

Российская академия наук
Сибирское отделение
Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр СО РАН»
Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН

УТВЕРЖДАЮ
И.о. директора ИФТПС СО РАН
д.т.н. В. В. Лепов



« » марта 2020 г.
М.П.

ОТЧЕТ

о проведении испытаний греющих стеклопакетов производства ООО «Термо
Глас» (г. Москва) в климатических условиях Республики Саха (Якутия)



ТHERMO
GLASS

окна вместо батарей

Якутск, 2020 г.

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Зав. отделом 80, к.т.н.



К. Н. Большев

Зав. отделом 50, к.т.н.

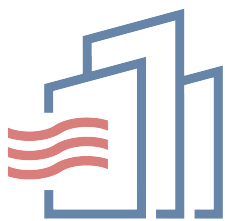


А. Р. Иванов

Вед. инженер отдела 80



А. С. Андреев



THERMO
GLASS

окна вместо батарей

Содержание

Введение.....	4
Использованная аппаратура и датчики.....	4
Объект испытаний.....	7
Результаты испытаний.....	10
Анализ и обработка данных.....	13
Выводы и заключение.....	14



Введение.

Целью проведенных испытаний являлась оценка теплотехнической и тепловой эффективности стеклопакетов с электроподогревом «Thermoglass» производства ООО "Термо Глас" (рис.1).

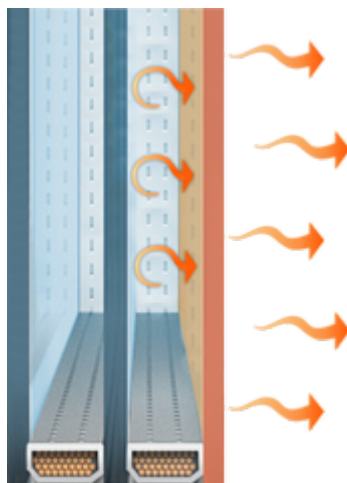


Рис. 1. Греющий стеклопакет «Thermoglass».

Внутренняя поверхность такого стеклопакета представляет собой стекло с внедренным в него по всей площади светопрозрачным нагревателем. Для повышения энергосберегающих характеристик стеклопакета в конструкции используется низкоэмиссионное стекло.

окна вместо батарей

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Определение сопротивления теплопередаче и энергоэффективности стеклопакетов «Thermoglass».
2. Определение энергопотребления и оценка КПД нагревающей поверхности стеклопакетов «Thermoglass».
3. Анализ полученные данных и составление заключения.

Использованная аппаратура и датчики.

Для регистрации температуры и плотности теплового потока греющих стеклопакетов использовались преобразователи теплового потока ПТП-1Б со встроенным преобразователем температуры производства ИТТФ НАН Украины, г. Киев.

Датчик ПТП-1Б (рис. 2) содержит в себе также термометр сопротивления, где в качестве чувствительного элемента используется платиновый термометр Pt100 с номинальной статической характеристикой $W_{100} = 1,385$.

Номинальное значение термометра сопротивления при 0°C составляет 100 Ом. Предел допускаемой основной относительной погрешности измерения теплового потока $\pm 4\%$, а предел допускаемой абсолютной погрешности измерения температуры $\pm 0,5$ К.

Такие комбинированные датчики весьма удобны для использования при экспериментальном определении сопротивления теплопередаче и теплопроводности материалов, т.к. при размещении их с обеих сторон исследуемого образца мы получаем полный набор исходных данных для расчета.



ТHERMO
CLASS

Рис. 2. Преобразователь теплового поток ППП-16.

Для регистрации и преобразования сигналов с датчиков ППП-16 использовался прецизионный преобразователь сигналов «Теркон» производства фирмы «Термэкс», г. Томск (рис. 3)



Рис. 3. Преобразователь сигналов «ТЕРКОН»

Преобразователь имеет 2 входных канала, которые расширяются до 16-ти с использованием внешнего коммутатора «Теркон-К».

