

**ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ ПОВЕРХНОСТИ СТЕНЫ ВБЛИЗИ
ВЕНТИЛЯЦИОННОГО УСТРОЙСТВА**

Шмидт Ю.И.,

**Научные руководители: к.т.н. доцент Енютина Т.А., к.т.н. доцент Кузема
Г.П., к.т.н. доцент Шмидт В.К.**

Сибирский федеральный университет

При установке окон и балконных дверей из стеклопакетов в жилых и общественных зданиях возникают проблемы с вентиляцией помещений. «Евроокна» герметичны. В них форточки отсутствуют, поэтому проветривание помещений в зданиях, не оснащённых механической приточно-вытяжной вентиляцией, осуществляется с помощью поворотно-откидной створки, занимающей от половины до четверти оконного проёма. При низких отрицательных температурах, характерных для сибирской зимы, такое проветривание приводит к переохлаждению части помещения, прилегающей к окну, и простудным заболеваниям. Поэтому в холодное время года створки открываются редко и на короткое время. В помещениях становится душно, повышается влажность, воздух насыщается углекислым газом и продуктами дыхания. Учитывая актуальность проблемы, лаборатория строительной физики СФУ проводит натурные обследования жилых и общественных зданий с целью определения состояния температурно-влажностного режима в помещениях жилых и общественных зданий.

В настоящее время некоторые проектные организации и строительные фирмы стали применять в жилых и общественных зданиях регулируемые приточные устройства типа Ventar, Aerесо и т.п. К сожалению, они имеют низкую производительность и ухудшают теплотехнические качества окон. Более эффективными являются стенные устройства типа «Сибирь-2» и клапаны фильтрационные выравнивающие КИВ, так называемые альпийские форточки.

Доцент СФУ Кузема Г.П. разработал несколько конструкций альпийских форточек, которые отличаются простотой, малыми габаритами и высокой эффективностью работы [1]. Изделия устанавливаются в стене здания, регулирование расхода потока воздуха производится за счёт изменения живого сечения канала перемещающимся вручную клапаном.

Для полной информации о работе этого вентиляционного устройства требовалось получить данные о температурном поле вблизи альпийской форточки на внутренней поверхности стены помещения.

Для этого вначале с помощью инфракрасного пирометра были выполнены снимки внутренней стены жилого помещения около места расположения вентиляционного устройства, которые позволили оценить температурные поля.

Кроме того, были проведены измерения температуры стены на определённых расстояниях от места расположения форточки. Работа осуществлялась с января по апрель месяц.

Также сделана попытка приближённого расчёта температурных полей с использованием дифференциального уравнения стационарной теплопроводности для стационарного режима. Принятые условия: 1) входящий поток наружного воздуха распределяется равномерно по всем направлениям; 2) поперечное сечение форточки представляет собой круг, имеющий температуру входящего потока воздуха; 3) тепловой поток за пределами круга принимается минимальным. При этом температурное поле становится симметричным относительно оси, проведённой в положительном направлении от центра круга. Тогда температурное поле не зависит от полярного угла φ , а изотермические поверхности будут представлять собой поверхности вращения.

Для аналитического рассмотрения задачи вводится избыточная температура $\vartheta = t - t_{ж}$, где $t_{ж}$ – температура окружающей среды.

Дифференциальное уравнение теплопроводности в этом случае имеет вид

$$\nabla^2 \vartheta = 0$$

или в цилиндрических координатах

$$\frac{d^2 \vartheta}{dr^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{d\vartheta}{dr} + \frac{d^2 \vartheta}{dz^2} = 0.$$

Граничные условия: 1) при $z = 0$ и $r \leq R$ температура поверхности круга постоянна и равна ϑ_c ; 2) при $z = 0$ и $r \geq R$ $\frac{\delta \vartheta}{\delta z} = 0$;

3) при $z \rightarrow \infty$ и $r > R$ $\vartheta = 0$, то есть на бесконечном расстоянии от круга температура становится равной температуре окружающей среды; 4) то же при $z = 0$ и $r \rightarrow \infty$.

Решение уравнения отыскивается как произведение двух функций, одна из которых зависит только от z , другая только от r :

$$\vartheta = Z(z) \cdot R(r).$$

Сначала оценивается функция $Z(z)$, которая с увеличением z быстро стремится к равновесию, поэтому можно принять для неё экспоненциальную зависимость:

$$Z(z) = e^{-mz},$$

где m – произвольная величина, которая может иметь все значения числового ряда.

Далее записывается уравнение, содержащие только зависимости от r .

Дифференциальное уравнение при этом получит вид

$$e^{-mz} \cdot \frac{d^2 R(r)}{dr^2} + e^{-mz} \cdot \frac{1}{r} \cdot \frac{dR(r)}{dr} + m^2 e^{-mz} \cdot R(r) = 0,$$

или

$$\frac{d^2 R(r)}{dr^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{dR(r)}{dr} + m^2 \cdot R(r) = 0.$$

В свою очередь эта зависимость имеет решение в виде произведения двух функций Бесселя нулевого порядка соответственно нулевого и первого рода

$$R(r) = C \cdot J_0(m \cdot r) \quad u \quad R(r) = D \cdot Y_0(m \cdot r).$$

Второе решение при $r = 0$ равно бесконечности, что противоречит первому граничному условию, и поэтому его можно отбросить.

Тогда решение дифференциального уравнения теплопроводности получит вид

$$\vartheta = \sum_{k=0}^{k=\infty} C_k \cdot e^{-mz} \cdot J_0(m_k \cdot r),$$

где C_k - постоянные величины.

Эта сумма имеет предел, который является определённым интегралом

$$\vartheta = \int_0^{\infty} C_k \cdot e^{-mz} \cdot J_0(m \cdot r) \cdot dm.$$

Постоянные C_k определяются с помощью граничных условий. Окончательно решение дифференциального уравнения получит вид

$$\vartheta = \vartheta_c \cdot \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{\sin(mR)}{m} \cdot J_0(m \cdot r) \cdot e^{-mz} \cdot dm.$$

В нашем случае требуется найти температуры только на поверхности стенки, то есть при $z = 0$, в пределах теплового пограничного слоя.

При решении уравнения использовалась программа Mathad.

Анализ результатов расчётов и выполненных измерений температурных полей показали достаточно удовлетворительное совпадение.

Библиографический список

1. Кузема Г.П. Вентиляционное устройство. – Патент на изобретение № 2132516 от 27.06.99, БИ № 18.
2. Лыков А.В. Теория теплопроводности. – М. - Высшая школа. 1967. С. - 599.