

Управление системой естественной вентиляции многоквартирных жилых зданий

Волов Г.Я., канд. техн наук, директор ОДО «Энерговент» (Минск)

В статье рассматривается система естественной вентиляции многоэтажных зданий с регуляторами постоянства расхода типа ALDES (Франция) в сравнении с традиционной системой и системой с утилизацией теплоты вытяжного воздуха.

В своей предыдущей статье автор рассмотрел на математической модели вопросы, связанные с устойчивостью работы системы естественной вентиляции существующих (проектируемых) многоэтажных жилых зданий [1]. Редакция журнала предложила исследовать на той же модели здания устройства, которые позволяют управлять работой такой системы, а именно применение **регуляторов постоянства расхода (РПР)**. Существует несколько типов приточных устройств систем естественной вентиляции, это и нерегулируемые и регулируемые вручную щели в окнах, регулируемые по датчикам влажности приточные клапана и саморегулируемые приточные устройства позволяющие поддерживать постоянный расход приточного воздуха (регулятор постоянства расхода). Регуляторы устанавливаются в наружную стену (окно) и позволяют ограничивать с достаточной точностью расход приточного воздуха поступающий в помещение. Одним из ведущих производителей последних является фирма ALDES (Франция)[2].

Устройства этой фирмы и берем в нашу модель, отнюдь не в рекламных целях, а только потому, что математическое моделирование требует применения конкретных устройств с конкретными характеристиками. Не обсуждая само устройство, отметим лишь, что нас оно интересует как «черный ящик», т.е. если известны условия (параметры) на входе в устройство, то мы сразу можем определить и его выходные характеристики. В нашем конкретном случае если известен перепад давления внутреннего и наружного воздуха мы можем найти расход воздуха, поступающий через регулятор постоянства расхода (см. рис. 1).

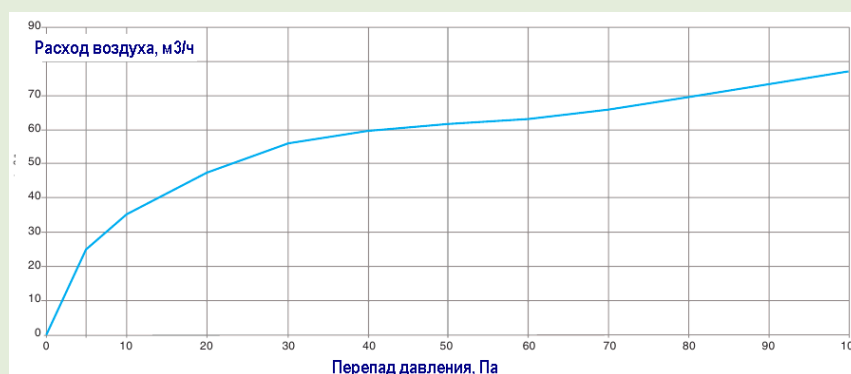


Рис.1 Расходная характеристика регулятора постоянства расхода

Рассмотрим модель, описанную в статье [1], для тех, кто не читал статью, приведем краткое описание модели:

- ✓ 9-и этажная секция жилого дома (см. рис. 2) оснащена системами естественной вентиляции (BE1 и BE2), каждая система имеет дефлектор (Д1 и Д2);
- ✓ система BE1 (имитирует вытяжную вентиляцию кухни) и оснащена вытяжными вентиляторами в местных отсосах;
- ✓ система BE2 (имитирует вытяжную вентиляцию блока ванна-туалет);
- ✓ Система отопления П-образная проточная без регулирующих органов.

В процессе трансформаций модели мы установили термостаты на нагревательных приборах, которые предназначены для поддержания температуры $+18^{\circ}\text{C}$, в модели, использованной в настоящей статье, термостаты присутствуют (см. рис. 2А). Рассматривался и вариант утилизации теплоты вытяжного воздуха, при этом один из каналов (системы BE1) остается вытяжным, а второй канал (система BE2) становится приточным (см. рис. 2Б). На техническом в этом этаже (чердаке), в этом случае, устанавливаем приточно-вытяжной модуль с утилизацией теплоты, без дополнительного подогрева приточного воздуха.

