

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
КИЕВСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

НГУЕН ЗУЙ ДОНГ

ОБЩЕОБМЕННАЯ ЕСТЕСТВЕННАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ СООБЩАЮЩИХСЯ
ПОМЕЩЕНИЙ С НЕОДИНАКОВЫМИ ТЕПЛОВЫМИ РЕЖИМАМИ

05.28.03 - Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование
воздуха, газоснабжение, освещение

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Киев - 1998



Работа выполнена в Киевском инженерно-строительном институте.

Научный руководитель: кандидат технических наук,
профессор ТКАЧУК А.Я.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор РОЗКИН М.Я.

кандидат технических наук,
доцент ШИШКО Г.Г.

Ведущая организация: Киевский институт "Энергопроект"

Защита диссертации состоится "25" ИЮНЯ 1993 года
в 15⁰⁰ часов на заседании специализированного совета.
К 068.05.08 при Киевском инженерно-строительном институте по
адресу: 252087, г. Киев-37, Воздухофлотский проспект, 31,
ауд.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке КИСИ.

Автореферат разослан "23" Мая 1993 года.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по адресу: 252037, г. Киев-37, Воздухофлотский проспект, 31, КИСИ, Ученый Совет.

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат технических наук,
профессор

Накорчевская В.Ф.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Технологические схемы и объемно-планировочные решения многих промышленных зданий предусматривают разделение их перегородками на ряд сообщающихся помещений. Поскольку тепловой режим смежных помещений неоднороден, то при наличии сообщающихся помещений проемов возникает обмен воздуха между ними и, следовательно, перенос вредностей из загрязненных помещений в более чистые. Неучет этого фактора приводит к отклонениям фактического состояния воздушной среды в рабочих зонах от расчетного.

Натурные исследования воздушного и теплового режимов кузнечного цеха завода приборов № 1 (г. Ханой, Вьетнам) показали, что перетекание нагретого воздуха из помещения с тепловыделениями в помещения без тепловыделений приводит к значительному росту температуры воздуха в обоих помещениях.

В настоящее время при проектировании систем вентиляции учет влияния размеров проемов, сообщающихся помещения, на формирование микроклимата практически не производится из-за отсутствия методики учета влияния рециркуляции через них воздуха на эффективность вентиляции.

Цель работы. Разработать методику расчета вентиляции сообщающихся помещений, обеспечивающую требуемые санитарно-гигиенические характеристики воздушной среды в рабочих зонах помещений.

Для достижения поставленной цели потребовалось решить следующие основные задачи:

I. Выполнить анализ существующих методов расчета естественной вентиляции и выбрать наиболее рациональный для решения вентиляции сообщающихся помещений.

2. Определить факторы, влияющие на формирование теплового режима в сообщающихся помещениях.

3. Составить систему уравнений, описывающую воздухообмен и теплообмен в вентилируемых помещениях.

4. Разработать методику расчета естественной вентиляции сообщающихся помещений.

5. Определить влияние степени рециркуляции воздуха в сообщающемся помещении проеме на коэффициент эффективности воздухообмена помещения с тепловыделениями.

6. Установить допустимые пределы геометрических размеров сообщающего помещения проема, обеспечивающих требуемую схему перетекания воздуха.

7. Экспериментально проверить степень совпадения результатов теоретических расчетов с фактическими состояниями воздушной среды в сообщающихся помещениях и определить влияние размеров сообщающего помещения проема и высоты источника теплоты на коэффициент эффективности воздухообмена помещения с тепловыделениями.

Научная новизна. Составлена система уравнений, описывающая естественный воздухообмен в смежных помещениях, с учетом рециркуляции воздуха в сообщающих их проемах.

Установлены допустимые пределы геометрических характеристик, сообщающих помещения проемов, обеспечивающих требуемую схему перетекания воздуха.

Экспериментально подтверждена допустимость физических предположений принятых при описании естественного воздухообмена сообщающихся помещений.

Практическая ценность. Разработана методика расчета естественного воздухообмена в сообщающихся между собой помещениях,

которая позволяет при минимальных затратах на устройство аэрационных проемов обеспечить требуемые параметры воздушной среды в рабочих зонах помещений.

Методика расчета рекомендуется для применения в проектных организациях. В настоящее время она используется в учебном процессе.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы доложены на научно-технических конференциях Киевского инженерно-строительного института (Киев, 1992, 1993 гг.).

