

## ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ОТОПИТЕЛЬНО-ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ БЛОК-МОДУЛЬНЫХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

**Соснов В.С.**

**Научный руководитель – доцент Карпов В.И.**

*Сибирский федеральный университет*

В последние годы отмечается тенденция перехода к строительству относительного дешевого и комфортабельного жилья. При этом просматривается перспектива быстрого, сезонного, организованного индивидуального строительства малоэтажных “умных” домов в автономных экопоселках в пригородах и сельской местности. Примером тому являются известные проектные проработки, выполненные институтами катализа и теплофизики СОАН (г. Новосибирск) и Красноярского института технической физики.

Короткие сроки возведения подобных зданий могут быть обеспечены с использованием отдельных блок-модулей зданий, изготавливаемых на стационарных базах стройиндустрии, и собираемых на конкретных строительных площадках. Из отдельных модулей должны быть выполнены и системы инженерного оборудования зданий.

Для обеспечения комфортных условий в жилом помещении необходимо таким образом выбрать вид отопительно-вентиляционной системы, чтобы она, во-первых, не нарушала архитектурный ансамбль помещения и, во-вторых, обеспечивая заданные параметры температуры и воздухообмена, соответствовала современным требованиям энергоэффективности.

Учитывая повышенную герметичность современных конструкций оконных заполнений, на сегодняшний день разработан ряд конструкций приточных устройств естественной вентиляции, обеспечивающих требуемые воздухообмены в помещениях (вентиляционные клапаны “КИВ-125”, “Regel- Air” и др.). Однако следует отметить, что подобные конструкции все же способствуют проникновению холодного воздуха, вызывая формирование сквозняков в зоне пребывания людей.

Исходя из этих соображений, предложена конструкция отопительно-вентиляционной панели, совмещающая в себе функции нагревательного прибора и приточного элемента естественной вентиляции. На рис.1 представлено данное решение.

Система “воздухонагреватель – вентиляционное устройство” может быть представлена двумя вариантами: *A* – совмещенный вариант; *B* – отдельный с типовым нагревательным прибором, установленным в подоконной нише. В представленной работе рассматривается вариант *A*.

Панель представляет собой часть стенового ограждения (блок), выполненного из пористого материала. В качестве последнего может быть использован керамзитовый гравий, щебень и др. В теле панели на определенной глубине размещается змеевик из металлических труб с горячим теплоносителем. Внутренняя и наружная поверхности панели закрыты перфорированными пластинами, обеспечивающими сквозной проток