Основные характеристики преобразователя[..]:

- Количество входных измерительных каналов – 16
- Время одного измерения – 0,8 сек
- Предел измерения сопротивления – 1000 Ом
- Предел измерения напряжения – 1 В
- Пределы допускаемой основной погрешности измерения –
сопротивления, Ом $\pm[0.0002 + 1 \times 10^{-5} \times R_{\text{измер}}]$
напряжения, мВ $\pm[0.0005 + 5 \times 10^{-5} \times U_{\text{измер}}]$

Для определения сопротивления теплопередаче стандартного стеклопакета использовался измеритель плотности теплового потока и температуры ИТП-МГ4.05 "Поток" производства СКБ Стройприбор, г. Челябинск (рис. 4).



Рис. 4. Измеритель плотности теплового потока и температуры ИТП-МГ4.05 "Поток".

Для определения количества потребленной греющими стеклопакетами электроэнергии использовался счетчик электрической энергии однофазный «Нева 103 1S0» производства ООО «Тайпит», г. Санкт – Петербург.



Рис. 5. Счетчик электрической энергии «Нева 103 1S0»

Объект испытаний.

Испытания проводились на оконном блоке с установленными греющими стеклопакетами «Thermoglass». Данный оконный блок установлен в жилом помещении в многоквартирном доме в 53 квартале г. Якутска.

Схема оконного блока представлена на рисунке 6. Оконный блок состоит из 4 секций, секции I, II, III оборудованы стеклопакетами «Thermoglass». В форточке IV установлен стандартный двухкамерный стеклопакет. Толщина стеклопакетов – 40 мм. Толщина ПВХ профиля оконного блока 60 мм.

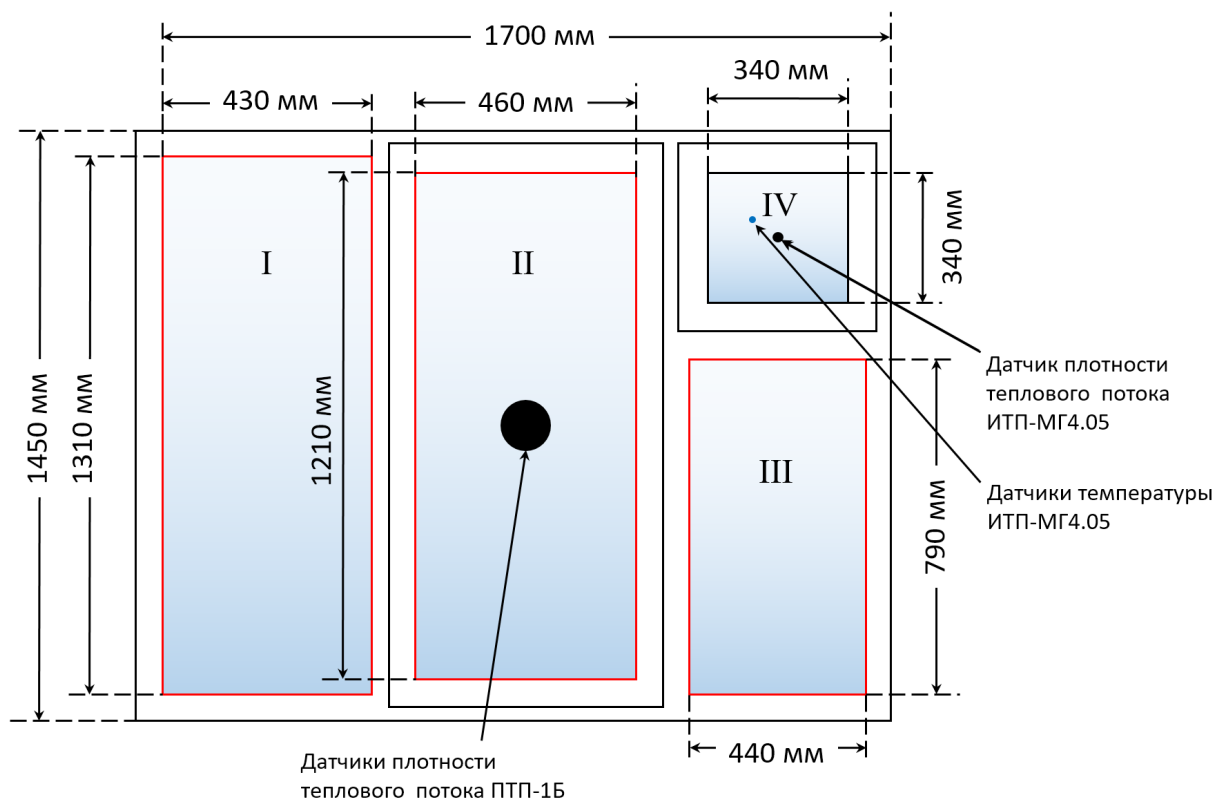


Рис. 6. Схема оконного блока.

