

# ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕТРОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА УНИКАЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ

В работе рассматривается численное моделирование ветрового воздействия на здание сложной формы плана и фасада церкви Покрова Пресвятой Богородицы в селе Булзи Челябинской области. Представлен алгоритм расчета, получены поля давлений, скоростей и кинетической энергии турбулентности ветрового потока, а также линии обтекания. В ходе работы выработаны рекомендации по оптимизации технической части расчетов.

Руководитель проекта - к.т.н. В.Д. Оленьков

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка методики определения аэродинамических характеристик зданий сложных форм с помощью численного моделирования и создание на её базе алгоритма расчета уникальных зданий

## ПУБЛИКАЦИИ

1 монография

19 научных статей

9 научных докладов

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

4 статьи в РИНЦ

Проект посвящен разработке методики определения аэродинамических коэффициентов, нагрузок и характера обтекания для уникальных зданий с помощью численного моделирования, вследствие того, что нормативная документация не рассматривает этот вопрос для сложных форм зданий и сочетания таких форм.

Обоснование безопасности проектируемых и уже эксплуатируемых зданий сложных архитектурных форм и оригинальных конструктивных решений, для которых значимым является фактор ветрового воздействия, сдерживается действующими нормативно-регламентированными методиками, которые не содержат рекомендаций по назначению аэродинамических коэффициентов (рис. 1) для уникальных по форме зданий, не учитывают влияние сочетания геометрии здания, рельефа, изменения спектра набегающего потока.

При анализе уникальных зданий для выполнения расчета на ветровую нагрузку было установлено, что:

1. У зданий присутствует интерполяция сложных форм, собрать нагрузки на которую по СП "Нагрузки и воздействия" не представляется возможным.

2. Нельзя однозначно охарактеризовать ни одно из направлений ветра как самое опасное.

Учитывая это, было принято решение о целесообразности использования методов численного моделирования для анализа ветровых нагрузок на уникальные здания и поставлена задача выработать алгоритм компьютерного расчета ветровой нагрузки.

## НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

1. Разработан алгоритм расчета здания произвольной формы на ветровую нагрузку.

Алгоритм (рис. 2) включает в себя следующие этапы:

- ➔ подготовку расчетной модели: формирование геометрии воздушного объема, назначение свойств воздуха и граничных условий (рис. 3);
- ➔ решение задачи в вычислителе: использовался ПК ANSYS;
- ➔ просмотр и оценка результатов: на этом этапе исследователь может получить интересующие его параметры;
- ➔ коррекцию расчетной модели.

2. Выработаны рекомендации по реализации технической части приведенного алгоритма, в том числе его оптимизации.

Предложены рекомендации по свойствам математической модели воздушного объема здания и рациональному использованию вычислительных мощностей, по применению многопоточности.

Многопоточность — свойство платформы или приложения, состоящее в том, что процесс, порождённый в операционной системе, может состоять из нескольких потоков, выполняющихся "параллельно", то есть без предписанного порядка во времени. При выполнении поставленных в проекте задач такое разделение может достичь



более эффективного использования ресурсов вычислительной машины.

Из полученных результатов (рис. 4) видно, что параллельное решение всегда быстрее однопроцессного, его нужно правильно применять для достижения максимальной производительности.

3. Найдены смежные проблемы, к которым можно адаптировать приведенный алгоритм.

Поскольку алгоритм рассматривает случай обтекания ветровым потоком тел произвольной формы, то его можно адаптировать к таким вопросам, как оценка пешеходной комфортности в микрорайонах города, смежные расчеты на газодинамику и динамику сооружений типа мостов.

## ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Результаты работы использовались при исследовании обеспечения несущей способности элементов конструкций следующих объектов культурного наследия:

- Церковь Покрова Пресвятой Богородицы в с. Булзи Челябинской области постройки 1912 года;

- Церковь Рождества Христова в г. Юрюзань Челябинской области постройки 1896 года.

Начало разработки приведенной методики расчета на ветровые воздействия началось ранее в НИПЦ Наследие и в ходе исследований был разработан вопрос обеспечения несущей способности элементов конструкций следующих объектов культурного наследия:

- Церковь Александра Невского в г. Челябинске;

- Церковь Покрова Пресвятой Богородицы в с. Большой Куяш Челябинской области.

