

РАЗДЕЛ II

СТРОИТЕЛЬСТВО. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 697.92: 628.83

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ С МЕХАНИЧЕСКИМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫМ УДАЛЕНИЕМ ВОЗДУХА И ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫМ ПРИТОКОМ

И. В. Андреев, Е. Г. Бороздин
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

***Аннотация.** Рассмотрены особенности распределения воздушных потоков в системах вентиляции с централизованным механическим удалением и децентрализованным естественным притоком воздуха, полученные по результатам экспериментов на модели вертикального сборного вытяжного вентиляционного канала с четырьмя каналами-спутниками и компьютерного моделирования данной системы. Экспериментальные исследования проводились при различных условиях работы рассматриваемой системы вентиляции, которые зачастую возникают при эксплуатации.*

***Ключевые слова:** вентиляция, жилые здания, аэродинамический расчет.*

Введение

Системы вентиляции жилых зданий с централизованным механическим удалением воздуха и децентрализованным притоком через приточные устройства отдельных квартир в последнее время все чаще рассматриваются как альтернатива системам с естественным побуждением движения воздуха [1, 2, 3, 4].

Применение такого рода систем обусловлено сложностью (а в ряде случаев и невозможностью) обеспечения нормативного воздухообмена в жилых зданиях в течение всего года за счет естественного перепада давлений.

В качестве примера можно привести, так называемую, «гибридную» систему вентиляции, оснащенную вытяжными вентиляторами на оголовках вытяжных каналов за пределами здания, и приточными вентиляционными устройствами в виде оконных клапанов [5].

Удаление воздуха в подобных системах вентиляции происходит за счет пониженного давления, создаваемого вытяжным вентилятором в сборном канале и передаваемого через каналы-спутники в квартиры разных этажей (рис.1).

Аэродинамический расчет и проектирование систем вентиляции с централизованным удалением воздуха заключается в подборе вытяжных

вентиляторов с учетом потерь давления в вентиляционных каналах, вытяжных и приточных устройствах. Как правило, расчет подобных систем проводится при закрытых окнах и полностью открытых приточных клапанах [6].

Однако на практике условия эксплуатации могут существенно отличаться от расчетных, в результате чего распределение перепадов давлений и расходы воздуха в приточных устройствах, вытяжных каналах могут существенно отличаться от проектных. В частности: изменение сопротивления на притоке воздуха (открытие окон, закрытие приточных устройств и т.д.); подключение к вытяжным каналам квартир дополнительных механических устройств (кухонных вытяжек, бытовых вентиляторов и т.д.); изменение аэродинамического сопротивления на входе в каналы-спутники.

Перечисленные факторы могут привести к недостаточному, либо к увеличенному значению воздухообмена и, как следствие, ухудшению параметров микроклимата в помещениях.

Результаты теоретических исследований [7] подтверждают вышеизложенные предположения.

Цель данной статьи - экспериментальная проверка распределения воздушных потоков и перепадов давлений в вытяжных вентиляционных каналах систем вентиляции

с централизованным удалением воздуха при моделировании различных эксплуатационных воздействий и сопоставление их с результатами, полученными расчетным методом (методом компьютерного моделирования).

Описание экспериментального стенда

Объект исследования - вертикальный сборный канал с четырьмя каналами-спутниками и вентилятором, установленным на оголовке вытяжной вентиляционной шахты.

Вытяжной канал собран из воздуховодов диаметром 150 мм, каналы - спутники - диаметром 100 мм. Каналы-спутники присоединены к сборному каналу «через этаж». Схема стенда приведена на рисунке 1. Расчетная схема приведена на рисунке 2.

На оголовке сборного канала установлен вытяжной вентилятор марки ВЕНТС ТТ 150. Характеристика вентилятора приведена на рисунке 3.

На вентиляционных каналах выполнены специальные штуцера с заглушками, для замеров перепада давления в характерных точках (вход в канал, места слияния потоков, участки до и после вентилятора на оголовке сборного канала).