Общая площадь светопропускаемой части оконного блока - 1,583 м².
Площадь греющих стеклопакетов 1,467 м².

Датчики теплового потока ПТП-1Б устанавливались на внешней и внутренней поверхности стеклопакета в секции II оконного блока, для регистрации плотности теплового потока поступающего от греющей поверхности в помещение и тепловых потерь стеклопакета (рис. 7).

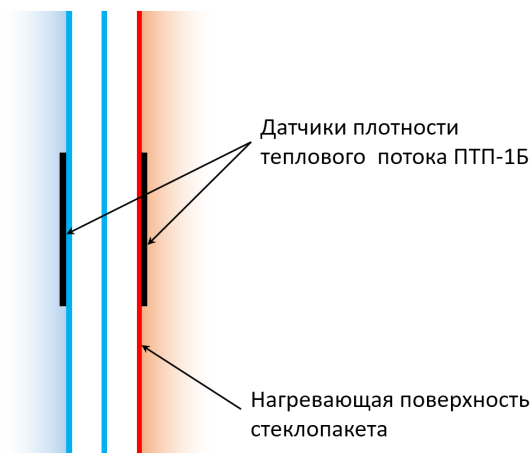


Рис. 7. Схема установки датчиков в секции II оконного блока.

С целью определения сопротивления теплопередаче стандартного стеклопакета в секции IV были установлены датчики температуры и датчик плотности теплового потока прибора ИТП-МГ4.05 "Поток".



Рис. 8. Фото оконного блока с установленными датчиками

Счетчик электрической энергии был установлен в сеть перед блоком терморегулятора стеклопакетов (рис. 9). В ходе испытаний на поверхности греющих стеклопакетов поддерживалась температура 40 °С.

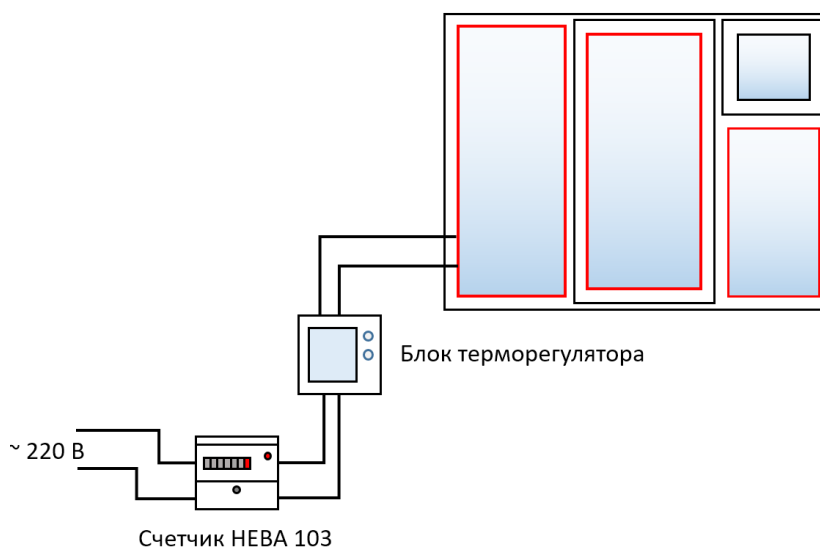


Рис. 9. Схема подключения счетчика электроэнергии.

Результаты испытаний.

Регистрация параметров была начата 16.01.2020 в 15:18. Запись данных была остановлена спустя 23 часа.

Средняя температура наружного воздуха в течение наблюдаемого периода составила $-31,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Характер изменения температуры наружного воздуха представлен на рис. 10. Средняя температура в помещении $24\text{ }^{\circ}\text{C}$.