Публикации. По материалам диссертации опубликованы тезисы докладов на упомянутых конференциях и передана на депонирование одна статья.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 3 глав, основных выводов, списка использованной литературы, приложений и содержит 144 страниц основного текста, 20 таблиц, 82 рисунков. Список использованной литературы содержит 62 наименования.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В г л а в е I выполнен анализ существующих методов расчета естественной вентиляции. Современные методы аэродинамического расчета естественного воздухообмена для определения перепадов давлений в вентиляционных отверстиях базируются на понятии избыточного давления в помещении P_x . Расчеты ведутся таким образом, что первоначально принимается либо положение плоскости нулевого избыточного давления (нейтральной зоны), либо величина избыточного давления на уровне нижнего или верхнего отверстия, сообщающего помещения с окружающей средой. Если имеет место гравитационное давление, то при наличии отверстий в наружных ограждениях

на разных уровнях воздух будет перетекать через помещение. Равенство давления внутри и снаружи помещения (нейтральная зона) установится на определенном уровне между нижним и верхним отверстиями. При использовании понятия нейтральной зоны (н-з) перепады давлений в отверстиях определяются по формуле:

$$\Delta P_i = h_i (S_{\text{схг}} - S_{\text{вн}}) \quad (1)$$

Разработкой методов расчета аэрации, базирующихся на понятии "нейтральной зоны" занимались Э.М.Фрибе, Р.А.Максимов, С.Е.Бутиков.

Для расчета аэрации под действием ветра задаются определенным значением внутреннего избыточного давления, которое устанавливается в помещении в результате перетекания через него воздуха. Перепады давлений в аэрационных отверстиях определяются по выражению:

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{пр},i} &= P_{\text{вн},i} - P_{\text{сх}} \\ \Delta P_{\text{вн},i} &= P_{\text{сх}} - P_{\text{вн},i} \end{aligned} \quad (2)$$

При совместном действии гравитационного и ветрового давлений их необходимо суммировать. В этом случае, если пользоваться методом внутреннего избыточного давления, то необходимо преобразовать аэростатическое гравитационное давление в наружное фиктивное давление (метод В.В.Батурина) или во внутреннее условное давление (метод П.М.Каменева). Если же пользоваться методом "нейтральной зоны", то необходимо преобразовать действительную схему расположения вентиляционных отверстий в фиктивную.

Исследования А.Я.Ткачука показали, что перепады давлений в вентиляционных отверстиях, как при совместном действии гравитационного и ветрового давлений, так и при их раздельном действии можно определить по следующим зависимостям:

$$\left. \begin{aligned} \Delta P_{вг,i} &= P_{(с-в)i} - \Delta P_c \\ \Delta P_{пр,j} &= \Delta P_c - P_{(с-пр)j} \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

где $P_{(с-в)i}$ - располагаемые давления между связующими (с) и вытяжными отверстиями, Па;

$P_{(с-пр)j}$ - располагаемые давления между связующим (с) и приточным отверстиями, Па;

$\Delta P_c, \Delta P_{вг,i}, \Delta P_{пр,j}$ - соответственно, перепады давления в связующем, вытяжных и приточных отверстиях.

Преимуществом метода располагаемых давлений является то, что он опирается на действительной связи между располагаемыми давлениями аэрационных потоков и перепадами давлений в отверстиях. Кроме того, данный метод по своим теоретическим основам не отличается от методов гидравлического расчета трубных коммуникаций, что, несомненно, является также его методологическим преимуществом.

Расчет аэрации сообщающихся между собой помещений (многопролетные и многостажные цеха), особенно при применении методов внутренних избыточных давлений и "нейтральной зоны", значительно усложняется, так как появляются дополнительные неизвестные перепады давлений в сообщающихся помещениях проемах. Кроме того, для каждого из помещений необходимо определять свое избыточное внутреннее давление или положение "нейтральной зоны".

В случае применения метода располагаемых давлений представляется возможным обойтись без фиктивных понятий, поэтому решение такого рода задач в этом случае упрощается. Однако, ввиду появления дополнительных перепадов в отверстиях, сообщающихся помещений, система уравнений распределения располагаемых давлений ста-

новится незамкнутой. Для замыкания общей системы уравнений следует воспользоваться уравнениями воздушных балансов по отдельным помещениям.

В г л а в а 2 изложены теоретические основы расчета естественной вентиляции в сообщающихся помещениях при наличии рециркуляции нагретого воздуха через сообщающиеся помещения проемы. В этом случае требуется совместное решение системы уравнений, описывающих естественный воздухообмен. К этим уравнениям относятся следующие уравнения:

1. Уравнения распределения располагаемых давлений, представлены зависимостями (3).

2. Уравнения балансов воздухообменов по отдельным помещениям

$$\begin{aligned} \sum G_{in, I} - \sum G_{\ell, I} \pm G_{пер, I} \pm \sum G_{мех, I} &= 0 \\ \dots & \dots \\ \sum G_{in, n} - \sum G_{\ell, n} \pm G_{пер, n} \pm \sum G_{мех, n} &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

и уравнение баланса воздухообмена в целом по зданию

$$\sum G_{in, общ} - \sum G_{\ell, общ} \pm \sum G_{мех, общ} = 0 \quad (4')$$

3. Уравнения тепловых балансов по отдельным помещениям

$$\begin{aligned} \sum Q_{in, I} + \sum Q_{пер, I} - \sum Q_{\ell, I} \pm Q_{пер, I} \pm \sum Q_{мех, I} &= 0 \\ \dots & \dots \\ \sum Q_{in, n} + \sum Q_{изб, n} - \sum Q_{\ell, n} \pm Q_{пер, n} \pm \sum Q_{мех, n} &= 0 \end{aligned} \quad (5)$$

и уравнение теплового баланса по зданию в целом

$$\sum Q_{in, общ} + \sum Q_{изб, общ} - \sum Q_{\ell, общ} \pm \sum Q_{мех, общ} = 0 \quad (5')$$

Ход решения данной системы уравнений проследим на примере двух сообщающихся помещений (рис. 1, а).