Для моделирования различных эксплуатационных состояний данной системы на испытательном стенде применялось следующее оборудование и принадлежности:

- регулятор напряжения, с помощью которого варьировалась мощность вытяжного вентилятора;

- осевые вентиляторы, устанавливаемые на входе в канал-спутник, позволяющие моделировать изменение расходов в каналах-спутниках в процессе эксплуатации (характеристика вентилятора приведена на рисунке 4);

- диафрагмы, позволяющие изменять сопротивление на входе в каналы-спутники.

Измерения расходов воздуха проводились с помощью анемометра марки Testo 417-2, измерения перепадов давлений при различных условиях работы вентиляционной системы - с помощью микроманометра ММН-240.

Регулирование количества оборотов канального вентилятора обеспечивалось регулированием напряжения, подаваемого на вентилятор от сети через электронный регулятор ПЭ - 2100.

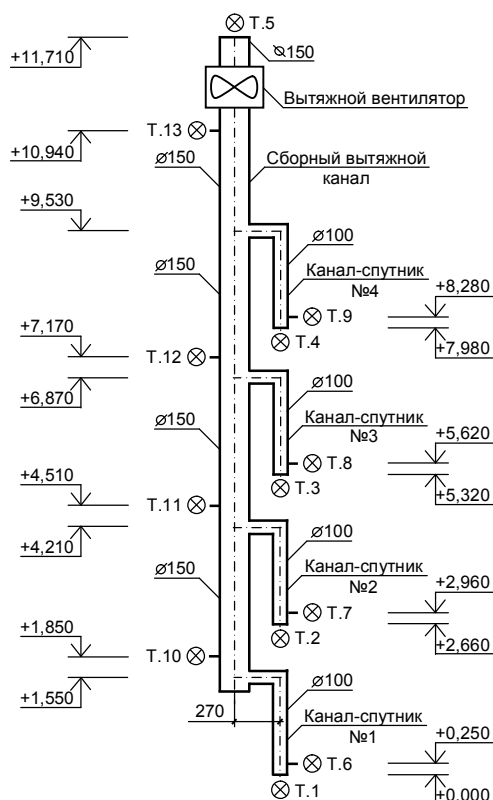


Рис. 1. Схема испытательного стенда с указанием точек замера расходов воздуха (Т.1 - Т.5) и перепадов давления (Т.6 - Т.13)

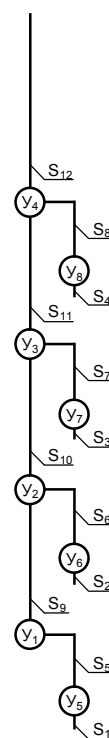


Рис. 2. Расчетная схема испытательного стенда для программы «S-VENT V1.0»

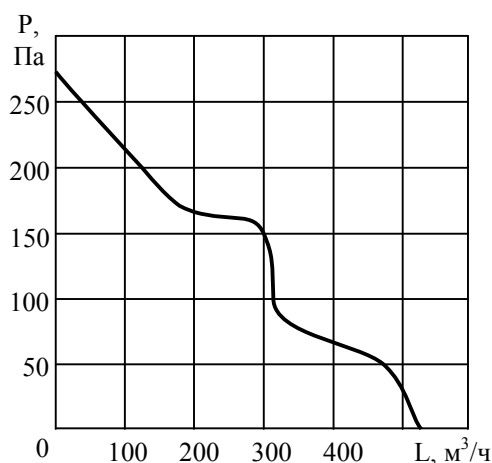


Рис. 3. Напорно-расходная характеристика вентилятора ВЕНТС ТТ 150, находящегося на оголовке вентиляционной шахты