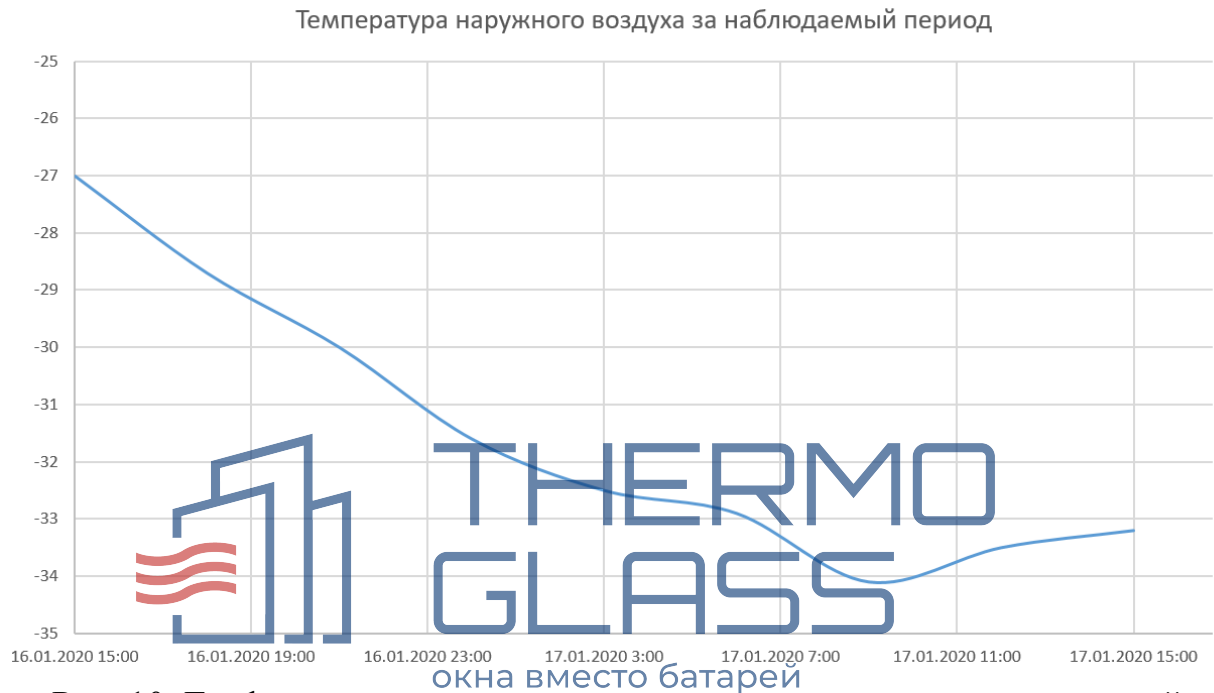


Рис. 10. График температуры наружного воздуха в течении испытаний.

Данные полученные с ИТП-МГ4.05 "Поток" представлены на рис. 11 и 12. Рисунок 11 представляет изменение по времени теплового потока на внешней поверхности стеклопакета, то есть потери тепла через данный стеклопакет. На рисунке 7 представлены графики температур на внешней и внутренней поверхностях стеклопакета.

