



Фото: Денис Есанов / Государственный музей архитектуры имени А.В. Щусева

Исследование инженерных систем и температурно-влажностного режима помещений Дома архитектора Мельникова

Рецензия эксперта на статью получена 20.01.2020 [Expert review on the article received on January 20, 2020].

Введение

Одноквартирный жилой дом-мастерская, спроектированный выдающимся российским архитектором Константином Мельниковым для себя и своей семьи, был построен в 1927–1929 годах в Москве в Кривоарбатском переулке.

Дом Мельникова представляет собой двух- и трёхэтажное кирпичное строение с лёгкими деревянными перекрытиями, имеет подвал под частью первого этажа, состоит из двух врезанных друг в друга цилиндрических объёмов (фото 1, рис. 1). Благодаря особенностям объёмно-планировочного и конструктивного решений Дом-мастерская архитектора К.С. Мельникова является всемирно известным памятником советского авангарда и рационализма в архитектуре [1–3].

В настоящее время здание находится в ведении Государственного музея архитектуры им. А.В. Щусева. Намечена его реставрация, поскольку техническое состояние дома оценивается специалистами как неудовлетворительное [3, 4].

Коллектив исследователей, состоящий из преподавателей, сотрудников и аспирантов Национального исследовательского Московского государственного строи-

тельного университета, в 2018 году провёл полное обследование совмещённых систем отопления и вентиляции, а также выполнил работы по исследованию температурно-влажностного режима помещений Дома Мельникова.

В статье приведены основные результаты обследования совмещённых систем отопления и вентиляции, а также данные, полученные по результатам исследований температурно-влажностного режима Дома Мельникова. Предполагается, что результаты данных исследований будут учтены при разработке проекта реконструкции этого памятника архитектуры [5, 6].

Представлены результаты технического обследования систем отопления и вентиляции, а также исследования температурно-влажностного режима помещений при функционировании совмещённых систем отопления и вентиляции объекта.

На основании выборочного визуального и инструментального обследования выявлены дефекты и повреждения в совмещённых системах воздушного отопления и вентиляции. Разработаны рекомендации по устранению и усовершенствованию работы систем воздушного отопления и вентиляции.

УДК 697.1. Научная специальность: 05.23.03.

Обследование систем отопления и вентиляции, исследование температурно-влажностного режима помещений памятника архитектуры «Дом Мельникова» в Москве

С. В. Саргсян, к.т.н., доцент, директор Научно-образовательного центра теплогазоснабжения и вентиляции (НОЦ ТГВ), Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); **В. А. Шалунова**, аспирант, кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция», НИУ МГСУ

Выполнены работы по обследованию совмещённых систем воздушного отопления и вентиляции, исследован температурно-влажностный режим помещений здания объекта культурного наследия федерального значения «Экспериментальный жилой дом, 1927–1929 гг., арх. Мельников К.С.» (г. Москва, Кривоарбатский переулок, д. 10). Представлены конструктивные особенности совмещённых систем отопления и вентиляции здания. Определены характерные дефекты в обследованных системах, появившиеся в процессе эксплуатации. Указаны рекомендации и комплекс мероприятий для восстановления и укрепления совмещённых систем отопления и вентиляции. Существующие дефекты могут быть ликвидированы при ремонте.

Ключевые слова: температурно-влажностный режим, совмещённая система воздушного отопления и вентиляции, тепловая камера, воздухопроводы.

UDC 697.1. Number of scientific specialty: 05.23.03.

Inspection of heating and ventilation systems, study of temperature and humidity conditions of the premises of the architectural monument “The Melnikov House” in Moscow

