

УДК 697.12.13

Маляренко В.А., Орлова Н.А.

ОРГАНИЗАЦИЯ ВОЗДУХООБМЕНА В ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

*Харьковская Национальная академия городского хозяйства
Институт проблем машиностроения НАН Украины им. А.Н. Подгорного*

Воздушный режим современных жилых зданий во многом зависит от применяемой системы вентиляции, основное назначение которой удаление из жилого помещения избытка углекислого газа, выделяющегося в воздух при использовании газовых плит и вследствие дыхания человека, с учетом его распределения. Как показывают расчеты, содержание CO₂ в кухне составляет 42 % от общего, в передних помещениях квартир – 30 %, в жилых комнатах – 28 % [1].

Таким образом, в новом строительстве и при реконструкции жилых домов типовых серий требуется не только организация ее эффективной работы, но и максимальное использование энергосбережения. Затраты тепла только на подогрев вентиляционного воздуха в современной квартире могут превышать потери через наружные ограждения [2].

Ниже представлены результаты анализа основных систем вентиляции, применяемых в жилых зданиях в настоящее время (табл. 1), с целью оценки их энергоэффективности.

Таблица 1 – Современные системы вентиляции

Вид вентиляции	Направленность	Побуждение	Особенности системы вентиляции
Естественная	вытяжная	естественная конвекция	<ul style="list-style-type: none"> • вытяжные и приточные каналы
	приточная		
Принудительная	вытяжная	механическое	<ul style="list-style-type: none"> • с центральным вентилятором; • с индивидуальным вентилятором у каждой вентиляционной решетки; сочетание центральный + приточный вентиляторы;
	приточная		устройство для впуска воздуха <ul style="list-style-type: none"> • в наружной стене; • в наружной стене рядом с окном; • оконное впускное устройство
	приточно-вытяжная		<ul style="list-style-type: none"> • без утилизации тепла; • с централизованной утилизацией тепла; • с поквартирной утилизацией тепла;
Естественно-принудительная	приточно-вытяжная	сочетание естественной вытяжной и приточно-механической	<ul style="list-style-type: none"> • вытяжные каналы; устройство для впуска воздуха <ul style="list-style-type: none"> • в наружной стене; • в наружной стене рядом с окном; • оконное впускное устройство

При модернизации наружных ограждающих конструкций жилых зданий или новом строительстве устройство только системы вытяжной вентиляции оказывается недостаточным из-за нарушения санитарно-гигиенических норм.

Устройство приточно-вытяжной системы вентиляции с поквартирной утилизацией тепла позволяет обеспечить: постоянное проветривание всего жилого пространства квартиры; относительную влажность воздуха не ниже 45 %; подвод чистого воздуха благодаря двукратной фильтрации. Однако, стоимость такой системы вентиляции достаточно высока, для того чтобы ее применять в массовом строительстве [3, 4, 5].

Потенциал энергосбережения для систем естественно-механической вентиляции колеблется в пределах 10-15 % от общих затрат тепла на нагрев удаляемого из квартиры воздуха; с утилизацией тепла – 20-25 %.

Цель данной работы – анализ конструктивных особенностей систем вентиляции и расчет приточно-вытяжной системы вентиляции с учетом использования теплообменных аппаратов (ТО), калориферов, фильтров, оценка срока окупаемости.

В работе рассматриваются здания типовых серий, параметры которых приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Основные параметры зданий типовых серий

Тип дома	I-464-A-15	I-447C-42	II-57	III-162-2п/1	176-T-8-1	
Год возведения	1966	1966	1980	1982	1981	
Тип конструкции	панельный	кирпичный	панельный	панельный	панельный	
Количество этажей	5	9	12	16	12	
Количество жилых единиц	общее	120	54	144	64	48
	обслуживаемых одной системой приточно-вытяжной вентиляции	60	54	48	64	48
	на этаже	4	6	4	4	4
Общая жилая площадь, м ²	4347	2492	9196	5045,8	4184,76	
Средний размер квартир, м ² /ЖЕ	31,9	37,16	32,47	34,85	35,95	
Общая площадь наружных ограждающих конструкций, м ²	2829,1	2972,5	7571,5	4146,6	3901,3	
Общая площадь окон, м ²	565,8	505,24	1211,4	663,456	546,2	

Расчет системы приточно-вытяжной вентиляции проводился с учетом требований [2].