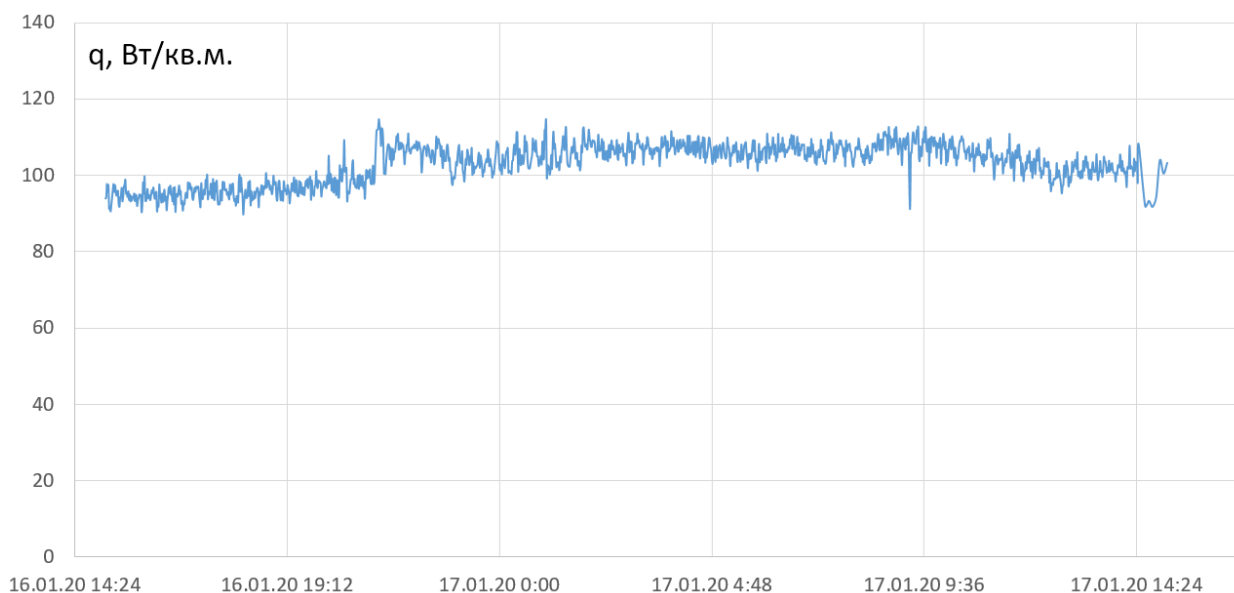


Рис. 11. Плотность теплового потока через стандартный стеклопакет.

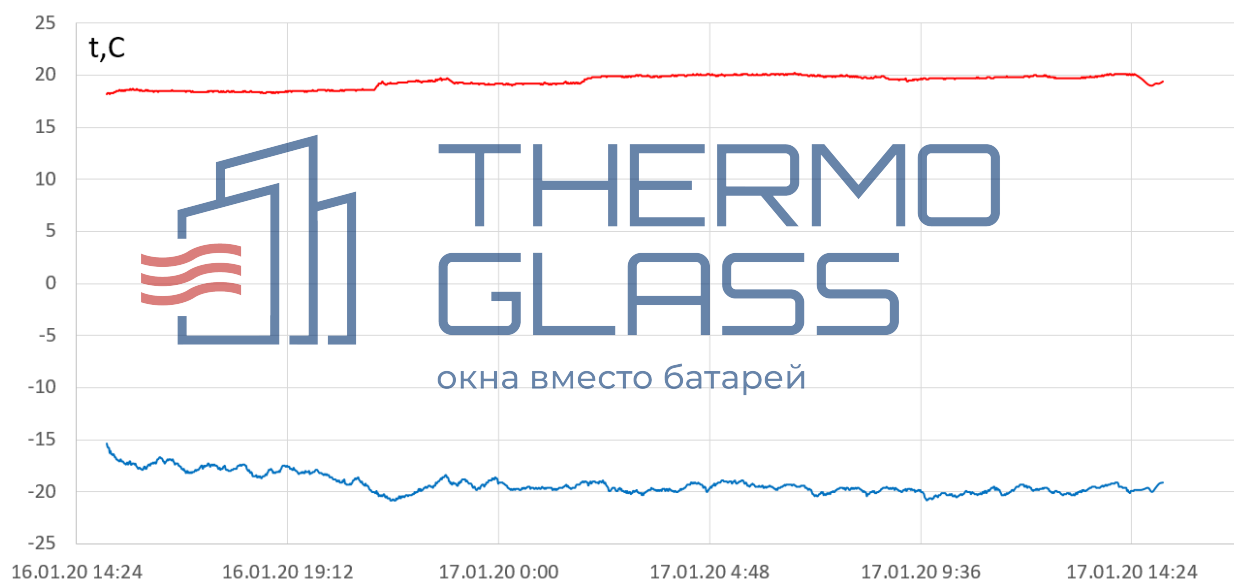


Рис. 12. Температуры на внешней и внутренней поверхностях стандартного стеклопакета.

Данные полученные в ходе регистрации параметров греющего стеклопакета в секции II приведены на рисунках 13 – 15. На рисунке 13 представлены графики изменения плотностей тепловых потоков на внутренней и внешней поверхностях стеклопакета по времени, при этом поток тепла на внутренней поверхности направлен в помещение, а на внешней поверхности – из помещения. Детальный график тепловых потоков представлен на рисунке 14. Здесь хорошо виден периодический характер (с периодом около 12 минут) теплового потока от нагревающей поверхности стеклопакета, обусловленный работой терморегулирующего блока.

