



УДК 697.95:726.5.04

А. И. ЕРЕМКИН¹, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции; **А. Г. АВЕРКИН¹**, д-р техн. наук, проф. кафедры теплогазоснабжения и вентиляции; **И. К. ПОНОМАРЕВА²**, канд. экон. наук, доц. кафедры информационного обеспечения управления и производства; **Н. А. ОРЛОВА¹**, канд. техн. наук, доц., кафедры теплогазоснабжения и вентиляции; **К. А. ПЕТРОВА¹**, аспирант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ ВРЕДНОСТЕЙ ОТ СГОРАНИЯ ЦЕРКОВНЫХ СВЕЧЕЙ В ПРАВОСЛАВНЫХ КУЛЬТОВЫХ СООРУЖЕНИЯХ

¹ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
Россия, 440028, г. Пенза, ул. Г. Титова, д. 28. Тел.: (8412) 92-94-10;
эл. почта: eremkin@pguas.ru

²ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
Россия, 440026, г. Пенза, ул. Красная, д. 40. Тел.: (8412) 66-63-80;
эл. почта: inna.ok007@rambler.ru

Ключевые слова: климатизация, температурные и скоростные поля, конвективный поток, убранство, церковная свеча, копоть и сажа, храм, концентрация вредных веществ, полное, естественное и статическое давление воздуха.

В соответствии с Указом Президента РФ № 745 от 30.12.2021 г. в целях сохранения культурных ценностей, памятников истории и культуры авторами проведены комплексные исследования по разработке технического устройства для улавливания и удаления копоти и сажи от церковных свечей в местах образования.

В результате исследований разработано техническое устройство, состоящее из подсвечника, зонта и вытяжного воздуховода, расположенного внутри зонта и определены конструктивные и установочные размеры данного устройства.

Особенностью православных сооружений является наличие в зале богослужения произведений архитектуры, золочения, художественных росписей, икон, фресок, убранства, иконостаса и киота, имеющих культурную, историческую и художественную ценность. В период богослужения в залах православных храмов подсвечники с горящими свечами выделяют при сгорании копоть и сажу, которые оседают на поверхностях убранства, что сказывается на их внешнем виде и сохранности.

В серию комплексных исследований конвективного потока входит определение закономерностей температурных и скоростных полей в поперечном сечении потока, образованного теплотой от горящих церковных свечей и измерения полного давления $p_{пз}$, Па, и температуры t_3 , °С, воздуха по высоте внутри вытяжного зонта. В данном техническом устройстве удаление копоти и сажи предусматривается через торцевое отверстие воздуховода, установленного внутри зонта.

Также в комплекс исследований входит определение оптимальной глубины заложения вытяжного воздуховода внутри зонта $h_{\text{вз}}$, мм и объемной концентрации копоти и сажи q , мг/м³ в удаляемом зонтом воздухе.

Общий вид исследовательской установки представлен на рис. 1.

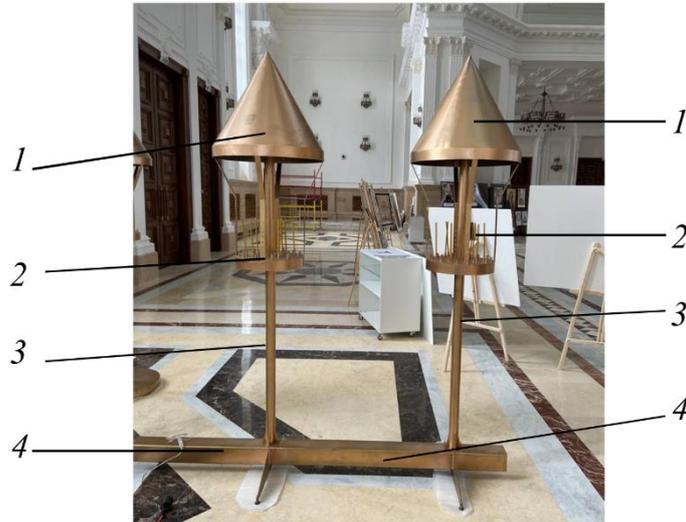


Рис. 1. Общий вид исследовательской установки устройства системы местной вытяжной механической вентиляции с расположением воздуховода внутри зонта и вытяжной магистрали ниже подсвечника: 1 – вытяжной зонт; 2 – подсвечник; 3 – вертикальный воздуховод внутри зонта; 4 – вытяжная магистраль

При дальнейших исследованиях воспользуемся полученными ранее результатами, изложенными в работах [1–5]. Для проведения комплекса исследований разработан оригинальный лабораторный стенд, позволяющий подтвердить эффективное применение предлагаемого технического устройства с вытяжным зонтом и с воздуховодом внутри, представленный на рис. 2. Разработанный экспериментальный стенд позволяет исследовать следующие параметры: закономерности скоростных полей воздуха; скорости на оси конвективного потока $v_{\text{ос}}$, м/с; средних скоростей в сечении всасывающего отверстия зонта $v_{\text{ср}}$, м/с и в свободном пространстве зонта $v_{\text{сп}}$, м/с; температурных полей $t_{\text{ос}}$, °С, $t_{\text{ср}}$, °С, $t_{\text{сп}}$, °С в данном сечении, а также полное, статическое и естественное давление воздуха внутри вытяжного зонта, соответственно $p_{\text{пз}}$, Па, $p_{\text{ез}}$, Па, $p_{\text{стз}}$, Па.

