

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-4-36-45

¹Еремкин А.И., ²*Пономарева И.К., ³Трофимов Д.А.¹Пензенский государственный университет архитектуры и строительства²Пензенский государственный университет³Творческая мастерская Дмитрия Трофимова «Царьград»

*E-mail: inna.ok007@rambler.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ КЛИМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМФОРТНЫХ УСЛОВИЙ И СОХРАННОСТИ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ В ПРАВОСЛАВНЫХ КУЛЬТОВЫХ СООРУЖЕНИЯХ

Аннотация. Особенностью православных культовых сооружений является наличие в зале богослужения произведений зодчества, художественных росписей, икон, фресок, иконостасов, имеющих историко-культурную ценность. Спецификой культовых сооружений: церквей, храмов и соборов является так же круглогодичные богослужения и скопления большого количества прихожан и персонала, достигающих несколько тысяч человек. Известно, что в залах богослужения устанавливаются несколько десятков подсвечников с горящими свечами и в течении года сжигаются сотни килограмм свечей. Выделяющие вредности от людей – теплота, влага, углекислый газ и при сгорании свечей – копоть, сажа, влага, теплота, углекислый газ оседают на внутренних поверхностях зала богослужения на элементах оформления и убранства. В результате дорогостоящее оформление зала с годами темнеет от копоти, сажи и влаги, а другие вредности – теплота, влага, углекислый газ отрицательно сказываются на комфортных условиях и самочувствии прихожан и персонала. Для обеспечения сохранности историко-культурных ценностей и комфортных условий, предъявляются высокие требования к климатическим параметрам внутреннего воздуха в зале богослужения православных культовых сооружений: церквей, храмов и соборов.

Ключевые слова: местная вытяжная вентиляция, кондиционирование воздуха, копоть, сажа, влага, теплота, углекислый газ, вытяжной зонт, скорость воздуха, температура воздуха, свеча, конвективный поток, тепловизор, термоанемометр, элементы оформления, зал богослужения.

Введение. На основании проведенных исследований и анализе движения вентиляционных воздушных потоков и естественного перемещения воздуха внутри зала богослужения установлено, что выделяющие копоть и сажа, из-за неполного сгорания парафина от свечей, оседают на внутренние поверхности зала богослужения,

росписях, иконах, живописи и на одежде прихожан. В результате, оформление зала с годами приобретает закопченный неприглядный внешний вид. Другие выделяющиеся вредности: теплота, влага, углекислый газ, отрицательно сказываются на самочувствии прихожан и на оформление зала (рис. 1).



Рис. 1. Демонстрационный снимок горящих свечей на разных подсвечниках в зале богослужения Храма святых первоверховных апостолов Петра и Павла

Материалы и методы. Для подтверждения сделанных выводов проведены экспериментальные исследования выделения копоти и сажи при сжигании свечей. При этом использовался специально сконструированный в творческой мастерской Д.А. Трофимова «Царьград» стенд (рис. 2).

Внутри помещения установлена имитационная конструкция подсвечника с горящими и укрытием для улавливания копоти и сажи. Стены помещения обклеены белой бумагой. В течении одного месяца при сжигании более 4 тыс. свечей стены и потолок покрылись копотью и сажой. Аналогичные процессы происходят и в залах бо-

гослужения при сгорании свечей, что отрицательно сказывается на убранствах и оформлении

помещений православных церквей, соборов и храмов.

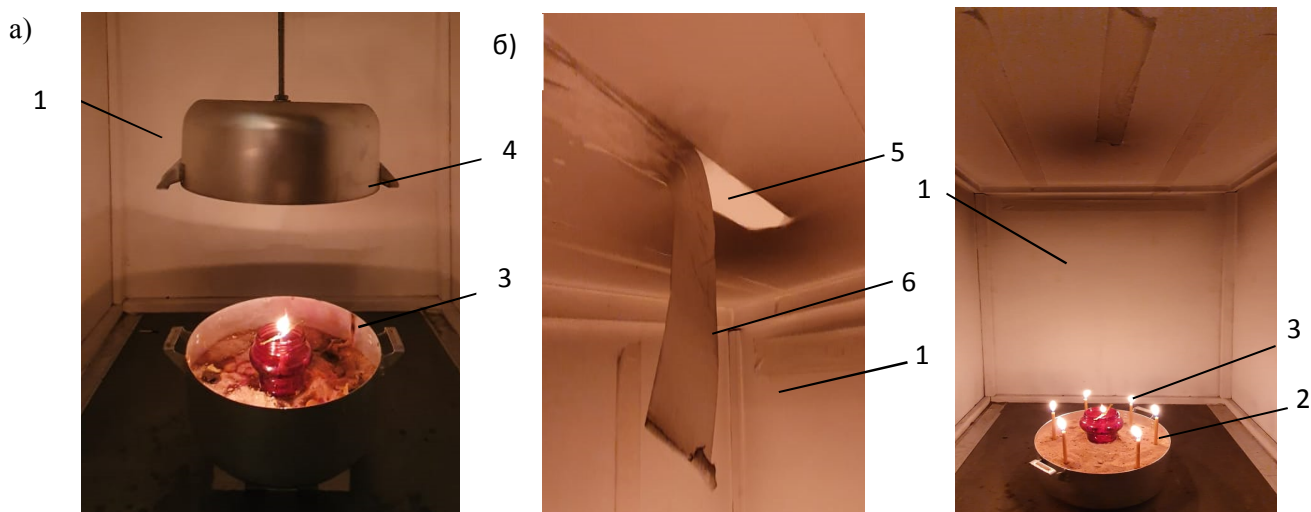


Рис. 2. Схема экспериментального стенда для исследования процесса выделения копоти и сажи на поверхностях стен и оформления помещения: 1 – помещение; 2 – подсвечники; 3 – свеча; 4 – укрытие для улавливания копоти и сажи; 5 – наклейка белой бумаги на поверхности потолка до горящих свечей; 6 – сажа и копоть; а – схема укрытия над подсвечником для улавливания копоти и сажи; б – снятие части закопченной бумаги с поверхности потолка; в – состояние поверхности помещения вначале горения свечей

Регулярный ремонт, восстановительные и реставрационные работы требуют значительных затрат. Для борьбы с указанными вредностями в большинстве православных церквей, соборов и храмов применяют энергоемкие системы вентиляции и кондиционирования воздуха в целях экономии в сочетании с естественной вентиляцией [1, 3, 4].

