

ТЕПЛООБМЕН НА ПОВЕРХНОСТИ ВЫСТУПАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

HEAT TRANSFER ON THE SURFACE OF THE PROTRUDING ELEMENTS OF THE OUTDOOR ENCLOSURES

Н.П. УМНЯКОВА, К.С. АНДРЕЙЦЕВА, В.А. СМИРНОВ
N.P. UMNYAKOVA, K.S. ANDREYTSOVA, V.A. SMIRNOV

(Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук)
(Research Institute of Building Physics
of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences)
E-mail: n.umniakova@mail.ru

В статье приведены результаты исследований температурных полей в зоне выступающих элементов зданий при различных конструктивных решениях узла примыкания выступающего элемента к наружному ограждению и междуэтажному перекрытию. Полученные на основе обработки экспериментальных данных значения коэффициентов теплообмена позволили получить эмпирические зависимости и интенсивность изменения теплообмена по выступающей поверхности ограждения.

The results of investigations of temperature fields in the area of projection elements of buildings in different construction solution of the connected junction of projection element to the wall envelope and intermediate floor. Obtained based on experimental data the values of heat transfer coefficients have provided empirical relationships and intensity of heat transfer along projection element of the enclosure.

Ключевые слова: коэффициент теплообмена, теплопроводное включение, изменение температуры, тепловой поток, несущий теплоизоляционный элемент.

Keywords: heat transfer coefficient, thermal conductivity, including, temperature change, heat flow, carrying the insulating element.

В технической литературе по строительной теплофизике, как в СП 50.13330.2012. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий, так и в монографиях и учебных пособиях К.Ф. Фокина, О.Е. Власова, Р.Е. Бриллинга, Б.Ф. Васильева, А.М. Шкловера, Ю.А. Табунщикова, М.М. Бродач, Ю.А. Матросова, Е.Г. Малявиной, рассмотрена теплозащита разнообразных конструктивных решений наружных ограждающих конструкций, позволяющая создать благоприятные комфортные тепловые условия в помещениях гражданских и промышленных зданий [1...4]. Однако вопросы исследования влияния выступающих балконных конструкций на теплозащитные свойства наружных ограж-

дений практически не проводились, несмотря на то, что большинство строящихся и эксплуатируемых зданий, как правило, имеют на фасадах выступающие элементы различных конструкций, которые придают домам благоприятный и своеобразный архитектурный облик.

В связи с этим в НИИСФ РААСН были проведены комплексные теплофизические исследования с целью осуществления оценки теплозащитных свойств узла сопряжения балконной плиты с наружной стеной для установления степени эффективности использования в нем теплоизоляции в совокупности с изменяющимися различными температурами наружного воздуха [5], [6].

Для определения теплотехнических характеристик исследуемого узла проведены экспериментальные исследования в натуральных условиях и климатических камерах НИИСФ. Экспериментальная конструкция представляла собой наружную стену, выполненную из монолитного железобетона 200 мм плотностью $\gamma = 2400 \text{ кг/м}^3$, утепленную снаружи пенополистиролом толщиной 120 мм и оштукатуренную по полимерной стенке с использованием полиминеральных составов. Одна часть экспериментальной конструкции предусматривала традиционный вариант узла сопряжения наружной стены с междуэтажным перекрытием и балконной плитой при наличии перфорационных отверстий в междуэтажном перекрытии размером $500 \times 120 \text{ мм}$, заполненных вставками из пенополистирола плотностью $\gamma = 15 \text{ кг/м}^3$. Перфорационные отверстия в перекрытии были в том же сечении, что и теплоизоляционный слой стены (рис. 1 – общий вид конструкции узла сопряжения монолитного междуэтажного перекрытия с монолитной железобетонной балконной плитой толщиной 0,2 м и наружной трехслойной стеной толщиной 0,33 м при традиционном решении узла с устройством перфорационных отверстий: 1 – балконная плита; 2 – перфорированный участок с утеплением пенополистиролом плотностью 35 кг/м^3 , размером $0,12 \times 0,5 \text{ м}$ и теплопроводным включением размером $0,12 \times 0,2 \text{ м}$ в зоне соприкосновения с наружной стеной; 3 – междуэтажное перекрытие).