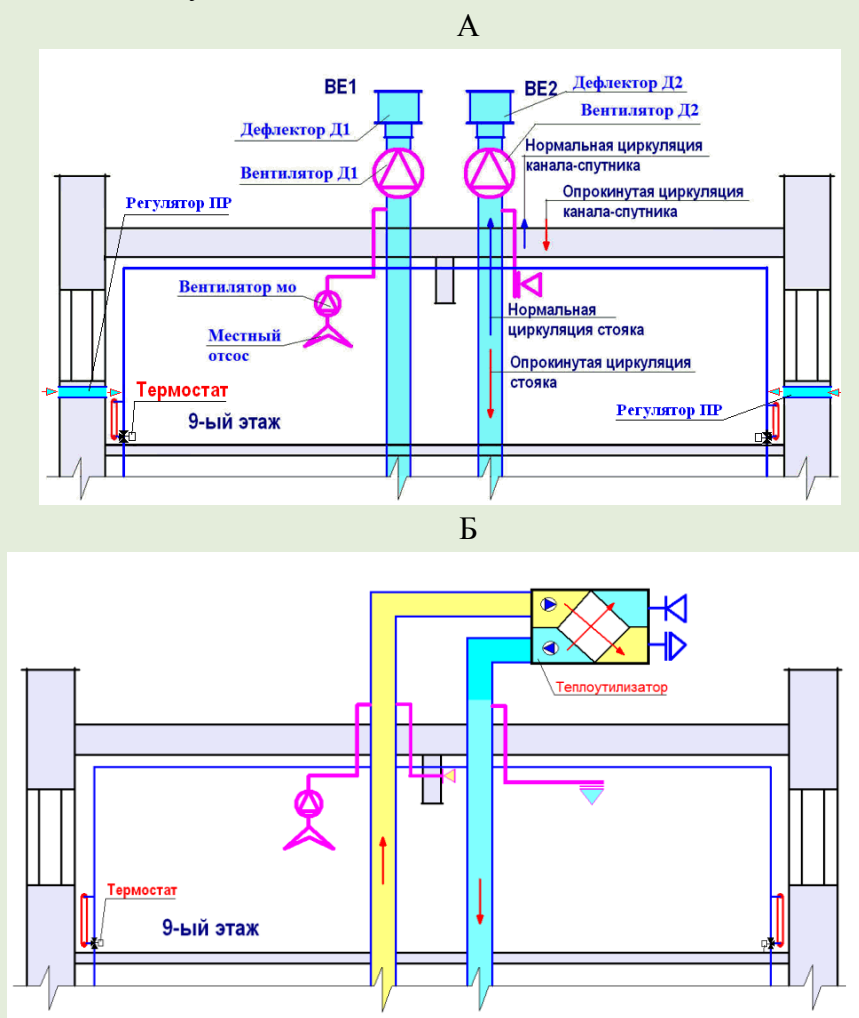


Рис.2. Схемы вентиляции и отопления жилого дома (показан только 9-ый этаж): А – естественный приток, Б - приточно-вытяжная механическая вентиляция с утилизацией теплоты.

После построения модели на компьютере в программе МОДЭН проведем несколько расчетов, которые мы называем вычислительными экспериментами (см. таблицу 1). Каждый эксперимент предусматривает то или иное состояние независимых переменных. В качестве независимых переменных выступают следующие: состояние регулятора постоянства расхода, система утилизации теплоты, утепление фасадов здания и замена окон на современные стеклопакеты и ветер. Две независимые переменные может быть в одном из двух состояний. РПР может быть открыт, либо закрыт (отсутствовать). Утепление может быть выполнено или нет. Основные эксперименты с 1 по 6 проводим при скорости ветра равной 0 м/с, а 7 по 9 при переменной скорости ветра. Эксперименты проводятся при климатических условиях г. Москва в январе месяце, климат задается с дискретностью 1 час и при закрытых окнах во всех квартирах.

