

**ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕЙ И ВНУТРЕННЕЙ АЭРОДИНАМИКИ
НА ЕСТЕСТВЕННУЮ ВЕНТИЛЯЦИЮ В КУЛЬТОВЫХ ЗДАНИЯХ**

**THE INFLUENCE OF EXTERNAL AND INTERNAL AERODYNAMICS
ON NATURAL VENTILATION IN RELIGIOUS BUILDINGS**

А.Г. КОЧЕВ, В.Г. ГАГАРИН, М.М. СОКОЛОВ, М.А. КОЧЕВА

A.G. KOCHEV, V.G. GAGARIN, M.M. SOKOLOV, M.A. KOCHEVA

**(Национальный исследовательский Московский
государственный строительный университет,
Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук)**

**(National Research Moscow State University of Civil Engineering,
Research Institute of Building Physics of Russian Academy
of Architecture and Construction Sciences)**

E-mail: unirs@nngasu.ru; gagarinvg@yandex.ru; araim1985@list.ru; scald1966@mail.ru

В статье приведены исследования четырех культовых сооружений, расположенных в Нижнем Новгороде, которые отличаются друг от друга геометрическими параметрами и архитектурными стилями. Рассмотрены четыре православных храма: церковь Жен-Мироносиц, 1649 г., Крестовоздвиженский храм, 1823 г., Рождественская церковь, 1653 г., Спасо-Преображенский собор, 1903 г. Определены преимущества естественной вентиляции по сравнению с механической. Представлены результаты экспериментальных исследований внешней и внутренней аэродинамики на поверхности изучаемых сооружений при различных направлениях ветрового потока, выявлены особенности влияния на тепломассообменные процессы, происходящие внутри храмов.

In article the studies of four religious buildings located in Nizhny Novgorod, which differ from each other in geometric parameters and architectural styles presents. Four Orthodox churches were considered: the church of the Zhen-Mironosits (Women-Myrrh-Bearers) 1649 year of construction, Krestovozdvizhenskiy temple (the Holy Cross Church) 1823 year of construction, the Rozhdestvenskaya church (Nativity Church) 1653 year of construction, and the Spaso-preobrazhenkiy temple (Transfiguration of the Savior Cathedral) 1903 year of construction. The advantages of natural ventilation compared with mechanical were received. The results of experimental studies of external and internal aerodynamics on the surface of the structures under study at various directions of the wind flow are presented. The features of the influence on heat and mass transfer processes occurring inside the temples are revealed.

Ключевые слова: православные храмы, внешняя аэродинамика, микроклимат, аэродинамические коэффициенты.

Keywords: orthodox churches, external aerodynamics, microclimate, aerodynamic coefficients.

Учитывая современное активное восстановление и строительство новых православных храмов, следует уделить особое внимание созданию и поддержанию требуемых параметров микроклимата в помещениях этих сооружений. Для этого необходимо применять рациональные и эффективные системы отопления и вентиляции. Следует отметить, что естественная вентиляция в православных храмах обладает рядом преимуществ по сравнению с механической.

1. Невысокая стоимость установок, а также стоимость их монтажа и обслуживания.

2. Системы аэрации позволяют за счет саморегуляции снизить требуемую мощность системы отопления на 7...10%.

3. Системы естественной вентиляции не потребляют электрической энергии.

Однако для расчета систем естественной вентиляции в православных храмах требуется знание некоторых величин, индивидуально определяемых для каждого культового сооружения.

Условно все проводимые исследования для определения данных величин можно разделить на две категории:

- 1) исследования внешней аэродинамики;
- 2) исследования внутренней аэродинамики.

При исследовании внешней аэродинамики важную роль играют аэродинамические коэффициенты, зависящие от геометрических параметров культовых сооружений и определяемые экспериментальным путем для каждого православного храма индивидуально.

При исследовании внутренней аэродинамики следует учитывать мощность системы отопления, количество прихожан и свечей, а также расположение отопительных приборов и оконных проемов в наружных стенах 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.

Аэродинамические коэффициенты определяются для оконных проемов, в которых могут располагаться приточные и вытяжные фрамуги. Согласно литературе [1...3] наиболее оптимальным вариантом расположения приточных и вытяжных отверстий в православных храмах является нижний ярус оконных проемов и оконные проемы в барабанах соответственно. Однако такой подход для церкви Жен-Мироносиц применить нельзя ввиду отсутствия во всех пяти барабанах отверстий. Таким образом, в качестве вытяжных отверстий в рассматриваемом православном храме можно принять верхние ярусы окон.

