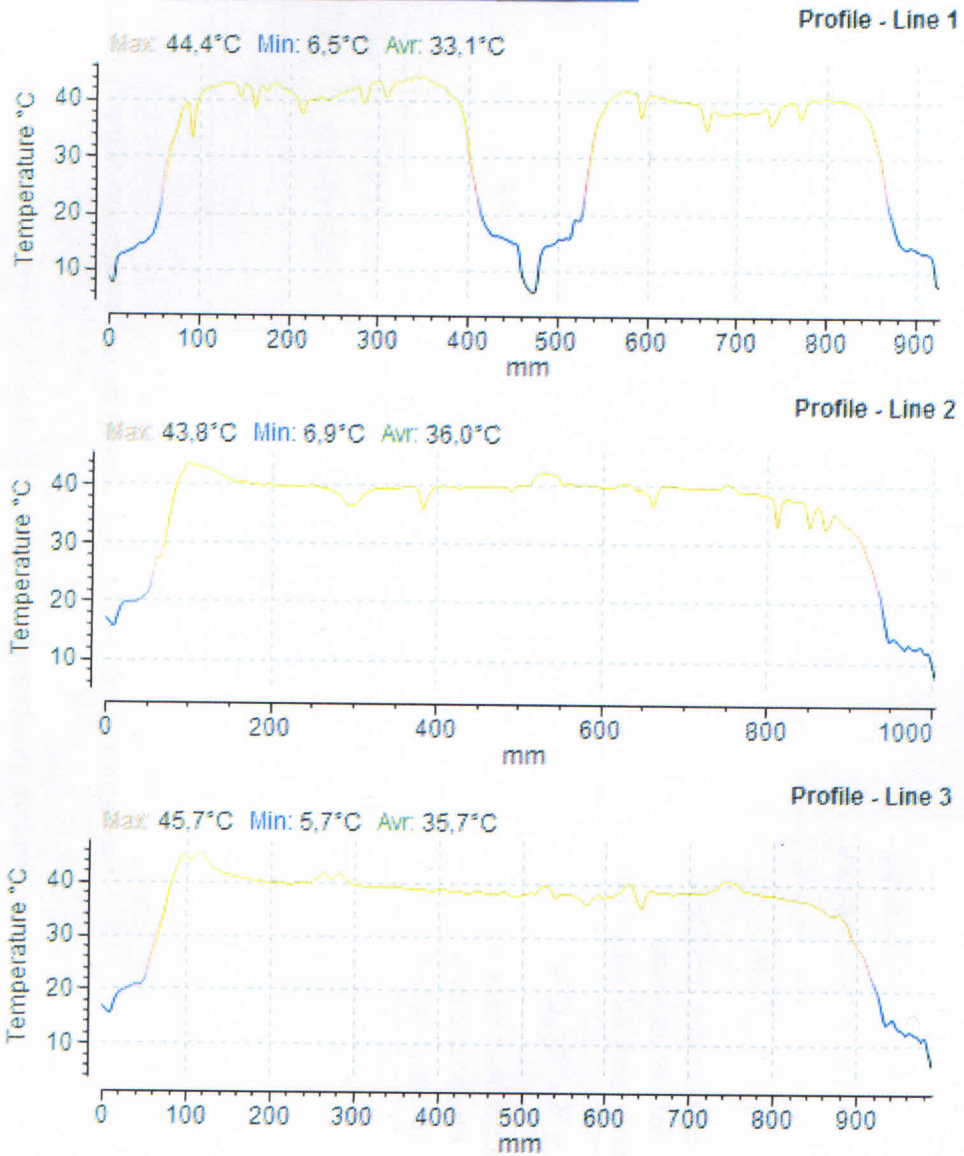
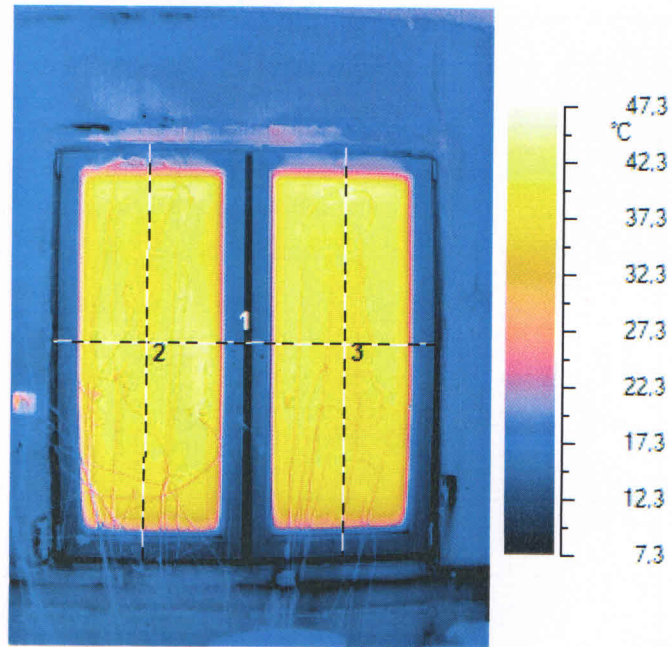


