

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПЕРЕДВИЖНОГО ЖИЛОГО МОДУЛЯ

Смирнова О.А.¹, Орлова И.В.¹, Рыбалка Н.В.¹, Ващинская И.В.¹

¹ФГБОУ ВПО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия (344000, Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), e-mail: smir_nova@inbox.ru

Проведен натурный эксперимент в передвижном жилом модуле в холодное время года. Применялись следующие допущения: объект исследования был неподвижен, отсутствие воздухообмена в модуле. Внутренняя температура воздуха принудительно нагревалась до температуры +21°C. С помощью бесконтактного ИК-термометра «MsPlus» был исследован в динамике процесс формирования температурного поля боковин модуля и стеклопакетов. Результаты измерений наружной и внутренней поверхностей каркасных конструкций определили низкую теплоизоляционную эффективность применяемых материалов. Интенсивность нагрева боковин явно зависит от уровня инсоляции. С целью выявления основных стоков тепла обогреваемого фургона была произведена тепловизионная съёмка. Анализ полученных данных позволил выявить основное направление минимизации теплопотерь через ограждающие конструкции: разработка и применение каркасных конструкций с регулируемыми теплоизоляционными свойствами с учетом факторов окружающей среды.

Ключевые слова: теплоизоляционная эффективность, передвижной жилой модуль, температурное поле.

STUDY OF THE FORMATION OF TEMPERATURE MOBILE HOUSING MODULE

Smirnova O.A.¹, Orlova I.V.¹, Rybalka N.V.¹, Vaschinskaya I.V.¹

¹State federal budgetary educational institution of higher professional education «Don State Technical University», Rostov-on-Don, Russia (344000, Rostov-on-Don, Sq. Gagarin, 1), e-mail: smir_nova@inbox.ru

Field experiment conducted in a mobile housing unit during the cold season. We used the following assumptions: the object of study was motionless, lack of ventilation in the module. The internal temperature of forced air heated to a temperature of +21 ° C. Using non-contact infrared thermometer "MsPlus" was investigated in the process of forming the dynamics of the temperature field sidewalls module and double glazing. The results of measurements of the outer and inner surfaces of frame structures defined low heat-insulating performance of the materials used. The heating sidewalls clearly depends on the level of insolation. In order to identify the main heat sinks heated van was produced thermal imaging survey. Analysis of the data revealed a main direction to minimize heat loss through the building envelope: the development and application of frame structures with adjustable thermal insulation properties, taking into account environmental factors.

Keywords: heat-insulating efficiency, mobile housing module, temperature field.

Введение

Оптимальные климатические параметры внутренней среды помещения формируются посредством поддержания требуемого уровня температуры воздуха, влажности, обязательным естественным или принудительным воздухообменом. В качестве приоритетного климатического параметра для последующих исследований выбрана температура внутреннего воздуха. Поддержать температурный баланс строительной конструкции возможно посредством теплоизоляционных характеристик применяемых материалов, конструктивным исполнением ограждающих конструкций или за счёт снижения тепловых потерь с вентилируемым воздухом [1, 4].

Цель исследования

Исследовать особенности формирования температурного режима передвижного жилого модуля (ПЖМ) в холодное время года и предложить способы минимизации тепловых потерь через ограждающие конструкции.

Материал и методы исследования

Натурное исследование системы «наружная среда – ограждающие конструкции ПЖМ – внутренняя среда».

Результаты исследования и их обсуждение

В результате эксперимента были приняты следующие допущения:

1. Объект исследования оставался неподвижным на протяжении эксперимента.
2. Согласно [5] оптимальной внутренней температурой воздуха в помещении в холодное время года следует считать температуру $+20$ - $+22^{\circ}\text{C}$ выше нуля. Эксперимент продолжался до момента достижения внутренней температуры в фургоне $+21^{\circ}\text{C}$.
3. Воздухообмен в помещении во время эксперимента не был предусмотрен, чтобы избежать теплотерь вентилируемым воздухом и рассчитать максимально точные показатели температурного поля модуля.