Расчет естественной вентиляции при заданных размерах, как

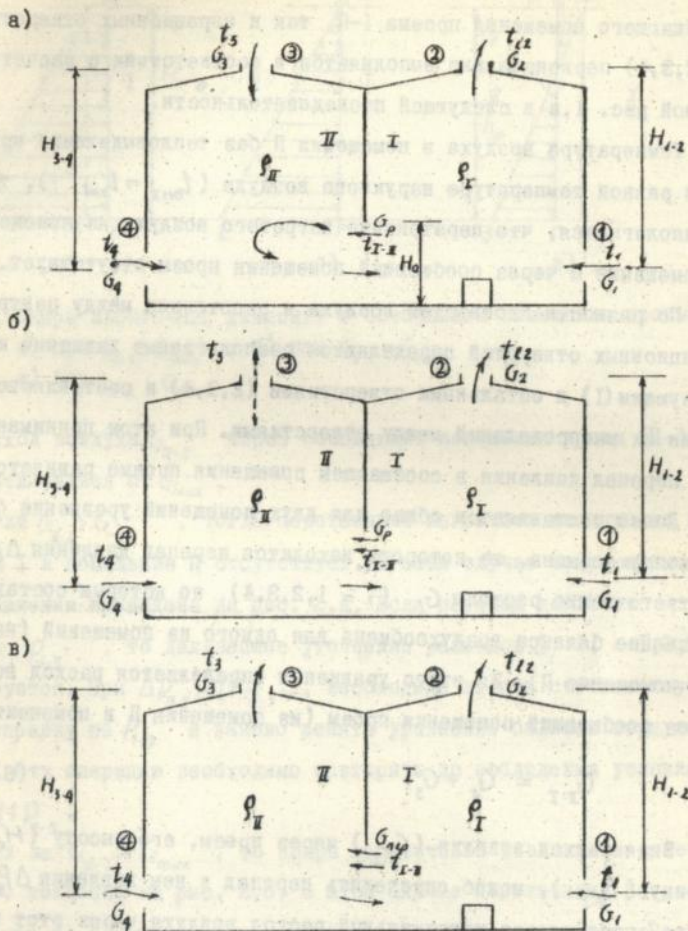


Рис. 1. Аэрационные схемы сообщающихся помещений:

- а) отверстие 3 работает на приток;
- б) работа отверстия 3 неустойчива;
- в) отверстие 3 работает на вытяжку

сообщающего помещения проема I-II, так и аэрационных отверстий (1,2,3,4) первоначально выполняется в соответствии с расчетной схемой рис. 1, а в следующей последовательности.

Температура воздуха в помещении II без тепловыделений принимается равной температуре наружного воздуха ($t_{внII} = t_{екI}$), т.е. предполагается, что перетекание нагретого воздуха из помещения I в помещение II через сообщающий помещения проем отсутствует.

По разности плотностей воздуха и расстояния между центрами аэрационных отверстий определяются располагаемые давления между связующим (I) и остальными отверстиями (2,3,4) и составляются уравнения их распределений между отверстиями. При этом принимается, что перепад давления в сообщающем помещения проеме равняется нулю.

Далее составляется общее для двух помещений уравнение баланса воздухообмена, из которого находится перепад давления ΔP_i и соответственно расходы G_i ($i = 1,2,3,4$), по которым составляется уравнение баланса воздухообмена для одного из помещений (например, для помещения II). Из этого уравнения определяется расход воздуха через сообщающий помещения проем (из помещения II в помещение I):

$$G_{II-I} = G_4 + G_3 \quad (6)$$

Зная расход воздуха (G_{II-I}) через проем, его высоту (H_c) и ширину (B_{II-I}), можно определить перепад в нем давления ΔP_{II-I} . Далее определяется максимальный расход воздуха через этот проем G_{max} , который может быть реализован располагаемым гравитационным давлением в проеме. Этот расход воздуха определяется по формуле:

$$G_{max} = \frac{2}{3} \mu_{II-I} B_{II-I} \sqrt{2g\varrho_{II}} \frac{\sqrt{\Delta P_{(II-I)max}^3}}{(\varrho_{II} - \varrho_I)} \quad (7)$$

