

Научно-исследовательский центр СтаДиО

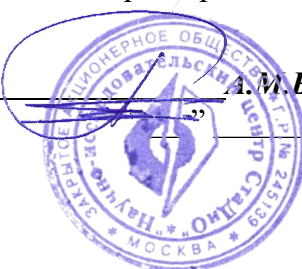
Свидетельство СРО «АПОЭК» - Ассоциации «Проектировщики оборонного и энергетического комплексов»
Номер решения о приеме в члены СРО № 06-ПСС-38/2018 от 20.06.2018 г.

123098, Москва, пл. акад. Курчатова, 1, т. (499)706-8810, e-mail: stadyo@stadyo.ru, Web-site: www.stadyo.ru

Инв. № МТП-2021-02/1

«Утверждаю»
Генеральный директор ЗАО НИИ СтаДиО

А.М. Белостоцкий
2021 г.



Научно-технический отчет по договору № МТП-2021-02 от 16 января 2021 года.

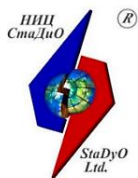
«Научно-техническое сопровождение проектирования, включая численное моделирование ветровых и снеговых нагрузок, расчетные исследования напряженно-деформированного состояния, динамики, прочности и устойчивости несущих конструкций при нормативно регламентированных сочетаниях основных и особых (сейсмических и аварийных) нагрузок и воздействий и сопоставительный анализ результатов альтернативных расчетов, для Объекта – «Театр оперы и балета» (г. Севастополь)».

Этап 1

Руководители работы:
док. техн. наук, член-корр. РААСН **А.М. Белостоцкий**
канд. тех. наук, **Д.С. Дмитриев**

Ответственные исполнители:
О.С. Горячевский

Исполнители:
И.Ю. Негрозова
Н.А. Бритиков



Научно-исследовательский центр СтаДиО

Свидетельство СРО «АПОЭК» - Ассоциации «Проектировщики оборонного и энергетического комплексов»
Номер решения о приеме в члены СРО № 06-ПСС-38/2018 от 20.06.2018 г.

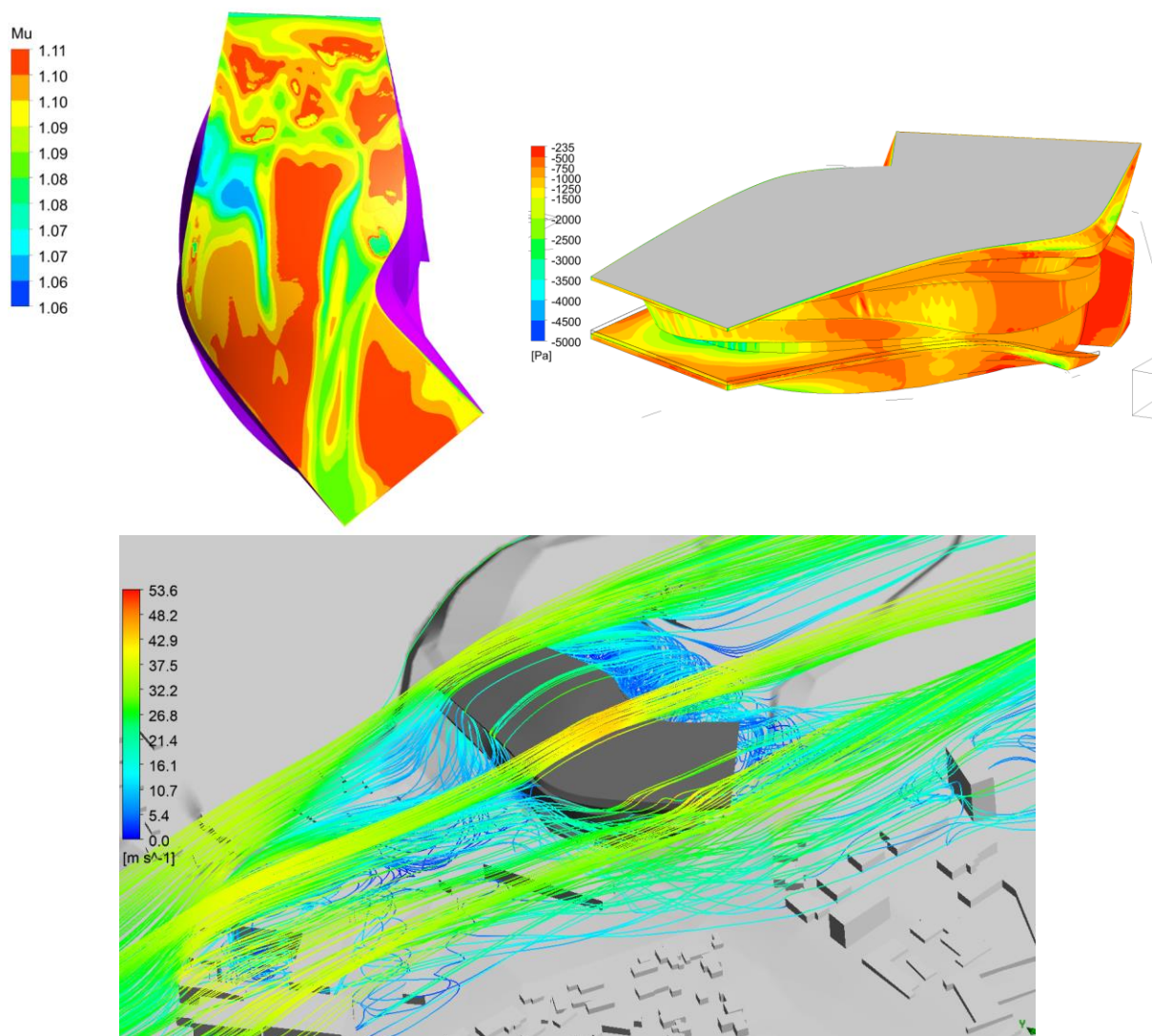
123098, Москва, пл. акад. Курчатова, 1, т. (499)706-8810, e-mail: stadyo@stadyo.ru, Web-site: www.stadyo.ru

