

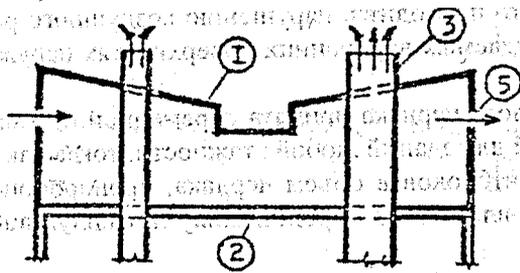
УДК 697.921.47

Липко В.И.

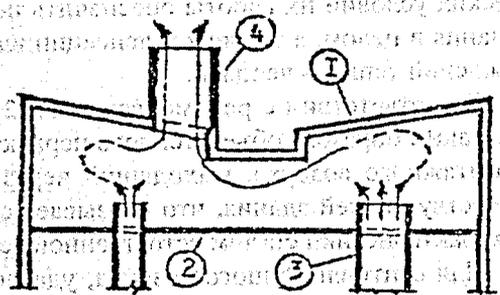
## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ТЕПЛОГО ЧЕРДАКА С УЧЕТОМ ИСКЛЮЧЕНИЯ КОНДЕНСАЦИИ ВЛАГИ

Целью теплотехнического расчета ограждающих конструкций теплового чердака с учетом исключения конденсации влаги на их внутренних поверхностях является определение конструкций наружных стен и покрытия таким образом, чтобы температура на внутренних поверхностях в условиях эксплуатации не снижалась ниже температуры точки росы, которую определяют по  $J-d$  диаграмме для воздуха, поступающего в пространство теплового чердака из каналов вытяжных вентиляционных систем.

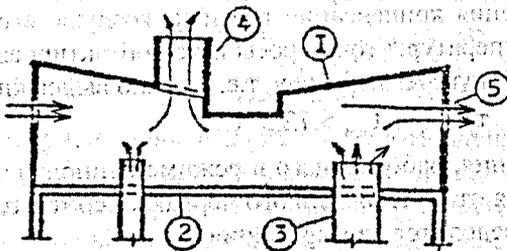
Крыши с чердаками являются основным решением при проектировании сборных железобетонных крыш жилых и общественных зданий. Специальным письмом Госстроя СССР № МК-3-4106 от 12.12.84 г. применение бесчердачных крыш на жилых зданиях любой этажности строго запрещено. Взамен крыш с холодными чердаками (фиг. 1) (рис. 1) для холодных климатических районов рекомендованы крыши с теплыми чердаками (фиг. 2); а для южных регионов — крыши с открытыми чердаками (фиг. 3).



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

Фиг. 1 — Холодный чердак

Фиг. 2 — Теплый чердак

Фиг. 3 — Открытый чердак

Рисунок 1 — Примеры исполнения крыш с чердачным объемом

В крышах с холодным чердаком (фиг. 1) утеплитель укладывается по полу чердака, а боковые ограждения и кровля утеплителя не имеют, из-за чего атмосферная влага из воздуха конденсируется на их внутренних поверхностях и попадает на утеплитель, снижая его теплозащитные свойства и увлажняя верхнюю часть здания с соответствующими негативными последствиями.

В крышах с открытым чердаком (фиг. 3) утеплитель также укладывается по полу чердака, но, в отличие от холодного чердака, оголовки вытяжных вентиляционных блоков открываются в объем чердака, из которого предусмотрена только одна вытяжная шахта в пределах одной секции здания, и при этом чердак отапливается по схеме воздушного отопления, совмещенного с вытяжной вентиляцией.