В Крестовоздвиженском храме отметим наличие куполов, не соединенных с молельным залом (фальшкупола), что делает невозможным осуществление через них воздухообмена. Только центральный барабан соединен с молельным залом.

В Рождественской церкви при исследовании внешней аэродинамики следует учитывать особенности рельефа, а также колокольню, соединенную с храмом одним ярусом. Отверстия выполняются только в основной части храма. Отметим, что в Рождественской церкви все барабаны соединены с молельным залом, и окна в барабане над алтарем также могут выполнять роль вытяжных отверстий. Однако, в отличие от Крестовоздвиженского храма, барабаны Рождественской церкви близко расположены друг к другу, что существенно ограничивает количество оконных проемов, которые можно эффективно использовать в качестве вытяжных отверстий. С другой стороны, так как все барабаны соединены с молельным залом, то количество оконных проемов для размещения вытяжных отверстий значительно превышает их количество в Крестовоздвиженском храме, что позволяет рассмотреть различные варианты по размещению вытяжных отверстий.

В Спасо-Преображенском соборе форма барабанов отличается от формы барабанов Крестовоздвиженского собора и Рождественской церкви, в основании которых не восьмерик, а шестнадцатиугольник. В боковых

барабанах для вытяжных отверстий доступны 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).

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



Рис. 1

На рис. 1 показано исследование внешней аэродинамики Рождественской церкви.

По результатам исследований были построены аэродинамические характеристики зданий в виде диаграммы распределения давлений ветра на поверхности изучаемого сооружения при различных направлениях ветрового потока [3...6].

Полученные значения аэродинамических коэффициентов могут быть использованы для расчета систем естественной вентиляции как исследованных храмов, так и схожих с ними по размеру и стилю. Поскольку храмы были испытаны по восьми направлениям, результаты могут быть использованы для любых климатических зон.

Такие величины, как тепло и влаговыделения от людей и свечей, могут быть определены по справочной литературе [1]. Для каждого храма будут изменяться следующие параметры.

1. Объем молельного зала и другие геометрические параметры храма.
2. Мощность систем отопления.
3. Количество прихожан (минимальное, среднее количество, максимальное).
4. Количество свечей (в зависимости от количества прихожан).

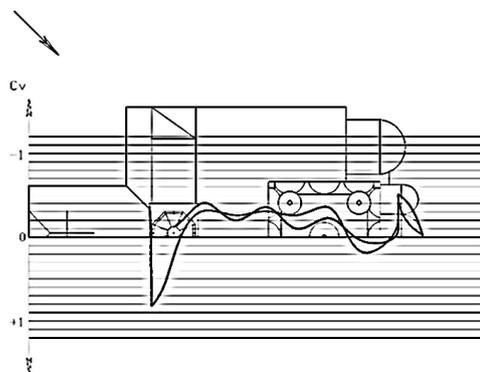


Рис 2

На рис. 2 представлена диаграмма изменения аэродинамических коэффициентов при северо-западном направлении ветра для церкви Жен-Мироносиц с наветренной стороны.

Неизвестными также остаются значения скоростных и температурных полей у внутренних поверхностей наружных стен. Отметим, что всего существуют четыре варианта расположения оконных проемов и отопительных приборов на наружной стене [7]:

- а) присутствуют отопительный прибор и окно;
- б) присутствует только окно;
- в) и окна, и прибор отсутствуют;
- г) присутствует только отопительный прибор.

В характерных точках по вертикали внутренних поверхностей наружных стен молельного зала храма "Вознесения Господня" на улице Ильинской в Нижнем Новгороде были проведены замеры температурных полей с помощью инфракрасного термометра Raytek Raynger ST20. В начальных точках (на высоте до 2 м от уровня пола) измерены температурные и скоростные поля воздуха с помощью термоанемометра ТТМ-2/1-06-2А.

У стены без окон температура воздуха достигала 18,6°C, скорость принимала значения от 0,05...0,2 м/с. Над отопительным

прибором (рядом с окном) температура воздуха составила 20,1°C, а скорость воздуха – от 0,14...0,32 м/с. В случае с отдельно стоящим отопительным прибором температура воздуха составила 21,5°C, а скорость достигла 0,37 м/с.

