

УДК 726.5:536.24

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ И АЭРОДИНАМИКИ УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

Кочев А.Г., Соколов М.М., Кочева М.А., Кочева Е.А., Москаева А.С, Смирнова Е.В.

*ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»,
Нижний Новгород, e-mail: forum.rae@mail.ru*

В статье представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований естественной вентиляции и внешней аэродинамики уникальных зданий православных храмов. При проектировании систем естественной вентиляции были учтены такие факторы, как архитектурные и конструктивные особенности православных храмов, мощность систем отопления, тепловыделения от прихожан, свечей и лампад. Существенная экономия электрической энергии, затраты на монтаж и обслуживание, и снижения уровня шума (по сравнению с механическими системами) достигаются за счет применения систем естественной вентиляции в православных храмах. Значения аэродинамических коэффициентов, полученные в результате испытаний для всех возможных вариантов расположения приточных и вытяжных фрамуг, при различных направлениях ветра позволяют определить наиболее эффективное соотношение между площадями приточных и вытяжных фрамуг и количеством оконных проемов, задействованных в системе естественной вентиляции.

Ключевые слова: православные храмы, естественная вентиляция, внешняя аэродинамика, микроклимат, аэродинамические коэффициенты, уникальные сооружения

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE NATURAL VENTILATION AND EXTERNAL AERODYNAMICS OF THE UNIQUE BUILDINGS

Kochev A.G., Sokolov M.M., Kocheva M.A., Kocheva E.A., Moskaeva A.S., Smirnova E.V.

*Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, Nizhny Novgorod,
e-mail: forum.rae@mail.ru*

The given article presents the results of the theoretical and experimental studies of the natural ventilation and external aerodynamics of the unique buildings of the Orthodox churches. In the design of natural ventilation systems were taken into account such factors as the architectural and design features of the Orthodox churches, the power heating systems, heat from the parishioners, candles and oil lamps. Substantial savings of electricity, the cost of installation and maintenance, and noise reduction (compared to mechanical systems) are achieved through the use of natural ventilation systems in the Orthodox churches. The values of aerodynamic coefficients obtained as a result of the test for all possible options for the location of supply and exhaust transoms, under different wind directions make it possible to determine the most effective ratio between the areas of supply and exhaust transom window openings and the number involved in the natural ventilation system.

Keywords: Orthodox churches, natural ventilation, external aerodynamics, internal environment, aerodynamic coefficients, unique structures

Применение систем естественной вентиляции в православных храмах позволяет добиться существенной экономии электрической энергии, затрат на монтаж и обслуживание, и снижения уровня шума по сравнению с механическими системами.

Однако при проектировании систем естественной вентиляции в православных храмах следует особое внимание уделять целому ряду факторов.

В первую очередь это конструктивные и архитектурные особенности рассматриваемых культовых сооружений. В зависимости от архитектурных особенностей православных храмов будет меняться значения полей аэродинамических коэффициентов, которые влияют на величину площадей приточных и вытяжных фрамуг. [1,2,3]

В то же время, на количество подаваемого и удаляемого воздуха будет оказывать влияние мощность системы отопления, тепловыделения от прихожан, от свечей, от лампад. [1,4,5]

Метод исследования и результаты

Для учета архитектурных и конструктивных особенностей православных храмов необходимо проводить аэродинамические испытания. В результате таких испытаний определяются значения полей аэродинамических коэффициентов в местах возможного расположения приточных и вытяжных фрамуг.

Так как аэродинамический коэффициент показывает - какая доля динамического давления ветра переходит в статическое, и не зависит от климатических условий, с целью адаптации полученных результатов для схожих храмов по размеру и геометрическим параметрам - для каждого православного храма проводится испытания по восьми направлениям ветра: С, СЗ, З, ЮЗ, Ю, ЮВ, В, СВ.

С этой же целью производятся замеры аэродинамических коэффициентов в каждой характерной точке, где могут быть рас-

положены приточные и вытяжные фрамуги. Такой подход позволит выбрать наиболее эффективное решение по расположению элементов систем естественной вентиляции, в зависимости от преобладающих направлений ветра, температуры наружного воздуха и других климатических параметров, а также определить величины коэффициентов степени герметичности здания по периодам года.

Движение воздушных потоков внутри православного храма

При изучении движения воздушных потоков внутри православного храма следует учесть ряд особенностей. На вертикальных ограждающих конструкциях культовых сооружений в молельном зале отсутствуют перекрытия, отделяющие один ярус оконных проемов от другого. Между окнами по вертикали обычно располагаются иконы или фрески, поэтому размещать под каждым окном отопительный прибор, как это делают в гражданских зданиях, не представляется возможным. Как правило, только один отопительный прибор размещается под несколькими оконными проемами, расположенными по вертикали наружного ограждения (рис 1).