Проекты, разработанные с применением данной методики, приняты к внедрению Челябинской епархией.

В 2014 году по результатам выставки студенческих дипломных проектов по реставрации храмов авторы были награждены грамотами и подарками епархии.

Аэродинамический коэффициент характеризует долю скоростного напора, переходящую в давление. Иначе говоря, коэффициент аэродинамического сопротивления  $C$  - безразмерная величина, отражающая отношение силы сопротивления обтекания здания воздухом к силе сопротивления обтеканию воздухом цилиндра.

$$w = \frac{\rho \cdot v^2}{2} \left( 1 - \left( \frac{V_1}{V_0} \right)^2 \right) - \text{уравнение Бернулли.}$$

$$C = \left( 1 - \left( \frac{V_1}{V_0} \right)^2 \right) - \text{аэродинамический коэффициент.}$$

Рис. 1. Пояснение термина аэродинамический коэффициент

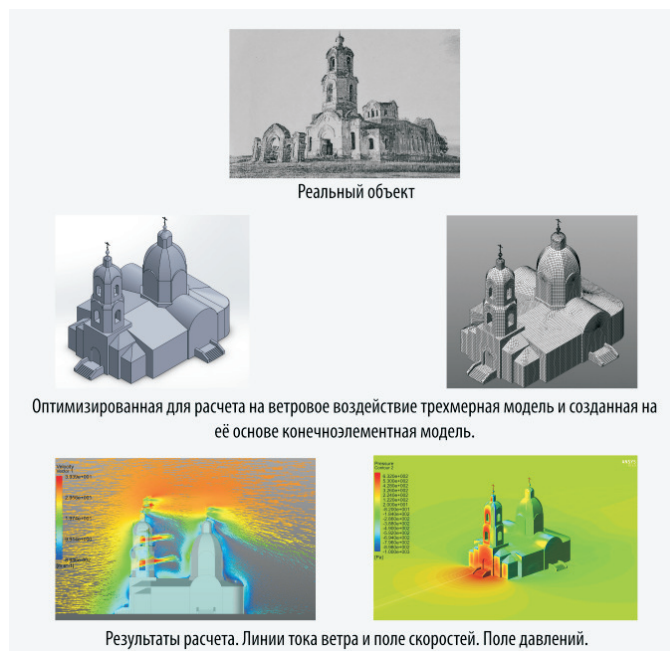


Рис. 2. Алгоритм расчета уникального здания на примере церкви Покрова Пресвятой Богородицы в селе Булзи

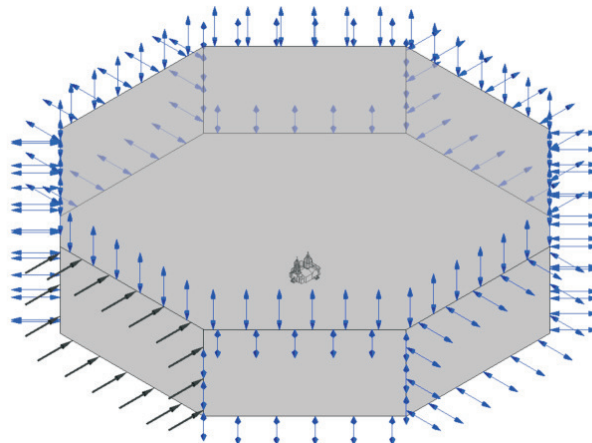


Рис. 3. Формирование геометрии воздушного объема, назначение свойств воздуха и граничных условий

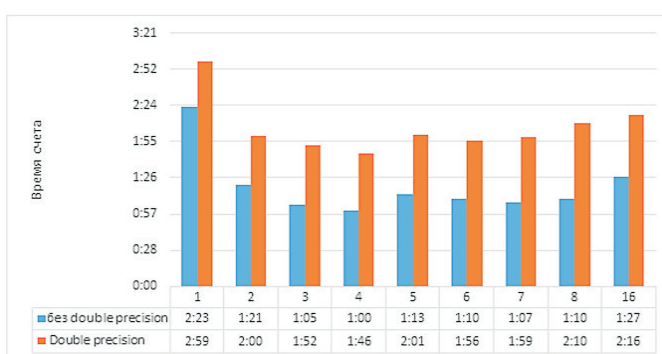


Рис. 4. Анализ зависимости времени расчета от числа потоков