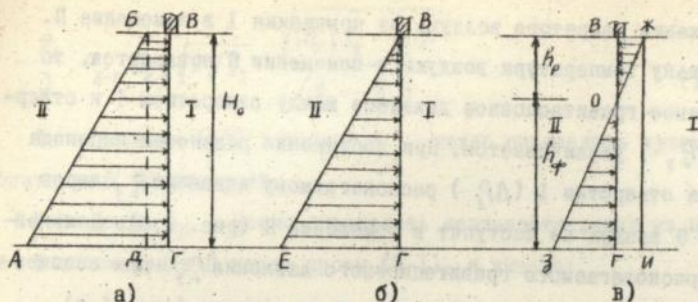


Рис. 2. Эпюры избыточных давлений в сообщающем помещения проеме:

- а) при $G_{II-I} > G_{max}$; б) при $G_{II-I} = G_{max}$;
 в) при $G_{II-I} < G_{max}$

Расход воздуха G_{II-I} через сообщающий помещения проем (II-I) может отличаться от G_{max} .

Когда $G_{II-I} > G_{max}$, тогда перетекание нагретого воздуха из помещения I в помещение II отсутствует. В этом случае эпюра избыточного давления приведена на рис. 2, а. Если перепад давления

$\Delta P_{II-I} < 0,1 P_{t-3}$, то дальнейшее уточнение расходов G_i ($i = 1, 2, 3, 4$) не требуется. При $\Delta P_{II-I} > 0,1 P_{t-3}$, необходимо внести соответствующую поправку на P_{t-3} и заново решить уравнение баланса воздухообмена. Эту операцию необходимо повторять до соблюдения условия

$$\Delta P_{II-I} < 0,1 P_{t-3}.$$

Если же $G_{II-I} = G_{max}$, то эпюра избыточного давления в проеме (II-I) показана на рис. 2, б. В этом случае перетекание нагретого воздуха из помещения I в помещение II также отсутствует. Расход воздуха через сообщающий помещения проем осуществляется только за счет располагаемого давления в этом проеме.

Если же $G_{II-I} < G_{max}$, то перемещение воздуха из помещения II в помещение I через сообщающий их проем реализуется так же за счет располагаемого в нем давления. Однако при этом в верхней части проема создается разрежение в помещении II, которое вызыва-

ет перетекание нагретого воздуха из помещения I в помещение II.

Поскольку температура воздуха в помещении II повышается, то располагаемое гравитационное давление между отверстием I и отверстием 3 ($P_{r,3}$) увеличивается. При достижении равенства перепада давления в отверстии I (ΔP_1) располагаемому давлению $P_{r,3}$ через отверстие 3 воздух не поступит в помещение II (рис. 1,б). Дальнейший рост располагаемого гравитационного давления $P_{r,3}$ при неизменном ΔP_1 приводит к работе отверстия 3 на вытяжку (рис. 1,в).

Повышение температуры в помещении II ($t_{в,II}$) зависит от количества воздуха, поступающего из помещения I в помещение II.

Если учесть рециркулирующий воздухообмен в сообщающем помещении проеме G_p , то количество воздуха G_{II-I} можно определить по зависимости

$$G_{II-I} = G_{\phi} - G_p, \quad (8)$$

где G_{ϕ} - фактическое количество воздуха, поступающего из помещения II в помещение I, с учетом рециркулирующего воздуха G_p .

Высота сообщающего помещения проема, через которую расход воздуха G_{ϕ} из помещения II поступает в помещение I, равна

$$h_{\phi} = H_o - h_p, \quad (9)$$

где H_o - существующая высота сообщающего помещения проема, м;

h_p - часть высоты проема, через которую воздух из помещения I поступает в помещение II.

Если в зависимости (8) значения G_{ϕ} и G_p выразить посредством зависимости вида (7), то получим равенство

$$G_{II-I} = \frac{2}{3} \mu_{II-I} B_{II-I} \sqrt{2g\varrho_{II}} \frac{\sqrt{[(H_o - h_p)(\varrho_{II} - \varrho_I)]^3}}{(\varrho_{II} - \varrho_I)} -$$

$$-\frac{2}{3} \mu_{I-I} B_{I-I} \sqrt{2g\varrho_I} \cdot \frac{\sqrt{(h_p(\varrho_{II} - \varrho_I))^3}}{(\varrho_{II} - \varrho_I)} \quad (10)$$

Из выражения (10) величину h_p можно определить путем последовательных приближений.

Располагая G_p , можно определить теплопоступления из помещения I в помещение II через проем (II-I), а именно:

$$Q_{I-II} = c_p G_p t_{I-II} \quad (11)$$

где t_{I-II} - температура воздуха, поступающего из помещения I в помещение II.

Для определения температуры воздуха в помещении II необходимо воспользоваться уравнением теплового баланса этого помещения. В данном случае результат решения имеет вид:

$$t_{вн II} = \frac{(G_3 + G_4)t_{от} + G_p t_{I-II}}{G_3 + G_4 + G_p} \quad (12)$$

Располагая значением $t_{вн II}$, заново определяем располагаемое давление $P_{I,3}$ и перепад давления ΔP_3 .