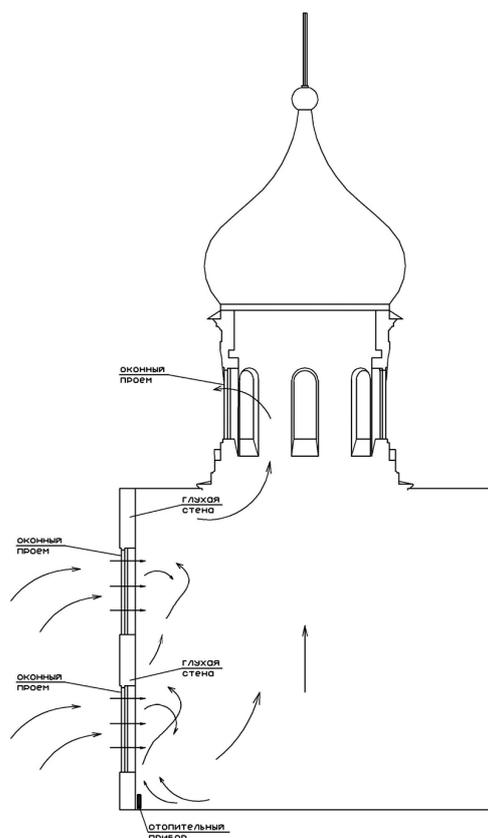


Рис. 1. Движение воздушных потоков внутри православного храма

Таким образом, восходящих конвективный поток над отопительным прибором движется вдоль оконного проема, а затем, вдоль участка стены, отделяющего ярусы оконных проемов и так далее. В зависимости от конструкции православного храма, от количества ярусов оконных проемов и от возможности удаления воздуха через барабаны храма характер течения воздушного потока может меняться, например, при моноличном своде молельного зала удаление воздуха будет осуществляться через верхний ярус оконных проемов [4].

В отличие от гражданских зданий, где расстояние от отопительного прибора до подоконника составляет в среднем 0,2 м в православных храмах оно может достигать от 0,5 – 1 м. В храмах также имеют место тепловыделения, как от массового скопления людей, так и от горящих свечей (последнее характерно только для русских православных храмов, так как в других православных странах, например в Черногории и в Греции, для свечей выделяется отдельное помещение без икон и фресок). Восходящий конвективный поток от отопительного прибора затягивает сажу от свечей, которые в последствие остаются на стене, что приводит к порче фресок или икон, находящихся над отопительным прибором. Поэтому рекомендуется на расстоянии 0,2 м от отопительного прибора устанавливать пластину, соотносимую по размерам с горизонтальными размерами прибора, которая будет защищать от сажи церковную утварь, находящуюся над радиатором.

Исследования внешней аэродинамики храмов

Для определения аэродинамических коэффициентов нами были испытаны в аэродинамической трубе четыре культовых сооружения, расположенные в Нижнем Новгороде, которые отличаются друг от друга геометрическими параметрами и архитектурными стилями: церковь Жен Мироносиц 1649 г. на ул. Добролюбова, Крестовоздвиженский храм 1823 г. на площади Лядова, Рождественская церковь 1653 г. на улице Рождественской, Спасо-Преображенский собор 1903 г. в Сормово.

Все модели были выполнены с учетом критериев подобия из 2-х мм пластика, дренированы пятимиллиметровыми трубками в характерных точках расположения оконных проемов и испытаны в замкнутой дозвуковой аэродинамической трубе с открытой рабочей областью при восьми направлениях ветра.

Согласно исследованной литературе [1,6,7] оптимальным вариантом располо-

жения приточных и вытяжных отверстий в православных храмах является нижний ярус оконных проемов и оконные проемы в барабанах соответственно.



Рис. 2. Исследование внешней аэродинамики Спасо-Преображенского собора

Наиболее интересным из исследованных православных храмов, с точки зрения количества возможных вариантов расположения приточных и вытяжных фрамуг, является Спасо-Преображенский собор, построенный в неовизантийском стиле.

Он задумывался как более вместительный храм для быстро развивавшейся в промышленном плане деревни, которая в настоящий момент является районом Нижнего Новгорода. Архитектором этого храма стал инженер-строитель П.П. Малиновский, ко-

торый сделал большой вклад в подготовку Нижнего Новгорода к открытию Всероссийской промышленно-художественной выставки 1896 года. Закладка фундамента храма (примерно 47x30 метров) состоялась в сентябре 1900г. Высота от уровня земли до креста этого храма 43м. Огромный купол поддерживали полукупола расставленные по сторонам, они передают давление верха храма на усиленные кладкой угловые части. Центричность композиции подчеркивает пониженная по сравнению с главным куполом колокольня.

В Спасо-Преображенском соборе форма барабанов отличается от Крестовоздвиженского собора и Рождественской церкви, в основании которых не восьмерик, а шестнадцатигульник. В боковых барабанах для вытяжных отверстий доступно 9 оконных проемов, причем стоит отметить, что в этом храме оконные проемы практически не перекрываются другими барабанами или иными конструкциями (исключением является западный барабан, перекрываемый колокольней).

В Спасо-Преображенском храме была выполнена 51 характерная точка исследования, из которых: 22 приточных отверстия, выполненных в нижнем ярусе окон православного храма (5 – юг, 4 – запад, 5 – север, 9 - восток); 29 вытяжных отверстий, по 5 отверстий в каждом из боковых барабанов и 9 отверстий в основном барабане.