В настоящей статье (если особо не будет оговорено) мы не рассматриваем ситуации с опрокидыванием циркуляции.

На рис.3 приведены средние значения воздухообменов по этажам в экспериментах 1-6.

Эксперименты

Таблица 1

| №№ пп | Состояние регулятора | Утилизация | Утепление | Ветер, м/с | Тнар, °С |
|----------|-------------------------|------------|-----------|------------|----------|
| 1 | Закрыт | Нет | Нет | 0 | график |
| 2 | Открыт | Нет | Нет | 0 | график |
| 3 | Закрыт | Есть | Нет | 0 | график |
| 4 | Закрыт | Нет | Да | 0 | график |
| 5 | Открыт | Нет | Да | 0 | график |
| 6 | Закрыт | Есть | Да | 0 | график |
| 7 | Открыт | Нет | Да | 2 | график |
| 8 | Открыт | Нет | Да | 4 | график |
| 9 | Открыт | Нет | Да | 6 | график |
| 10 | Открыт | Нет | Да | 0 | -28 |

Эксперимент 1 – это стандартная, существующая в большинстве домов ситуация, когда отсутствуют РПР, нет ни утилизации и ни утепления зданий. Расходы по этажам неравномерны, если представить неравномерность отношением максимального расхода к минимальному, то он составит $24,8/8,95=2,78$. Средний воздухообмен по этажам составляет $17,6 \text{ м}^3/\text{ч}$, но даже максимальный расход на 1-ом этаже ($24,8 \text{ м}^3/\text{ч}$) значительно не дотягивает до контрольной цифры $60 \text{ м}^3/\text{ч}$. Установка РПР (эксперимент 2) пусть и приводит к незначительному снижению неравномерности ($63,25/27,15=2,33$), но средний воздухообмен $47,6 \text{ м}^3/\text{ч}$ приближается к контрольному. Применим систему утилизацию теплоты вытяжного воздуха (схему см. в статье [1]) и проведем эксперимент 3 (понятно, что РПР в системе с утилизацией теплоты не применяются в принципе). По результатам

отметим, что неравномерность воздухообменов резко снизилась и приблизилась к 1 ($59,2/47,3=1,25$), а средний воздухообмен еще подрос и составил $49,8 \text{ м}^3/\text{ч}$.

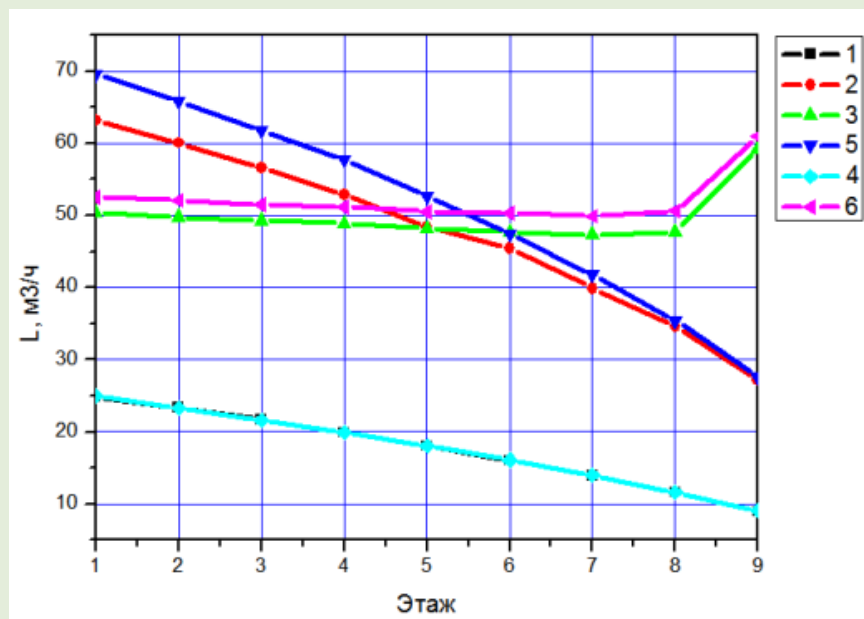


Рис.3 Воздухообмены по помещениям в экспериментах 1-6.