Если $\Delta P_3 > 0$, то принятая нами первоначально схема рис. I, а соблюдается.

Если $\Delta P_3 = 0$, то отверстие (3) выключается из работы и расчетная схема преобразуется в схему рис. I, б. В этом случае расчет необходимо выполнить заново. В соответствии с новой схемой работы аэрационных отверстий, уточняется значение температуры воздуха в помещении II. Это достигается путем постановки в зависимости (12) расход воздуха $G_3 = 0$. Приняв полученное значение $t_{вн II}$, выполняется заново расчет аэрации, т.е. определяется располагаемые P_{I-i} , расходы G_i и т.д. Если в результате расчета новое значение $t_{вн II}$ не приводит к отрицательному значению ΔP_3 ,

то расчет заканчивается.

В случае $\Delta P_3 < 0$, отверстие (3) работает на вытяжку, т.е. расчетная схема работы аэрационных отверстий соответствует рис. 1, в. Для выполнения расчетов по данной схеме нужно задаться температурой воздуха, уходящего из помещения П через отверстие (3) и определить температуру $t_{внх}$.

Для уточнения значения $t_{внх}$ составляется уравнение теплового баланса помещения П с учетом работы отверстия (3) на вытяжку.

Располагая полученным значением $t_{внх}$, определяются располагаемые давления $P_{г-г}$, расходы G_i ($i = 1, 2, 3, 4$) и т.д. Расчет выполняется по тех пор, пока расхождения между принятыми предварительно значениями ($t_{внх}$, $t_{г3}$, $t_{г-г}$) и полученными их значениями в результате расчета будут меньше 1%.

Дополнительную проверку выполненных расчетов можно осуществлять путем составления тепловых балансов как в целом для двух помещений, так и для помещения с тепловыделениями I. Если эти уравнения не соблюдаются, то надо задаться другими значениями температур воздуха ($t_{внх}$, $t_{г3}$, $t_{г-г}$, ...).

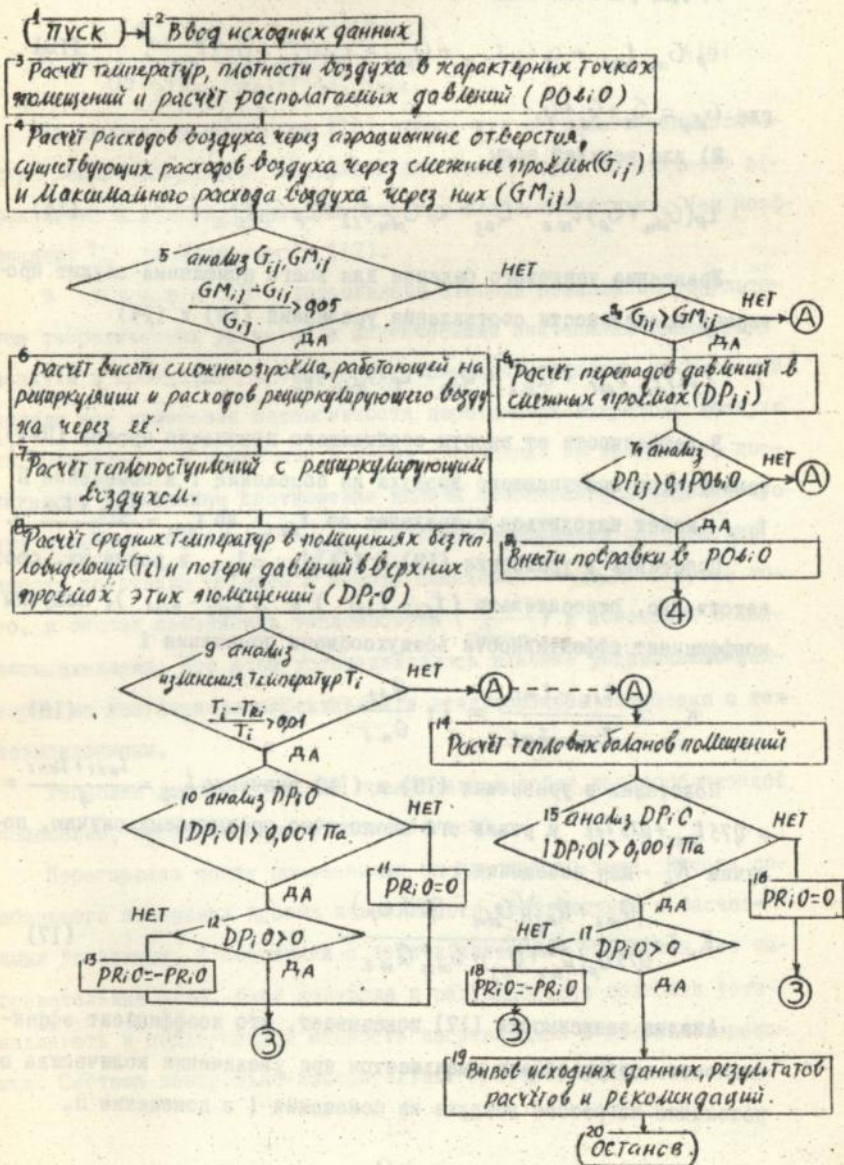
При наличии в здании нескольких сообщающихся помещений предварительное принятие температур в них воздуха усложняется. В этом случае увеличивается количество совместно решаемых уравнений воздушных и тепловых балансов.

