

СТРУКТУРА КАПИТАЛЬНЫХ ЗАТРАТ НА СИСТЕМУ ПРИТОЧНОЙ ОБЩЕОБМЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Kuzmin S.I.

STRUCTURE OF CAPITAL EXPENDITURES FOR THE SUPPLY GENERAL VENTILATION SYSTEM

Аннотация. В работе приведён анализ структуры затрат системы приточной общеобменной вентиляции на основе моделей стоимости отдельных конструктивных элементов.

Ключевые слова: вентиляция, воздухообмен, воздухораспределение, моделирование технической системы.

Abstract. The paper provides an analysis of the cost structure of the supply air ventilation system based on cost models of individual structural elements.

Keywords: ventilation, air exchange, air distribution, modeling of the technical system.

В настоящей работе приведён анализ структуры затрат системы приточной общеобменной вентиляции на основе моделей стоимости отдельных конструктивных элементов. Конструкция системы включает комплекс оборудования по обработке наружного воздуха, коммуникаций транспортирования вентиляционного воздуха и системы его подачи в помещение (рис. 1) [1].

Соответственно, общая стоимость приточной общеобменной системы C_{cd} определится суммой стоимости отдельных блоков $C_{бл.i}$:

$$C_{св} = C_{бл.1} + C_{бл.2} + C_{бл.3} . \quad (1)$$

Обработка приточного воздуха производится в блоке из соответствующего оборудования – воздухозаборных устройств, воздушных фильтров, поверхностных и контактных теплообменников, вентиляторов – образующих приточную камеру. Состав приточной камеры и мощность отдельных элементов определяется производительностью систем вентиляции и может компоноваться из самостоятельных изделий, что позволяет создавать приточные камеры под конкретные условия. Стоимость типовых приточных камер определяется их производительностью [2].

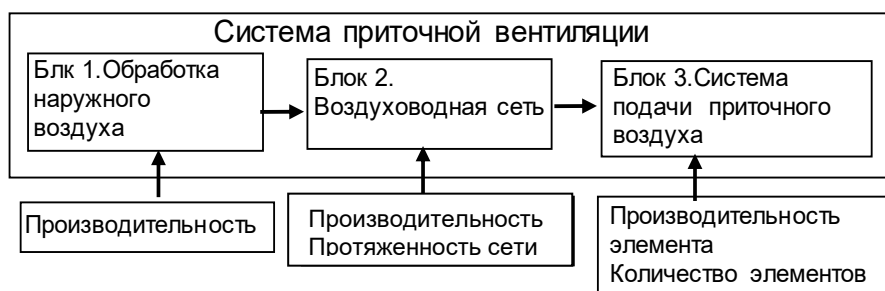


Рисунок 1 – Структурная схема приточной вентиляции

Транспортирование вентиляционного воздуха (блок 2) происходит по системе воздуховодов. Стоимость системы определяется производительностью и протяжённостью сети [3].

Подача воздуха в помещение осуществляется через специальные устройства – воздухораспределители. Их стоимость в системе зависит от производительности каждого элемента [2] и их количества в сети.

Стоимость каждого блока можно представить следующими моделями, характеризующими среднестатистические показатели в условных единицах (1у.е.=100 руб.) с точностью $\pm(5-8)\%$.

Блок 1:

$$C_{\text{бл.1}} = 6980 - 374,05 \cdot Q_{\text{пк}} + 22,52 \cdot Q_{\text{пк}}^2 - 0,287 \cdot Q_{\text{пк}}^3 + 0,0012052 \cdot Q_{\text{пк}}^4, \quad (2)$$

где $Q_{\text{пк}}$ – номинальная производительность приточной камеры, тыс. м³/ч.

Блок 2:

$$C_{\text{бл.2}} = C_{\text{вд.}} + C_{\text{ф.эл.}} = (0,003 \cdot Q_{\text{св}} + 0,261 \cdot Q_{\text{св}}^{0,5} - 0,283) \cdot l_{\text{вд}} \cdot \{ (1,51 \cdot (0,168 \cdot Q_{\text{св}}^{0,5} - 1)^{-0,471} + 1) \}, \quad (3)$$

где $Q_{\text{св}}$ – производительность системы вентиляции, м³/ч; $l_{\text{вд}}$ – протяжённость сети воздуховодов, м.