Эксперименты 4-6 лишь отражают тот факт, что утепление здания не приводит к существенному изменению воздухообменов по этажам, по сравнению с подобным, но неутепленным зданием.

В таблице 2 приведены результаты работы систем вентиляции и отопления за расчетный период (январь месяц). В таблице приведены интегральные воздухообмены и потребление тепловой энергии системой отопления (именно она поддерживает требуемую температуру в помещении). Отметим тот факт, при аналогичных воздухообменах за период потребление тепловой энергии в случае применения системы утилизации теплоты и утепления здания упадет с 11,1 до 4,24 МВт*ч/месяц, т.е. в 2,62 раза.

Результаты экспериментов

Таблица 2

| №№ | Параметр | Размерность | Эксперименты | | | | | | | | |
|----|----------|-------------|--------------|------|------|-----|------|------|-----|------|------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | Qm | МВт*ч/мес | 9,19 | 11,1 | 9,18 | 4,5 | 6,02 | 4,24 | 7,5 | 7,62 | 7,87 |
| 2 | Lm | тыс. м³/мес | 150 | 340 | 345 | 125 | 339 | 345 | 545 | 572 | 610 |

В работе [3] рассматривается критерий, который позволяет оценить энергетическую эффективность здания, который авторы так и назвали **Eeff** – коэффициент энергетической эффективности здания. Критерий был предложен и применяется в работах технологического института энергетических обследований, диагностики и неразрушающего контроля «ВЕМО» (Москва) и оказался теоретически созвучен

разработкам Института Энергетики НАН Беларуси (Минск) и ОДО «Энерговент» (Минск).

В основе критерия **Eeff** лежит понятие **нерациональной потери энергии**, которую определяем как: **НЕРАЦИОНАЛЬНЫЕ ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ зданием** – та часть поступающей в здание энергии, снижение которой экономически и технически целесообразно.

Поясним такое определение. Пусть здание потребляет в первый год **Q1** энергии (например, тепловой). Имеется технически и экономически обоснованное мероприятие, внедрение которого позволит во второй год сократить потребление энергии до величины **Q2** (при сопоставимых условиях). Если других технических решений нет, то (**Q1-Q2**) ни что иное, как **нерациональные потери энергии** (выявленные).

Коэффициент энергетической эффективности здания будет равен

$$E_{eff}=1-(Q1-Q2)/Q1, \quad (1)$$

если $E_{eff}=1$ – абсолютно энергоэффективное здание (эталон), в настоящее время нет технических решений (обоснованных технически и экономически), которые можно внедрить для снижения его энергопотребления.

Определим коэффициент энергоэффективности существующих домов (без утепления и утилизации) по формуле (1)

$$E_{eff}=1-(Q1-Q2)/Q1=1-(11,1-4,24)/11,1=0,38. \quad (2)$$

Отметим, что значение коэффициента энергоэффективности будет таким, если предлагаемые технические решения будут еще и экономически обоснованными.

Наличие ветра в условиях аналогичных эксперименту 5 (эксперименты 7-9) приводит к росту воздухообменов по этажам МВт*ч/месяц.

В заключительной части статьи оценим устойчивость работы системы естественной вентиляции с РПР. Выполним эксперимент 10 (см. таблицу 1). Начнем последовательно включать кухонные вентиляторы («вентилятор мо» - на рисунке 2) и будем наблюдать не произошло ли опрокидывание вентиляции в стояке ВЕ2. На рисунке 4 видно, что расход воздуха в системе ВЕ2 ни при каком включении вентиляторов не становится меньше 0, т.е. опрокидывания циркуляции не происходит.