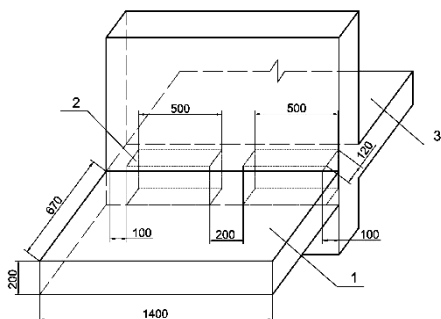


Рис. 1

Вторая часть экспериментальной конструкции имела между балконной железобетонной плитой и междуэтажным перекрытием несущий теплоизоляционный элемент ШеккИзокорб, представляющий собой прямоугольный теплоизоляционный элемент шириной 120 мм из пенополистирола "Неопор" с металлической арматурой из антикоррозионной стали. Металлическая арматура из коррозионной стойкой стали проходила через толщу несущего теплоизоляционного элемента Шекк, соединяющего железобетонную балконную плиту и плиту междуэтажного железобетонного перекрытия (рис. 2 – общий вид конструкции узла сопряжения монолитного междуэтажного перекрытия с монолитной железобетонной балконной плитой толщиной 0,2 м и наружной трехслойной стеной толщиной 0,33 м при установке в узле несущего теплоизоляционного элемента Шекк: 1 – балконная плита; 2 – несущий теплоизоляционный элемент Шекк; 3 – междуэтажное перекрытие).

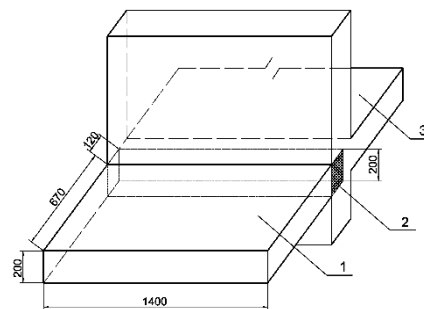


Рис. 2

В процессе монтажа экспериментального образца ограждения в толщу железобетонной монолитной балконной плиты были заложены датчики температуры, со стороны теплого и холодного отсеков камеры на поверхности стен, междуэтажного перекрытия и балконной были размещены датчики температуры и теплового потока.

Теплотехнические исследования в климатических камерах проходили при поддержании в теплом и холодном отделении следующих параметров температуры воздуха: $t_b = 20^\circ\text{C}$, $t_n = -10^\circ\text{C}$, $t_b = 20^\circ\text{C}$, $t_n = -20^\circ\text{C}$, $t_b = 20^\circ\text{C}$, $t_n = -30^\circ\text{C}$ и $t_b = 20^\circ\text{C}$, $t_n = -40^\circ\text{C}$.

Анализ результатов распределения температур по различным сечениям показал, что температуры по длине балконной плиты изменяются достаточно резко. Так, величина перепада между температурой поверхности и температурой наружного воздуха достигает своего максимального значения в зоне узла сопряжения (после проведения серии испытаний в климатической камере при температурах воздуха в холодном отделении $t_n = -10^\circ\text{C}$, $t_n = -20^\circ\text{C}$, $t_n = -30^\circ\text{C}$ для получения температур $t_n = -40^\circ\text{C}$ наружные стены климатической камеры были дополнительно утеплены). Особенно это наглядно просматривается по характеру распределения температуры по теплопроводному включению. Затем по ширине балконной плиты в направлении от наружной стены к торцу происходит постепенное уменьшение температурного перепада. Однако в сечении по центру перфорации с теплоизоляционным вкладышем и при наличии в узле несущего теплоизоляционного элемента Шекк величина температурного перепада перестает изменяться по ширине балконной плиты на расстоянии до 30 см от наружной стены. Таким образом, исследование распределения температур показало, что использование несущего теплоизоляционного элемента Шекк по сравнению с теплопроводным включением резко повышает температуру в зоне узла примыкания балконной железобетонной плиты к наружной стене.