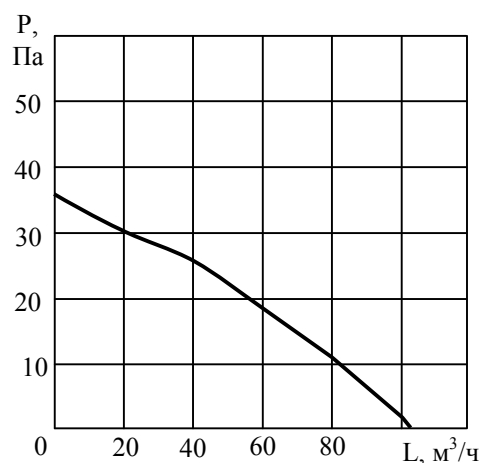


Рис. 4. Напорно-расходная характеристика вентилятора ВЕНТС 100 ВКО, устанавливаемого в канал-спутник

Условия проведения экспериментов

Моделирование работы системы вентиляции проведено для условий отсутствия тепловых (гравитационных) перепадов давлений – при равенстве температур наружного и внутреннего воздуха. В этом случае движение воздуха по сети обеспечивает только лишь за счет вентилятора, установленного на оголовке вентиляционного канала.

В качестве переменных факторов, моделирующих различные эксплуатационные состояния исследуемой системы, приняты: изменение перепадов давления, создаваемого вытяжным канальным вентилятором; изменение перепадов давления на отдельных участках вытяжного канала за счет включения (выключения)

осевых вентиляторов, установленных в каналах-спутниках различных этажей; изменение сочетаний включенных и выключенных осевых вентиляторов в каналах-спутниках; изменение площади сечения входных отверстий в каналы-спутники.

Условия проведения экспериментов представлены в таблице 1.

Результаты экспериментальных замеров сопоставлялись с результатами расчетов, выполненных по программе «S-VENT V1.0».

Расчетная схема для системы вентиляции, аналогичной экспериментальному стенду, приведена на рисунке 5. Принцип расчета и уравнения, описывающие движение воздуха по рассматриваемой сети изложены в статье [7].

Таблица 1 – Описание условий, при которых проводились эксперименты

№ эксп.	Моделируемая ситуация	Условия проведения эксперимента
1	Работа с различной производительностью вентилятора, расположенного на оголовке сборного вентиляционного канала	Вытяжной вентилятор на оголовке включен на полную мощность (напряжение 220 В)
2		Вытяжной вентилятор на оголовке подключен к электрической сети через регулятор напряжения, и его мощность снижена (напряжение 140 В)
3		Вытяжной вентилятор на оголовке подключен к электрической сети через регулятор напряжения, и его мощность снижена до минимального значения, при котором начиналось вращение рабочего колеса (напряжение 60 В)
4	Изменение расхода воздуха в отдельных каналах-спутниках вследствие включения вентилятора	Вытяжной вентилятор на оголовке работает в среднем режиме (140 В), на третий канал-спутник установлен и включен осевой вентилятор
5	вытяжного канала-спутника	Вытяжной вентилятор на оголовке работает на минимальном режиме, на третий и четвертый канал-спутник установлены и включены осевые вентиляторы

Продолжение Таблицы 1

1	2	3
6	Устранение влияния увеличенного расхода воздуха на верхних каналах-спутниках, путем создания дополнительного сопротивления (различная степень открытости вытяжного устройства или величины живого сечения вентиляционной решетки), установленного на входе в различные каналы-спутники	Вытяжной вентилятор на оголовке работает на минимальном режиме, на третий и четвертый канал-спутник установлены и включены осевые вентиляторы; увеличено сопротивление на втором канал-спутнике, путем уменьшения входного сечения в канал до диаметра 35,5 мм
7		Вытяжной вентилятор на оголовке работает на минимальном режиме, на третий и четвертый канал-спутник установлены и включены осевые вентиляторы; увеличено сопротивление на первом и втором канал-спутнике, путем уменьшения входного сечения в канал до диаметра 25,1 мм
8		Вытяжной вентилятор на оголовке работает на минимальном режиме, на третий и четвертый канал-спутник установлены и включены осевые вентиляторы; увеличено сопротивление на первом и втором канал-спутнике, путем уменьшения входного сечения в канал до диаметра 25,1 мм; на входе в третий канал-спутник установлено местное сопротивление (диафрагма диаметром 71 мм)
9		Вытяжной вентилятор на оголовке работает на минимальном режиме, на третий и четвертый канал-спутник установлены и включены осевые вентиляторы; на входе в третий канал-спутник установлено местное сопротивление (диафрагма диаметром 71 мм)

