

$\mu = \infty$. Соответствующее решение было рассмотрено выше.

Если $N = -4M = -\frac{4}{3}R$, то в уравнении (20) множитель $(\mu - 1)^2$ в

знаменателе сокращается и остаются только две особые регулярные точки $\mu = 0$ и $\mu = \infty$. Уравнение (20) в этом случае переходит в уравне-

ние Эйлера $\mu^2 \frac{d^2 y}{d\mu^2} + M_y = 0$, которое легко интегрируется.

В настоящее время в науке можно наблюдать тенденцию к введению такой системы единиц, которая позволяла бы установить единицы измерения, которые не могут быть утрачены, подобно эталонам для метра и килограмма – величин, являющихся по существу случайными величинами, не связанными с основными явлениями природы. Введение такой единственной системы единиц измерения, исключающей все другие системы единиц, равносильно полному устранению понятия размерности. В единой универсальной системе единиц измерения численные значения всех количественных характеристик определяются однозначно их физической величиной.

Более того, при конкретном изучении отдельных специальных классов явлений численные значения количественных характеристик часто выгодно выражать в виде отношения к задаваемым или наиболее характерным величинам по смыслу рассматриваемых частых задач. В разных случаях эти характерные основные величины могут быть различными.

1.Емцев Б.Т. Техническая гидромеханика / Б.Т. Емцев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 432 с.

2.Ландау Л., Лифшиц Е. Механика сложных сред. – М.: Гостехиздат, 1953. – 320 с.

Получено 09.03.2012

УДК 679.14

А.Ф.СТРОЙ, д-р техн. наук

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

ПОТРОВСКИ ЕЖИ ЗЫГНЕВ, д-р техн. наук, ЕВА ЗЕНДЕР-ШВЕРЦ

Технологічний університет “Святокишинська політехніка”, м. Кельце (Польща)

РОЗРАХУНОК ПОВІТРООБМІНУ В ПРИМІЩЕННІ ПРИ ОДНОЧАСНІЙ ДІЇ ГРАВІТАЦІЙНОГО ТИСКУ, ТИСКУ ВІТРУ ТА ВЕНТИЛЯТОРА

Наведено методику розрахунку повітрообміну в приміщенні при одночасній дії гравітаційного тиску, тиску вітру та вентилятора. Розглянуто випадок, коли припливні отвори в приміщенні розташовані на різній висоті від підлоги.

Приведена методика расчета воздухообмена в помещении при одновременном действии гравитационного давления, давления ветра и вентилятора. Рассмотрен случай, когда приточные отверстия в помещении расположены на разной высоте от пола.

The air exchange design procedure in apartments at simultaneous action of gravitational pressure, pressure of a wind and the fan is resulted. The case when inflow apertures in apartment are located at different height from a floor is considered.

Ключові слова: гравітаційний тиск, вітровий тиск, тиск вентилятора, характеристика повітропроводів, характеристика вентилятора.

Одним із недоліків гравітаційної та вітрової вентиляції є те, що повітрообмін в приміщенні, при вітровій вентиляції змінюється залежно від напрямку та швидкості повітря, а при гравітаційній – залежно від змін температур зовнішнього повітря. Внаслідок цього важко передбачити, який буде повітрообмін в приміщенні і яка буде якість повітря в той чи інший момент часу. Механічна система вентиляції не має цих недоліків. За допомогою механічної системи вентиляції можна створити постійний повітрообмін в приміщенні. Але вона потребує додаткових експлуатаційних витрат. Якщо передбачити в приміщенні поряд з механічною вентиляцією гравітаційну та вітрову, то можна суттєво зменшити експлуатаційні витрати й одночасно покращити якість повітря, тобто таке поєднання має свою позитивну сторону.

Існуючі методи розрахунку гравітаційної вентиляції [1-4] дають можливість визначити повітрообмін в приміщенні та розрахувати систему вентиляції в тому випадку, коли свіже повітря надходить в приміщення через один отвір або декілька отворів, які розташовані на одному рівні. Досить часто при проектуванні систем вентиляції зустрічаються випадки, коли свіже повітря необхідно подавати через отвори, розташовані на різних рівнях відносно підлоги в приміщенні. У той же час відводиться повітря із приміщення через загальний вентиляційний канал. У цих випадках гравітаційний тиск для кожного отвору при надходженні повітря буде різним. До того ж, якщо один отвір розташований у навітряній частині будинку, а інший – у завітряній, то і вітровий тиск для кожного отвору буде мати різне значення. Кількість повітря, що буде надходити через кожний із отворів, залежить не тільки від співвідношення гідравлічного опору отворів, а й від відстані по вертикалі між отворами, а також від дії вітру, тобто від аеродинамічних коефіцієнтів. Крім цього, коли в приміщення додатково подавати повітря за допомогою вентилятора, то залежно від потужності вентилятора через отвори, які передбачають для надходження повітря в приміщення, може виходити повітря із приміщення. Методика розрахунку повітрообміну для відмічених випадків відсутня.