В результате экспериментальных исследований установлена новая теплотехническая закономерность, которая позволяет даже при наличии балконов получить

наружную оболочку здания с высокой теплозащитой. Причем эта зависимость просматривается при различных минусовых температурах наружного воздуха.

Проведенные исследования по определению тепловых потоков показали, что наибольшие потери теплоты происходят в зоне стыка балконной плиты с наружной стеной и наименьшие – в зоне торца балконной плиты. Полученные экспериментальные значения тепловых потоков в балконной плите в зависимости от конструкции стыка и температуры воздушной среды позволили определить величину коэффициента теплообмена для балконной плиты. Как отмечалось, в климатической камере при проведении теплотехнических исследований температура воздуха в теплом отделении поддерживалась на уровне $t_b = 20^\circ\text{C}$, а в холодном отделении составляла $t_n = -10^\circ\text{C}$, $t_n = -20^\circ\text{C}$, $t_n = -30^\circ\text{C}$ и $t_n = -40^\circ\text{C}$.

На рис. 3 показано изменение среднего коэффициента теплообмена по длине балконной плиты для конструкции стыкового соединения, состоящего из теплопроводного включения из железобетона и перфорации в перекрытии с теплоизоляционным вкладышем, соприкасающимся с балконной плитой (1 – $t_n = -40^\circ\text{C}$, 2 – $t_n = -30^\circ\text{C}$, 3 – $t_n = -20^\circ\text{C}$, 4 – $t_n = -10^\circ\text{C}$). Изменение величины среднего коэффициента теплообмена по длине балконной плиты с несущим теплоизоляционным элементом Шекк в узле сопряжения наружной стены с балконной плитой приводится на рис. 4 (1 – $t_n = -40^\circ\text{C}$, 2 – $t_n = -30^\circ\text{C}$, 3 – $t_n = -20^\circ\text{C}$, 4 – $t_n = -10^\circ\text{C}$).

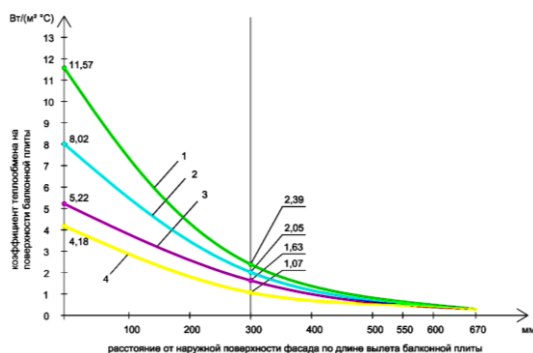


Рис. 3

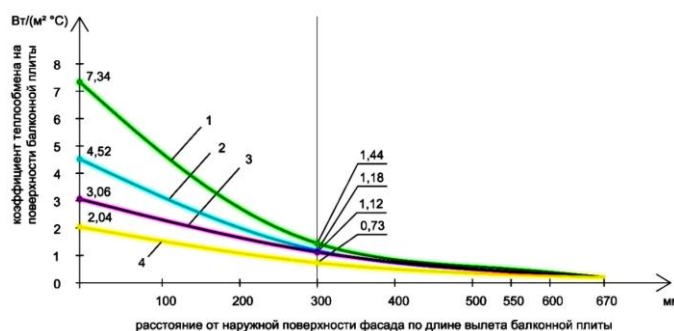


Рис. 4

ВЫВОДЫ

1. Таким образом, проведенные исследования позволили впервые получить численные значения коэффициентов теплообмена и их распределение на поверхности балконной плиты. Анализ полученных значений показал, что на величину коэффициента теплообмена на поверхности балконной плиты значительное влияние оказывает конструктивное решение узла сопряжения наружной стены, междуэтажного перекрытия и балконной плиты. Наиболее интенсивный теплообмен на поверхности балконной плиты наблюдается в месте ее примыкания к наружной стене, а наименее интенсивный – на расстоянии 30 см от стены и до торца балкона.