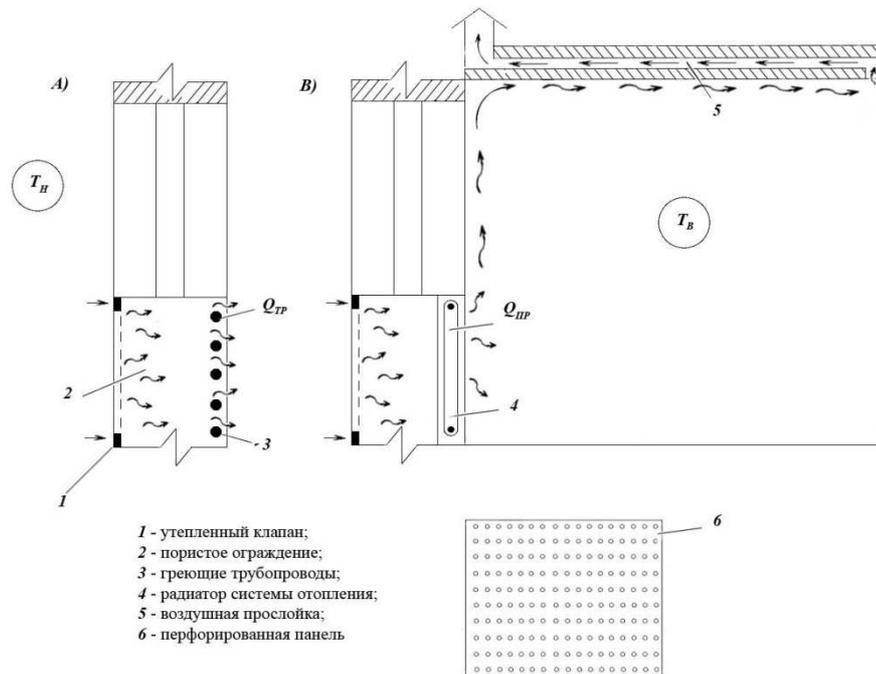


Рис.1 Конструкции отопительно вентиляционных панелей

воздуха. Холодный наружный воздух, фильтруясь через поры материала, встречает на своем пути тепловой поток, идущий от нагревателей и изнутри помещения. При этом происходит ассимиляция теплоты при одновременном нагреве воздуха. Совмещение такого ограждения с нагревательными элементами дает солидный эффект, так как приточный воздух может быть нагрет до необходимой температуры в соответствии с санитарными нормами при минимальных теплопотерях наружу в пределах панели. Регулирование расхода приточного (фильтрующегося) воздуха, а также его температуры может осуществляться индивидуально для каждого помещения с помощью клапанов, установленных вблизи наружной поверхности.

Для конструирования отопительно-вентиляционной панели и оптимизации ее размеров необходимо решить задачу теплообмена в рассматриваемой системе. На рис.2 представлен один из симметричных элементов панели и схема решения поставленной задачи. В целях упрощения решения примем ряд допущений:

- 1- считаем, что движение потока воздуха в сторону помещения - одномерное;
- 2- температура фильтрующегося воздуха и твердого скелета материала в каждой расчетной точке одинаковы;
- 3- процесс передачи теплоты в теле конструкции осуществляется только теплопроводностью через твердый скелет материала;
- 4- на границах панели введем эквивалентные слои материала  $\delta_{эк}$ ,  $B = \lambda/\alpha B$ ,  $\delta_{эк,н} = \lambda/\alpha_n$ , которые позволяют перейти к граничным условиям 1 рода на условных изотермических поверхностях панели (здесь  $\alpha B$  и  $\alpha_n$  коэффициенты теплообмена на внутренней и наружной поверхностях).

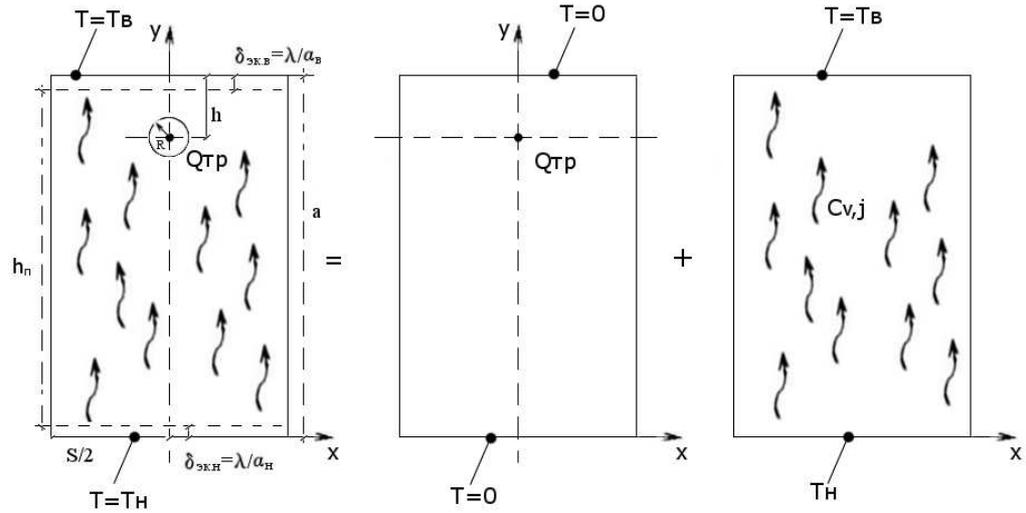


Рис. 2. Расчетная схема задачи теплообмена в пористой отопительно-вентиляционной панели (обоснование использования принципа суперпозиции)

На приведенном выше рисунке представлена расчетная схема рассматриваемой задачи. С учетом данной схемы приближенная математическая постановка примет вид:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + (QTr/\lambda) \cdot \delta(x) \cdot \delta(y-h) = -C_v \cdot j \cdot \frac{\partial T}{\partial y} \quad (1)$$

где  $C_v, j$  – соответственно теплоемкость и массовый расход фильтрующегося воздуха;  $\lambda$  – теплопроводность скелета материала;  $QTr$  – удельная мощность линейного источника, заменяющего горячий трубопровод;  $\delta(x, y)$  – дельта – функция Дирака.