Температура на внутренней поверхности стеклопакета также периодически колеблется у значения примерно 40°C (рис. 15).

При этом необходимо отметить, что тепловой поток и температура на внешней поверхности стеклопакета остаются относительно стабильными, что говорит о том, что тепловые возмущения от нагревающей поверхности не достигают внешней границы стеклопакета.

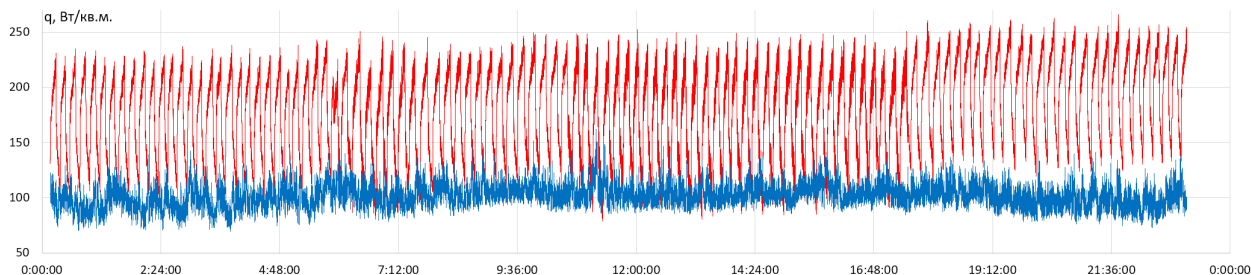


Рис. 13. Тепловые потоки на внутренней и внешней поверхностях стеклопакета «Thermoglass».



Рис. 14. Тепловые потоки на внутренней и внешней поверхностях стеклопакета «Thermoglass».

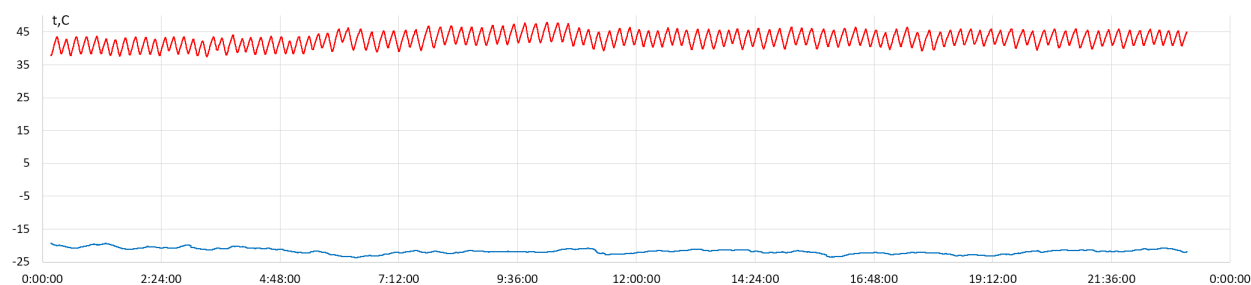


Рис. 15. Температуры на внутренней и внешней поверхностях стеклопакета «Thermoglass».

За 23 часа наблюдений установленный перед блоком регулирования счетчик электроэнергии показал потребление в 11 кВтч.

Анализ и обработка данных.

Для расчета коэффициента сопротивления теплопередаче стандартного стеклопакета установленного в секции IV $R_{ст}$ использовались усредненные за период значения температуры на внешней поверхности $t_{нар. ср.} = -19,23$ °С, температуры на внутренней поверхности $t_{вн. ср.} = 19,38$ °С, плотности теплового потока $q_{ср} = 102.99$

$$R = \frac{t_{вн.ср.} - t_{нар.ср.}}{q_{ср.}} \quad (1)$$

Вычисленное по формуле 1 сопротивление теплопередаче стандартного стеклопакета составило

$$R_{ст} = 0,375 \text{ м}^2\text{°С/Вт.}$$

Для расчета коэффициента сопротивления теплопередаче греющего стеклопакета $R_{гс}$ использовались усредненные за период значения температуры на внешней поверхности $t_{нар. ср.} = -21,74$ °С, температуры на внутренней поверхности $t_{вн. ср.} = 42,7$ °С, плотности теплового потока на внешней поверхности стеклопакета $q_{нар. ср.} = 101.27$