Рис 9 Тепловизионная съемка оконного блока с включенным обогревом при температуре наружного воздуха $t_{н} = -50^{\circ}\text{C}$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

по ГОСТ Р 54861-2011 приведенного сопротивления теплопередаче оконного блока (1,3м x 1,4 м с двумя oГОСТ Р 54861-2011 Окна и наружные двери. Методы определения сопротивления теплопередачекрышающимися створками, профиль Рехау Delight-Design, стеклопакет Stis с применением внутреннего электрически нагреваемого стекла. Напряжение 220 В) Обогрев Выкл.

Таблица 1. Результаты испытаний по определению теплотехнических характеристик.

	-20		-30-		50	
	СПДН 4И-10-4КЗ-10-4А3	СПДН 4З-10-4КЗ-10Аг-4А3	СПДН 4И-10-4КЗ-10-4А3	СПДН 4З-10-4КЗ-10Аг-4А3	СПДН 4И-10-4КЗ-10-4А3	СПДН 4З-10-4КЗ-10Аг-4А3
Приведенное термическое сопротивление теплопередаче стеклопакета R_k^{np} м ² °С/Вт	0,59	0,58	0,57	0,58	0,54	0,57
Приведенное термическое сопротивление теплопередаче профиля R_k^{np} м ² °С/Вт	0,82		0,81		0,80	
Приведенное сопротивление теплопередаче конструкции R_0^{np} м ² °С/Вт	0,79	0,77	0,78	0,77	0,77	0,76

Таблица 2. Показания температур на внутренней поверхности оконного блока.

	-20		-30		-50	
	Без нагр.	С нагр	Без нагр.	С нагр	Без нагр.	С нагр
1	14,98	50,01	12,68	50,38	10,99	50,60
2	14,37	47,35	12,11	47,24	9,50	47,27
3	13,36	48,07	11,04	48,02	8,32	48,52
4	13,91	46,94	11,71	47,45	8,47	48,15
5	13,69	49,20	11,34	48,16	8,91	48,81
11	13,31	47,55	10,84	46,84	7,74	47,32
12	11,46	39,49	8,56	38,29	4,38	35,94
13	13,05	48,89	10,91	48,54	8,48	48,34
14	12,92	46,07	10,65	45,15	7,71	45,16
15	12,55	48,26	10,46	47,22	7,75	47,52
16	12,87	18,91	9,41	18,48	6,94	17,84
17	15,69	25,02	13,63	24,53	12,08	24,43
19	12,28	14,17	9,67	14,33	6,83	13,14
20	7,69	7,91	3,79	5,66	-0,66	2,81
21	11,90	13,53	9,26	12,90	6,58	11,41
22	14,50	17,72	12,30	18,02	10,11	17,29
23	15,11	17,92	12,65	17,68	11,62	17,46
24	8,69	11,08	4,37	9,01	1,01	6,72
25	17,55	15,58	16,71	16,90	15,90	17,86
27	13,45	49,55	11,55	50,75	9,68	50,51
28	12,31	47,29	9,98	47,88	6,95	46,72
29	10,35	39,12	7,83	38,15	4,21	36,08
30	11,43	47,91	9,28	47,20	6,67	47,18

Таблица 3. Показания температур на внешней поверхности оконного блока.

	-20		-30		-50	
	Без нагр.	С нагр	Без нагр.	С нагр	Без нагр.	С нагр
1	-15,69	-6,40	-30,37	-16,69	-48,44	-31,62
2	-16,30	-11,24	-27,87	-19,02	-46,03	-35,08
3	-16,30	-11,24	-27,87	-19,02	-46,03	-35,08
4	-16,56	-11,38	-27,47	-19,31	-44,81	-35,08
5	-17,01	-11,23	-28,11	-19,62	-45,72	-37,50
11	-16,36	-11,04	-26,74	-19,63	-43,72	-35,41
12	-16,25	-12,06	-26,72	-20,91	-44,50	-37,82
13	-17,63	-11,66	-27,42	-19,12	-44,36	-38,38
14	-17,80	-13,33	-27,55	-21,13	-44,78	-40,05
15	-19,08	-15,71	-27,85	-21,75	-45,83	-40,05
16	-17,20	-15,05	-31,49	-26,43	-49,99	-44,83
17	-16,13	-11,91	-30,22	-22,66	-48,44	-39,57
19	-17,27	-15,38	-27,92	-24,27	-45,84	-41,42
20	-18,31	-17,79	-29,18	-27,17	-47,94	-45,55
21	-19,33	-15,14	-29,67	-22,64	-47,73	-42,01
22	-17,32	-14,92	-28,97	-23,32	-47,14	-39,09
23	-17,05	-14,26	-28,39	-23,51	-46,03	-41,54
24	-18,64	-17,56	-29,01	-26,02	-46,66	-44,88
25	-19,33	-15,14	-29,67	-22,64	-47,73	-42,01
27	-19,33	-15,14	-29,67	-22,64	-47,73	-42,01
28	-18,97	-13,33	-29,71	-19,98	-47,27	-39,49
29	-18,62	-14,61	-28,16	-21,45	-46,04	-40,60
30	-20,57	-16,85	-29,46	-21,89	-47,54	-40,98