Имеются примеры для улавливания выделяющихся вредностей при сгорании свечей в Храме

Рождества Пресвятой Богородицы г. Самара (рис. 3, а), смонтированное над подсвечниками укрытие в Храме Живоначальной Троицы г. Астрахань (рис. 3, б), не соответствует конструктивным требованиям и не обеспечивает должное улавливание, а главное – не обеспечивает удаление копоти и сажи из зала богослужения. Имеются и другие примеры укрытий, не имеющие теоретического и экспериментального обоснования.

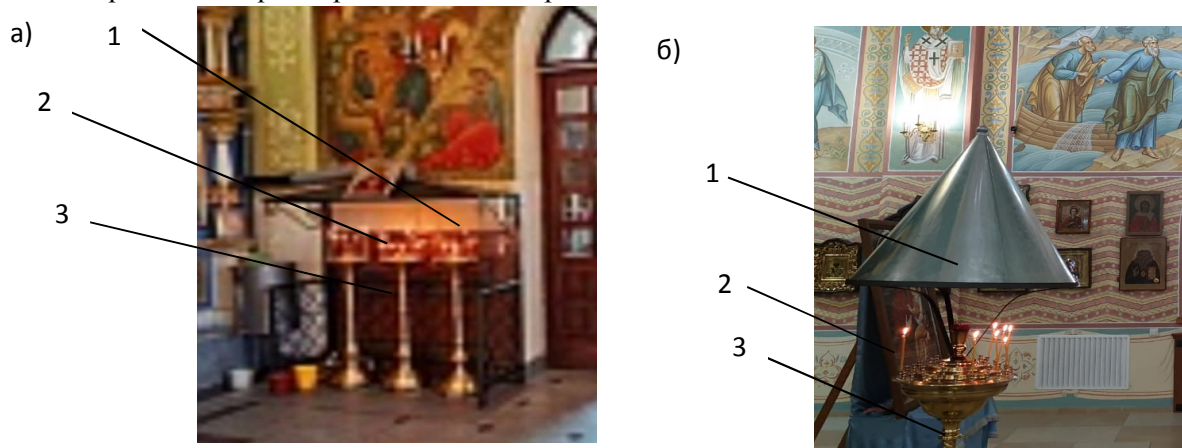


Рис. 3. Укрытие на подсвечнике: а) в Храме Рождества Пресвятой Богородицы г. Самара; б) в Храме Живоначальной Троицы г. Астрахань; 1 – укрытие; 2 – свеча; 3 – подсвечник.

Несмотря на существенные затраты на использование систем вентиляции и кондиционирования воздуха, проблема создания внутреннего микроклимата в зале богослужения православных церквей, храмов и соборов остается неудоб-

влетворенной и актуальной и требует новых подходов с целью улавливания и удаления вредностей при сжигании свечей [2, 5].

Основная часть. Авторами предлагается инновационная система по типу местной вытяжной механической вентиляции для улавливания,

а затем удаления вредных веществ непосредственно в местах их образования при сжигании свечей в зале богослужения православных культовых сооружений. При этом предлагается применять для улавливания и удаления вредных веществ традиционные и разработанные авторами вытяжные зонты (рис. 4). Для эффективной работы системы местной вытяжной вентиляции необходимо предусмотреть ряд технических и конструктивных требований: обеспечение условий безопасности; источник образования вредных веществ должен эффективно укрыт; вытяжной зонт над подсвечником устанавливается на расчетной высоте.; вытяжной зонт не должен мешать движению прихожан; оси направления движения воздуха в зонте

и конвективном потоке должны совпадать; зонты и воздуховоды должны иметь эстетически-привлекательный внешний вид; система местной вытяжной механической вентиляции должна иметь малое гидравлическое сопротивление; форма входного отверстия вытяжного зонта должна совпадать с формой столешницы подсвечника; размер входного отверстия зонта должны быть больше столешницы подсвечника и определяется расчетом. Для технического решения местной механической вытяжной вентиляции предлагаются известные (рис. 3, а, б, в) и предложенные авторами конструкции зонтов (рис. 4, г, д).