Одним из основных требований для систем приточно-вытяжной вентиляции является поддержание комфортной температуры воздуха в диапазоне изменения 20 ± 1.5 °С при относительной влажности воздуха 40 – 60 %. Применение традиционных увлажнителей, работающих по принципу саморегулирующего испарения, в зданиях типовых проектов, из-за их высокой стоимости и высокого уровня энергопотребления в целом для всего дома неприемлемо. Стандарты стран ЕС предусматривают для помещений, обслуживаемых вентиляционными отопительными системами, регулярную смену воздуха из расчета 30 м³/ч на человека. Согласно [2] минимально необходимый объем, обеспечивающий комфортные условия воздушной среды жилища – 60 м³/ч на

человека. Расчет, необходимого влагосодержания проведен согласно требованиям [2] и анализируется на примере использования европейского стандарта ISO 7730.

При температуре внутри помещения $T_{\text{вн.в}}=20^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности $\phi=50\%$ влагосодержание воздуха составляет $d=6.5 \text{ г/м}^3$. За 1 час в случае применения механической вытяжной вентиляции уносится: из трехкомнатной квартиры – $D=1.775 \text{ л/ч}$; двухкомнатной – $D=1.495 \text{ л/ч}$; однокомнатной – $D=1.3 \text{ л/ч}$.

За сутки при непрерывной работе вентиляции из квартиры удаляется: трехкомнатной – $D_{24}=42,24 \text{ л/сутки}$; двухкомнатной – $D_{24}=35.88 \text{ л/сутки}$; однокомнатной – $D_{24}=31.2 \text{ л/сутки}$

В соответствии со стандартом ISO 7730, определяющим тепловые условия среды проживания, влагоудаление для жилой квартиры равняется $D=0,82 \text{ л/ч}$ или $D_{24}=19,66 \text{ л/сутки}$. Согласно приведенным требованиям естественное увлажнение воздуха в жилых квартирах является достаточным для обеспечения комфортных условий проживания.

Использование приточно-вытяжной вентиляции с механическим побуждением при ее непрерывной работе приводит к значительному расходу электроэнергии на привод вентиляторов. Прерывистое вентилирование жилых помещений – один из методов снижения энергопотребления при использовании системы приточно-вытяжной вентиляции. При периодическом включении системы происходят колебания параметров микроклимата, а именно температуры, влажности и концентрации CO_2 . Наибольшим изменениям подвержены температуры воздуха и концентрация CO_2 , на основе контроля которых и ведется расчет периодичности включения системы вентиляции.

Максимальное количество влаги, выделяемой в типовой двухкомнатной квартире в период с 19 до 20 часов равно 3350 г/ч . Объем приточного воздуха, который необходимо подавать в квартиру в этот период равняется $288 \text{ м}^3/\text{ч}$. В этом случае, максимальное значение относительной влажности составит $77,5\%$.

Результаты расчета периодичности подачи и удаления воздуха с учетом уноса CO_2 и влаги, проведенного согласно ISO 7730 и [2] представлены на рис.1.

Общая схема предлагаемой системы приточно-вытяжной вентиляции, обеспечивающей условия комфортности по содержанию CO_2 и влажности воздуха для жилого здания типовой серии I-447 С-42, представлена на рис. 2. Наружный воздух для приточной вентиляции по воздухопроводу поступает на фильтр, затем вентилятором подается в рекуперативный теплообменник, работающий по схеме «противоток», в котором нагревается за счет тепла воздуха, удаляемого из помещения (I ступень нагрева). На II ступени происходит догрев этого воздуха в калорифере до комфортной температуры. Для удаления воздуха из квартиры во всех частях вытяжного канала устанавливаются канальные вентиляторы (индивидуально в каналах кухонь и сантехкабин). Центральный вытяжной вентилятор устанавливается в концевой части системы перед ТО.

В системе приточно-вытяжной вентиляции используется принцип смешения. Воздух в помещение подается со скоростью, не превышающей $0,6 \text{ м/с}$, что обеспечивает равномерное распределение воздуха по всей квартире. Объем подаваемого и отводимого воздуха регулируется при помощи воздушных клапанов. Базовая температура приточного воздуха постоянна. Вентиляционная нагрузка регулируется с помощью реле времени (вкл/выкл.) в заданные интервалы; а также по режиму работы технологического оборудования.