Разработанная нами методика решения такого рода задач представлена в виде алгоритма (рис. 3).

Оценка влияния рециркуляции воздуха в сообщающемся помещении проеме на коэффициент эффективности воздухообмена в помещении с тепловыделениями осуществляется путем анализа тепловых балансов по рабочей и верхней зонам помещения. Ниже приводится ход такого анализа на примере схемы воздухообмена (рис. 1, а).

Уравнения теплового баланса для каждой их характерных зон

Блок-схема алгоритма для расчета естественного воздухообмена
в сообщающихся помещениях



помещения I при работе отверстия (3) на приток имеют вид:

1) для рабочей зоны

$$c_p G_{общ} t_{ext} + c_p G_p t_{I-II} + Q_{W,Z} = c_p (G_{общ} + G_p) t_{W,Z} \quad (13)$$

где: $G_{общ} = G_3 + G_4 + G_1$

2) для верхней зоны

$$c_p (G_{общ} + G_p) t_{W,Z} + Q_{B3} = c_p G_{общ} t_{\ell 2} + c_p G_p t_{I-II} \quad (14)$$

Уравнение теплового баланса для всего помещения служит проверкой правильности составления уравнений (13) и (14)

$$c_p G_{общ} t_{ext} + Q_{W,Z} + Q_{B3} = c_p G_{общ} t_{\ell 2} \quad (15)$$

В зависимости от высоты сообщающего помещения проема (П-1), температура поступающего воздуха из помещения I в помещение II t_{I-II} может находиться в пределах от $t_{WZ I}$ до $t_{BHI} = \frac{t_{WZ I} + t_{\ell 2}}{2}$.

Подставив в уравнения (13) и (14) $t_{I-II} = t_{WZ I}$ и решив их, соответственно, относительно $(t_{\ell 2} - t_{ext})$ и $(t_{WZ} - t_{ext})$, получим коэффициент эффективности воздухообмена помещения I

$$K_L = \frac{t_{\ell 2} - t_{ext}}{t_{WZ} - t_{ext}} = 1 + \frac{Q_{B3}}{Q_{W,Z}} \quad (16)$$

Подставив в уравнения (13) и (14) значение $t_{I-II} = \frac{t_{WZ I} + t_{BHI}}{2} = 0,75 t_{WZ I} + 0,25 t_{\ell 2}$ и решив его аналогично предыдущему случаю, получим K_L для помещения I:

$$K_L = \frac{(Q_{W,Z} + Q_{B3})(G_{общ} + 0,25 G_p)}{0,25 G_p (Q_{W,Z} + Q_{B3}) + G_{общ} Q_{W,Z}} \quad (17)$$

Анализ зависимости (17) показывает, что коэффициент эффективности воздухообмена уменьшается при увеличении количества перетекания нагретого воздуха из помещения I в помещение II.

Подставляем в уравнения (13) и (14) значение $t_{I-II} = t_{вн I} = = 0,5(t_{вз I} + t_{Iz})$ и решаем аналогично предыдущему случаю. В результате этого, получаем коэффициент эффективности воздухообмена:

$$K_L = \frac{(Q_{вз} + Q_{вз3})(G_{одн} + 0,5 G_p)}{0,5 G_p (Q_{вз} + Q_{вз3}) + G_{одн} Q_{вз}} \quad (18)$$

Из анализа зависимости (18) видно, что с увеличением количества рециркулирующего воздуха и его температуры коэффициент эффективности воздухообмена уменьшается более интенсивно, чем коэффициент K_L по зависимости (17).

В г л а в е 3 установлена степень совпадения результатов теоретических расчетов с фактическими значениями температур воздуха в сообщающихся помещениях. Опыты проводились на тепловой модели при изменении интенсивности перетекания нагретого воздуха из помещения I в помещение II через сообщающий их проем. Это достигалось повышением соотношения высоты сообщающего помещения проема к высоте помещения $h_n/H_{но}$, а также повышением соотношения высоты источника теплоты к высоте помещения $h_{ис}/H_{но}$. Кроме того, в опытах изменялись теплоизбытки $(\frac{Q_{изг}}{Q_{max}})$ в помещении с тепловыделениями. При этом устанавливалось влияние управляемых факторов на коэффициент эффективности воздухообмена помещения с тепловыделениями.

Тепловая модель (рис. 4) представляла собой два сообщающихся помещения, изготовленных в масштабе 1:20.