Щоб розробити методику розрахунку для таких випадків і визначи-

ти вплив гравітаційного тиску, тиску вітру та механічної вентиляції на повітрообмін в приміщенні, розглянемо схему приміщення (рис.1).

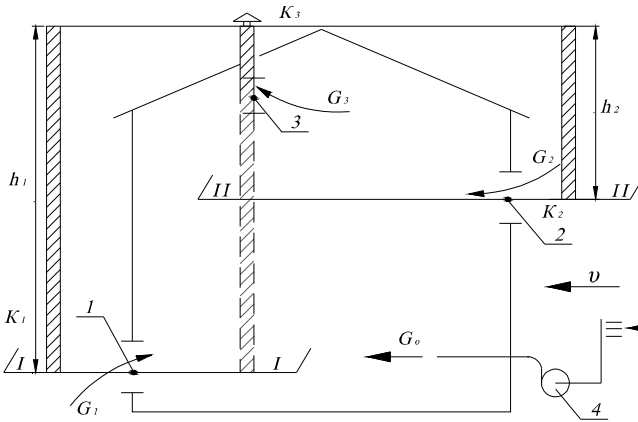


Рис.1 – Схема приміщення:

1, 2 – отвір для надходження повітря в приміщення; 3 – отвір для відведення повітря;
4 – вентилятор.

Припустимо, що за рахунок дії гравітаційного тиску і тиску вітру, в приміщення надходить повітря через отвір 1 та отвір 2. Поряд з цим, в приміщення подає повітря вентилятор. Відводиться повітря із приміщення через отвір 3. Розглянемо спочатку як визначити повітрообмін в приміщенні при сумісній дії гравітаційного тиску та тиску вітру. Тобто розглянемо випадок, коли вентилятор не працює. В цьому випадку кількість повітря, яке подає вентилятор, $G_o = 0$. Визначимо гравітаційний тиск зовнішнього стовпа повітря на площину I-I (рис.1).

Зовнішній стовп повітря створює гравітаційний тиск на площину I-I, який можна визначити за допомогою виразу

$$P_{I-I}^3 = h_1 \cdot g \cdot \rho_3, \text{ Па}, \quad (1)$$

де h_1 – висота стовпа повітря (рис.1), м; g – прискорення вільного падіння, м/с^2 ; ρ_3 – густина зовнішнього повітря, кг/м^3 .

Сумісну дію тиску вітру і гравітаційного тиску зовнішнього стовпа повітря на рівні площини I-I можна розрахувати за допомогою формули

$$P_{I-I}^3 = h_1 \cdot g \cdot \rho_3 + K_1 \frac{v^2}{2} \rho_3, \text{ Па}, \quad (2)$$

де K_1 – аеродинамічний коефіцієнт на рівні площини I-I; v – швидкість вітру, м/с .

Стовп внутрішнього повітря створює гравітаційний тиск на площину I-I, який дорівнює:

$$P_{I-I}^{6H} = h_1 \cdot g \cdot \rho_{6H}, \text{ Па.} \quad (3)$$

Сумісну дію тиску вітру і гравітаційного тиску внутрішнього стовпа повітря на рівні площини I-I можна визначити за формулою

$$P_{I-I}^{6H} = h_1 \cdot g \cdot \rho_{6H} + K_3 \frac{v^2}{2} \rho_3, \text{ Па,} \quad (4)$$

де K_3 – аеродинамічний коефіцієнт на рівні виходу повітря із витяжної шахти.

Припустимо, що тиск зовнішнього стовпа на площину I-I більший від тиску внутрішнього стовпа. Тоді через отвір I буде надходити повітря до приміщення.

Різниця тисків втрачається на подолання опору при вході повітря в приміщення і при виході із приміщення. На основі цього можна записати рівняння

$$\Delta P_{I-I} = P_{I-I}^3 - P_{I-I}^{6H} = S_1 G_1^2 + S_3 G_3^2, \text{ Па,} \quad (5)$$

де S_1 – гідравлічна характеристика отвору 1, $\frac{\text{Па} \cdot \text{с}^2}{\text{кг}^2}$; G_1 – кількість повітря, яка надходить до приміщення за 1 с через отвір I, кг/с; S_3 – гідравлічна характеристика витяжної шахти, $\frac{\text{Па} \cdot \text{с}^2}{\text{кг}^2}$; G_3 – витрата повітря через витяжну шахту, кг/с.