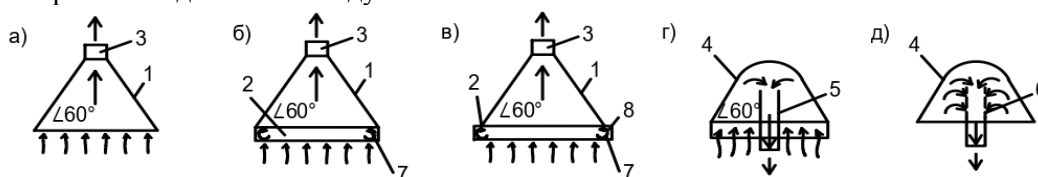


Рис. 4. Типы вытяжных зонтов над столешницей светильников для улавливания и удаления продуктов сгорания свечей: а – простой зонт; б – зонт с навесом; в – зонт с карманом; г – зонт с опрокинутым удалением воздуха; д – эффективный зонт с опрокинутым удалением воздуха; 1 – конусная часть; 2 – юбка; 3 – вытяжной воздуховод; 4 – конусная часть с закруглением вершины зонта; 5 – вытяжная труба; 6 – перфорированная под зонтом вытяжная труба

Анализ работы вытяжного зонта в натуральных условиях показал, что его конфигурация, размеры и высота установки над подсвечником зависят от целого ряда факторов: тепловой мощности конвективного потока при сгорании свечей; объема воздуха в конвективном потоке; скорости движения и температуры воздуха в зоне вытяжных зонтов в конвективном потоке; нали-

чие внешнего движения воздуха в зале богослужения. Определение значений температуры и скорости воздуха в конвективном потоке, необходимых для определения места расположения и расстояния между пламенем от свечи до нижней кромки зонта с целью разработки местной вытяжной механической вентиляции, создана экспериментальная установка, показанная на рис.5.

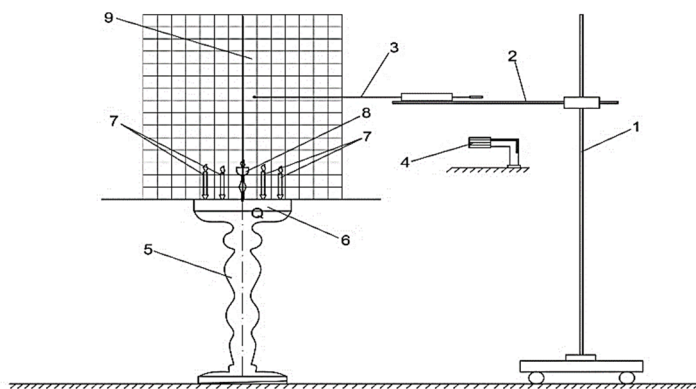


Рис. 5. Схема экспериментальной установки для исследования плоских температурных и скоростных полей конвективного потока при сгорании свечей: 1 – координатник; 2 – держатель координатника; 3 – датчик термоанемометра; 4 – тепловизор; 5 – стойка подсвечника; 6 – столешница подсвечника; 7 – свечи; 8 – лампада; 9 – условная координатная сетка

Экспериментальные измерения параметров конвективного температурного потока t , °С, скорости воздуха V_v , м/с, расход воздуха L м³/ч, образующегося при сгорании свечей, проводились

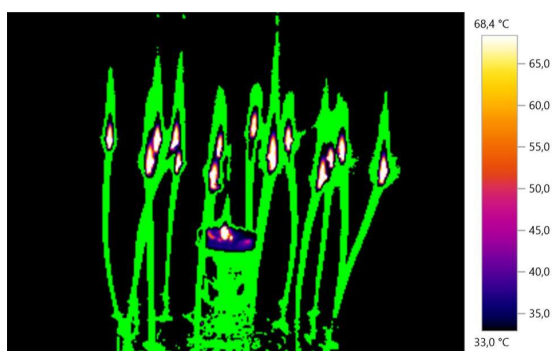
согласно ГОСТ 12.3.018-79 Для измерения температуры и скорости воздуха в конвективном потоке и на периферии применялся термоанемометр типа ТКА-ПКМ(60) прибор комбинированный. Для определения границы конвективного

потока, температуры внутри и на оси потока применялся тепловизор инфракрасный Testo-882-4. Тепловизионный контроль проводился в соответствии с требованиями ГОСТ 26629-85. Метод тепловизионного измерения основан на дистанционном измерении температуры, используемые измерительные приборы прошли государственную поверку. Экспериментальное исследование проводилось в зале богослужения Храма святых первоверховных апостолов Петра и Павла в г. Пензе.

При исследовании конвективного потока скорость и температура воздуха измерялись в поперечном сечении через 10 см и по высоте на расстояниях: 0 см; 10 см; 20 см; 30 см; 40 см; 50 см; 60 см; 70 см; 80 см; 90 см; 100 см; 110 см; 120 см от начала координат, расположенного на уровне столешницы подсвечника.

Оценка погрешности измерений скорости и температуры воздуха в конвективном потоке

а)



производилась с применением известных методов обработки результатов измерений [6–9]. Расчеты погрешности измерения скорости воздуха составили $\pm 12,8\%$, а температура воздуха в конвективном потоке $14,1\%$ при доверительном интервале вероятности 0,95, что является допустимой погрешностью при проведении подобных экспериментов.

В литературе достаточно подробно исследованы конвективные воздушные потоки от равномерно нагретых вертикальных и горизонтальных поверхностей различной формы. При этом воздушный конвективный поток имеет однородную целостную компактную форму и однотипную структуру. В ходе экспериментальных исследования установлено, что конвективный воздушный поток от открытого пламени при сгорании свечей, размещенных на столешнице подсвечника, значительно отличается от традиционных. (рис. 6).

б)



Рис. 6. Тепловизионный снимок воздушного цилиндрического конвективного потока от горящих свечей: а – форма и температура воздуха в конвективном потоке; б – подсвечник с горящими свечами

Анализ данных, приведенных на рис. 6, позволяет сделать вывод, что все свечи, установленные по периметру в несколько рядов на расстоянии друг от друга 3–5 см образует свой индивидуальный конвективный воздушный поток в виде тепловой струи (рис. 6, а). Общий конвективный поток воздуха состоит из множества индивидуальных конвективных струй, которые на всем протяжении не сливаются в единый поток (рис. 6, а). Температура воздуха на внешне стороне конвективного потока цилиндрической формы изменялась от 33 °C в верхней части потока в зоне расширения струи до $68,4\text{ °C}$ в зоне пламени свечей. Значение температуры воздуха необходимо учитывать при выборе расстояния между верхом пламени свечи и нижней кромкой вытяжного зонта. При высокой температуре потока воздуха эффективней происходит улавливание и удаление выделяющихся при горении свечи вредных веществ, в данном случае может составлять 50–60 см.