Перегородка между помещениями не доходит до пола. Высота сообщающего помещения проема изменялась в соответствии с расчетными условиями. В помещении с тепловыделениями размещены две нагревательные печи. Блок контроля и регулирования позволял устанавливать и поддерживать мощность нагревателей в расчетных режимах. Система контрольно-измерительных приборов состояла из тер-

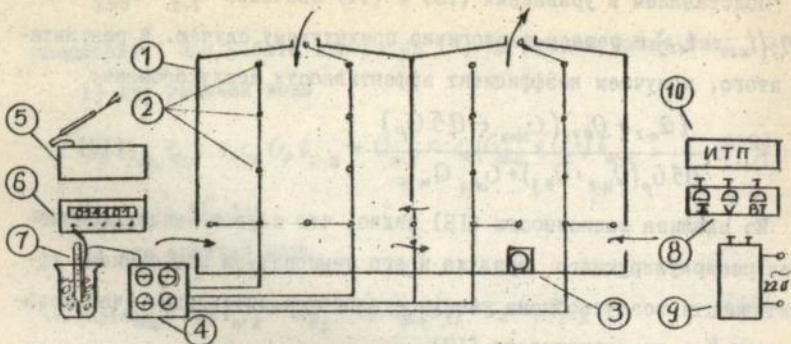


Рис. 3. Схема экспериментальной установки

- 1 - тепловая модель; 2 - термодпары; 3 - электрические печи;
 4 - переключатель; 5 - термоэлектроданемометр; 6 - вольтметр;
 7 - термометр; 8 - миллиамперметр; 9 - автотрансформатор;
 10 - измеритель тепловых потоков

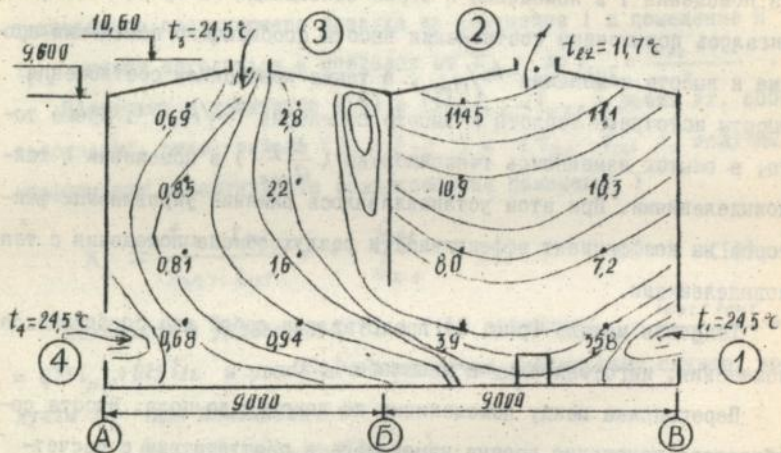


Рис. 4. Распределение избыточных температур в сечении I-I

- а) опыт I $\dot{h}_n / H_{no} = 1/3$; $Q_{нз} / Q_{max} = 1$;
 $\dot{h}_{nc} / H_{no} = 1/6$

мвольтрометрических и термометрических устройств. Замеры температур воздуха в сообщающихся помещениях осуществлялись медь-константановыми термопарами, а скоростей - термоэлектроанемометрами.

В таблице I представлены допустимые пределы геометрических размеров сообщающего помещения проема, обеспечивающих требуемые схемы перетекания через него воздуха при заданных условиях ($Q_{изб} = 54 \text{ I кВт}$ и площади аэрационных отверстий F_i , $i = 1, 2, 3, 4$).

Таблица I

Допустимые пределы размеров проема, обеспечивающих требуемые схемы перетекания через него воздуха

Схема воздухообмена	$\frac{Q_{изб}}{Q_{тех}}$	Глубина проема B , м	Соотношение $h_p / H_{по}$	Соотношение $h_{ис} / H_{по}$
При отсутствии рециркуляции воздуха	I	20	$< (1/4 - 0,12 \text{ м})$	I/6
			$< (1/4 + 0,18 \text{ м})$	I/2
Схема рис. I, а	I	20	$< (1/2 - 0,10 \text{ м})$	I/6
			$< (1/2 + 0,15 \text{ м})$	I/2
Схема рис. I, б	I	20	$= (1/2 - 0,10 \text{ м})$	I/6
			$= (1/2 + 0,15 \text{ м})$	I/2
Схема рис. I, в	I	20	$> (1/2 - 0,10 \text{ м})$	I/6
			$> (1/2 + 0,15 \text{ м})$	I/2

В результате экспериментальных исследований были получены распределения температур воздуха в сообщающихся помещениях (рис. 5).

Экспериментальные значения температуры внутри сообщающихся помещений и их расчетные значения отличаются не более чем на $0,28 \text{ }^\circ\text{C}$. Различие между температурами уходящего воздуха из помещений в опыте и расчетными находится в пределах от $0,16 \text{ }^\circ\text{C}$ до $0,36 \text{ }^\circ\text{C}$.