У даному випадку $G_3 = G_1 + G_2$, G_2 – кількість повітря, яка надходить до приміщення через отвір 2 (рис.1).

За допомогою рівняння (5) не можна визначити повітрообмін в приміщенні при заданих конструктивних характеристиках припливних отворів і витяжної шахти. В це рівняння входять дві невідомі величини G_1 і G_2 . Щоб визначити витрати повітря G_1 і G_2 , необхідно додатково скласти ще одне рівняння, в яке також будуть входити невідомі G_1 і G_2 , та розв'язати систему рівнянь відносно цих невідомих. Друге рівняння можна одержати, якщо розглянути тиск зовнішнього та внутрішнього стовпа повітря на площину II-II. Тиск на навітряній стороні будинку із зовні на рівні площини II-II:

$$P_{II-II}^3 = h_2 \cdot g \cdot \rho_3 + K_2 \frac{v^2}{2} \rho_3, \text{ Па.} \quad (6)$$

Тиск внутрішнього повітря на площину II-II:

$$P_{II-II}^{6H} = h_2 \cdot g \cdot \rho_{вн} + K_3 \frac{v^2}{2} \rho_3, \quad \text{Па.} \quad (7)$$

Різниця тисків $\Delta P_{II-II} = P_{II-II}^3 - P_{II-II}^{6H}$ витрачається на подолання опору при надходженні повітря через отвір 2 і відведенні його через витяжну шахту:

$$\Delta P_{II-II} = S_2 G_2^2 + S_3 G_3^2, \quad (8)$$

де S_2 – гідравлічна характеристика отвору 2.

Із урахуванням того, що $G_3 = G_1 + G_2$, система рівнянь, за допомогою якої можна визначити витрати G_1 і G_2 , має вигляд:

$$\begin{cases} \Delta P_{I-I} = S_1 G_1^2 + S_3 (G_1 + G_2)^2, \\ \Delta P_{II-II} = S_2 G_2^2 + S_3 (G_1 + G_2)^2. \end{cases} \quad (9)$$

В системі рівнянь (9):

$$\Delta P_{I-I} = h_1 \cdot g \cdot (\rho_3 - \rho_{вн}) + (K_1 - K_3) \frac{v^2}{2} \rho_3, \quad (10)$$

$$\Delta P_{II-II} = h_2 \cdot g \cdot (\rho_3 - \rho_{вн}) + (K_2 - K_3) \frac{v^2}{2} \rho_3. \quad (11)$$

Слід зазначити, що зміна аеродинамічного коефіцієнту може викликати зміну напрямку переміщення повітря в отворі 1. При цьому необхідно виконати аналіз і визначити, який тиск внутрішнього чи зовнішнього стовпа повітря більший. На основі цього внести зміни в рівняння (10). Слід відмітити також, що поряд з розрахунком повітрообміну система рівнянь (9) дає можливість знайти числові значення аеродинамічних коефіцієнтів. Для цього потрібно експериментальним шляхом на відповідному об'єкті визначити витрати G_1 і G_2 та аеродинамічний коефіцієнт на навітряній стороні будинку. Інші два аеродинамічні коефіцієнти можна визначити в результаті розрахунку за допомогою системи рівнянь (9).

При одночасній дії гравітаційного тиску, вітрового тиску та механічної вентиляції повітрообмін формується в результаті дії сумарного тиску. Якщо вважати, що гравітаційний тиск, вітровий тиск та тиск, створений вентилятором, не залежать один від одного, то сумарний тиск в цьому випадку дорівнює сумі окремих тисків. Таким чином, щоб знайти тиск, який створює той чи інший повітрообмін в приміщенні при одночасній дії гравітаційного тиску, вітрового тиску та механічної венти-

ляції, необхідно, перш за все, визначити частину тиску, що створює вентилятор. Для цього виконують гідравлічний розрахунок припливної частини повітропроводів для механічної вентиляції і будують характеристику мережі цієї частини повітропроводів (рис.2, характеристика 1).

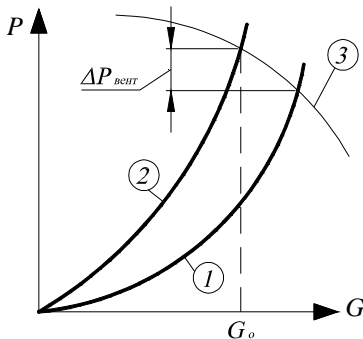


Рис.2 – Характеристики повітропроводів та вентилятора:

1 – характеристика припливних повітропроводів; 2 – сумарна характеристика припливних повітропроводів і витяжної шахти; 3 – характеристика вентилятора.