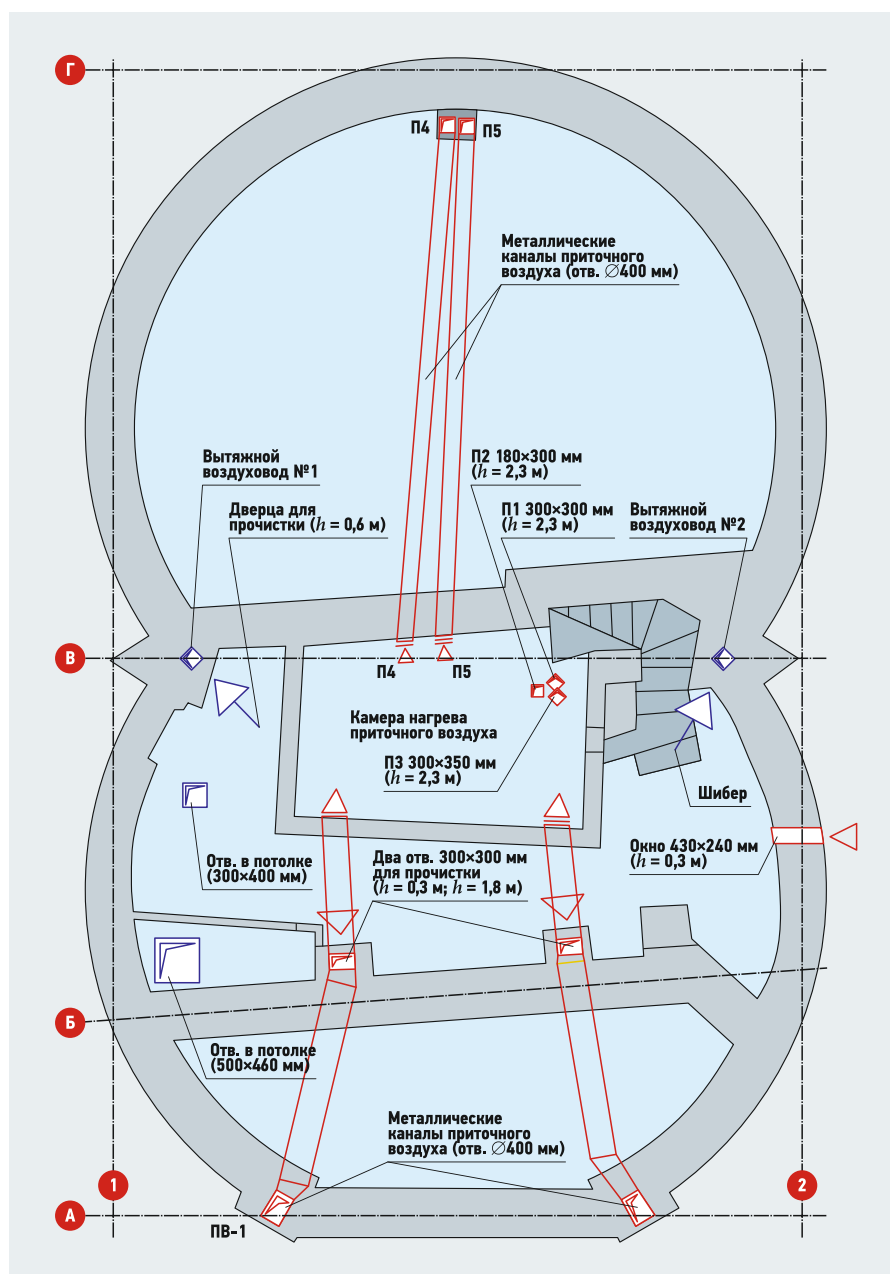
S. V. Sargsyan, PhD, Associated Professor, Director of Scientific and Educational Center of Heat and Gas Supply and Ventilation, National Research University Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGUSU); **V. A. Shalunova**, postgraduate student, the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, NRU MGUSU

The survey of combined air heating and ventilation systems was carried out, and the temperature and humidity conditions of the premises of the building of the Federal cultural heritage site “An experimental residential building, 1927–1929, of the architect K.S. Melnikov” (10 Krivoarbaty lane, Moscow, Russia) were investigated. The design features of combined heating and ventilation systems of the building are presented. The characteristic defects in the surveyed systems that appeared during operation were determined. Recommendations and a set of measures for the restoration and strengthening of combined heating and ventilation systems are indicated. Existing defects can be eliminated during repair.

Key words: temperature and humidity conditions, a combined system of air heating and ventilation systems, thermal camera, air ducts.