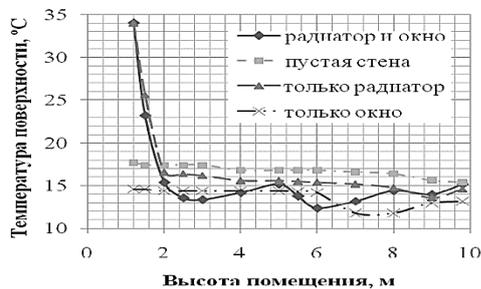


Рис. 3

Результаты исследования температурных полей внутренней поверхности представлены в графической форме на рис. 3 (зависимость температуры поверхности наружной стены в православном храме от высоты при различных вариантах расположения окон и отопительных приборов). Из графика видно, что области самых низких температур приходятся на оконные проемы. На небольшом расстоянии от отопительного прибора (0,5 м) происходит резкое падение температуры до значений, как в случае со стеной без окон или даже ниже.

Православные храмы, в отличие от зданий общегражданского назначения, имеют ряд конструктивных особенностей, которые влияют на тепломассообменные процессы, происходящие внутри их помещений.

При проектировании систем естественной вентиляции в православных храмах следует в первую очередь обращать внимание на наличие или отсутствие перегородок между моленной залом и барабаном. Приточные фрамуги размещаются в нижнем ярусе окон, вытяжные – в оконных проемах барабанов, если перегородка отсутствует, и в верхнем ярусе оконных проемов, если перегородка имеется.

Расчет систем естественной вентиляции рекомендуется осуществлять для трех расчетных периодов года: теплого, переходного и холодного при различной заполняемости храма людьми (минимальной, средней

и максимальной). Как показывает практика, значения площадей приточных и вытяжных фрамуг максимальны в летний период при полной заполняемости храма людьми.

ЛИТЕРАТУРА

1. АВОК Стандарт–2–2004. Храмы православные. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – Введ. 2004-06-09. – М.: АВОК, 2004.
2. МДС 31-9.2003. Православные храмы. – Т. 2. Православные храмы и комплексы. – Введ. 2003. – М.: Арххрам, 2003.
3. Кочев А.Г. Микроклимат православных храмов. – Н. Новгород : ННГАСУ, 2004.
4. Кочев А.Г. и др. Исследование внешней аэродинамики. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2004.
5. Реттер Э.И., Стриженов С.И. Аэродинамика зданий. – М.: Стройиздат, 1968.
6. Кочев А.Г., Соколов М.М. Теоретические и экспериментальные исследования влияния внешних аэродинамических характеристик на параметры микроклимата в православных храмах // Приволжский научный журнал Нижегород. гос. архитектур.-строит. ин-та. – Н. Новгород, 2011, №1 (17). С. 58...65.
7. Кочев А.Г., Соколов М.М. Физико-математическое описание естественной конвекции в помещениях православных храмов // Приволжский научный журнал Нижегород. гос. архитектур.-строит. ин-та. – Н. Новгород, 2012, №2 (22). С. 78...85.

REFERENCES

1. AVOK Standart–2–2004. Khramy pravoslavnyye. Otoplenie, ventilyatsiya i konditsionirovanie vozdukha. – Vved. 2004-06-09. – M.: AVOK, 2004.
2. MDS 31-9.2003. Pravoslavnyye khramy. – T. 2. Pravoslavnyye khramy i komplekсы. – Vved. 2003. – M.: Arkhkhram, 2003.
3. Kochev A.G. Mikroklimat pravoslavnykh khramov. – N. Novgorod : NNGASU, 2004.
4. Kochev A.G. i dr. Issledovanie vneshney aerodinamiki. – N. Novgorod: NNGASU, 2004.
5. Retter E.I., Strizhenov S.I. Aerodinamika zdaniy. – M.: Stroyizdat, 1968.
6. Kochev A.G., Sokolov M.M. Teoreticheskie i eksperimental'nye issledovaniya vliyaniya vneshnikh aerodinamicheskikh kharakteristik na parametry mikroklimata v pravoslavnykh khramakh // Privolzhskiy nauchnyy zhurnal Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. in-ta. – N. Novgorod, 2011, №1 (17). S. 58...65.
7. Kochev A.G., Sokolov M.M. Fiziko-matematicheskoe opisaniye estestvennoy konveksii v pomeshcheniyakh pravoslavnykh khramov // Privolzhskiy nauchnyy zhurnal Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. in-ta. – N. Novgorod, 2012, №2 (22). S. 78...85.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН.
Поступила 18.06.19.