Экспериментальные исследования проводились с шагом по высоте свободного пространства зонта $h_{\text{сп}}$, м через каждые 0,1 м при расходе воздуха $L_{\text{вз}}$, м³/ч, от 100 до 500 м³/ч в зависимости от количества размещенных горящих свечей на столешне подсвечника $n = 25 \%$, 50% , 100% при 50 установочных местах подсвечника для размещения свечей.

Впервые ставилась задача по определению оптимального расстояния от торца верха вытяжного воздуховода внутри зонта $h_{\text{вз}}$, м, до вершины зонта на основе исследований полного $p_{\text{пз}}$, Па, статического $p_{\text{стз}}$, Па, естественного давлений $p_{\text{ез}}$, Па, скорости $v_{\text{вс}}$, м/с и температуры воздуха $t_{\text{вз}}$, °С по высоте внутри зонта. Измерения проводились в замерных точках по высоте h_3 , м, через каждые

50 мм и расхода воздуха $L_{вз}$, м³/ч, от 100 до 500 м³/ч при количестве горящих свечей на подсвечнике 25 %, 50 %, 100 % (рис. 2).

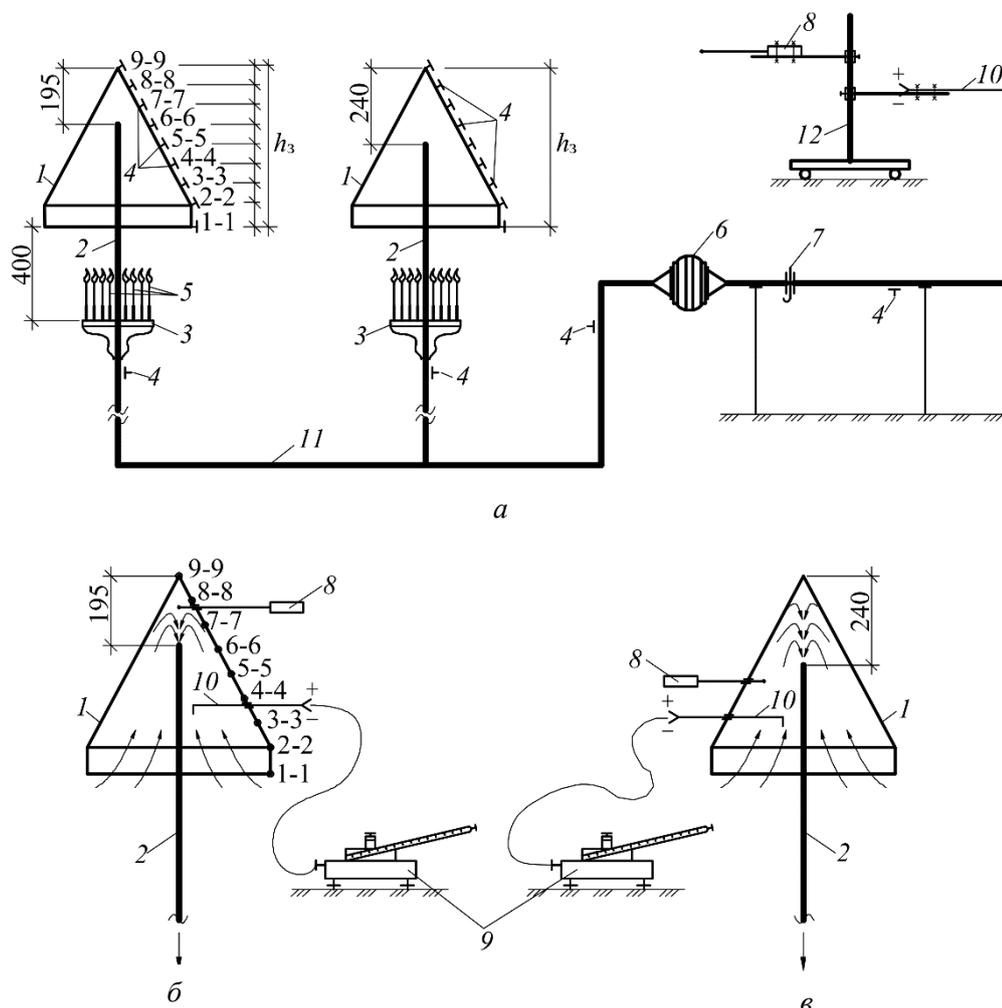


Рис. 2. Экспериментальный стенд системы местной вытяжной вентиляции с удалением загрязненного воздуха через воздуховод внутри зонта: *а* – схема экспериментального стенда; *б, в* – устройство в виде зонта для улавливания и удаления загрязнений: 1 – зонт; 2 – вытяжной воздуховод (труба) внутри зонта; 3 – столешница; 4 – отверстие для замеров; 5 – свеча; 6 – каналный вентилятор; 7 – шибер; 8 – крепление термоанемометра на штанге координатника; 9 – микроанометр; 10 – трубка «Пито»; 11 – вытяжной магистральный воздуховод; 12 – стойка координатника; 1-1...9-9 – номер точки замера; h_3 – высота зонта; $h_{воз}$ – расстояние от воздуховода до вершины зонта

Проведение замеров вышеуказанных параметров воздуха осуществлялось с использованием тарированных приборов с требуемым классом точности: аспирационный психрометр Ассмана, термоанемометр типа *Testo 440*, термоанемометр типа *Testo 405*, микроанометр ММН 2400, пробоотборник типа Воздух ТУ 92-02.01.018, электронные весы типа САРТОГОСМ СЕ 124-С, координатные и др.