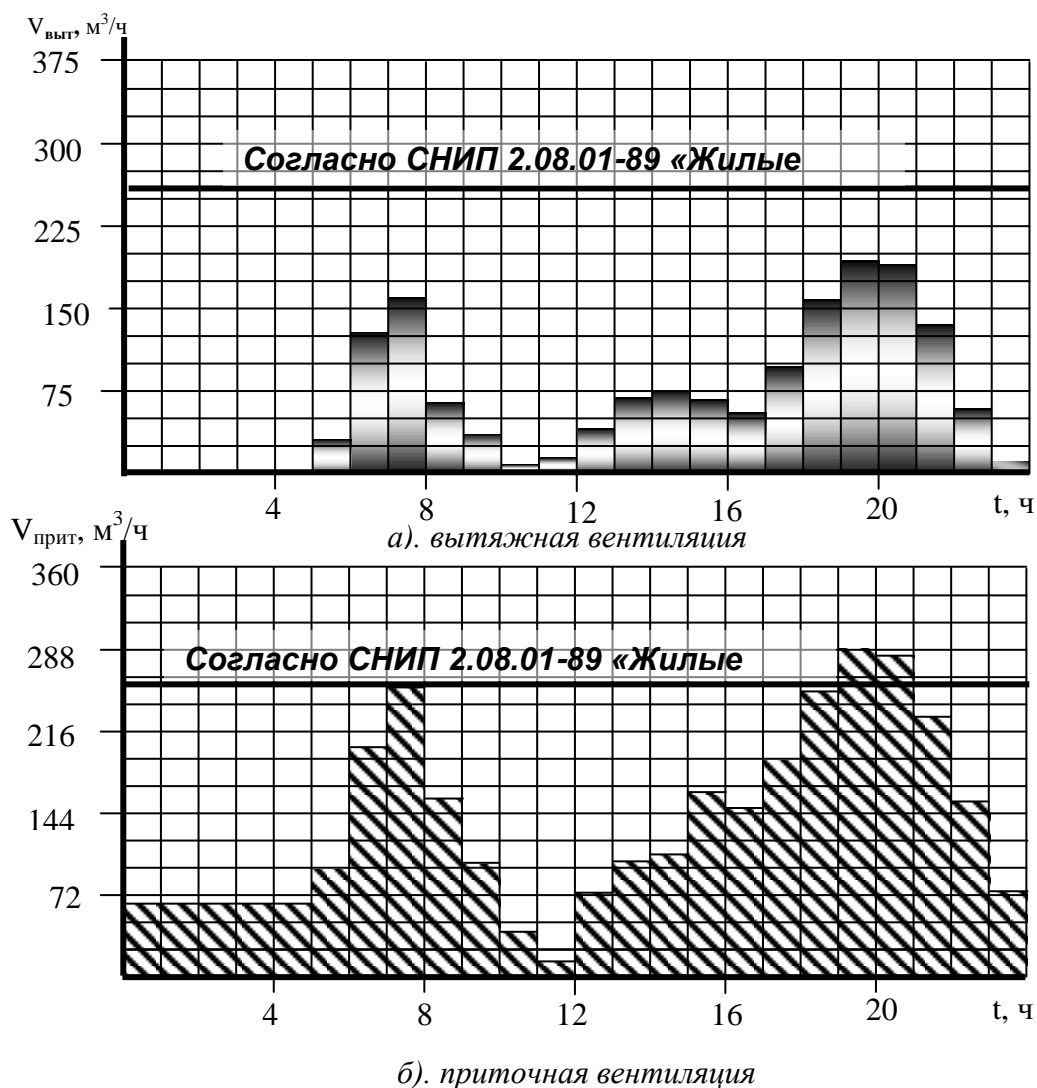


Рисунок 1 – Суточный профиль интенсивности приточной-вытяжной вентиляции усредненной двухкомнатной квартиры для зимнего рабочего дня

Способ регулирования расхода воздуха – подвижные направляющие лопатки, которые устанавливаются на входе в вентилятор. Для изменения расхода воздуха угол раскрытия лопаточного канала изменяется. При таком способе регулирования уменьшение расхода воздуха приводит к снижению энергопотребления электроприводом.

Спецификация основного оборудования, необходимого для системы приточно-вытяжной вентиляции на примере здания типовой серии I-447С-42 представлена в табл. 3.

Для очистки наружного воздуха целесообразно применить ячейковые фильтры серии ФЯРБ, выпускаемые согласно ТУ 22-6118-85. Пропускная способность фильтра – $1540 \text{ м}^3/\text{ч}$, начальное аэродинамическое сопротивление – 50 Па , эффективность очистки – $80 \pm 5 \%$, пылеемкость фильтра – $2300 \pm 100 \text{ г}/\text{м}^2$.

В качестве прототипа теплообменника принимается модель CDFP/CDFC CIAT, Франция. При расчете теплообменников, работающих по схеме «противоток», температура наружного воздуха принималась – $23 \text{ }^\circ\text{C}$, температура воздуха внутри помещения $20 \text{ }^\circ\text{C}$, температура удаляемого воздуха, на выходе из теплообменника $1 \text{ }^\circ\text{C}$, режим движения воздуха – турбулентный. Параметры ТО представлены в табл. 4.