❖ Фото 1. Вид здания со стороны Кривоарбатского переулка



❖ Рис. 1. План совмещённых систем вентиляции и воздушного отопления на отметке -2,51

Оценка технического состояния систем произведена в соответствии с нормативами: ВСН 53-86(р) «Правила оценки физического износа жилых зданий»; ВСН 57-88(р) «Положение по техническому обследованию жилых зданий»; ВСН 58-88(р) «Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения»; ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния»; СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»; СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»; СП 41-101-95 «Проектирование тепловых пунктов»; Стандарт АВОК 7.7-2018. «Музеи. Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха».

Выявлены дефекты и повреждения в совмещённых системах воздушного отопления и вентиляции. Разработаны рекомендации по устранению и усовершенствованию работы систем воздушного отопления и вентиляции

Представленные расчёты выполнены на основании климатических параметров района расположения объекта культурного наследия федерального значения: «Экспериментальный жилой дом, 1927–1929 годы, арх. Мельников К.С.» в соответствии с СП 131.13330.2012 «Строительная климатология».

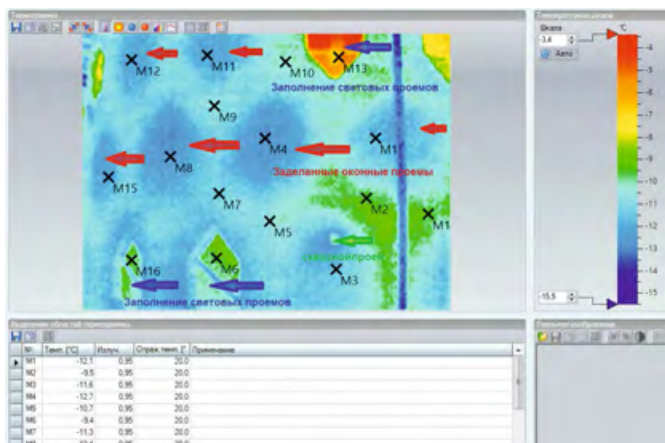
Методика исследований

Проведение исследований предшествовало анализ имеющихся архивных материалов и литературных источников [4].

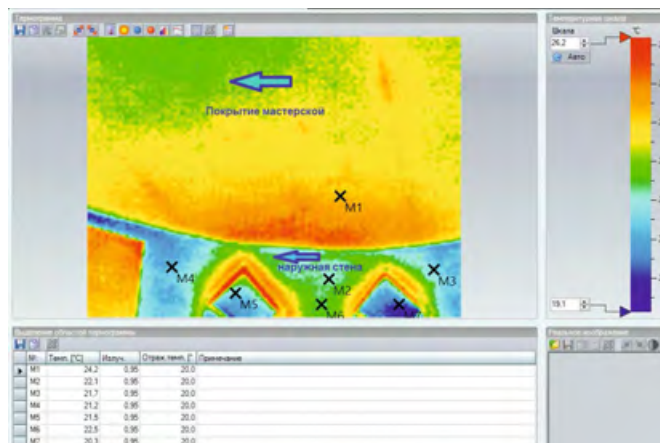
При исследовании систем воздухо-распределения температура воздушных потоков и средняя температура воздуха в помещениях здания измерялись термоанемометром. Средняя температура воздуха на выходе из воздухо-распределителей определялась как среднеарифметическое по девяти точкам измерений. При этом количество и координаты точек измерений определялись в зависимости от равномерности температурного поля. Показания значений температур считывались только при установившемся тепловом режиме, причём исследователь не допускал каких-либо дополнительных воздействий на термоанемометр. Материалы фотофиксации процесса проведения измерений представлены на рис. 3.



❖ Фото 2. Измерение скорости движения воздуха на верхнем сечении воздухораспределителя у воздухораспределительной решётки (коридор, 1-й этаж)



❖ Рис. 2. Распределение температуры на наружной поверхности стены большого цилиндра (С–В)



❖ Рис. 3. Распределение температуры на внутренней поверхности мастерской

Полученные значения температуры воздушных потоков в живых сечениях приточных или вытяжных воздухораспределительных устройств использовались для вычисления теплового потока, поступающего или удаляемого из помещения.