Эксперимент проводился в ПЖМ, а именно прицепе-даче ($8,7\text{м}\times 2,5\text{м}\times 2,5\text{м}$), на открытом грунте. Внутреннее пространство прицепа является объектом со сложными динамическими свойствами. Воздействие системы внешних факторов (уровень инсоляции, сила и направление ветра, влажность, температура окружающей среды), нетеплоёмкие ограждающие конструкции способствуют непрерывному обмену энергии внутри ПЖМ (рис. 1).

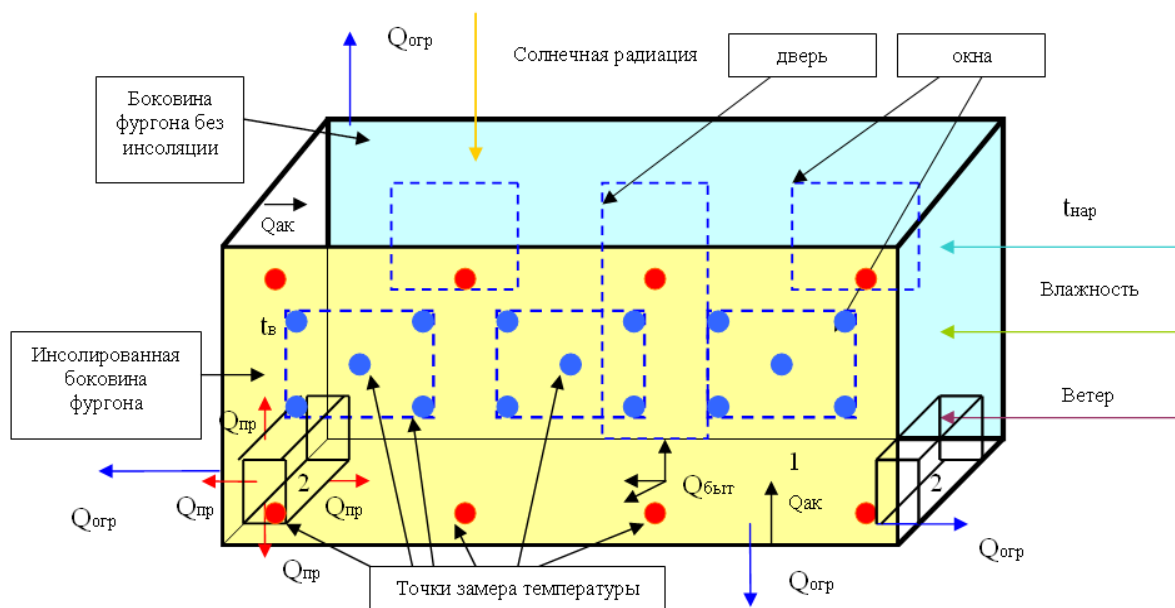


Рисунок 1. Графическая условная модель системы «внутренний климат – передвижной жилой модуль – окружающая среда»:

1 – жилой передвижной модуль; 2 – отопительные элементы;

$Q_{пр}$ – теплопоступления от отопительного прибора; $Q_{быт}$ – бытовые тепловыделения; $Q_{ак}$ – аккумулируемые теплопоступления; $Q_{огр}$ – теплопотери ограждающими конструкциями

Эксперимент начинался с измерения температурных значений наружного и внутреннего воздуха, которые составили +2 и +11°C соответственно. Далее температура внутреннего пространства ПЖМ принудительно нагревалась посредством двух инфракрасных обогревателей кварцевого типа «Luxell LX-2820» до оптимального уровня – +22°C [5].

На правой и левой боковинах кузова ПЖМ были определены точки замера (по 8 – для боковин кузова и по 5 – для стеклопакетов), в которых каждые 10 мин. с помощью бесконтактного ИК-термометра «MsPlus» фиксировалась температура наружной и внутренней поверхностей. На рисунке 2 отображены значения средневзвешенной температуры по 8-ми замерам на соответствующих поверхностях боковин.