На оси цилиндрического конвективного потока, где отсутствуют свечи, температура воздуха значительно ниже, чем на периферийной области с горящими свечами и изменяется от $25,3\text{ °C}$ до $33,2\text{ °C}$. Данная особенность объясняется тем, что свечи размещаются на подсвечнике по внешнему периметру в несколько рядов. В центре столешницы подсвечника имеется свободная площадь без свечей, кроме одной лампы с горящим фитилем. Тогда общий конвективный поток имеет цилиндрическую форму без теплового потока внутри и множеством отдельных конвективных струй от каждой свечи по периметру.

На практике применяются подсвечники с размещением свечей по всей площади столешницы подсвечника (рис. 7, б). При таком размещении свечей конвективный поток так же состоит из отдельных конвективных струй от каждой отдельной свечи по всей площади столешницы подсвечника (рис. 7, а).

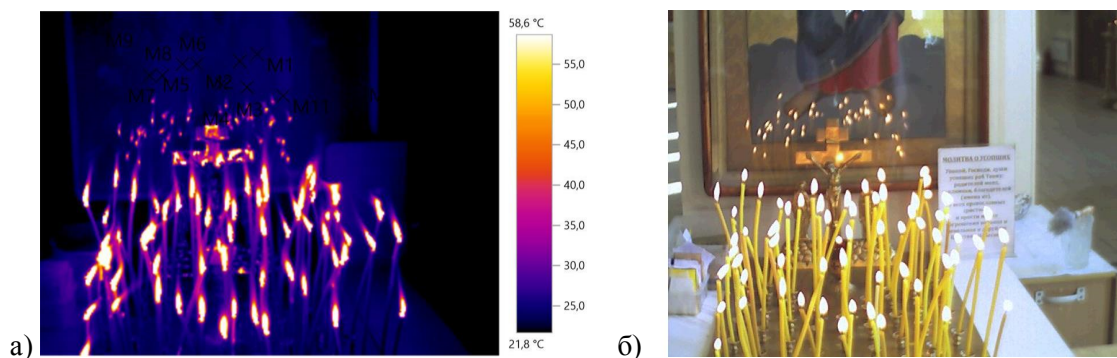


Рис. 7. Тепловизионный снимок сплошного воздушного конвективного потока от горящих свечей: а – форма и температура воздуха в конвективном потоке; б – подсвечник с горящими свечами

Установлено, что температура воздуха на оси конвективного потока изменяется от 58,6 °С в зоне горения свечей до 21,8 °С в верхней части потока в зоне расширения (рис. 7, а). Учитывая значения температуры воздуха в конвективном потоке и удобства при постановке свечей прихожанами, расстояние от верха горения свечи до низа кромки вытяжного зонта рекомендуется применить 50–60 см. Выявленные особенности конвективного потока при сгорании свечей недостаточны для расчета параметров и расхода воздуха в потоке и определения конструктивных и установочных размеров вытяжного зонта в системе местной вытяжной механической вентиляции. Дальнейшие исследования проводились в натуральных условиях в зале богослужения Храма святых первоверховных апостолов Петра и Павла в г. Пензе. На экспериментальном стенде (рис. 5) с помощью термоанемометра измерялись значения температуры воздуха в конвективном потоке над отдельно горящей свечей, расположенной на столешнице подсвечника. Полученные экспериментальные данные приведены в виде графика на рис. 8.

Анализ графика изменения температуры воздуха t °С по вертикале h , см в конвективном потоке позволяет сделать вывод, что по высоте свечи от 0 до 20 см температура изменяется незначительно от 28 до 28,9 °С и практически соответствует температуре окружающей среды. Резкое возрастание температуры воздуха в потоке наблюдается над горящей свечей до 50,1 °С и постепенно уменьшается по высоте на уровне 60 см до 39,2 °С и на высоте 100 см температура воздуха в потоке соответствует температуре окружающей среды в помещении зала.

На высоте до 60 см конвективный поток сохраняет стабильность за счет наличия высокой температуры, это позволяет максимально улавливать вредности с помощью вытяжного зонта, установленного над подсвечником на высоте 60 см от пламени свечи до нижней кромки зонта

и максимально улавливает и удаляет копоть, сажу и другие вредности наружу.

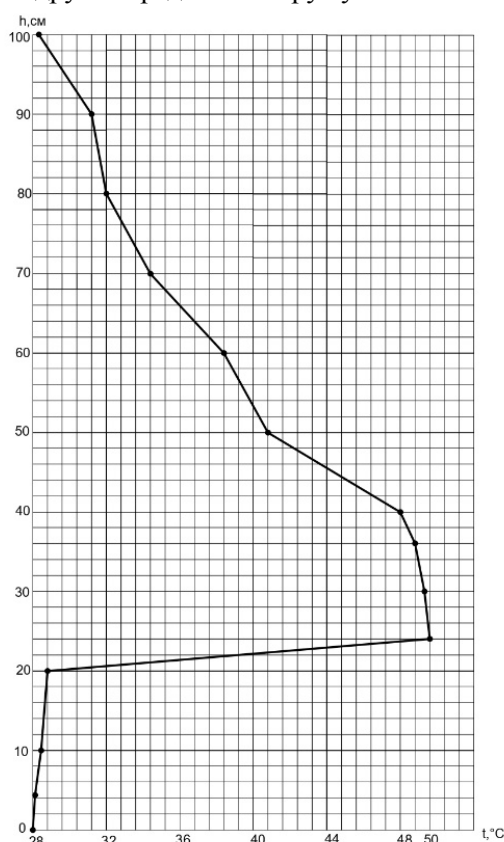


Рис. 8. График изменения температуры воздуха t °С по высоте h , см конвективного потока над отдельно горящей свечей на подсвечнике.