2.4 Анализ показателей датчиков теплового потока установленных с холодной стороны.

В таблице 4 приведены результаты измерений тепловых потоков, для датчиков установленных с холодной стороны оконного блока, в центральной зоне стеклопакета.

Таблица 4

	Плотность теплового потока, Вт/м ²					
	-20 °С		-30 °С		-50 °С	
	пассивный режим	активный режим	пассивный режим	активный режим	пассивный режим	активный режим
СПДН 4И-10-4КЗ-10-4АЗ	48,35	104,90 304,16	62,78	123,83 277,00	91,04	159,02 272,13
СПДН 43-10-4КЗ-10Ar-4АЗ	53,00	115,94 250,75	66,01	129,90 266,01	91,00	155,42 208,58

*в знаменателе приведены показания датчиков теплового потока установленных с теплой стороны оконного блока.

При включенном обогреве стеклопакета на полную мощность, согласно рекомендации заказчика, тепловой поток через центральную зону конструкции увеличивается приблизительно в 2 раза.

Несмотря на то что использование системы обогрева увеличивает диапазон применимости оконного блока по температуре на внутренней поверхности конструкции, энергоэффективность такой конструкции снижается. Различия между двумя конструкциями стеклопакетов при этом не оказывают значительного влияния на энергоэффективность и диапазон применимости оконного блока.

Повышение энергоэффективности конструкции может быть достигнуто за счет:

1. Установки датчиков температуры на участок внутренней поверхности стеклопакета с минимальной температурой для регулировки подаваемой на обогрев энергии не превышающей необходимого значения.
2. Установки в поз #2 стеклопакета, стекла с мультифункциональным покрытием с максимально низким коэффициентом эмиссии, препятствующим выходу тепловой энергии во внешнюю среду. При этом все стекла в стеклопакете должны быть закаленными.

Выводы.

1. Оконный блок (1,3м x 1,4 м с двумя открывающимися створками, профиль Rehau Delight-Design, стеклопакет Stis с применением внутреннего электрически нагреваемого стекла. Напряжение 220 В) удовлетворяет требованиям СНиП 23-02-2003 "Тепловая защита зданий" и может быть применен в жилых зданиях:

при $R_0^{np}=0,79 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, если число градусо-суток отопительного периода менее 11600 $^\circ\text{C}$ сут, (табл.4), в общественных зданиях - менее 11800 $^\circ\text{C}$ сут

при $R_0^{np}=0,78 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, если число градусо-суток отопительного периода менее 11200 $^\circ\text{C}$ сут, (табл.4), в общественных зданиях - менее 11600 $^\circ\text{C}$ сут

при $R_0^{np}=0,77 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, если число градусо-суток отопительного периода менее 10800 $^\circ\text{C}$ сут, (табл.4), в общественных зданиях - менее 11400 $^\circ\text{C}$ сут

при $R_0^{np}=0,76 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, если число градусо-суток отопительного периода менее 10400 $^\circ\text{C}$ сут, (табл.4), в общественных зданиях - менее 11200 $^\circ\text{C}$ сут

2. По показателям температуры на внутренней стороне непрозрачных элементов конструкции, оконный блок соответствует требованиям п. 5.10. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»

При температуре наружного воздуха $t_n = -20^\circ\text{C}$ образование конденсата не будет происходить при относительной влажности не более 59%

При температуре наружного воздуха $t_n = -30^\circ\text{C}$ образование конденсата не будет происходить при относительной влажности не более 50%

При температуре наружного воздуха $t_n = -50^\circ\text{C}$ образование конденсата не будет происходить при относительной влажности не более 42%

3. Температура во всех точках на внутренней поверхности стеклопакета превышает $+3^\circ\text{C}$, что удовлетворяет требованиям п. 5.10. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» на всем диапазоне температур.

4. Использование системы электрического обогрева позволяет расширить диапазон использования оконного блока и повысить температуру на внутренней поверхности профиля. Оконный блок соответствует требованиям п. 5.10. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» на всем диапазоне температур.