Результаты испытаний и расчетов

Результаты испытаний и расчетов распределения расходов воздуха и перепадов давления, выполненных по программе «S-VENT V1.0», при условиях, аналогичных условиям проведения экспериментальных измерений, приведены в таблице 2, на рисунке 4. Сопоставление расчетных и экспериментальных данных показало хорошую сходимость результатов расчета с измеренными расходами воздуха по отдельным участкам вытяжного канала и каналов-спутников (погрешность в пределах 10%).

Анализ результатов выполненных исследований позволил сделать следующие выводы: при отсутствии какого-либо рода регулирующих устройств на входе в вытяжные каналы – спутники распределение удаляемого количества воздуха пропорционально аэродинамическим сопротивлениям участков вентиляционной системы; максимальное значение наблюдается на самом верхнем канал-спутнике; при увеличении расхода воздуха, проходящего через один из средних каналов-спутников, что возможно при включении

осевого вентилятора (как вариант - открытия створки оконного блока и соответственно уменьшении аэродинамического сопротивления на входе), происходит перераспределение потоков воздуха, проявляющееся в существенном снижении удаляемого воздуха через нижние каналы-спутники; стоит отметить тот факт, что при определенном сочетании включенных осевых вентиляторов в каналах-спутниках, возможно опрокидывание направления движения воздуха на нижних этажах и их работа на приток; попытка устранения эффекта опрокидывания, путем увеличения аэродинамического сопротивления на входе в вытяжные каналы, расположенные ниже, не дает положительного результата; для стабилизации работы вытяжной вентиляции в целом необходимо установка диафрагм или вытяжных устройств с регулируемым сечением на всех каналах-спутниках вентиляционной системы; при этом сопротивление диафрагм или вытяжных устройств должно меняться (авторегулироваться) в соответствии с изменяющимися условиями эксплуатации.

Таблица 2 – Распределение потоков воздуха и перепадов давления при экспериментальном и компьютерном моделировании работы системы вентиляции

№ эксп.	Расход воздуха, м ³ /ч					Перепад давления, Па							
№ точки изм.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	-91,0	-98,1	-113,4	-141,1	-443,6	-10,0	-12,0	-16,0	-26,0	-30,0	-36,0	-55,0	-90,0
	-74,4	-104,8	-125,7	-150,7	-455,6								
2	-59,9	-65,3	-76,1	-93,3	-294,6	-4,0	-5,0	-7,0	-11,0	-13,0	-16,0	-24,0	-41,0
	-50,2	-70,7	-84,8	-101,7	-307,4								
3	-26,9	-29,4	-35,6	-43,5	-135,4	-1,0	-1,3	-1,5	-2,5	-2,5	-3,0	-5,0	-9,0
	-23,5	-33,1	-39,8	-47,6	-144,0								
4	-54,0	-60,5	-95,6	-90,8	-300,8	-4,0	-4,5	+3,0	-10,0	-11,0	-13,0	-24,0	-38,0
	-47,6	-67,0	-87,5	-97,1	-299,1								
5	7,9	7,9	-77,5	-79,2	-140,8	0,0	0,0	+12,0	+12,0	0,0	0,0	-2,0	-6,0
	6,0	8,4	-70,4	-76,2	-132,2								
6	10,7	1,7	-77,5	-79,7	-144,8	0,0	+0,5	+12,0	+12,0	0,0	0,0	-2,0	-6,0
	1,2	0,2	-67,3	-81,5	-147,5								
7	2,4	2,3	-71,5	-75,2	-142,1	+0,5	+0,3	+12,0	+12,0	0,0	0,0	-2,0	-6,0
	0,3	0,3	-68,0	-82,3	-149,6								
8	-2,5	-1,9	-28,4	-78,3	-111,1	-1,0	-1,0	+5,0	+10,0	-1,0	-1,5	-3,0	-7,0
	-2,4	-2,4	-33,7	-80,8	-119,3								
9	-7,4	-9,3	-25,9	-74,9	-117,5	0,0	0,0	+8,0	+12,0	0,0	-0,5	-1,0	-6,0
	-9,0	-9,0	-34,1	-79,1	-131,2								