Таблица 3 – Спецификация основного оборудования приточно-вытяжной вентиляции

№ п/п	Наименование оборудования	Модель	Количество
1	Рекуперативный ТО	CDFP/CDFC CIAT, Франция (ООО «Климатекс», Украина)*	1
2	Калорифер	PBAS-800x500-2-2.	2
3	Фильтр	ФЯРБ	8
4	Канальный вентилятор	WK 100	108 шт.
5	Центральный вентилятор вытяжной системы вентиляции	Ц9-57 исполнение 1 электродвигатель АО2- 52-4	1 шт.
6	Центральный вентилятор приточной системы вентиляции	Ц9-57 исполнение 1 электродвигатель АО2- 61-4	1 шт.
7	Воздуховоды Ø 400 мм	–	155 м
8	Воздуховоды Ø 550 мм	–	11 м
9	Воздуховоды Ø 450 мм	–	190 м
10	Теплоизоляция воздуховодов	*	70 м ²
11	Воздушный клапан Ø 550 мм	КВ	2 шт.
12	Воздушный клапан Ø 450 мм	КВР	3 шт.
13	Воздухозаборная решетка	PB-1	2 шт.
14	Приточная решетка	PB-1	54 шт..
15	Вытяжная решетка	PB-1	108 шт.

* – прототип.

Таблица 4 – Параметры теплообменников работающих по схеме «противоток»

№ п/п	Параметры теплообменника		Единицы измерения	Типовой проект здания				
				I-464-A-15	I-447-C-42	II-57	III-162-2п/1	176-T-8-1
1	Расход теплоносителя		кг/с	2.4	4.14	4,16	6.19	4.64
2	Температура приточного воздуха на выходе из ТО		°С	-5	-5	-5	-5	-5
3	Температурный напор ΔТ		°С	27	27	27	27	27
4	Скорость в каналах	теплого воздуха	м/с	15	15	15	15	15
5		холодного воздуха	м/с	15	15	15	15	15
6	Размеры канала	Высота	м	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
7		Ширина	м	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
8		Длина	м	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
9	Эквивалентный диаметр		м	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
10	Количество каналов	теплого воздуха	ед.	32	57	56	84	63
11		холодного воздуха	ед.	31	56	55	83	62
12	Коэффициент теплопередачи		Вт/м ² С	67.17	67.17	67.17	67.17	67.17
13	Количество теплообменников на дом		ед.	2	1	3	1	1
14	Габариты теплообменника	Длина	м	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
15		Ширина	м	0.662	1.19	1.167	1,75	1,31
16		Высота	м	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

Для догрева воздуха во II ступени может быть принят калорифер, использующий горячую воду из системы отопления типа РВАС. Его корпус выполнен из оцинкованной стали, батарея изготовлена из пакета медных труб с алюминиевым оребрением. Шаг оребрения – 2.5 мм.

Выбор режима эксплуатации теплообменного оборудования на протяжении отопительного периода производился согласно расчету тепловой мощности ТО и калорифера, рис.3.

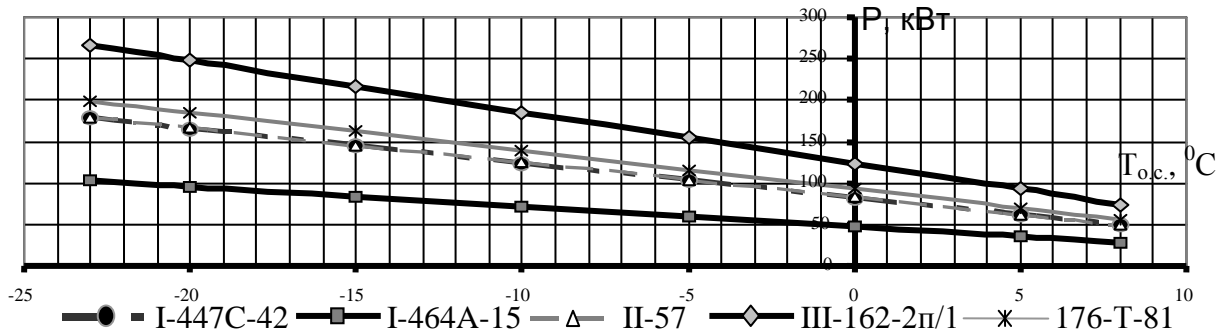


Рисунок 3 – Теплотехнические параметры теплообменного оборудования

Изменение тепловой мощности теплообменного оборудования имеет линейный характер для всех рассмотренных типовых серий зданий в заданном интервале изменения температуры наружного воздуха

Исходя из суммарных гидравлических потерь в каналах, на I и II ступени нагрева и на фильтре выбирается модель и мощность вентиляционных установок для систем приточной и вытяжной вентиляции. Мощность вентилятора вытяжной системы вентиляции составила – 8.5 кВт, при КПД 0.6; вентилятора приточной системы – 14 кВт при КПД 0.6.