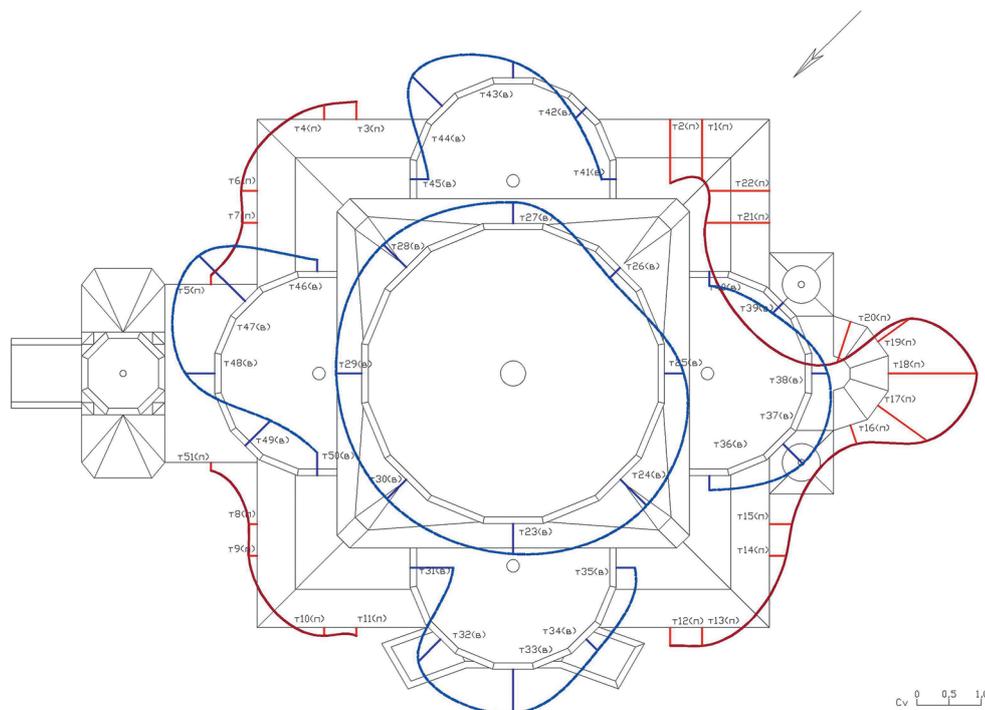


Рис. 3. Значения аэродинамических коэффициентов для Спасо-Преображенского: собора северо-восточное направление ветра

Наибольшие различия значений аэродинамических коэффициентов при восьми направлениях ветра наблюдаются в алтарной части данного храма: при прямом воздействии (восточное направление) составляют +0,98; при угловом воздействии (юго-восточное и северо-восточное) -1,38; в остальных случаях варьируются от -0,13 до -0,29.

Выводы

При проектировании систем естественной вентиляции необходимо учитывать такие факторы, как архитектурные и конструктивные особенности православных храмов, мощность систем отопления, тепловыделения от прихожан, свечей и лампад.

Значения аэродинамических коэффициентов, полученные в результате испытаний для всех возможных вариантов расположения приточных и вытяжных фрамуг, при различных направлениях ветра позволяют определить наиболее эффективное соотношение между площадями приточных и вытяжных фрамуг и количеством оконных проемов, задействованных в системе естественной вентиляции.

Список литературы

1. Кочев, А. Г. Микроклимат православных храмов : монография / А. Г. Кочев; Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. - Н. Новгород : ННГАСУ, 2004. - 449 с. : ил.
2. Соколов, М. М. Влияние внешних аэродинамических характеристик на создание и поддержание требуемых параметров микроклимата в православных храмах / М. М. Соколов // Вестник МГСУ. – 2011. – № 1. – С. 407-412.
3. Кочев, А. Г. Теоретические и экспериментальные исследования влияния внешних аэродинамических характеристик на параметры микроклимата в православных храмах / А. Г. Кочев, М. М. Соколов // Приволжский научный журнал / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н. Новгород, 2011. – №1 (17). – С. 58-65.
4. Кочев А. Г. Физико-математическое описание естественной конвекции в помещениях православных храмов / А. Г. Кочев, М. М. Соколов // Приволжский научный журнал / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н. Новгород, 2012. – № 2 (22). – С. 78-85.
5. Кочев А. Г. Расчет воздухообменов для осушки конструкций и аэрации в культовых зданиях / А. Г. Кочев, О. В. Федорова, М. М. Соколов // Известия вузов. Сер. «Строительство». – 2013. – № 2-3. – С. 60-67.
6. АВОК Стандарт–2–2004. Храмы православные. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – Введ. 2004-06-09. – М. : АВОК, 2004. – 14 с : ил
7. МДС 31-9.2003. Православные храмы. Т. 2. Православные храмы и комплексы. - Введ. 2003. - М. : Арххрам, 2003. – 182 с. : ил.