Применительно к данным исследованиям в качестве определяющего размера принято расстояние от верхней кромки воздуховода, размещенного внутри зонта



до вершины зонта $h_{\text{воз}}$, м, в пределах 0,195 м и 0,24 м. Данные исследования вначале проводились на экспериментальном стенде без размещения на подсвечнике горящих свечей и далее с горящими свечами. В дальнейшем экспериментальные исследования с воздухопроводом, размещенным внутри вытяжного зонта, осуществлялись с использованием уточненной методики, изложенной в работах [1–4].

В процессе эксперимента давление воздуха внутри зонта формировалось за счет восходящего конвективного потока от теплоты горящих свечей и разряжения, создаваемого механической вытяжной вентиляцией с воздухопроводом внутри зонта [2, 3]. Полученные результаты исследований приводятся в статье в виде графиков профиля скоростей и температуры в поперечном сечении конвективного потока в свободном пространстве вытяжного зонта при $h_{\text{воз}} = 195$ мм и $h_{\text{воз}} = 240$ мм и значений объемной концентрации копоти и сажи, улавливаемой и удаляемой вытяжным зонтом q_3 , мг/м³ на выходе из местной вытяжной вентиляции $p_{\text{в}}$, Па, при разных расходах удаляемого воздуха L_3 , м³/ч, количества горящих церковных свечей на подсвечнике n , шт. В данной статье приводится анализ результатов экспериментальных исследований в виде графика, представленного на рис. 3, температурных и скоростных полей только при $h_{\text{воз}} = 195$ мм и $n = 50$ шт. (100 %). Полученные результаты при других значениях $n = 13$ шт. (25 %) и $n = 25$ шт. (50 %) и $h_{\text{воз}} = 240$ мм представлены описательно в тексте настоящей статьи.

Профили скоростных и температурных полей, представленных авторами на рис. 3, позволяют сделать вывод, что при применении предлагаемого технического устройства с размещением вытяжного воздухопровода внутри зонта при $h_{\text{воз}} = 0,195$ м и $h_{\text{воз}} = 0,240$ м конвективный воздушный поток имеет классическую форму и состоит из трех участков, отличающихся профилем и значениями скоростей и температур воздуха на участках в свободном пространстве вытяжного зонта $h_{\text{сп}}$, мм. Вытяжной зонт установлен на участке максимальных скоростей $v_{\text{ос}}$, м/с на участке «шейки» потока в зависимости от количества горящих свечей и изменяется от 0,67 до 1,83 м/с. При этом средняя скорость в зоне всасывания зонта $v_{\text{ср}}$, м/с составляет при $n = 100$ % 1,3 м/с. Полученные данные подтверждают достаточность $v_{\text{ос}} = 1,83$ м/с и $v_{\text{ср}} = 1,3$ м/с для эффективной работы вытяжного зонта, улавливания и удаления копоти и сажи в местах образования. При этом давление внутри зонта одновременно создавалось за счет работы вытяжного вентилятора (разряжение) и естественного давления (подпора) теплового потока от горящих свечей только при $n = 100$ %, при других значениях n , шт., исследования не проводились.