В верхней строке приведен расход воздуха, полученный в ходе экспериментальных замеров, в нижней – результат компьютерного моделирования. Знак « - » означает, что воздух удаляется из канала, « + » - наблюдается приток воздуха из вытяжного канала. Давления со знаком « + » соответствуют избыточному давлению при нагнетании воздуха, « - » – разрежение.

Заключение

Моделирование и анализ различных ситуаций, возникающих при эксплуатации зданий с децентрализованным механическим удалением и децентрализованным естественным притоком воздуха, в целом, позволяет оценить степень влияния различных факторов на аэродинамическую сеть и принять меры по обеспечению устойчивой работы системы вентиляции на стадии проектирования.

Для достижения устойчивого и стабильного воздухообмена в жилых многоквартирных зданиях, при применении систем вентиляции с централизованным механическим удалением через вертикальный сборный канал, и естественным притоком воздуха, необходимо:

- применять вытяжные вентиляторы с достаточно большим диапазоном регулирования, как по давлению, так и по расходу воздуха;
- предусматривать обязательное оснащение систем вентиляции средствами автоматики, обеспечивающих поддержание постоянного, заданного давления на всасывающем патрубке;
- применять приточные и вытяжные вентиляционные устройства (клапаны) с авторегулированием расхода воздуха.