2. Конструктивное решение узла сопряжения также оказывает влияние на коэффициент теплообмена: наименьшие значения коэффициентов теплообмена получены при установке в узел несущего теплоизоляционного элемента Шекк, наибольшие – в зоне железобетонного теплопроводного включения между перфорационными отверстиями. Это подтверждает, что наиболее интенсивный теплообмен поверхности балконной плиты с наружным воздухом происходит в зоне теплопроводного включения, а наименее интенсивный и наименьшие тепловые потери – при использовании в узле несущего теплоизоляционного элемента Шекк.

ЛИТЕРАТУРА

1. Умнякова Н.П., Егорова Т.С., Андрейцева К.С., Смирнов В.А., Лобанов В.А. Новое конструктивное решение сопряжения наружных стен с монолитными междуэтажными перекрытиями и балконными плитами // Строительные материалы. – 2013, № 6. С. 28...31.
2. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / Под ред. Ю.А. Табунщикова, В.Г. Гагарина. – 5-е изд., пересмотр. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2006.

3. Малявина Е.Г. Теплофизика зданий. – М.: Изд-во АСВ, 2013.

4. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М. Системный анализ проектирования энергоэффективных зданий // Architecture and Modern Information Technologies. – 2015. № Special. С. 14.

5. Умнякова Н.П., Андрейцева К.С., Смирнов В.А. Эффективное конструктивное решение узла оболочки здания и биосферная совместимость // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2013, № 4. С.51...64.

6. Умнякова Н.П., Андрейцева К.С., Смирнов В.А. Инженерный метод расчета температуры в узле сопряжения наружной стены с монолитными междуэтажными и балконными плитами при использовании несущего теплоизоляционного элемента ШеккИзоКорб // Строительство и реконструкция. – 2013, № 6 (50). С.53...64.

REFERENCES

1. Umnjakova N.P., Egorova T.S., Andrejceva K.S., Smirnov V.A., Lobanov V.A. Novoe konstruktivnoe reshenie soprzazhenija naruzhnyh sten s monolitnymi mezhdujetazhnymi perekrytijami i balkonnymi plitami // Stroitel'nye materialy. – 2013, №6. S. 28...31.
2. Fokin K.F. Stroitel'naja teplotehnika ograzhdajushhih chastej zdanij / Pod red. Ju.A. Tabunshhikova, V.G. Gagarina. – 5-e izd., peresmotr. – M.: AVOK-PRESS, 2006.
3. Maljavina E.G. Teplofizika zdaniy. – M.: Izd-vo ASV, 2013.
4. Tabunshhikov Ju.A., Brodach M.M. Sistemnyj analiz proektirovanija jenergojefektivnyh zdaniy // Architecture and Modern Information Technologies. – 2015. № Special. S. 14.
5. Umnjakova N.P., Andrejceva K.S., Smirnov V.A. Jeffektivnoe konstruktivnoe reshenie uzla obolochki zdanija i biosfernaja sovместimost' // Biosfernaja sovместimost': chelovek, region, tehnologii. – 2013, № 4. S.51...64.
6. Umnjakova N.P., Andrejceva K.S., Smirnov V.A. Inzhenernyj metod rascheta temperatury v uzle soprzazhenija naruzhnoj steny s monolitnymi mezhdujetazhnymi i balkonnymi plitami pri ispol'zovanii nesushhego teploizoljacionnogo jelementa ShekkIzokorb // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. – 2013, № 6 (50). S.53...64.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН. Поступила 15.05.16.