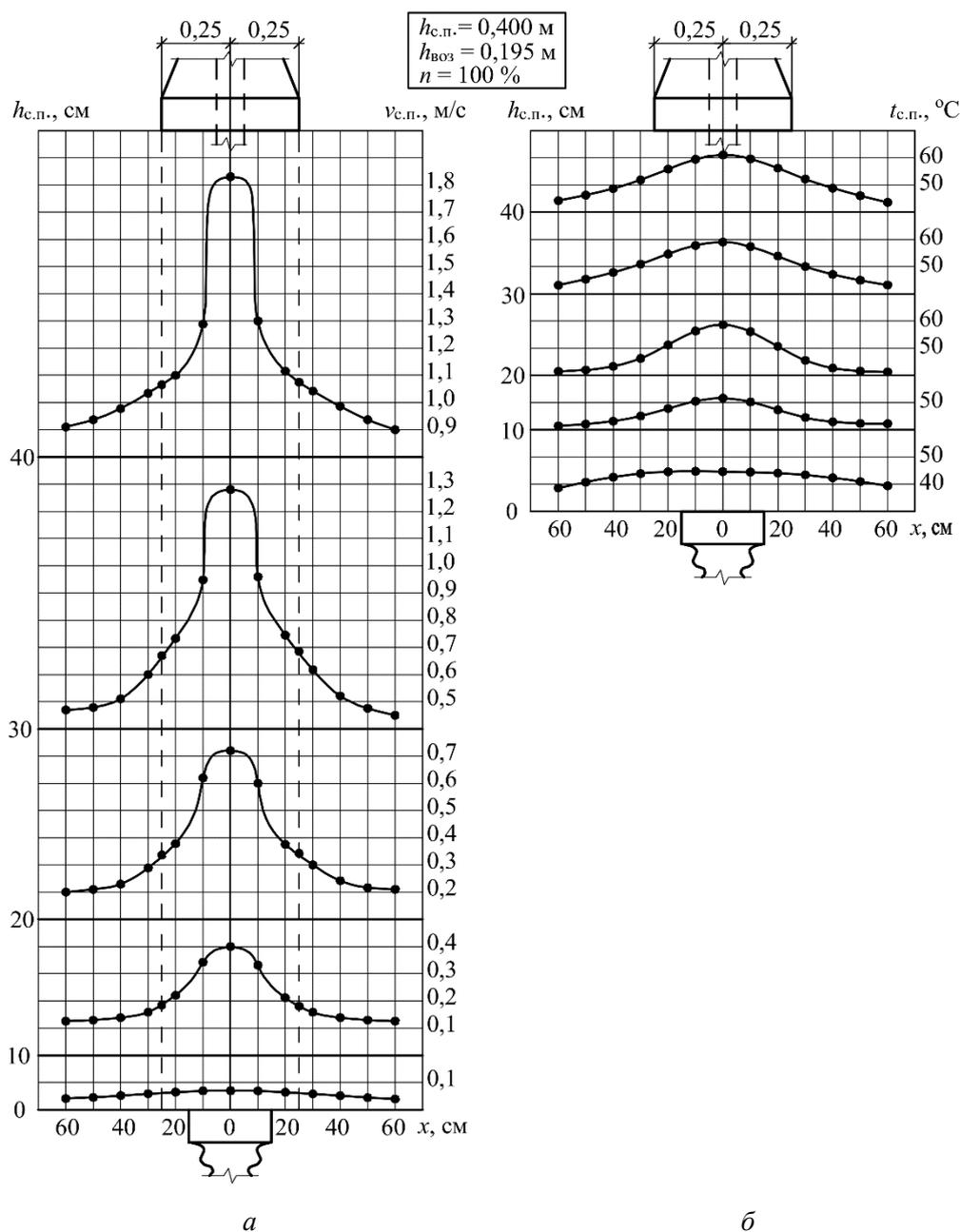


Рис. 3. Профили скоростей (*a*) и температур (*б*) воздуха в поперечном сечении всасывающего потока в зоне свободного пространства $h_{cп} = 400$ мм и расстоянии от верха воздуховода внутри зонта до вершины зонта $h_{воз} = 195$ мм при количестве горящих свечей на столешне подсветника $n = 100 \%$ (50 шт.)

Авторами осуществлялась сравнительная оценка v_{oc} , м/с, при создании давления внутри зонта только за счет горящих свечей $p_{ез}$, Па и неработающем вытяжном вентиляторе. В данном случае величина $v_{oc} = 0,32$ м/с является недостаточной для эффективного улавливания и удаления вредностей при сгорании свечей. Далее исследовалось полное давление $p_{пз}$, Па, внутри вытяжного зонта при $h_{воз} = 0,195$ м и работе вентилятора без горящих свечей.

Результаты экспериментов позволяют сделать вывод, что величина $p_{пз} = -324,9$ Па при работе только вытяжного вентилятора ниже чем при

одновременном действии вытяжного вентилятора и теплового потока (подпора) от горящих свечей $p_{пз} = -301,4$ Па.

В результате экспериментальных исследований установлено, что при одновременном действии двух видов давления с разными знаками образуется внутри зонта $p_{пз} = -301,4$ Па.

Из анализа давлений внутри зонта установлено, что избыточное статическое давление $p_{стз}$, Па, больше избыточного полного $p_{пз}$, Па.

Графики изменения давлений $p_{пз}$, Па, $p_{стз}$, Па и $p_{ез}$, Па, внутри по высоте вытяжного зонта $h_з$, м, представлены на рис. 4.

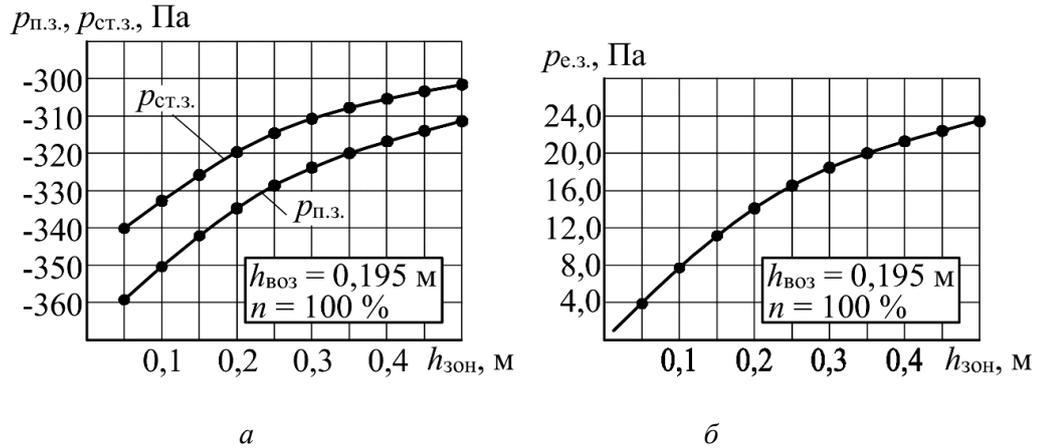


Рис. 4. Графики изменения значений давлений воздуха внутри вытяжного зонта при $h_{воз} = 0,195$ м, $n = 100\%$ и $h_з = 0,5$ м: $p_{пз}$ – полное давление, Па; $p_{стз}$ – статическое давление, Па; $p_{ез}$ – естественное давление, Па