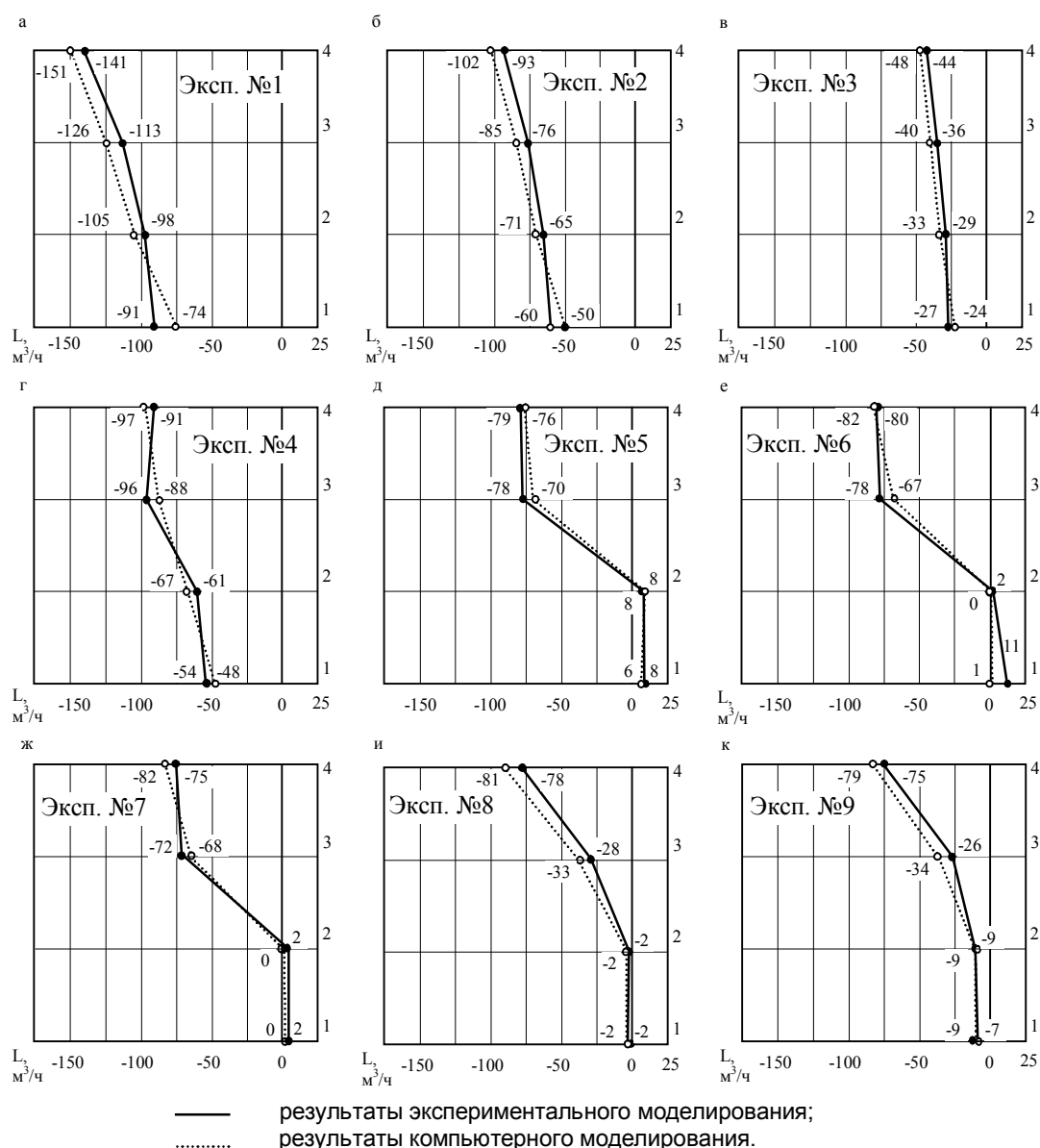


Рис. 5. Распределение потоков воздуха при экспериментальном и компьютерном моделировании работы системы вентиляции при следующих ситуациях: а, б, в – вентилятор на оголовке сборного вентиляционного канала с различной производительностью; г, д – увеличение расхода воздуха в отдельных каналах-спутниках; е, ж, и, к – устранение влияния увеличенного расхода воздуха на верхних каналах-спутниках, путем создания дополнительного сопротивления (различная степень открытости вытяжного устройства или величины живого сечения вентиляционной решетки), установленного на входе в различные каналы-спутники

Библиографический список

1. Малахов, М.А. Усовершенствование вентиляции жилых домов / М.А. Малахов, А.Е. Савенков // АВОК. – 2009. – №4. – С. 16-18.
2. Харитонов, В.П. Естественная вентиляция с побуждением / В. П. Харитонов // АВОК. – 2006. – №3. – С. 46-52.
3. Бобровицкий, И.И. Гибридная вентиляция в многоквартирных жилых зданиях / И.И. Бобровицкий, Н.В. Шилкин // АВОК. – 2010. – №3. – С. 16-23.

4. Litiu A. Ventilation system types in some EU countries / A. Litiu // REHVA. - 2012. – № 1 (49). – pp. 18-23.

5. Бутцев, Б.И. Гигрорегулируемая вентиляция АЭРЭКО - инструмент комфорта и энергосбережения в жилых домах / Б.И. Бутцев // Жилищное строительство. – 2011. – №3. – С. 71-72.

6. СТО СРО НП СПАС-05-2013 Стандарт организации. Энергосбережение в зданиях. Расчет и проектирование систем вентиляции жилых многоквартирных зданий.

7. Кривошеин, А. Д. Исследование процессов распределения воздуха в гибридных системах вентиляции жилых зданий / А. Д. Кривошеин, И. В. Андреев // Вестник СибАДИ. – 2013. – №5 (33). – С. 63-69.