С целью достижения высокой эффективности работы вытяжного зонта и подтверждения высоты установки над подсвечниками, проведены дополнительные исследования изменения скорости конвективного потока V , м/с в зоне измерения температуры воздуха. Полученные результаты исследований скорости воздуха V , м/с производились с помощью термоанемометра и приведены на рис. 9.

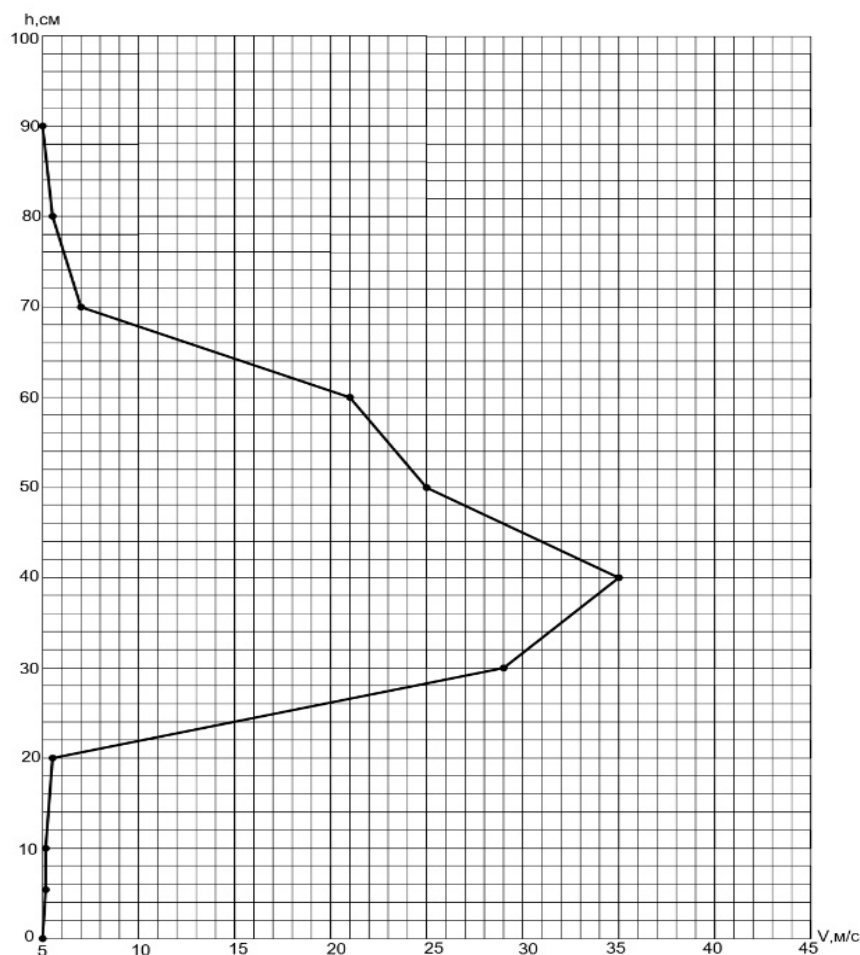


Рис. 9. График изменения скорости воздуха V , м/с по высоте h , см конвективного потока над отдельно горящей свечей на подсвечнике

Из анализа полученных данных следует, что:

- Скорость воздуха возле свечи на высоте от 0 до 20 см изменяется незначительно от 0,6 до 0,7 м/с, что соответствует подвижности воздуха в окружающей среде возле подсвечника. Резкое возрастание скорости наблюдается в струе над пламенем свечи на высоте 30 см и соответствует 28 м/с и достигает максимума в струе 36 м/с на отметке 40 см. Далее, по мере удаления от горячей свечи, скорость воздуха в струе снижается до 23,8 м/с на расстоянии 50 см и 19,4 м/с на высоте 60 см и 6,6 м/с на отметке 70 см.

- На отметке 90 см скорость воздуха в струе соответствует 0,2 м/с, что и в помещении зала. Полученные данные подтверждают установку вытяжного зонта на высоте до 60 см от пламени свечи до нижней кромки вытяжного зонта в зоне стабильного конвективного потока. На основе проведенных исследований авторами предлагается следующая модель структуры конвективного воздушного потока в следствии выделения теплоты от открытого горения свечей на под-

свечнике рис.9. При этом использовались выявленные в статье значения температуры и подвижности воздуха в конвективном потоке, полученные с использованием тепловизора и термоанемометра. При формировании модели использовались теоретические методы автора Шепелева И.А. [4].

- Общий конвективный поток состоит из отдельных индивидуальных конвективных струй воздуха, образующихся от каждой отдельной горячей свечи, которые на участке IV не соединяются между собой, а затухая смешиваются с окружающей средой (рис. 5, 9). Пространство между свечами и нижней кромкой зонта захватывает участки I, II, и III на расстоянии от 50 до 60 см и обеспечивает свободное подтекание прилегающего воздуха. Это способствует с помощью вытяжных зонтов полному удалению продуктов сгорания от свечей: теплоты, влаги, копоти, пара, сажи и углекислого газа. Предлагаемые вытяжные зонты входят в систему местной механической вытяжной вентиляции (рис.11).