Анализ приведенных на рис. 4 графиков позволяет сделать вывод, что давления $p_{пз}$, $p_{стз}$, и $p_{ез}$ по высоте зонта $h_з = 0,5$ м и $h_{воз} = 0,195$ м увеличиваются и обеспечивают эффективное улавливание и удаление копоти и сажи от горящих свечей в местах образования над подсвечником.

С целью обоснования расстояния от верха воздуховода внутри вытяжного зонта $h_{воз}$, м (рис. 2) до вершины зонта проведено дополнительное аналогичное сравнительное исследование при $h_{воз} = 0,25$ м с целью анализа осевой и средней скоростей $v_{ос}$, м/с, способствующих эффективной работе вытяжного зонта. Профили скоростных и температурных полей в поперечном сечении потока в зоне свободного пространства вытяжного зонта над подсвечником $h_{сп} = 0,4$ м и $h_{воз} = 0,25$ м с горящими свечами при $n = 25\%$, 50% , 100% приведены авторами на рис. 5.

Проведенный комплекс исследований позволил определить оптимальную глубину заложения вытяжного воздуховода $h_{воз}$, м, внутри зонта.

Сравнительная оценка $v_{ос}$, м/с, при $h_{воз} = 0,195$ м; $v_{ос} = 1,83$ м/с, а при $h_{воз} = 0,25$ м $v_{ос} = 1,63$ м/с позволяет сделать вывод, что величина осевой скорости в зоне всасывания зонта при $h_{воз} = 0,195$ м несколько больше по сравнению с данной скоростью при $h_{воз} = 0,25$ м при равных начальных условиях и для случая максимального количества горящих свечей на подсвечнике $n = 100\%$ (50 шт.). Аналогичный вывод можно сделать и для вариантов с $n = 25\%$ (13 шт.) и $n = 50\%$ (25 шт.). Установлено, что давления $p_{пз}$, $p_{стз}$, и $p_{ез}$ при расстоянии $h_{воз} = 0,195$ м

больше, чем для варианта $h_{\text{воз}} = 0,25$ м, следовательно, целесообразно размещать вытяжной воздуховод внутри зонта на расстоянии $h_{\text{воз}} = 0,195$ м.

С целью определения оптимального значения $h_{\text{воз}}$ проведены дополнительные исследования изменения температуры теплового воздушного потока внутри вытяжного зонта. Выявлено, что интенсивность теплового потока зависит от количества горящих свечей на подсвечнике n , шт., что, в свою очередь, влияет на температуру воздуха в объеме зонта t_3 ,