Вычисленное по формуле 1 сопротивление теплопередаче греющего стеклопакета составило

$$R_{гс} = 0,64 \text{ м}^2\text{°С/Вт.}$$

Количество тепловой энергии, выделенной нагревающей поверхностью стеклопакета вычислялось по формуле

$$Q_{гс} = \frac{S_{гс} \cdot \sum_{i=1}^N (q_{вн i} + q_{нар i}) \cdot \Delta\tau_i}{1000} \quad [\text{кВтч}] \quad (2)$$

Где N – число записей параметров, $\Delta\tau_i$ – интервал между записями в часах, $q_{вн i}$ – значение потока на внутренней поверхности, $q_{нар i}$ – значение потока на внешней поверхности, $S_{гс}$ – общая площадь греющих стеклопакетов, равная $1,467 \text{ м}^2$

В результате вычислений по формуле (2) было получено значение количества тепловой энергии выделенной на нагревающей поверхности окна за время наблюдений

$$Q_{гс} = 9,44 \text{ кВтч}$$

Соответствующая средняя удельная тепловая мощность с квадратного метра греющего стеклопакета составила

$$P_{T_{гс}} = \frac{Q_{гс}}{S_{гс} \cdot \tau_{набл}} = 279,73 \text{ Вт/м}^2$$

При этом средняя удельная потребляемая мощность на квадратный метр составляет

$$P_{гс} = \frac{11 \text{ кВтч}}{S_{гс} \cdot \tau_{набл}} = 325,9 \text{ Вт/м}^2$$

За время наблюдений стеклопакетами было потреблено 11 кВтч электроэнергии. Следовательно КПД греющего стекла можно оценить как

$$\eta = \frac{9,44}{11} \cdot 100\% = 86\%$$

Выводы и заключение.

Как видно из полученных результатов по теплотехническим характеристикам греющий стеклопакет «Thermoglass» значительно превосходит стандартный стеклопакет той же конфигурации. Значение сопротивления теплопередаче $R_{гс} = 0,64 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ в 1,73 раза превосходит аналогичный показатель стандартного стеклопакета.

Достаточную энергоэффективность испытанных стеклопакетов также подтверждает характер и значения тепловых потоков и температур на внешней и внутренней поверхностях. Периодический характер теплового потока и температуры на внутренней поверхности стеклопакета гасится и не достигает внешней поверхности, и температура и плотность теплового потока снаружи остаются относительно стабильными и неизменными.

Полученное в результате натурных замеров среднее значение потребляемой мощности $P_{гс} = 325,9 \text{ Вт/м}^2$ соответствует заявленной производителем (таблица 1, п. 1-2) при средней температуре стекла $42,7 \text{ °C}$.

Таблица 1.

Характеристики греющих стеклопакетов «Thermoglass» по данным
производителя

№	Основные функции	Потребляемая мощность, Вт/м ²	Нагреваемое стекло в стеклопакете	Нагрев стекла при температуре в помещении 20°C
1	Основное или дополнительное отопление	350-500	внутреннее	45-55
2	Создание зоны комфорта	200-300	внутреннее	30-40
3	Устранение конденсата	100-200	внутреннее	25-30
4	Антиобледенение (позволяет избавиться от ледяной корки и снега)	300-600	внешнее	40-60

КПД греющего стекла по результатам натурных замеров оценен как отношение выделенного с поверхности тепла к потребленной электроэнергии и составил 86%. При этом, часть выделенной тепловой энергии идет на компенсацию теплопотерь через стеклопакет, а часть поступает на нагрев помещения.

Учитывая полученные результаты, испытанные в ходе данных работ греющие стеклопакеты можно рекомендовать в качестве готового технического решения для предотвращения образования конденсата и льда на внутренней поверхности окон в зимний период, для выравнивания температуры и обеспечения теплового комфорта в жилых помещениях, особенно при установке в окнах, под которыми нет устройств обогрева (радиаторов), а также для остекления больших площадей (панорамное остекление) в условиях Республики Саха (Якутия).