**Лабораторная работа № 9**

**Естественная конвекция воздуха в прослойке между стеклами ОКНа**

**Цель работы**:

1. моделирование конвективного потока невязкой жидкости в параллелепипеде;
2. нахождение профиля скорости и границ применимости теоретического расчета уравнения распределения скорости по высоте пластины.

Теоретическая часть

Металлопластиковые окна в настоящее время приобрели значительную популярность по следующим причинам: долговечность, высокая герметичность, энергоэффективность. Высокая теплозащита современных стеклопакетов обеспечивается устройством замкнутых воздушных прослоек, благодаря чему эффективно используется теплоизолирующая способность воздуха. Оценить теплопотери *q*, Вт, через один квадратный метр окна можно по следующей формуле:



где *t*нар − температура воздуха на улице, °С; *t*вн  температура воздуха в помещении, °С; *R*  приведенное сопротивление теплопередаче, (м2⋅°С / Вт).

Известно, что конвективный перенос тепла через воздушную прослойку снижает теплоизолирующую способность воздуха. Конвективный перенос зависит от толщины замкнутой воздушной прослойки δ, кинематической вязкости воздуха ν, разности температур поверхностей стекол Δ*t*, ограничивающих воздушную прослойку, высоты прослойки *H*. В расчетах, как правило, учитывается совместное влияние теплопроводности и конвекции.

Среднюю скорость циркуляции потока воздуха в прослойке можно определить через баланс давлений − перепад давления Δ*p*ц, обусловленный разностью плотностей воздуха, равен потери давлении Δ*p*пот на трения и завихрения.

Перепад давления равен

,

где ρ1, ρ2 − плотность воздуха, соответственно, при температуре *t*нар и *t*вн,, кг/м3.

Потери давления

,

где ν1, ν2 − коэффициент кинематической вязкости воздуха, соответственно, при температуре *t*нар и *t*вн,, м2/с; ζ = 2,5 − коэффициент местного сопротивления при развороте потока на 180°.

Тогда средняя скорость потока

.

Режим течения в прослойке зависит от критерия Грасгофа:

,

где   коэффициент термического расширения среды.

Характер изменения термического сопротивления воздушных прослоек в зависимости от их толщины по различным данным представлен в таблице.

**Зависимость характеристик стеклопакета от расстояния между стеклами**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Толщина δ, мм | 6 | 12 | 16 | 20 | 30 | 35 | 40 | 50 |
| Показатель *R*0 | 0,3 | 0,35 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 |

Как видно из таблицы, термическое сопротивление прослойки постепенно увеличивается до толщины 30 мм, а затем сопротивление воздушной прослойки практически не зависит от толщины.

Согласно формуле М. А. Михеева, среднее термическое сопротивление воздушной прослойки при *H* / δ >5 можно определить как

,

где λ  теплопроводность воздуха, Вт/(м °С).

**Условие задачи**

В этом примере рассматривается задача моделирования течения в параллелепипеде, в котором узкие вертикальные стороны поддерживаются при разных температурах (одна холодная, другая горячая), а остальные стороны теплоизолированы (рис. 37). Под воздействием выталкивающей силы, обусловленной разностью температур, возникает двумерное конвективное движение.

Высота параллелепипеда 0,09  м, толщина зазора 5, 10, 15, 20, 30 мм. Холодная стенка *t*1 = 4 + *N*°C, горячая *t*2 = 20°C.

Рис. 37

**Моделирование**

1. Загрузите **FlowVision**
2. Выберите файл D:\Samples\Geom\ NaturConvect.wrl
3. Выберите **Модель − Ламинарная жидкость**, отметьте уравнение Навье-Стокса, уравнение переноса энергии.
4. Задайте **Начальные значени**я: **Температура** = *t*1.
5. Параметры модели: Гидростатика, Плотность = 1,22 кг/м3, Yуровень жидкости = 1,8 м.
6. Задайте свойства среды: **Вещество0** для воздуха.
7. Задайте **Общие параметры, шаги:** неявная схема, Фикс.шаг = 0.2 с; Гравитация, Вектор гравитации Y = 9,8 м/с2; Дополнительно: gravity time step = Да.
8. Задайте **Граничные условия.**
9. Задайте начальную расчетную сетку. Введите количество сеточных интервалов 12, 25, 4 для каждой из оси (*X, Y, Z*).
10. Выполните предварительный и окончательный расчет задачи.

### Представление и анализ результатов

1. Создайте на плоскости – Изолинии для Температуры.
2. Создайте в объеме Вспышки для Скорости.
3. Определите максимальную и среднюю скорость движения воздуха.
4. Постройте теоретическую и расчетную зависимость средней скорости воздуха от зазора между стеклами 5, 10, 15, 20, 30 мм.