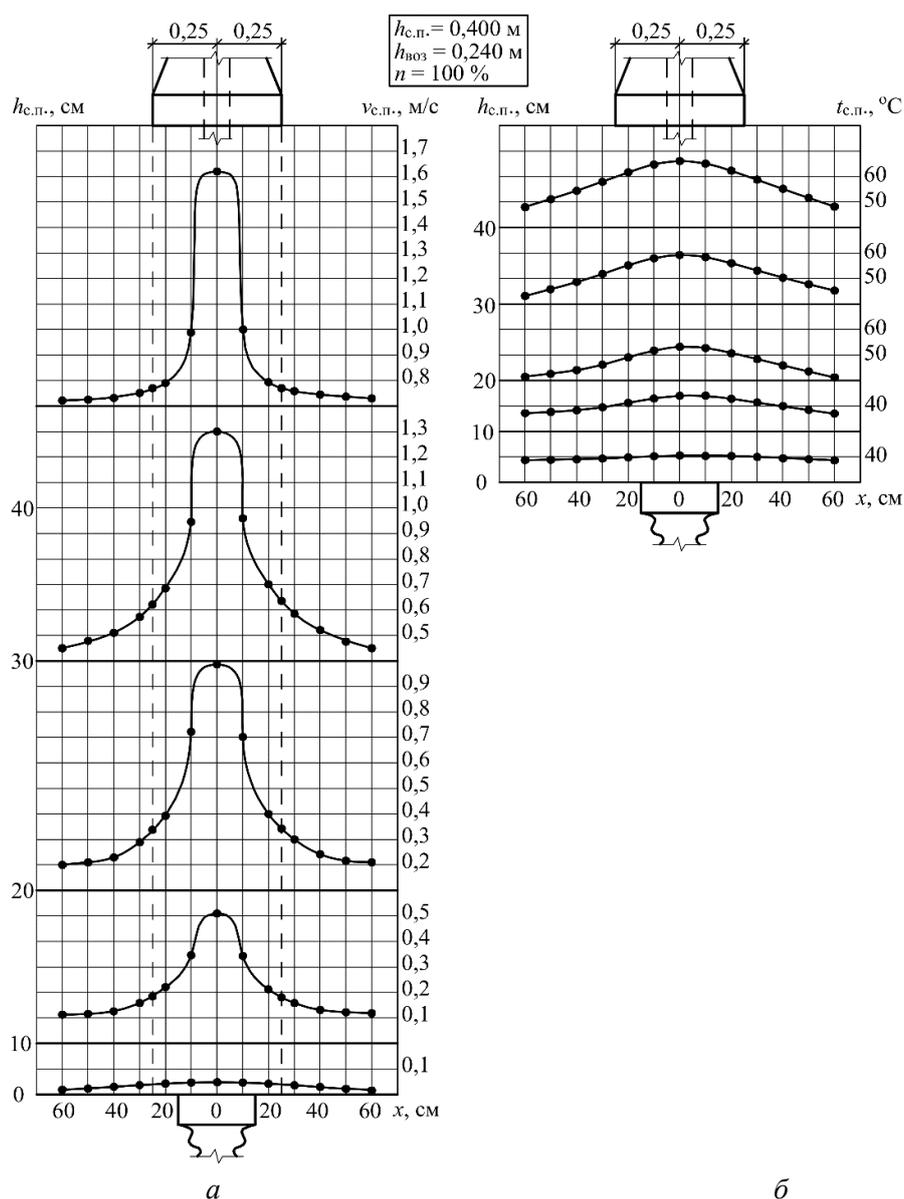


Рис. 5. Профили скоростей (а) и температур (б) воздуха в поперечном сечении всасывающего потока в зоне свободного пространства $h_{\text{сп}} = 400$ мм и расстоянии от верха воздуховода внутри зонта до вершины зонта $h_{\text{воз}} = 240$ мм при количестве горящих свечей на столешне подсвечника $n = 100\%$ (50 шт.)

С целью определения оптимального значения $h_{\text{воз}}$ проведены дополнительные исследования изменения температуры теплового воздушного

потока внутри вытяжного зонта. Выявлено, что интенсивность теплового потока зависит от количества горящих свечей на подсвечнике n , шт., что, в свою очередь, влияет на температуру воздуха в объеме зонта t_3 , °С, и, как следствие, на величину естественного давления внутри $p_{\text{ез}}$, Па при разных значениях $h_{\text{воз}}$, м. Результаты экспериментальных исследований изменения t_3 по высоте зонта h_3 и количества горящих свечей n представлены в виде графиков на рис. 6.

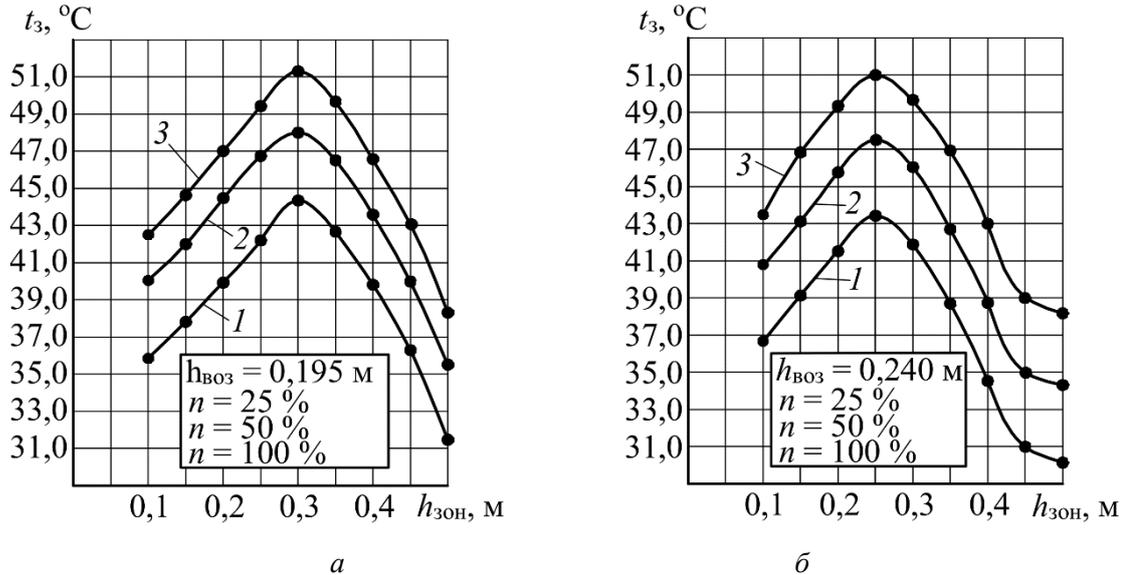


Рис. 6. Графики изменения температуры воздуха по высоте внутри зонта: 1 – при $n = 25\%$ (13 шт.), 2 – при $n = 50\%$ (25 шт.), 3 – при $n = 100\%$ (50 шт.); а – при $h_{\text{воз}} = 195 \text{ мм}$, б – при $h_{\text{воз}} = 250 \text{ мм}$

Анализ графиков позволяет сделать вывод, что с увеличением количества горящих свечей при $h_{\text{воз}} = 0,195 \text{ м}$ температура воздуха по высоте внутри зонта возрастает и изменяется от $44,5 \text{ °С}$ до $51,3 \text{ °С}$, а при $h_{\text{воз}} = 0,24 \text{ м}$ от $43,4 \text{ °С}$ до $51,0 \text{ °С}$. Сравнительная оценка температуры теплового воздушного потока внутри зонта позволяет сделать вывод, что более благоприятным решением является $h_{\text{воз}} = 0,195 \text{ м}$.