Величина теплового потока [Вт], поступающего в помещение или удаляемого из помещения, определялась по формуле:

$$Q_{\text{пр}} = 0,278 c_{\text{в}} \rho L_0 t_{\text{пр}}, \quad (1)$$

где ρ — плотность воздушного потока в соответствующем сечении, $\text{кг}/\text{м}^3$; L_0 — расход воздуха, $\text{м}^3/\text{с}$; $c_{\text{в}}$ — теплоёмкость воздуха, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$; $t_{\text{пр}}$ — температура приточного воздуха, $^\circ\text{C}$.

Тепловизионный контроль наружных и внутренних поверхностей ограждающих конструкций проводился с целью локализовать зоны конструкций с теплотехническими неоднородностями. При проведении телевизионных измерений отсутствовали атмосферные осадки, туман, задымлённость. Поверхности ограждающих конструкций в период тепловизионных измерений не подвергались дополнительному тепловому воздействию от источников освещения. Тепловизионный контроль проводился при режиме теплопередачи через ограждающие конструкции, близком к стационарному. При

тепловизионном контроле использовался измерительный прибор testo 865. Результаты тепловизионного обследования распределения температур на наружной поверхности стены большого цилиндра и на внутренней поверхности помещения мастерской представлены на рис. 2 и 3.

Измерения величины теплового потока через наружные ограждающие конструкции дома проводились в холодный период года прибором ИТП-МГ4.03/10 «Поток». На фото 3 показан процесс измерения теплового потока через наружные ограждающие конструкции, температур на внутренней и наружной поверхностях

лового потока на различных участках наружных стен, значения которых необходимы для составления воздушно-теплого баланса как для отдельных помещений, так и для здания в целом.

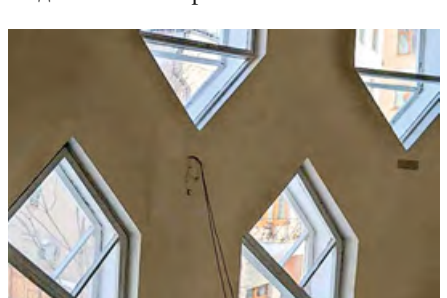
Результаты исследований

Тепловизионный контроль наружных и внутренних поверхностей ограждающих конструкций проводился с целью локализовать зоны конструкций с теплотехническими неоднородностями. Результаты тепловизионных измерений, частично представлены в табл. 1. На основании этих данных определены теплотехнические ха-

рактеристики наружных ограждающих конструкций.

На внутренних и наружных поверхностях наружных ограждающих конструкций в местах заложенных оконных проёмов температура отличается от температуры основного участка наружных стен, при этом сопротивление теплопередаче заложенных участков стены на 30–40 % превышает величину сопротивления теплопередаче однородного участка стены.

В конструкциях наружных ограждений дома существуют различного рода теплотехнические неоднородности.



❖ Фото 3. Датчики на поверхности наружной стены мастерской

Конструктивной особенностью данного здания является наличие большого количества (128) проёмов. Половина из этих проёмов — это окна. Остальные проёмы, не используемые в качестве окон, заложены кирпичом, поверхность оштукатурена. Снаружи проёмы заложены кирпичом или закрыты деревянными щитами и также оштукатурены. Внутри засыпка в виде глинисто-песчаной смеси. В настоящее время это порошок коричневого цвета, состоящий из частиц песка, покрытых слоем глины. Во вскрытии юго-восточной стены прихожей — заполнение проёма в виде частиц песка и извести.

Результаты тепловизионных измерений (от 04.03.2018)