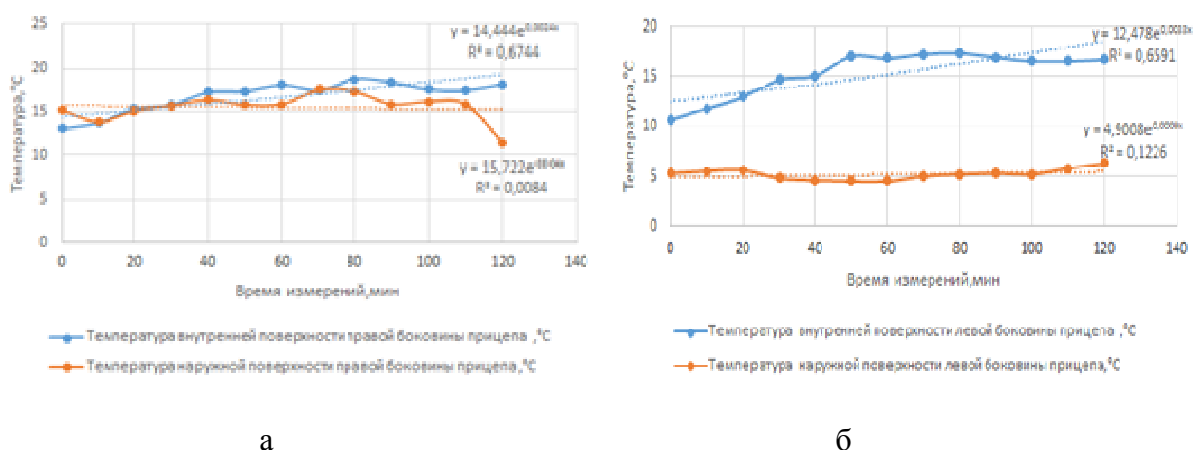


Рисунок 2. График зависимости температуры наружной и внутренней поверхностей боковины обогреваемого прицепа от времени нагрева: а – правой; б – левой

Детально влияние инсоляции на нагрев наружной поверхности боковин представлено на рисунке 3.

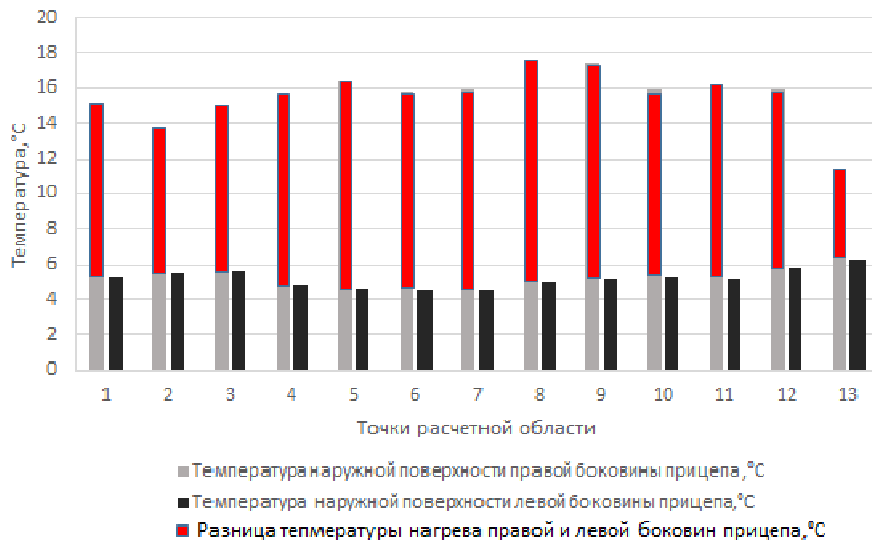


Рисунок 3. График зависимости температурного поля наружной поверхности боковин прицепа от уровня их инсоляции

В среднем, разница температурного поля наружных поверхностей «солнечной» и «теневого» сторон составила 10,1°C.

Исследование температурного поля стеклопакетов во временном интервале представлены на рисунке 4.