Для оценки эффективности применения предложенного авторами технического устройства с вытяжным воздуховодом внутри зонта проведены также экспериментальные и теоретические исследования по определению объемной концентрации копоти и сажи во всасывающем отверстии зонта q_3 , мг/м^3 и на выходе из системы местной механической вытяжной вентиляции $q_в$, мг/м^3 только для условия $h_{\text{воз}} = 0,195 \text{ м}$ и $n = 100\%$ (50 свечей), что достаточно для сравнительного анализа.

Далее приводится уточненная методика расчета объемной концентрации копоти и сажи q мг/м^3 , образующихся при сгорании церковных свечей в зале богослужения.

Количество сажи и копоти, выделяющихся в зал богослужения при сжигании свечей $G_{\text{кс}}$, определяется по формуле (1):

$$G_{\text{кс}} = \frac{c_{\text{уд}} \cdot \sum m_c}{\tau}, \quad (1)$$



где τ – время горения свечей, мин; $\sum m_c$ – масса сгоревших свечей, г.

Удельный расход массы сажи и копоти при сгорании одной свечи $c_{уд}$, мг/г, определяется по формуле (2):

$$c_{уд} = \frac{m_{сф} + m_{св}}{m_c}, \quad (2)$$

где $m_{сф}$, $m_{св}$ – масса сажи и копоти, отфильтрованные на поверхности фильтра и осажденные на поверхности воронки, мг, соответственно.

Определение объемной концентрации копоти и сажи q , мг/м³ осуществлялось по формуле (3):

$$q = \frac{c_{уд} \cdot \sum m_c}{V}, \quad (3)$$

где V – внутренний объем зала богослужения, м³.

Схема экспериментального стенда и оборудование для измерения объемной концентрации копоти и сажи при сжигании церковных свечей в храмах и соборах применительно к техническому устройству приведено авторами на рис. 2. Для предложенного технического устройства измерение объемной концентрации копоти и сажи ($q_з$ и $q_в$, мг/м³) осуществлялось с применением данной методики расчета вредностей. При высоте установки зонта $h_{сп} = 0,4$ м, $h_{воз} = 0,195$ м, производительности зонта $L_з$ от 270 м³/ч до 400 м³/ч и количестве сжигаемых свечей на подсвечнике $n = 100$ % (50 свечей) объемная концентрация копоти и сажи в свободном пространстве зонта $q_{сп}$ и внутри зонта составляет $q_з = 59,4$ мг/м³, а на выходе из системы местной вытяжной механической вентиляции $q_в = 53,5$ мг/м³. Неполное удаление и снижение объемной концентрации с 59,4 мг/м³ до 53,5 мг/м³ на выходе связано только с налипанием копоти и сажи на внутренние поверхности зонта и вытяжные воздуховоды, а также за счет диффузии вредностей и ассимиляции концентрации удаляемого воздуха.

Коэффициент эффективности $\mathcal{E}_з$, % разработанного технического устройства с вытяжным воздуховодом внутри зонта определяется по формуле (4) и составляет около 90 %:

$$\mathcal{E}_з = \frac{q_в}{q_з} \cdot 100. \quad (4)$$

Полученные результаты подтверждают эффективность работы технического устройства с вытяжным воздуховодом внутри зонта при $h_{воз} = 0,195$ м и применение данного устройства для улавливания и удаления копоти и сажи в местах их образования.

В качестве выводов по проведенным исследованиям авторы отмечают, что ими впервые разработано и запатентовано техническое устройство для улавливания и удаления копоти и сажи от горящих церковных свечей в местах их образования на основе исследований закономерностей температурных и скоростных полей в поперечном сечении теплового потока, образованного теплотой горящих свечей на подсвечнике и приведенных исследований изменения полного статического и естественного давления, температуры и скорости воздуха внутри по высоте вытяжного зонта. Проведена оценка эффективности технического устройства на основе определения объемной концентрации копоти и сажи на входе зонта и выходе из местной вытяжной вентиляции. Комплекс



проведенных технических и экспериментальных исследований позволяет решить проблемы сохранности исторических и культурных ценностей в православных церквях, храмах и соборах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Марков, Н. А. Оценка эффективности разработанного фильтро-вытяжного зонта для улавливания загрязненных конвективных потоков / Н. А. Марков, С. В. Угорова. – Текст : непосредственный // Современные наукоемкие технологии. – 2022. – № 10. – С. 20–24.

2. Результаты экспериментальных исследований профилей температурных и скоростных полей в свободном пространстве вытяжного зонта / А. И. Еремкин, А. Г. Аверкин, И. К. Пономарева, Н. А. Орлова. – Текст : непосредственный // Региональная архитектура и строительство. – 2023. – № 2 (55). – С. 117–127.