табл. 1

Время	Положение фрагмента ограждающей конструкции	$t_n, ^\circ\text{C}$	$t_v, ^\circ\text{C}$	$v, \text{м/с}$	$t_{p1}^*, ^\circ\text{C}$	$t_{p2}^*, ^\circ\text{C}$	$t_{p3}^*, ^\circ\text{C}$	$t_{p4}^*, ^\circ\text{C}$	$t_{p5}^*, ^\circ\text{C}$	Номер термограммы (Прил. 5)
15:30	Наружная поверхность в области витража	-9,0	+22,0	2,0 ЮВ	-8,1	-6,9	-4,6	-6,9	-7,9	5,1
15:45	Наружная поверхность в области окна первого этажа	-9,0	+22,0	2,0 ЮВ	-4,9	-8,0	-8,6	-4,8	-5,9	5,2
15:35	Внутренняя поверхность в передней	-9,0	+22,0	2,0 ЮВ	19,7	19,7	20,7	19,8	21,5	5,3
15:55	Внутренняя поверхность воздухонагревательной камеры	-9,0	+22,0	2,0 ЮВ	33,0	25,0	29,3	30,6	28,9	5,4
16:10	Внутренняя поверхность в кухне	-9,0	+20,0	2,0 ЮВ	20,1	19,0	20,3	16,2	15,0	5,5

* Температура на поверхности в реперных точках.

Значения приведённого сопротивления теплопередаче участков конструкций дома-мастерской, полученные по замеренным величинам тепловых потоков, приведены в табл. 2.

В процессе обследования выявлены выходы некоторых горизонтальных отводов на этажах, которые заделаны и не используются. Действующие стальные воздухопроводы, а также приставные каналы (горизонтальные участки стальных воздухопроводов внутри дома) совмещённых систем вентиляции и воздушного отопления, а также внутрисстенные воздухопроводы вытяжных систем загрязнены пылью, сажей, строительным мусором и раствором (фото 4).

Для натуральных измерений температуры внутреннего воздуха, относительной влажности внутреннего воздуха, температуры наружного воздуха и относительной влажности наружного воздуха в ре-



Фото 4. Помещение калориферной. Коррозия и деформация воздухопроводов системы ВО

жиме мониторинга применялся регистратор данных для долгосрочных измерений testo 175-H1, который позволяет измерять температуру и влажность воздуха через заданный интервал времени и запоминать во встроенной памяти 48 тыс. измерений.

Изменение внутренней температуры и относительной влажности воздуха в помещениях гостиной, столовой и мастерской в марте 2019 года представлены в табл. 3.

В тёплый и переходный периоды года такой диапазон изменений влажности внутри помещений объясняется тем, что она полностью зависит от влажности наружного воздуха. В холодный период года значения относительной влажности помещений очень низкие

Сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций*

табл. 2

Наружные стены [$R_{ст}, \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$]	Окна [$R_{ок}, \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$]	Дверь [$R_{дв}, \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$]	Пол [$R_{пол}, \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$]	Покрытие [$R_{пок}, \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$]
Наружные стены (целые участки), $R_{ст.1} = 0,919$	0,36	0,43	Пол: I зона — 2,1; Пол: II зона — 4,3; Пол: III зона — 8,6; Пол: IV зона — 14,2	Покрытие над мастерской 1,95
Наружные стены (фрагмент заложенных конструктивных проёмов), $R_{ст.2} = 1,45$	0,36	0,43		Покрытие над мастерской 1,95
	0,36	0,43		Покрытие над гостиной 1,69
Наружные стены (эквивалентная величина), $R_{ст.экв} = 1,08$	0,36	0,43		Покрытие над гостиной 1,69

* По данным измерения тепловых потоков.

Результаты измерений параметров микроклимата

табл. 3

Дата	Параметры внутреннего воздуха в помещениях здания						Параметры наружного воздуха	
	гостиная		мастерская		столовая			
	t, °C	φ, %	t, °C	φ, %	t, °C	φ, %	t, °C	φ, %
12.03.2018	19,9	23,2	20,1	31,5	20,1	31,2	−0,5	75,7
11.03.2018	20,1	31,6	20,4	32,6	20,2	24,3	−1,7	74,7
10.03.2018	20,0	28,1	20,2	33,1	19,5	23,6	−3,8	82,2
09.03.2018	19,3	28,0	19,8	33,8	19,8	24,7	−1,3	67,9
08.03.2018	21,2	27,3	19,9	33,4	20,1	24,6	−6,7	79,6
07.03.2018	20,8	26,9	20,8	31,9	20,2	23,5	−4,3	77,6
06.03.2018	20,1	29,2	21,1	28,1	19,6	23,1	−7,5	63,9
05.03.2018	21,7	23,6	19,5	33,2	20,8	25,4	−5,8	76,6
04.03.2018	20,6	28,5	20,5	31,4	20,7	23,3	−7,7	83,4
03.03.2018	20,6	24,2	21,3	29,4	21,2	22,1	−8,9	83,2
02.03.2018	19,8	26,2	20,4	29,1	20,1	20,2	−9,5	71,9
01.03.2018	20,1	21,6	19,8	27,2	20,4	19,8	−10,7	64,2