Блок 3:

$$C_{\text{бл.3}} = 0,54 \cdot (0,02 \cdot q_{\text{вр.н}} - 1)^{-0,635} \cdot \frac{Q_{\text{св}}}{q_{\text{вр}}} \cdot q_{\text{вр.н}}, \quad (4)$$

где $q_{\text{вр.н}}$ – номинальная производительность одного элемента (при скорости воздушной струи в живом сечении 2 м/с), м³/ч.; $q_{\text{вр}}$ – фактическая производительность одного воздухораспределителя, м³/ч.

Организация воздухообмена в помещении, определяемая схемой подачи и удаления воздуха, способствует формированию полей вредных веществ в воздухе и, соответственно, влияет на расчётный воздухообмен и производительность системы вентиляции $Q_{\text{св}}$, их фактическую производительность $q_{\text{вр}}$ и протяжённость сети воздуховодов $l_{\text{вд}}$. Для выявления связи между этими показателями рассмотрим три наиболее распространённые схемы организации воздухообмена:

- схема 1: подача воздуха в верхнюю зону помещения сосредоточенными струями;
- схема 2: подача воздуха в среднюю зону помещения вихревыми струями;
- схема 3: подача воздуха в рабочую зону помещения ламинарными струями.

Каждая схема характеризуется определённой неравномерностью потенциала вредности по высоте помещения k_h :

$$k_h = \frac{P_y - P_{\text{п}}}{P_{\text{рз}} - P_{\text{п}}},$$

где P_y , P_{Π} и P_{pz} – потенциал вредности в уходящем, приточном воздухе и в рабочей зоне, ед./м³.

На рисунках 2, 3 приведено изменение коэффициента k_h и снижение воздухообмена (по отношению к схеме 1) в зависимости от кратности воздухообмена для рассматриваемых схем организации воздухообмена.

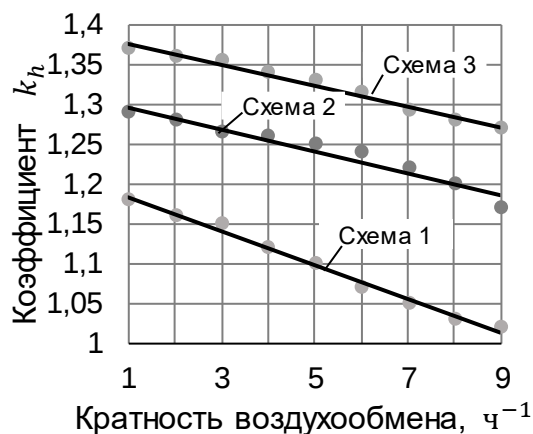


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента неравномерности от интенсивности воздухообмена

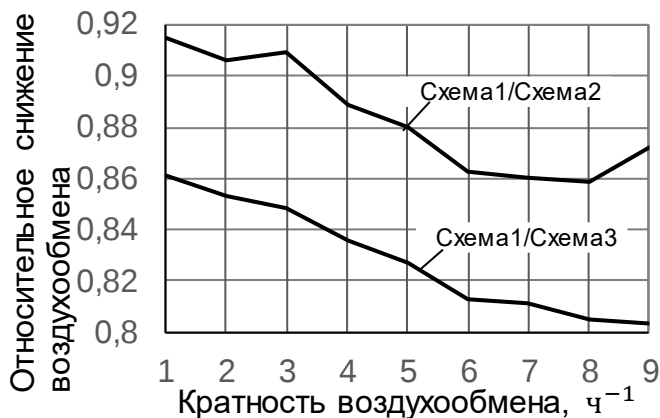


Рисунок 3 – Зависимость снижения воздухообмена от схемы организации и интенсивности

Полагая, что в помещении имеется источник вредности интенсивностью $W_{вр}$ (ед./м³ ч) кратность воздухообмена определится по выражению:

$$K_p = \frac{W_{вр}}{k_h \cdot (P_{pz} - P_{\Pi})} \quad (5)$$

Коэффициент неравномерности в (5) удобно использовать в виде зависимостей:

- для схемы 1: $k_{h1} = 1,2 - 0,021 \cdot K_p$;
- для схемы 2: $k_{h2} = 1,31 - 0,014 \cdot K_p$;
- для схемы 3: $k_{h3} = 1,39 - 0,013 \cdot K_p$.