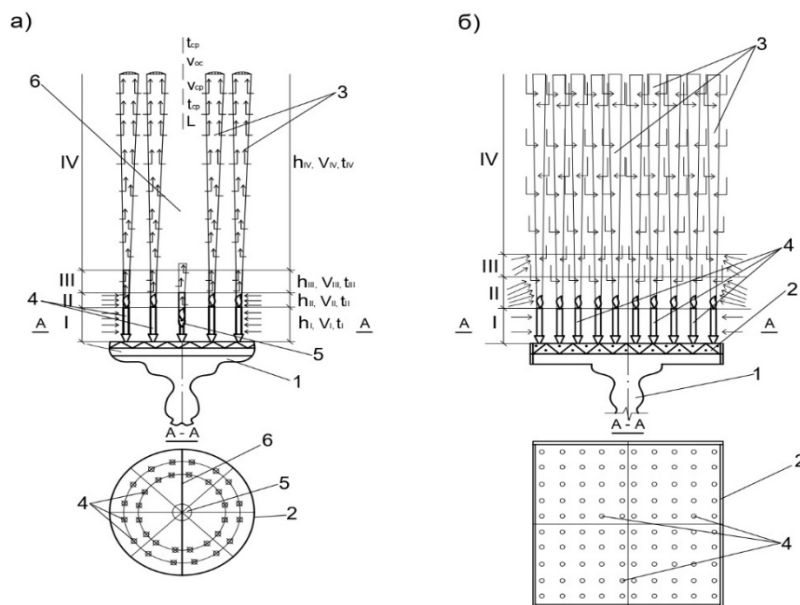


Рис.10. Схема структуры суммарной конвективной струи над пламенем горящих свечей над столешницей под-свечника: а – цилиндрической формы; б – прямоугольной формы. I – пассивный участок подтекания прилегающего воздуха; II - активный участок подтекания прилегающего воздуха; III – участок разгона; IV – участок расширения каждой свечи за счет подтекания прилегающего воздуха; $h_I, h_{II}, h_{III}, h_{IV}$ – высота соответствующей зоны, см; $V_I, V_{II}, V_{III}, V_{IV}$ – скорости воздуха в соответствующем участке, м/с; $t_I, t_{II}, t_{III}, t_{IV}$ – температура воздуха в соответствующем участке, °С; t_{oc}, V_{oc} – соответственно температура и скорость на оси суммарной конвективной струи; t_{cp}, V_{cp} – соответственно средняя температура и скорость на оси суммарной конвективной струи; L – расход воздуха в суммарной конвективной струе м³/ч; 1 – подсвечник; 2 – столешница; 3- конвективный поток от отдельной свечи; 4 – свеча; 5 – лампада; 6 – полая часть цилиндрического конвективного потока

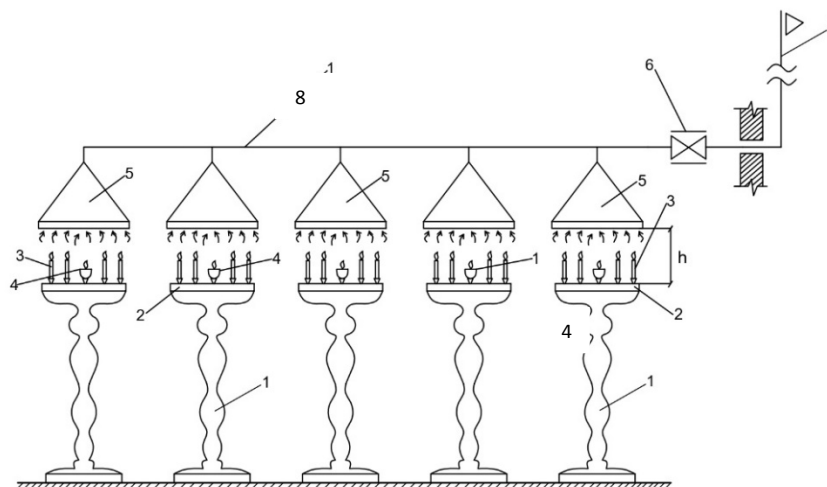


Рис.11. Предлагаемая схема инновационной местной механической вытяжной системы вентиляции: 1 – подсвечник; 2 – столешня; 3 – свеча; 4 – лампада; 5 – вытяжной зонт; 6 – вентилятор; 7 – удаление загрязненного воздуха; 8 – система воздуховодов; h – расстояние от столешни до нижней кромки зонта

В указанной системе вентиляции все подсвечники рекомендуется устанавливать в одну линию вдоль наружной стены зала богослужения или в отдельном помещении на расстоянии удобном и безопасном для прихожан. Выделяющиеся вредности при сгорании свечей и лампады из зонтов поступают в вытяжную систему воздуховода и далее с использованием вентилятора удаляются в атмосферу через воздуховод для удаления загрязненного воздуха.

Выводы. Выполненные в данной статье теоретические и экспериментальные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Особенностью православных церквей, храмов и соборов является наличие в зале богослужения произведений зодчества, художественных росписей, икон, фресок, золочения, иконостасов, имеющих историко-культурную ценность.

2. Проведен анализ выделяющихся вредностей от людей и при сгорании свечей на подсвечниках – теплота, влага, углекислый газ, которые перемещаются в объеме зала богослужения и часть которых оседает на элементах оформления и убранства, причиняя значительный ущерб внешнему виду.

3. В отечественной и зарубежной практике, а также в нормативной документации до сих пор отсутствуют рекомендации по применению местной вытяжной вентиляции для улавливания и удаления вредностей при сгорании свечей на подсвечниках в залах богослужения православных церквей, храмов и соборов.