Граничные условия задачи:

$$\text{при } y = 0 \quad T = T_n, \quad \text{при } y = a \quad T = T_b, \quad (2)$$

$$\text{при } x = 0, x = S/2 \quad \frac{\partial T}{\partial x} = 0 \quad (3)$$

Для решения задачи используем принцип суперпозиции и разложим ее на две более простые: 1 – двумерной стационарной задачи теплопроводности в полосе с линейным источником тепла и нулевыми температурами на границах без учета фильтрации воздуха; 2 – одномерной задачи при заданных температурах на границах с учетом фильтрации воздуха.

Решение первой задачи имеет вид:

$$T_{O_{x,y}} = \frac{Q_{тр}}{4\pi\lambda} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \ell_n \frac{ch \frac{\pi}{a}(x+nS) - \cos \frac{\pi}{a}(y+h)}{ch \frac{\pi}{a}(x+nS) - \cos \frac{\pi}{a}(y-h)} \quad (4)$$

Решение второй задачи:

$$T_y = T_n + (T_B - T_n) \cdot [\exp(CV \cdot j \cdot y / \lambda) - 1] / [\exp(CV \cdot j \cdot a / \lambda) - 1] \quad (5)$$

Для определения мощности  $Q_{Tp}$  положим в обобщенном уравнении температурного поля ( $T_{x,y} = T_{0x}$ ,  $y = h - R$ ,  $x = 0$  (координаты верхней образующей трубки),  $T = T_{Tp}$  и решим его относительно  $Q_{Tp}$ . В результате получим:

$$Q_{Tp} = \{ T_{Tp} - T_n - (T_B - T_n) \cdot [\exp(Cv \cdot j \cdot (h - R) / \lambda) - 1] / [\exp(Cv \cdot j \cdot a / \lambda) - 1] \} / Rt \quad (6)$$

где

$$Rt = \frac{1}{4\pi\lambda} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \ln \frac{ch \frac{\pi}{a}(nS) - \cos \frac{\pi}{a}(2h - R)}{ch \frac{\pi}{a}(nS) - \cos \frac{\pi R}{a}}$$

Для определения температуры внутренней фактической поверхности панели, а, следовательно, температуры нагретого фильтрующегося воздуха следует воспользоваться общим уравнением температурного поля  $T_{x,y}$  и рассчитать температуры в двух точках – над центром трубки ( $x = 0$ ,  $y = \delta_{эк}$ ,  $B$ ), между трубками ( $x = S/2$ ,  $y = \delta_{эк}$ ,  $B$ ) и полученные значения осреднить. Расчеты по разработанной методике показали, что, например, при  $\delta_{II} = 0,3$  м;  $j = 8$  кг/(м<sup>2</sup>·ч);  $\lambda = 0,15$  Вт/(м·°С);  $R = 0,01$  м;  $h = 0,015$  м;  $S = 0,15$  м;  $T_{Tp} = 80$  °С;  $T_B = 20$  °С;  $T_n = -40$  °С температура внутренней поверхности панели имеет значение  $T_{II} = 35$  °С.

Учитывая тот факт, что расход фильтрующегося через панель воздуха, зависит от сопротивления пористой засыпки, а также от располагаемого аэродинамического давления и схемы организации воздухообмена в помещении, теплофизический расчет панели следует вести с учетом воздушного режима здания. Поэтому на первой стадии исследований выскажем лишь предложения по возможной схеме движения воздуха в рассматриваемой системе. На рис.1 представлена схема организации воздухообмена. Считая, что расчетное помещение аэродинамически изолировано от других комнат, можно организовать движение воздуха по следующему маршруту: “отопительно-вентиляционная панель, помещение, каналы плит перекрытия, сборный коллектор, вытяжная шахта”. Причем вход воздуха в каналы плит перекрытия должен осуществляться в таком месте, чтобы приточный поток вентилировал весь объем помещения. Проходя по каналам плиты перекрытия, воздух охлаждается, но в то же время является барьером для теплопотерь через чердачное перекрытие, то есть является своеобразным теплоутилизатором.

В заключении необходимо отметить одну особенность конструирования отопительно-вентиляционной панели при использовании в качестве нагревателей трубопроводов с горячей водой. Трубы следует укладывать как можно ближе к внутренней поверхности панели на глубине 1-2 см. На таком расстоянии естественная температура пористого ограждения на уровне заложения оси трубы практически всегда (при  $j < 10$  кг/м<sup>2</sup>·ч) имеет положительное значение, что исключает возможность замерзания греющего регистра в случае длительной остановки движения жидкости.