Поскольку температура удаляемого вытяжными системами вентиляционного воздуха составляет  $t_{уд} = 18 - 20^\circ\text{C}$ , то конденсации влаги на внутренних поверхностях не будет из-за активного про-

ветривания чердачного объема через увеличенные площади сечений боковых вентилирующих отверстий. Недостатки крыш с открытыми чердаками:

- интенсивное проветривание объема чердака приводит к переохлаждению покрытий верхних этажей и повышенному расходу утеплителя;
- из-за разрыва потока вытяжного воздуха, удаляемого из верхних этажей через отдельные ответвления вытяжных вентиляционных блоков, естественного гравитационного давления оказывается не достаточно для преодоления аэродинамического сопротивления, что вызывает явление «протекание циркуляции», когда через вытяжные решетки отработанный загрязненный воздух из объема чердака выдавливается в жилые помещения, что приводит к дискомфорту микроклимата;
- для зданий с наружными ограждениями повышенной герметичности доступ свежего наружного воздуха за счет инфильтрации ограничен, и создание нормируемых воздухообменов в жилых помещениях только за счет вытяжной вентиляции становится весьма проблематичным и зачастую приводит к накоплению бытовой влаги во внутреннем воздухе и повышенной загазованности, снижающих санитарно-гигиенические параметры микроклимата.

Аналогичные недостатки присущи и для крыш с теплыми чердаками (фиг.2 прототип), так как при таком конструктивном решении вытяжные каналы, открывающиеся через оголовки в объем чердака, расположены на различном расстоянии от вытяжной шахты и поэтому одинаковых аэродинамических условий их работы обеспечить невозможно, что приводит к нарушению воздушного режима здания в целом, а также конденсации влаги на охлаждаемых внутренних поверхностях наружных ограждений теплого чердака.

В соответствии с рекомендациями [2] высота теплого чердака принята переменной от 1,6м до 1,7м. Таким образом, объем теплого чердака одинаковый для зданий любой этажности, тогда как расход вытяжного воздуха, выходящий через оголовки вентблоков в объем чердака, пропорционален количеству этажей здания, что оказывает существенное влияние на аэродинамику и эксплуатационные характеристики систем естественной вентиляции.

Для вентиляционного воздуха, удаляемого из жилых и вспомогательных помещений по условиям комфортности и санитарных норм при температуре  $t_{уд} = 20\text{ }^\circ\text{C}$  и  $\phi_b = 60\%$ , температура точки росы, при которой возможна конденсация влаги, составляет  $t_{т.р.} = 12,5\text{ }^\circ\text{C}$ .

Таким образом, в целях исключения конденсации влаги из воздуха, его температура в теплом чердаке не должна снижаться ниже температуры точки росы и не контактировать с поверхностями наружных ограждений, имеющих более низкую температуру, т.е. должно выдерживаться первое условие

$$t_{в.п.т.ч} \geq t_{т.р.} > 12,5\text{ }^\circ\text{C}. \quad (1)$$

По условиям воздушного отопления, работающего в режиме рециркуляции, количество теплоты, которое возможно использовать для отопления теплого чердака в соответствии с первым условием исключения конденсации влаги, определится из выражения

$$Q_{в.о.} = L_{\phi} \cdot c_v \cdot (t_n - t_{в.т.ч}), \quad (2)$$

где  $L_{\phi}$  – суммарный воздухообмен изолированной части (секции) теплого чердака,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$c_v$  – объёмная теплоемкость воздуха,  $\text{Вт}/\text{м}^3$ ;

$t_n$  – температура воздуха, поступающего из вытяжных каналов в пространство теплого чердака,  $t_n = 20\text{ }^\circ\text{C}$ ;

$t_{в.т.ч}$  – температура внутреннего воздуха теплого чердака  $t_{в.т.ч} = 12,5\text{ }^\circ\text{C}$ .