3. Методика и программа экспериментальных исследований температурных и скоростных полей в зоне всасывающего отверстия вытяжного зонта / А. И. Еремкин, А. Г. Аверкин, И. К. Пономарева, А. А. Мишин, А. В. Мочалов. – Текст : непосредственный // Региональная архитектура и строительство. – 2022. – № 4 (53). – С. 132–139.

4. Методологические основы исследования параметров потока воздуха в зоне всасывания вытяжного зонта / А. И. Еремкин, А. Г. Аверкин, И. К. Пономарева, К. А. Петрова. – Текст : непосредственный // Региональная архитектура и строительство. – 2023. – № 3 (56). – С. 167–179.

5. Комплексное решение локализации загрязнений в процессе сгорания церковных свечей в православных сооружениях / А. И. Еремкин, А. Г. Аверкин, И. К. Пономарева [и др.]. – Текст : непосредственный // Региональная архитектура и строительство. – 2022. – № 2. – С. 104–116.

EREMKIN Aleksander Ivanovich¹, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of heat and gas supply and ventilation; AVERKIN Aleksander Grigorievich¹, doctor of technical sciences, professor of the chair of heat and gas supply and ventilation; PONOMAREVA Inna Konstantinovna², candidate of economic sciences, associate professor of the chair of information support for management and production, ORLOVA Natalia Aleksandrovna¹, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of heat and gas supply and ventilation, PETROVA Ksenia Aleksandrovna¹, postgraduate student of the chair of heat and gas supply and ventilation

THE RESEARCH AND DEVELOPMENT OF THE EFFECTIVE TECHNICAL DEVICE FOR LOCALIZING HARMFUL EMISSIONS FROM BURNING CHURCH CANDLES IN ORTHODOX RELIGIOUS BUILDINGS

¹ Penza State University of Architecture and Construction
28, G.Titova St., Penza, 440028, Russia. Tel.: +7 (8412) 92-94-10; e-mail: eremkin@pguas.ru

²Penza State University
40, Krasnaya St., Penza, 440026, Russia. Tel.: +7 (8412) 66-63-80;
e-mail: inna.ok007@rambler.ru

Key words: climate control, temperature and velocity fields, convective flow, decoration, church candle, soot and carbon black, temple, concentration of harmful substances, total, natural and static air pressure.



In accordance with the Decree of the President of the Russian Federation № 745 of 30.12.2021 on preservation of cultural values, historical and cultural monuments, the authors have carried out extensive research on the development of a technical device to capture and remove soot and carbon black from church candles at the sites of formation.

As a result of the researches, the technical device consisting of a candle holder, a ventilation hood and an exhaust duct located inside the hood was developed and the construction and installation dimensions of this device were determined.

REFERENCES

1. Markov N. A., Ugorova S. V. Ocenka effektivnosti razrabotannogo filtro-vytyazhnogo zonta dlya ulavlivaniya zagryaznennykh konvektivnykh potokov [Evaluation of the efficiency of the developed filter-exhaust hood for capturing polluted convective flows]. *Sovremennyye naukoemkie tekhnologii* [Modern science-intensive technologies]. 2022, № 10. P. 20–24.

2. Eremkin A. I., Averkin A. G., Ponomareva I. K., Orlova N. A. Rezultaty eksperimentalnykh issledovaniy profilya tempe-raturnykh i skorostnykh poley v svobodnom prostranstve vytyazhnogo zonta [The results of experimental studies of temperature and velocity field profiles in the free space of the ventilation hood]. *Regionalnaya arhitektura i stroitelstvo* [Regional architecture and construction]. 2023, № 2 (55). P. 117–127.

3. Eremkin A. I., Averkin A. G., Ponomareva I. K., Mishin A. A., Mochalov A. V. Metodika i programma eksperimentalnykh issledovaniy temperaturnykh i skorostnykh poley v zone vsasyvayushchego otverstiya vytyazhnogo zonta [Methodology and program of experimental studies of temperature and velocity fields in the suction zone of an ventilation hood]. *Regionalnaya arhitektura i stroitelstvo* [Regional architecture and construction]. 2022, № 4 (53). P. 132–139.

4. Eremkin A. I., Averkin A. G., Ponomareva I. K., Petrova K. A. Metodologicheskie osnovy issledovaniya parametrov potoka vozduha v zone vsasyvaniya vytyazhnogo zonta [Methodological foundations for studying air flow parameters in the suction zone of an ventilation hood]. *Regionalnaya arhitektura i stroitelstvo* [Regional architecture and construction]. 2023, № 3 (56). P. 167–179.

5. Eremkin A. I., Averkin A. G., Ponomareva I. K., Orlova N. A., Mishin A. A. Kompleksnoe reshenie lokalizatsii zagryazneniy v processe sgo-raniya cerkovnykh svechey v pravoslavnykh sooruzheniyakh [Integrated solution for localizing pollution during combustion of church candles in Orthodox buildings]. *Regionalnaya arhitektura i stroitelstvo* [Regional architecture and construction]. 2022, № 2. P. 104–116.

© А. И. Еремкин, А. Г. Аверкин, И. К. Пономарева, Н. А. Орлова, К. А. Петрова, 2024

Получено: 06.10.2024 г.