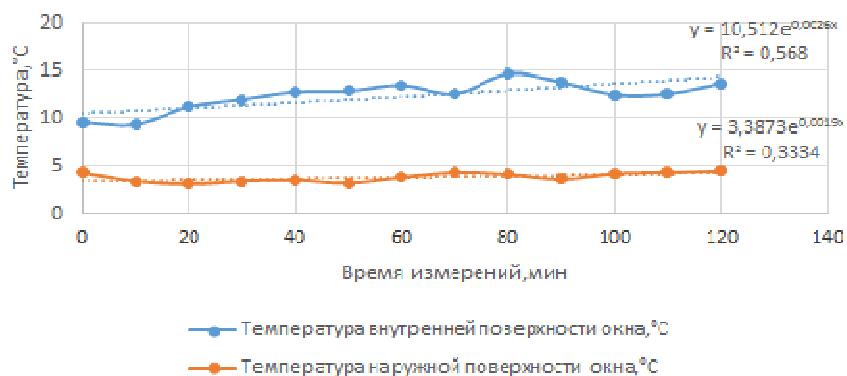


Рисунок 4. График зависимости температуры наружной и внутренней поверхности стеклопакета в обогреваемом прицепе от времени нагрева

Анализ данных рисунка 4 позволяет сделать вывод о стабильности температуры внутренней поверхности стеклопакета, что характеризует высокие теплоизоляционные свойства применяемых материалов.

Оценить теплоизоляционную эффективность каркасных конструкций обогреваемого ПЖМ позволила тепловизионная съёмка с помощью камеры «Flir3» [3]. В результате были выявлены основные стоки тепла, к которым можно отнести дверные и оконные проёмы (рис. 5).

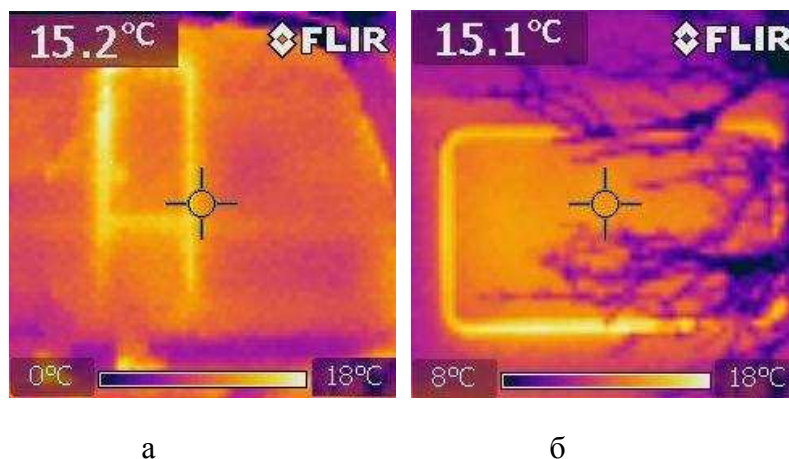


Рисунок 5. Изображение тепловизионной съемки конструктивных объектов обогреваемого ПЖМ: а – входной двери; б – окна

По истечении 120 мин. температура внутренних поверхностей модуля стабилизировалась и эксперимент считался законченным. За указанный период было израсходовано 8 кВт для работы двух отопительных элементов.

Выводы

1. Для изготовления современных ПЖМ (автофургонов, трейлеров, прицепов-дач и т.п.) применяют каркасные материалы с низкими теплоизоляционными свойствами, что приводит к значительному увеличению энергопотребления прицепом за счет продолжительной работы климатотехники.
2. Необходимо разработать каркасную конструкцию для ПЖМ с регулируемыми теплоизоляционными свойствами с учетом факторов окружающей среды.
3. Необходимо разработать устройство, обеспечивающее автономное управление каркасной конструкцией, с целью поддержания оптимальных параметров внутренней среды ПЖМ.

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.: Высшая школа, 1982. – 415 с.
2. ГОСТ 7076-99. Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме. – Введ. 01.04.2000г. – М.: ГУП ЦПП, 2000. – 27 с.

3. ГОСТ 54852-2011. Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций. – Введ. 15.12.2011г. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2012. – 26 с. 2.
4. Кувшинов Ю.Я. Теоретические основы обеспечения микроклимата помещения / Научное издание. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. – 184 с.
5. СанПиН 2.1.2.1002–00. «Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям / Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы».

Рецензенты:

Крутчинский С.Г., д.т.н., профессор, профессор кафедры «Системы автоматического управления», Инженерно-технологической академии ЮФУ, г. Таганрог.

Чернов Н.И., д.т.н., профессор, профессор кафедры «Системы автоматического управления», Инженерно-технологической академии ЮФУ, г. Таганрог.