Следует отметить, что в холодный период года температура воздуха по отдельным помещениям распределяется неравномерно. В тёплый период года наблюдается неравномерность распределения температуры по этажам: температура воздуха на верхних этажах выше температур на первом этаже. Таким образом, температурный режим в здании в течение всего года нестабилен и большей частью не соответствует требованиям.

Относительная влажность воздуха внутри помещений в тёплый период года находится в пределах от 65 до 40%, в переходный период — от 45 до 30%, в холодный период года — от 45 до 20%.

В тёплый и переходный периоды года такой диапазон изменений влажности внутри помещений объясняется тем, что она полностью зависит от влажности наружного воздуха. В холодный период года значения относительной влажности помещений очень низкие. Проветривание в условиях холодного периода года приводит к ещё большему понижению относительной влажности внутреннего воздуха, так как для наружного воздуха в этот период характерна низкая абсолютная влажность.

Выводы

Существующие системы воздушного отопления и вентиляции дома выполнены по разработкам К.С.Мельникова и функционируют по настоящее время. Наиболее существенные изменения в системе отопления произошли в 1957 году, когда в тепловой камере, расположенной в подвале дома, первоначально установленная печь — калорифер, в которой для нагрева воздуха использовалось твёрдое топливо, была заменена на калорифер из стальных труб с подключением его к сети теплоснабжения города.

В процессе детального обследования систем вентиляции и отопления получены данные о скорости движения и температуре воздуха на входе в вытяжные воздухораспределительные системы и на выходе из приточных воздухораспределительных устройств. По этим данным определён расход воздуха на входе в воздухораспределительные устройства и выходе из них, а также выполнен расчёт производительности отдельных совмещённых систем воздушного отопления и вентиляции.

Измерены величины теплового потока на различных участках наружных стен, значения которых использованы для составления воздушно-теплового баланса как для отдельных помещений, так и для здания в целом.

По результатам проведённых измерений следует, что количество воздуха, подаваемого в помещение, зависит от температуры воздуха после воздухонагревательной системы (степень нагрева воздуха от регистров из гладких труб). При этом количество удаляемого воздуха за-



висит от температуры наружного воздуха: чем ниже температура наружного воздуха, тем больше воздуха удаляется из помещения. При тепловизионном обследовании дома теплопроводные включения, свидетельствующие о дефектах утепления или скрытых дефектах ограждающих конструкций, не выявлены.

На внутренней поверхности стен в местах заложённых оконных проёмов температура отличается от температуры участков стен со сплошной кладкой, при этом сопротивление теплопередаче заложённых участков стены превышает на

Совмещённая система воздушного отопления и вентиляции здания не обеспечивает требуемую величину относительной влажности в приточном воздухе в холодный период года. Существует необходимость предусмотреть дополнительные мероприятия по увлажнению приточного воздуха

30–40 % величину сопротивления теплопередаче основного участка стены. Зоны прохода тепловых каналов в полах и стенах характеризуются повышенным нагревом ограждающих конструкций. Изоляция тепловых каналов либо отсутствует, либо недостаточна.

В результате закладки конструктивных проёмов (общая площадь составляет 64 шт. $\times$ 0,79 м²/шт. = 50,5 м²) в здании образовались фрагменты ограждающих конструкций с повышенной величиной сопротивления теплопередаче. Увеличение эквивалентной величины сопротивления теплопередаче наружных стен приводит к уменьшению теплотерь здания, что в результате ведёт к уменьшению требуемой мощности системы отопления. При этом невозможность регулирования мощности регистров приводит к избыточному повышению температуры в помещениях здания.