Основным критерием оценки экономической эффективности энергосберегающих мероприятий является прибыль, величина которой зависит от цен на энергоносители, капитальных и эксплуатационных затрат. На рис. 4 показан срок окупаемости капитальных затрат на модернизацию системы вентиляции жилого дома серии I-447C-42.

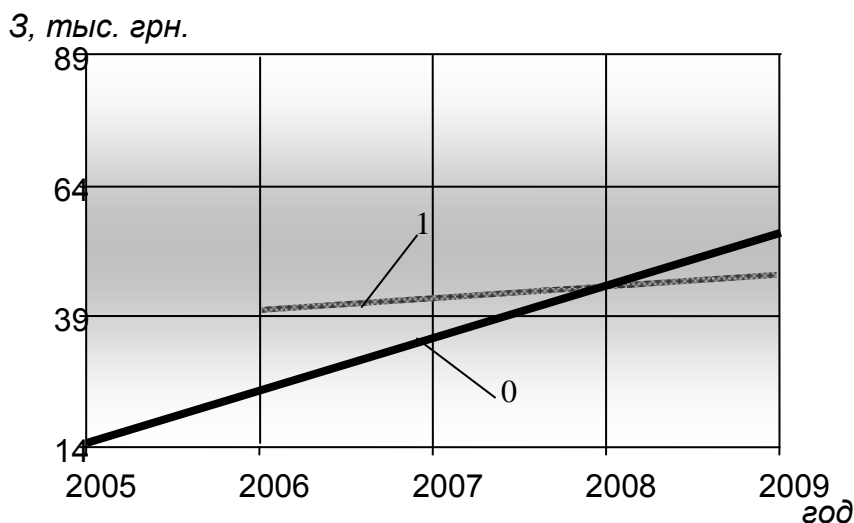


Рисунок 4 – Срок окупаемости капитальных затрат жилого дома серии I-447C-42

График 0 описывает денежные затраты на приобретение тепловой энергии в варианте, при котором энергосберегающие мероприятия не внедряются; график 1 – на приобретение тепловой энергии после проведения модернизации системы вентиляции. Срок окупаемости предлагаемых мероприятий составляет 2 года со дня сдачи в эксплуатацию (2006 г.).

Для варианта 0 текущие годовые затраты равны стоимости тепловой энергии. Реализация варианта 1 кроме того связана с дополнительными эксплуатационными и капитальными затратами. Расчет суммарных затрат проводился согласно [6].

Литература

1. Мхитарян Н.М. Энергосберегающие технологии в жилищном и гражданском строительстве. – К.: «Наукова думка», 2000. – 412 с.
2. СНиП 2.08.01-89. Жилые здания. Госстрой СССР.–М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989 г.
3. Straub J. E., Burnett E. F. Simplified prediction of driving rain deposition. Proceeding of International Building Physics Conferens. Eindhoven. 2000. P. 375 – 382.
4. Лебедь Т.П. Открытое сжигание шебелинского газа, гигиеническая оценка его применения в быту: Автореф. дис. ...канд.техн. наук. – Харьков, 1972. – 24 с.
5. Китайцева Е. Х., Малявина Е. Г. Естественная вентиляция жилых зданий // АВОК: Асоц. инж. по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, тепло-снабжению и строит. Теплофизике. – 1998. №3 – С.16-23.
6. Повышение энергоэффективности и модернизация вентиляционных систем.– Справочник.– Киев.– 2001.– 168 с.

УДК 697.12.13

Маляренко В.А., Орлова Н.А.

ОРГАНІЗАЦІЯ ВОЗДУХООБМІНУ В ЖИТЛОВИХ БУДІВЛЯХ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Проводиться аналіз основних видів систем вентиляції житлових будинків, а також аналіз їхніх конструктивних особливостей. Наведено результати розрахунку приточно-витяжної системи вентиляції з урахуванням використання теплообмінних апаратів (ТО), калориферів, фільтрів, оцінка строку окупності і повітряного режиму житлових приміщень в умовах її переривчастої роботи.