Длину сети воздуховодов и воздухообмен определим для одного строительного модуля размером (24х24х8)м с расположением приточных насадок по периметру помещения.

На рисунке 4 представлена зависимость удельных капитальных затрат (отнесённых к 1 м³ внутреннего объёма вентилируемого помещения) систем вентиляции различных схем от производительности. Рисунок 4 а) – отражает изменение затрат при равной протяжённости сети воздуховодов, а вариант б) соответствует минимально возможной длине сети для каждого варианта системы. Анализ результатов показывает существенное отличие в стоимости различных схем и зависимость этого различия не только от требуемой производительности вентиляции, но и от протяжённости сети воздуховодов.

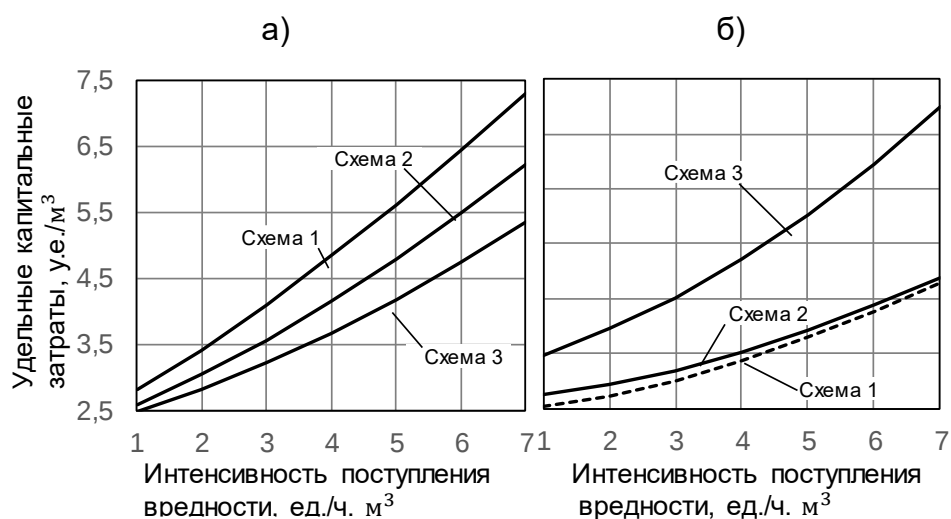


Рисунок 4 – Структура распределения долей капитальных затрат на отдельные элементы системы вентиляции.