Потім будують сумарну характеристику припливних повітропроводів і витяжної шахти (рис.2, характеристика 2). На основі цих двох характеристик і характеристики вентилятора визначають частину сумарного тиску $\Delta P_{\text{вент}}$, який створюватиме вентилятор. Цей тиск враховують при визначенні внутрішнього тиску на відповідну площину. Наприклад, при одночасній дії гравітаційного тиску, тиску вітру та вентилятора тиск внутрішнього повітря на площину II-II дорівнює:

$$P_{II-II}^{\text{вн}} = h_2 \cdot g \cdot \rho_{\text{вн}} + K_3 \frac{v^2}{2} \rho_3 + \Delta P_{\text{вент}}, \quad \text{Па.} \quad (12)$$

У той же час, тиск зовнішнього повітря на площину II-II залишається без змін:

$$P_{II-II}^3 = h_2 \cdot g \cdot \rho_3 + K_3 \frac{v^2}{2} \rho_3, \quad \text{Па.} \quad (13)$$

Аналогічно визначають дію внутрішнього та зовнішнього стовпа повітря на площину I-I:

$$P_{I-I}^{\text{вн}} = h_1 \cdot g \cdot \rho_{\text{вн}} + K_3 \frac{v^2}{2} \rho_3 + \Delta P_{\text{вент}}, \quad \text{Па,} \quad (14)$$

$$P_{I-I}^3 = h_1 \cdot g \cdot \rho_3 + K_1 \frac{v^2}{2} \rho_3, \quad \text{Па.} \quad (15)$$

Далі, щоб визначити напрям руху повітря через отвір 1 чи 2 (рис.1), необхідно проаналізувати, який тиск більший, із зовні приміщення чи внутрішній. Потім скласти систему рівнянь по аналогії з системою (9). Ця система рівнянь має вигляд:

$$\begin{cases} \Delta P_{I-I} = S_1 G_1^2 + S_3 (G_1 + G_2 + G_o)^2, \\ \Delta P_{II-II} = S_2 G_2^2 + S_3 (G_1 + G_2 + G_o)^2, \end{cases} \quad (16)$$

де G_o – кількість повітря, що подає вентилятор (рис.2).

Вирішивши цю систему, можна визначити витрати повітря G_1 і G_2 .

Таким чином, система рівнянь (16) дає можливість визначити повітрообмін в приміщенні при одночасній дії гравітаційного тиску, тиску вітру та вентилятора. Аналізуючи характеристики, наведені на рис.2, приходимо до висновку, що $\Delta P_{\text{вент}}$ – це втрати тиску у витяжній шахті при проходженні витрат повітря G_o .

1. Батурич В.В. Отопление, вентиляция и газоснабжение. Ч.П. Вентиляция / В.В. Батурич. – М.: Госстройиздат, 1959. – 291 с.

2. Строй А.Ф. Теплоснабжение и вентиляция сельскохозяйственных зданий и сооружений / А.Ф. Строй. – К.: Вища шк., 2001. – 216 с.

3. Жуковский С.С. Вентиляция помещений / С.С. Жуковский, О.Т. Возняк, О.М. Довбуш, З.С. Люльчак. – Львів: Нац. ун-т “Львівська політехніка”, 2007. – 475 с.

4. Строй А.Ф. Основы расчетов управления тепловым и воздушным режимом помещений / А.Ф. Строй, Ежи Збигнев Пиотровски. – Полтава: ПолтНТУ, 2008. – 171 с.

Отримано 19.12.2011

УДК 652.24

О.О.АЛЕКСАХІН, канд. техн. наук, О.В.БОБЛОВСЬКИЙ, А.М.АНТОНЕНКО,
М.П.МІШУРА, О.А.РЖАНЦІН, Т.Б.СИМОНЕНКО, Т.В.ХИЖНЯК

Харківська національна академія міського господарства

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛООВОГО СТАНУ ТРУБОПРОВІДІВ МІКРОРАЙОННОЇ ОПАЛЮВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

Проаналізовано зниження тепловтрат та зміну температури теплоносія трубопроводами мікрорайонної мережі опалення залежно від ступеня ефективності теплоізоляції будівельних конструкцій. Показано, що зниження температури теплоносія в зворотному трубопроводі впливає на теплопродуктивність першого ступеню водопідігрівної установки.

Проанализированы снижение теплотерь и изменение температуры теплоносителя трубопроводами микрорайонной сети отопления в зависимости от степени эффективности теплоизоляции строительных конструкций. Показано, что снижение температуры теплоносителя в обратном трубопроводе влияет на теплопроизводительность первой ступени водонагревательной установки.