Различие между расчетными значениями и экспериментальными

данными объясняется как принятыми допущениями при аналитическом расчете, так и погрешностями измерений.

Для экспериментального определения среднего коэффициента эффективности воздухообмена помещения с тепловыделениями был проведен полный факторный эксперимент с репликой $N = 2^3$. Выходным фактором является средний коэффициент \bar{K}_L , определяемый по избыточной температуре воздуха в рабочей зоне и избыточной температуре воздуха, уходящего из помещения.

В результате обработки экспериментальных данных получено уравнение регрессии для среднего коэффициента эффективности воздухообмена:

$$\bar{K}_L = 3,268 - 0,153 x_1 + 0,138 x_2 + 0,03 x_3 - 0,019 x_1 x_2, \quad (22)$$

где $x_1 = h_n / H_{no}$; $x_2 = Q_{изф} / Q_{max}$; $x_3 = h_{ис} / H_{no}$; Q_{max} - максимальные теплоизытки, которые проведены в опытах.

Из анализа уравнения (22) видно, что с увеличением соотношения высоты h_n / H_{no} коэффициент \bar{K}_L уменьшается, а при увеличении соотношения высоты $h_{ис} / H_{no}$ и тепловыделений \bar{K}_L - повышается.

Максимальное расхождение между экспериментальными коэффициентами эффективности воздухообмена с их расчетными значениями не превышает 4,4%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что в объемно-планировочных решениях промышленных зданий Вьетнама имеет место рециркуляция воздуха между помещениями, обуславливающая снижение эффективности их вентиляции.

2. Выполнен анализ существующих методов расчета естественной вентиляции и выбран наиболее рациональный для решения задач

вентиляции сообщающихся помещений.

3. Составлена система уравнений, описывающих естественный воздухообмен сообщающихся помещений и разработана методика ее решения.

4. Установлено, что на интенсивность поступления нагретого воздуха из помещений с тепловыделениями в помещения без тепловыделений оказывают влияние размеры сообщающих их проемов и количество воздуха, поступающего из помещений без тепловыделений в помещения с тепловыделениями.

5. Определено влияние интенсивности рециркуляции воздуха через сообщающие помещения проемы на схему работы аэрационных отверстий и на коэффициент эффективности воздухообмена помещений.

6. Установлены допустимые пределы геометрических размеров сообщающих помещения проемов, обеспечивающих требуемую схему перетекания через них воздуха.

7. Экспериментально подтверждена допустимость предпосылок, принятых при описании естественного воздухообмена сообщающихся помещений.

8. Получена эмпирическая зависимость для определения влияния высоты сообщающего помещения проема, высоты источников теплоты и их тепловой мощности на коэффициент эффективности воздухообмена помещения с тепловыделениями.

Основное содержание диссертационной работы опубликовано в следующих работах:

1. Довгалюк В.Б., Нгуен Зуи Донг. Применение метода располагаемых давлений аэрационных потоков между отверстиями к расчету естественного воздухообмена сообщающихся помещений / Тезисы докладов научно-практ. конференции. - Киев: КИСИ, 1992.

2. Нгуен Зуи Донг. Расчет естественной общеобменной вентиля-

ции сообщающихся помещений /Тезисы докладов научно-практич. конференци. - Киев: КИСИ, 1993.

Условные обозначения

t - температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$; Δt - разность температур воздуха, $^{\circ}\text{C}$; W - скорость движения воздуха, м/с; ρ - плотность воздуха, кг/м³; C_p - теплоемкость воздуха, Дж/(кг. $^{\circ}\text{C}$); $Q_{из}$ - теплоизбытки, Вт; g - ускорение свободного падения, м/с²; G - массовый расход воздуха, кг/с; L - объемный расход воздуха, м³/ч; F - площадь, м²; $H_{по}$ - высота помещения, м; h_n - высота проема, м; B - ширина проема, м; P - давление, Па; μ - коэффициент расхода воздуха; K_L - коэффициент эффективности воздухообмена.

И н д е к с ы

$ВН$ - внутренняя; $В$ - верхняя зона; WZ - рабочая зона; $ПР$ - приток; $ВТ$ - вытяжка; $ПО$ - помещения; $ОТ$ - отверстие; $П$ - проем; $ИС$ - источник теплоты; ext - наружного; ℓ - удаляемого; in - подаваемого.

Формат

Подл. к печ. 19.05.98

Формат 60×84¹/₁₆.

Бумага тип. № 5 . Способ печати офсетный. Услови. печ. л. 116.

Услови. кр.-отт. 439 . Уч.-изд. л. 1,0 .

Тираж 100

Зак. № 4576

Бесплатно.

Фирма «ВИПОЛЬ»

252151, г. Киев, ул. Волянская, 60.

465826

Бесплатно

АВ 27.701
АВ 27.701