MODELING OF VENTILATION SYSTEMS' WORK WITH MECHANICAL CENTRALIZED AIR REMOVAL AND DECENTRALIZED INFLOW

I. V. Andreev, E. G. Borozdin

Abstract. The article dwells upon the peculiarities of distributing air flows in ventilation systems with a centralized mechanical removal and decentralized natural air flow obtained from the results of experiments on the model of vertical assembled exhausted vent with four satellite ducts and computer modeling of this system. Experimental studies were carried out in various working conditions of the ventilation system, which often occur during operation.

Keywords: ventilation, residential buildings, aerodynamic calculation.

References

1. Malakhov M.A. Uovershenstvovanie ventiljacii zhilyh domov [Improving ventilation of houses]. AVOK, 2009, no 4, pp. 16-18.
2. Haritonov V.P. Estestvennaja ventiljacija s pobuzhdeniem [Natural ventilation with motivation]. AVOK, 2006, no 3, pp. 46-52.
3. Bobrovickij I.I., Shilkin N.V. Gibridnaja ventiljacija v mnogojetazhnyh zhilyh zdaniyah [Hybrid ventilation in many-storied residential buildings]. AVOK, 2010, no 3, pp. 16-23.
4. Litiu A. Ventilation system types in some EU countries. REHVA, 2012, no 1 (49), pp. 18-23.
5. Butcev B.I. Gigregeruliruemaja ventiljacija AEREKO - instrument komforta i jenergosberezhenija v

zhilyh domah [Gigregerulable ventilation AEREKO - a tool of comfort and energy efficiency in residential buildings]. Zhilishhnoe stroitel'stvo, 2011, no 3, pp. 71-72.

6. STO SRO NP SPAS-05-2013 Standart organizacii. Jenergosberezhenie v zdaniyah. Raschet i proektirovanie sistem ventiljacii zhilyh mnogokvartirnyh zdaniy [Standard of organization. Energy efficiency in buildings. Calculation and design of ventilation systems of residential apartment buildings]

7. Krivoshein A.D. Andreev I.V. Issledovanie processov raspredelenija vozduha v gibridnyh sistemah ventiljacii zhilyh zdaniy [Study of air distribution processes in hybrid ventilation systems of residential buildings]. Vestnik SibADI, 2013, no 5 (33), pp. 63-69.

Бороздин Евгений Геннадьевич (Россия, г. Омск) – аспирант ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: ciberomsk@rambler.ru).

Андреев Игорь Валентинович (Россия, г. Омск) – старший преподаватель кафедры «Городское строительство и хозяйство» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, email: andr-ig@ya.ru).

Borozdin Evgenij Gennadievich (Russian Federation, Omsk) – graduate student of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5. e-mail: ciberomsk@rambler.ru).

Andreev Igor Valentinovich (Russian Federation, Omsk) – senior lecture of the department "Urban Construction and Economy" of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5. e-mail: andr-ig@ya.ru).

УДК 72.04

ВЛИЯНИЕ НАЛИЧНИКОВ ОКОННЫХ ПРОЕМОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ОБРАЗА УСАДЕБНОГО ДОМА

А. А. Дедкова

ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. Статья посвящена исследованию визуальной среды стилистического оформления усадебного дома на примере оформления резных деревянных наличников его оконных проемов. Изучен процесс формирования нескольких распространенных образов и очертаний наличников. Проводится анализ стилистического оформления усадьбы Западной Сибири на примере формирования исторической усадебной застройки Казачьего форштадта. Значительное внимание уделяется одной из улиц - ул. Красных Зорь. В данной статье предпринята попытка раскрыть основные стилистические направления оформления наличников оконных проемов усадебной застройки начала XX века. В заключение статьи даны общие выводы с целью дальнейшего, более детального изучения данной темы в диссертационной работе.

Ключевые слова: архитектура, сибирская усадьба, оконный проем, наличник оконного проема, деревянный наличник.