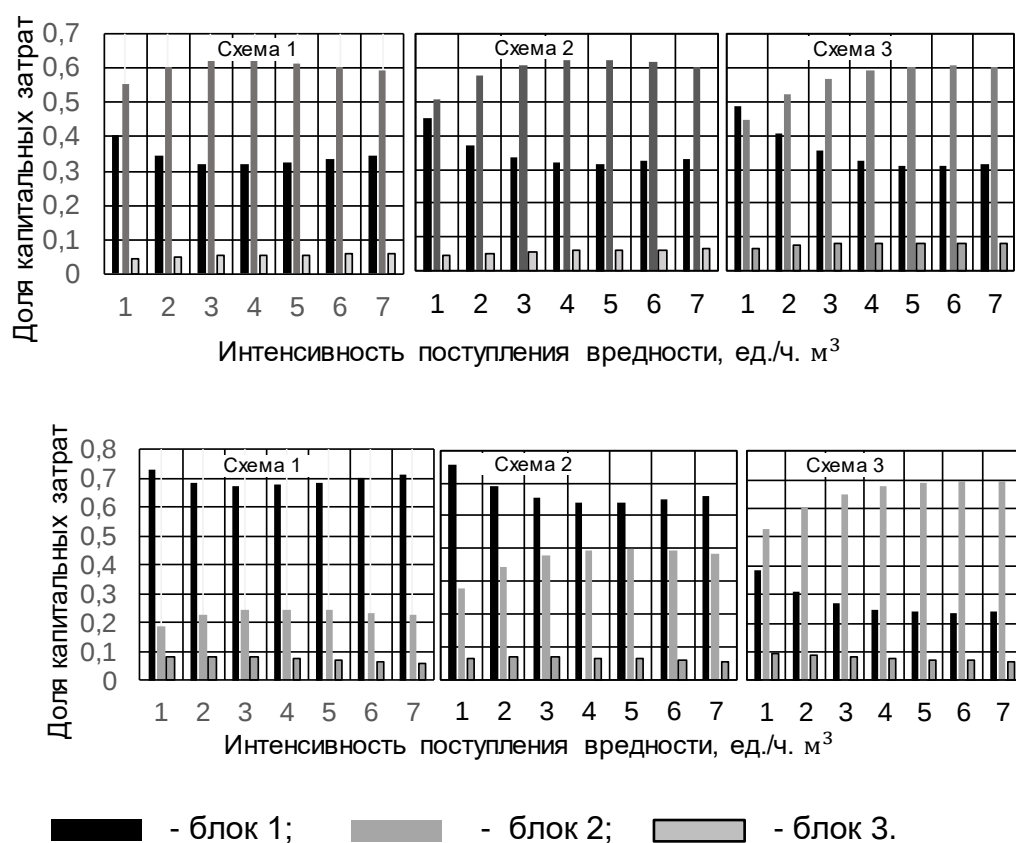


Рисунок 5 – Структура распределения долей капитальных затрат на отдельные элементы системы вентиляции.

Так, при равной длине сети явное преимущество в затратах имеет схема с подачей воздуха в рабочую зону помещения ламинарными струями. Это является следствием существенного снижения воздухообмена в помещении с такой

организацией воздухообмена по сравнению с другими схемами при одинаковой интенсивности выделяющихся вредных веществ. Отличие в капитальных затратах может составлять от 8% до 25%, что весьма существенно.

Однако, если в силу планировочного решения помещения возможно оптимизировать сети воздуховодов с целью достижения наибольшего санитарно-гигиенического эффекта, распределение капитальных затрат на системы существенно изменяется (рис. 4 б). Схема с нижней подачей воздуха становится наиболее дорогой из рассматриваемых, с превышением стоимости на 15%-50%. Системы с сосредоточенной подачей воздуха в верхнюю или среднюю зоны помещения практически не отличаются по затратам.

Объяснение таких изменений в стоимости систем заключается в структуре затрат на отдельные блоки. На рисунке 5 представлена структура капитальных затрат по отдельным блокам системы вентиляции различной производительности.

При равной протяжённости сети (рис. 5 а) доля затрат на транспортирующий блок для всех схем превышает все остальные доли.

И наоборот, в случае оптимизации длины сети доля затрат на её сооружение уменьшается в схемах 1 и 2, а для нижней подачи воздуха (схема 3) значительно возрастает даже по отношению к стоимости оборудования приточной камеры.

Из распределения долей капитальных затрат следует, что составляющая на систему воздухораспределения не превышает 8% от общих затрат. Влияние этого блока на капитальные затраты системы заключается в основном в величине расчётного воздухообмена.

Приведённый подход к анализу структуры затрат на основе моделей стоимости отдельных элементов показывает целесообразность применения этого приёма при выборе рационального варианта любой технической системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. ТПР: Камера приточная (ПК2). Серия 5.904-75.94.
2. Каталог ООО «Сантехника-ОНЛАЙН» – Текст: электронный. – URL: // <https:santehnika-online/catalog/> (дата обращения 3.05.2025 г.).
3. **Б.А. Блюменкранц, А.С. Павлов, А.Д. Рыжак, И.Г. Староверов.** Монтаж вентиляционных систем. Справочник монтажника / – М.: Стройиздат, 1978. – 477 с.