4. Для решения проблем сохранности историко-культурного наследия впервые разработана применительно к залу богослужения православных церквей, храмов и соборов система местной вытяжной вентиляции для улавливания и удаления вредностей при сгорании свечей в местах их образования. Для этого предлагается использовать конструкции, существующих и разработанных авторами вытяжных зонтов и систему удаления вредностей из зала богослужения в атмосферу.

5. Авторами проведены экспериментальные исследования конвективных потоков за счет теплоты сгорания свечей, в результате которых были установлены границы изменения температуры и скорости воздуха в потоке, выявлена область стабильного состояния потока, что позволило определить высоту установки зонта над столешней подсвечника, равной 60 см.

6. Используя теоретические основы и закономерности процессов конвективных потоков от нагретых поверхностей, впервые разработана модель конвективного потока от открытого пламени группы отдельно горящих свечей, состоящая из четырех участков. Выявлены особенности на участках конвективного потока, необходимые для определения размера и объема вытяжного зонта, место его установки, расстояние от места горения свечей до нижней кромки зонта.

7. Проведенные исследования и полученные результаты позволяют разработать методику создания, применительно к церквям, храмам, соборам, инновационной местной вытяжной системы вентиляции, размеры и место установки вытяжного зонта для улавливания и удаления вредностей, образующихся при сгорании свечей на подсвечниках и обеспечения сохранности исторических и художественных ценностей в зале богослужения, а также создания комфортных условий для прихожан и персонала православных культовых сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дмитриева Л.С., Кузьмина Л.В., Мошкарнев Л.М. Планирование эксперимента в вентиляции и кондиционировании воздуха. Иркутск: Иркутский университет, 1987. 210 с.
2. Кассандрова О.Н., Лебедев В.В. Обработка результатов наблюдений. М.: Наука, 1970. 210 с.
3. Успенская Г.В. Математическая статистика в вентиляционной технике. М.: Стройиздат, 1980. 108 с.
4. Шепелев И.А. Аэродинамика воздушных потоков в помещении. М.: Стройиздат, 1978. 178 с.
5. Кочев А.Г. Микроклимат православных храмов: монография. ННГАСУ. 2004. 449 с.
6. Благовест. Чем дышать храмы? [Электронный ресурс]. URL: <https://blagovest.ru/blog/chem-dyshat-khramy/> (дата обращения 02.12.2020).
7. Еремкин А.И., Пономарева И.К., Багдасарян А.Г. Анализ и способы обеспечения микроклимата в православных соборах и храмах // Образование и наука в современном мире. Инновации. 2020. № 4. С. 151–158.
8. Еремкин А.И., Пономарева И.К., Петрова К.А., Багдасарян А.Г. Пути повышения качества микроклимата в зале богослужения Спасского кафедрального собора г. Пензы // Региональная архитектура и строительство. 2020. № 4. С. 125–136.
9. Еремкин А.И., Пономарева И.К., Багдасарян А.Г. Влияние санитарно-гигиенического состояния микроклимата в залах богослужения православных соборов на физиологическое состояние прихожан // Образование и наука в современном мире. Инновации. 2020. № 6. С. 151–155.
10. Кочев А.Г. Системы кондиционирования микроклимата в православных храмах. М.: АВОК - Пресс, 2009. 230 с.
11. Коновалов, В. Техническая термодинамика. Иваново: Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина. 2005. 620 с.
12. Орлов М.Е. Теоретические основы теплотехники. Тепломассообмен. Ульяновск: УлГТУ. 2013. 204 с.
13. Бухмиров В.В. Нестационарная теплопроводность. Иваново: Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина 2013. 360 с.
14. Мирам А.О. Техническая термодинамика. Тепломассообмен. М.: АСВ. 2011. 352 с.
15. Кудинов А.А. Тепломассообмен: учебник для вузов. М.: ИНФРА-М. 2012. 374 с.

Информация об авторах

Еремкин Александр Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Теплогазоснабжение и вентиляция. E-mail: eremkin@pguas.ru. Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. Россия, 440028, Пенза, ул. Г.Титова, д. 28.

Пономарева Инна Константиновна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры Бухгалтерский учет, налоги и аудит. E-mail: inna.ok007@rambler.ru. Пензенский государственный университет. Россия, 440026, Пенза, ул. Красная, д. 40.

Трофимов Дмитрий Александрович, член московского Союза художников, руководитель творческой мастерской «Царьград». E-mail: td7497048@gmail.com. Творческая мастерская Дмитрия Трофимова «Царьград». Россия, Москва, ул. Вавилова, д. 65А.

Поступила 16.12.2020 г.

© Еремкин А.И., Пономарева И.К., Трофимов Д.А., 2021

¹Eremkin A.I., ^{2,*}Ponomareva I.K., ³Trofimov D.A.

¹Penza State University of Architecture and Construction

²Penza State University

³Creative workshop of Dmitry Trofimov "Tsargrad"

* E-mail: inna.ok007@rambler.ru

IMPROVEMENT OF CLIMATE SUPPLY SYSTEMS OF COMFORT AND PRESERVATION OF HISTORICAL AND CULTURAL HERITAGE IN ORTHODOX CULTURAL FACILITIES

Abstract. *A special feature of Orthodox religious buildings is the presence in the worship hall of works of architecture, artistic murals, icons, frescoes, iconostases of historical and cultural value. The specificity of religious buildings: churches, temples and cathedrals is also year-round services and gatherings of a large number of parishioners and staff, reaching several thousand people. It is known that several dozen candlesticks with burning candles are installed in the halls of worship, and hundreds of kilograms of candles are burned throughout the year. Heat, moisture, and carbon dioxide, which emit harmful substances from people, and when candles are burned - soot, smoke, moisture, heat, carbon dioxide settle on the inner surfaces of the worship hall on the elements of design and decoration. As a result, the expensive decoration of the hall darkens over the years from smoke, moisture and other hazards - heat, moisture, carbon dioxide negatively affect the comfort conditions and well-being of parishioners and staff. To ensure the preservation of historical and cultural values and comfortable conditions, high requirements are imposed on the climatic parameters of the internal Orthodox religious buildings in the worship hall: churches, temples and cathedrals.*