Анализ результатов измерения температуры и влажности внутри помещений, полученных при настоящем обследовании дома, а также данных предыдущих многолетних исследований, переданных заказчиком, показал, что относительная влажность воздуха внутри помещений в холодный период года находится в пределах от 45 до 20 %, в переходный период — от 45 до 30 %, а в тёплый период года — от 65 до 40 %.

Совмещённая система воздушного отопления и вентиляции не обеспечивает требуемую величину относительной влажности в приточном воздухе в холодный период года. Существует необходимость предусмотреть дополнительные мероприятия по увлажнению приточного воздуха.

Одновременное применение процессов увлажнения и нагрева приточного воздуха в совмещённой системе воздушного отопления и вентиляции даст возможность получения заданных параметров микроклимата в помещениях рассматриваемого здания. ●



1. Хан-Магомедов С.О. Дом-мастерская архитектора Константина Мельникова. — М.: Изд-во «Архитектура-С», 2006. 80 с.
2. Гозак А.П. Дом Мельникова. — М.: Изд-во С.Э. Гордеева, 2010. 104 с.
3. Дом-мастерская архитектора К.С. Мельникова (Дом Мельникова) [Электр. текст]. «Википедия». Режим доступа: ru.wikipedia.org. Дата обращ.: 10.02.2020.
4. Расчёт воздушно-калориферной (циркуляционной) системы отопления для дома арх. Мельникова К.С. / Архив Дома Мельникова. Оп. 1341/1. Л. 1–2.
5. Саргсян С.В. Исследование способов организации воздухообмена и систем воздухораспределения на физических моделях в лабораторных условиях // Научное обозрение, 2015. №16. С. 68–71.
6. Саргсян С.В. Методика лабораторных испытаний способов организации воздухообмена на физических моделях // Научное обозрение, 2015. №16. С. 76–79.

References — see page 94.

Inspection of heating and ventilation systems, study of temperature and humidity conditions of the premises of the architectural monument “The Melnikov House” in Moscow. Pp. 52–58.

Samvel V. Sargsyan, PhD, Associated Professor, Director of Scientific and Educational Center of Heat and Gas Supply and Ventilation, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU); **Victoria A. Shalunova**, postgraduate student, the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, NRU MGSU

1. S.O. Han-Magomedov. *Dom-masterskaja arhitektora Konstantina Mel'nikova* [House-workshop of the architect Konstantin Melnikov]. Moscow. *Izd-vo "Arhitektura-S"* ["Architecture-S" Publishers]. 2006. 80 p. [In Russian]
2. A.P. Gozak. *Dom Mel'nikova* [The Melnikov House]. Moscow. *Izd-vo S. Je. Gordeeva* ["S. Je. Gordeev" Publishers]. 2010. 104 p. [In Russian]
3. *Dom-masterskaja arhitektora K.S. Mel'nikova (Dom Mel'nikova)* [The Melnikov House (House-workshop of the architect K.S. Melnikov)]. Wikipedia. Web-source: ru.wikipedia.org. Access data: February 10, 2020. [In Russian]
4. *Raschjot vozdušno-kalorifernoj (cirkulacionnoj) sistemy otopenija dlja doma arh. Mel'nikova K.S.* [Calculation of air-heater (circulation) heating system for the house of the architect K.S. Melnikov]. *Arhiv Doma Mel'nikova* [Archive of the Melnikov House]. Inv. No. 1341/1. Lists No. 1–2. [In Russian]
5. S.V. Sargsjan. *Issledovanie sposobov organizacii vozduhoobmena i sistem vozduhoraspredelenija na fizicheskikh modeljah v laboratornyh uslovijah* [Investigation of the ways to organize the air exchange and air diffusion systems on physical models in the laboratory conditions]. *Nauchnoe obozrenie* ["Scientific review" Magazine]. 2015. No. 16. Pp. 68–71. [In Russian]
6. S.V. Sargsjan. *Metodika laboratornyh ispytanij sposobov organizacii vozduhoobmena na fizicheskikh modeljah* [Methods of laboratory testing of the procedures of the air exchange organization on physical models]. *Nauchnoe obozrenie* ["Scientific review" Magazine]. 2015. No. 16. Pp. 76–79. [In Russian]