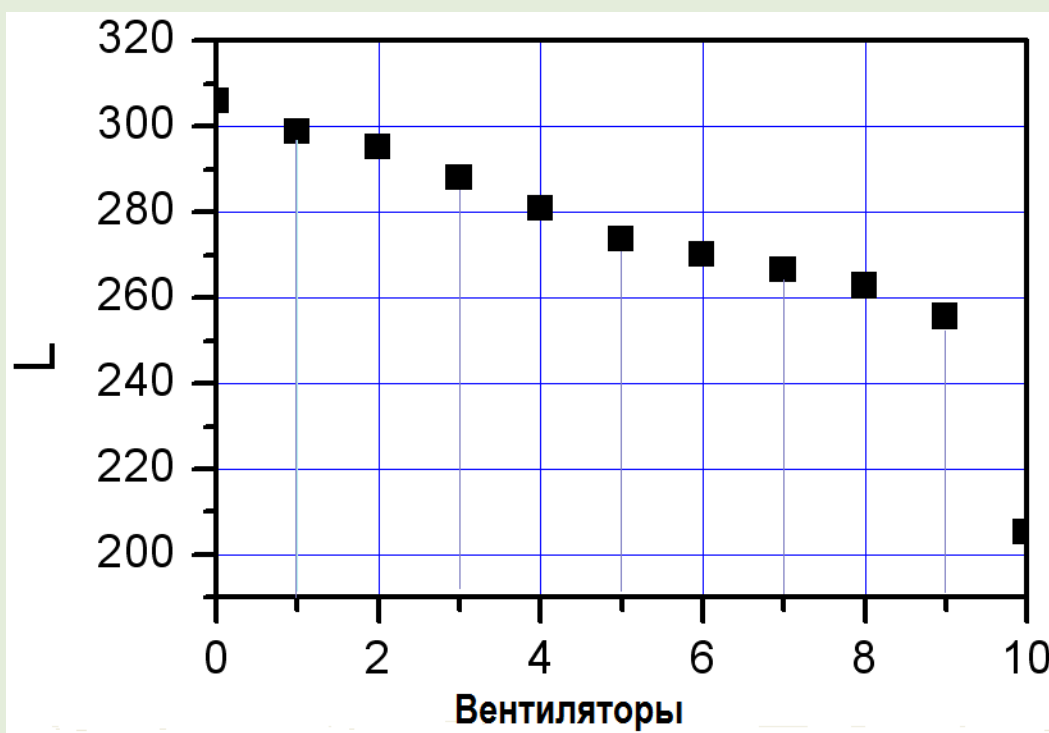


Рис.4 Расход воздуха в системе ВЕ2 (L, м³/ч) в зависимости от работы вентиляторов на этажах (0-вентиляторы не работают, 1-включен вентилятор на 1-ом этаже, 2-включены вентиляторы на 1-ом и 2-ом этажах и т.д., 10-включены вентиляторы на всех этажах и на системе ВЕ1)

Заключение

1. Применение регуляторов постоянства расхода позволяет существенно увеличить воздухообмены в помещениях жилых домов оборудованных стандартными системами естественной вентиляции и предотвратить опрокидывание циркуляции в таких системах.

2. При сравнении различных систем вентиляции многоэтажных зданий по энергетическим показателям предлагается применять коэффициент энергоэффективности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волов Г.Я. Устойчивость работы систем естественной вентиляции многоквартирных жилых зданий. – Журнал АВОК, №1, 2014, с. 30-37.
2. Сайт фирмы ALDES: http://www.aldes-international.com/html/accueil_aldes.htm
3. Волов Г.Я., Дмитриев Г.М. Об одном критерии оценки энергоэффективности здания. - Энергия и менеджмент, 2012, №5 (68), с. 30-32.