Keywords: *local exhaust ventilation, air conditioning, soot, soot, moisture, heat, carbon dioxide, exhaust hood, air speed, air temperature, candle, convective flow, thermal imager, hot-wire anemometer, design elements, worship hall.*

REFERENCES

1. Dmitrieva L.S., Kuzmina L.V., Moshkarnev L.M. Planning an experiment in ventilation and air conditioning. [Planiruyem eksperiment po ventilyatsii i konditsionirovaniyu]. Irkutsk.: Irkutsk University, 1987. 210 p. (rus)

2. Kassandrova ON, Lebedev VV. Processing of observation results. [Obrabotka rezul'tatov nablyudeniya]. Moscow: Nauka, 1970. 210 p. (rus)

3. Uspenskaya G.V. Mathematical statistics in ventilation technology. [Matematicheskaya statistika v ventilyatsionnoy tekhnike]. M.: Stroyizdat, 1980. 108 p. (rus)

4. Shepelev I.A. Indoor air flow aerodynamics. [Aerodinamika vozdušnogo potoka v pomeshchenii]. M.: Stroyizdat, 1978. 178 p. (rus)

5. Kochev A.G. Microclimate of Orthodox churches. [Mikroklimat pravoslavnykh khramov]. NNGASU. 2004. 449 p. (rus)

6. Annunciation. How can temples breathe? [Kak khramy mogut dyshat']. [Electronic resource]. URL: <https://blagovest.ru/blog/chem-dyshat-khramy>. (date of treatment 12/02/2020). (rus)

7. Eremkin A.I., Ponomareva I.K., Bagdasaryan A.G. Analysis and methods of providing a microclimate in Orthodox cathedrals and temples. [Analiz i metody obespecheniya mikroklimata v pravoslavnykh soborakh i khramakh]. Education and Science in the Modern World. Innovation. 2020. No. 4. Pp. 151–158. (rus)

8. Eremkin A.I., Ponomareva I.K., Petrova K.A., Bagdasaryan A.G. Ways to improve the quality of the microclimate in the worship hall of the Spassky Cathedral in Penza. [Sposoby uluchsheniya

kachestva mikroklimata v molel'nom zale Spasskogo sobora v Penze]. Regional architecture and construction. 2020. No. 4. Pp. 125–136. (rus)

9. Eremkin A.I., Ponomareva I.K., Bagdasaryan A.G. The influence of the sanitary and hygienic state of the microclimate in the halls of worship of Orthodox cathedrals on the physiological state of parishioners. [Vliyaniye sanitarno-gigiyenicheskogo sostoyaniya mikroklimata v molel'nykh zalakh pravoslavnykh soborov na fiziologicheskoye sostoyaniye prikhozhan]. Education and Science in the Modern World. Innovation. 2020. No. 6. Pp. 151–155. (rus)

10. Kochev A.G. Microclimate conditioning systems in Orthodox churches. [Sistemy konditsionirovaniya mikroklimata v pravoslavnykh khramakh]. M.: AVOK – Press. 2009. 230 p. (rus)

11. Konovalov, V.I. Technical thermodynamics [Tekhnicheskaya termodinamika]. Ivanovo: Ivanovo State Power Engineering University named after V.I. Lenin. 2005. 620 p. (rus)

12. Orlov M.E. Theoretical foundations of heat engineering. Heat and mass transfer [Teoreticheskiye osnovy teplotekhniki. Teplomassoobmen]. Ulyanovsk: UIGTU. 2013. 204 p. (rus)

13. Bukhmirov V.V. Non-stationary thermal conductivity [Nestatsionarnaya teploprovodnost]. Ivanovo: Ivanovo State Power Engineering University named after V.I. Lenin. 2013. 360 p.

14. Miram A.O. Technical thermodynamics. Heat and mass transfer [Tekhnicheskaya termodinamika]. M.: ASV. 2011. 352 p. (rus)

15. Kudinov A.A. Heat and mass transfer [Teplomassoobmen]. M.: INFRA-M. 2012. 374 p. (rus)

Information about the authors

Eremkin, Alexander I. Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation. E-mail: eremkin@pguas.ru. Penza State University of Architecture and Construction. Russia, 440028, Penza, st. G. Titova, 28.

Ponomareva, Inna K. Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Accounting, Taxes and Audit. E-mail: inna.ok007@rambler.ru. Penza State University. Russia, 440026, Penza, Krasnaya st., 30.

Trofimov, Dmitry A. member of the Moscow Union of Artists, head of the creative workshop "Tsargrad". E-mail: td7497048@gmail.com. Creative workshop of Dmitry Trofimov "Tsargrad". Russia, Moscow, st. Vavilova, 65A.

Received 16.12.2020

Для цитирования:

Еремкин А.И., Пономарева И.К., Трофимов Д.А. Совершенствование систем климатического обеспечения комфортных условий и сохранности историко-культурного наследия в православных культовых сооружениях // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 4. С. 36–45. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-4-36-45

For citation:

Eremkin A.I., Ponomareva I.K., Trofimov D.A. Improvement of climate supply systems of comfort and preservation of historical and cultural heritage in orthodox cultural facilities. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 4. Pp. 36–45. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-4-36-45