По условиям теплового баланса, для обеспечения внутренней температуры  $t_{в.т.ч} = 12,5\text{ }^\circ\text{C}$  вся поступающая теплота  $Q_{в.о.}$  должна расходоваться на компенсацию теплотерь через наружные ограждающие конструкции теплого чердака, включая теплотери через наружные стены  $Q_{н.с.}$  и теплотери через покрытие  $Q_{п.}$ , т.е. должно выдерживаться равенство

$$Q_{в.о.} = Q_{н.с.} + Q_{п.} \quad (3)$$

В развернутом виде уравнение (3) запишется в виде

$$Q_{в.о.} = K_{н.с.} \cdot F_{н.с.} \cdot (t_{в.т.ч} - t_n) + K_{п.} \cdot F_{п.} \cdot (t_{в.т.ч} - t_n) \quad (4)$$

или после некоторых преобразований получим:

$$Q_{в.о.} = (K_{н.с} \cdot F_{н.с} + K_{п} \cdot F_{п}) \cdot (t_{в.т.ч} - t_{н}) \quad (5)$$

$$\frac{Q_{в.о.}}{t_{в.т.ч} - t_{н}} = \frac{F_{н.с}}{R_{н.с}} + \frac{F_{п}}{R_{п}} \quad (6)$$

Уравнение (5) описывает математически процессы теплообмена, протекающие в пространственном объеме теплого чердака при прохождении через него вентиляционного воздуха. Это уравнение, где неизвестными величинами являются значения термических сопротивлений наружных ограждений покрытия  $R_{п}$  и наружных стен  $R_{н.с}$ , решается методом подбора конструкций наружных стен и покрытия таким образом, чтобы удовлетворялось равенство (5).

Поскольку по условиям эксплуатации зданий с теплыми чердаками наружные стены чердака должны быть такими же по конструктивному исполнению, как и наружные стены жилых помещений, для которых согласно табл. 5.1 СНБ 2.01.01-93 [148] термическое сопротивление принимается равным  $R_{н.с} = 2,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , то значения термического сопротивления для покрытия теплого чердака также должно быть не менее  $R_{н.с} = R_{п}$ , и тогда уравнение (5) после подстановки значений  $R_{н.с} = R_{п} = 2,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$  получим:

$$\frac{Q_{в.о.}}{t_{в.т.ч} - t_{н}} = \frac{F_{н.с} + F_{п}}{2,5} \quad (7)$$

а после подстановки значений  $t_{в.т.ч}$  и  $t_{н}$  получим:

$$\frac{Q_{в.о.}}{12,5 - (-25)} = \frac{F_{н.с} + F_{п}}{2,5};$$

$$Q_{в.о.} = 15 \cdot (F_{н.с} + F_{п}). \quad (8)$$

Записав левую часть уравнения (8) в виде (2), получим

$$L_{\phi} \cdot c_{в} \cdot (t_{п} - t_{в.т.ч}) = 15 \cdot (F_{н.с} + F_{п}). \quad (9)$$

Подставив в выражение (9) известные величины, запишем его решение относительно  $L_{\phi}$

$$L_{\phi} \cdot 1,01 \cdot (20 - 12,5) = 15 \cdot (F_{н.с} + F_{п});$$

$$L_{\phi} = 2 \cdot (F_{н.с} + F_{п}). \quad (10)$$

Таким образом, получена зависимость (10) соотношения аэродинамических характеристик с конструктивными параметрами теплых чердаков в многоэтажных зданиях, обеспечивающих теплообменные процессы, формирующие естественную вентиляцию здания, исключаящих конденсацию влаги на внутренних поверхностях наружных ограждающих конструкций теплых чердаков.

Анализируя полученную формулу (10), можно сделать вывод, что оптимальный воздухообмен должен равняться удвоенной площади наружных ограждений пространственного объема части (секции) теплого чердака.

Решение обратной задачи по подбору суммарной площади наружных ограждений при известных значениях  $L_{\phi}$  определится из выражения

$$(F_{н.с} + F_{п}) = 0,5 \cdot L_{\phi}. \quad (11)$$

#### ЛИТЕРАТУРА

1. СНБ 2.04.01-97. Строительная теплотехника. Министерство архитектуры и строительства РБ. – Минск, 1998 – 32 с.
2. Беляев В.С., Хохлова Л.П. Проектирование энергоэкономичных зданий: Учебное пособие для студентов вузов по специальности «Промышленное и гражданское строительство». -М. Высш. шк., 1991 – 255 с.: Ил.