Инв. № МТП-2021-02/1

Научно-технический отчет по договору № МТП-2021-02 от 16 января 2021 года

Этап 1

Комплексное аэродинамическое исследование по Объекту, на основе численного решения трехмерных задач аэродинамики



Москва, 2021

Введение

В настоящем н/т отчете представлены результаты НИР, выполненной по договору № МТП-2021-02 от 16 января 2021 года **«Научно-техническое сопровождение проектирования, включая численное моделирование ветровых и снеговых нагрузок, расчетные исследования напряженно-деформированного состояния, динамики, прочности и устойчивости несущих конструкций при нормативно регламентированных сочетаниях основных и особых (сейсмических и аварийных) нагрузок и воздействий и сопоставительный анализ результатов альтернативных расчетов, для Объекта – «Театр оперы и балета» (г. Севастополь). Том 1».**

В соответствии с техническим заданием представлены следующие материалы:

- основные используемые в работе термины, определения и обозначения;
- результаты анализа ветровых и снеговых режимов района строительства, особенностей локального рельефа местности, сложившейся застройки и конструктивно-архитектурных особенностей Театр оперы и балета, расположенного в г. Севастополь;
- описание нормативных и численных методик определения ветрового и снегового нагружения зданий и сооружений подобной формы;
- разработанные и верифицированные расчетные трехмерные CFD-модели исследуемого Объекта с учетом локального рельефа местности и окружающей застройки;
- результаты расчетов ветровых нагрузок на несущие конструкции исследуемых непроницаемых сооружений для 25 направлений ветра на основе численной методики;
- результаты расчетов пиковых ветровых давлений на ограждающие конструкции Объекта для 25 направлений ветра на основе численной методики;
- презентационные материалы моделирования ветровых нагрузок для характерных и наиболее опасных направлений ветра для Объекта;
- рекомендации по назначению снеговых нагрузок на покрытие Объекта на основе синтеза нормативной и численной методик.

Постановка задач расчетных исследований

В соответствии с техническим заданием ставятся и решаются следующие задачи:

- 1) Анализ и обобщение проектной документации Объекта, постановка задач расчетных исследований.
- 2) Разработка и верификация трехмерных аэродинамических расчетных моделей Объекта с учетом рельефа местности, перспективной и существующей окружающей застройки и различных направлений ветра.
- 3) Выявление наиболее опасных и характерных направлений ветра на основе анализа суммарных ветровых нагрузок на несущие конструкции сооружений, полученных в результате численного моделирования.
- 4) Определение расчетных средних и пульсационных составляющих ветровой нагрузки на несущие конструкции для исследуемых направлений ветра.
- 5) Определение распределения пикового (минимального и максимального) ветрового давления на ограждающие конструкции Объекта.
- 6) Определение распределения снеговых нагрузок на конструкции покрытия Объекта на основе нормативных методик.

Разработка моделей

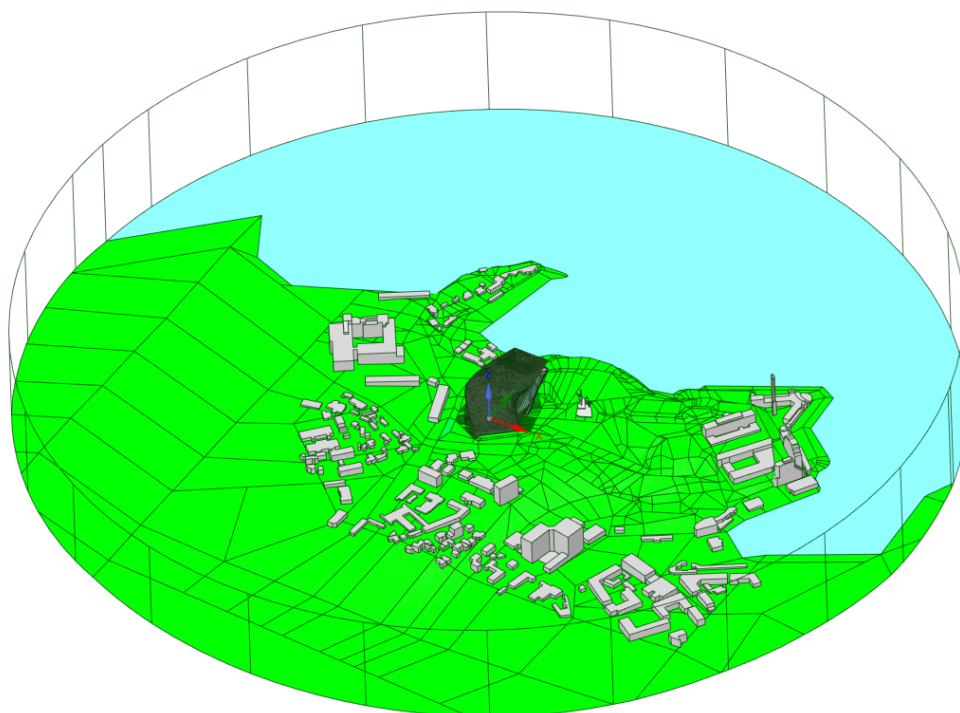


Рис. 1 Геометрическая модель. Общий вид
Синее – исследуемый объект, белые – неисследуемая застройка.

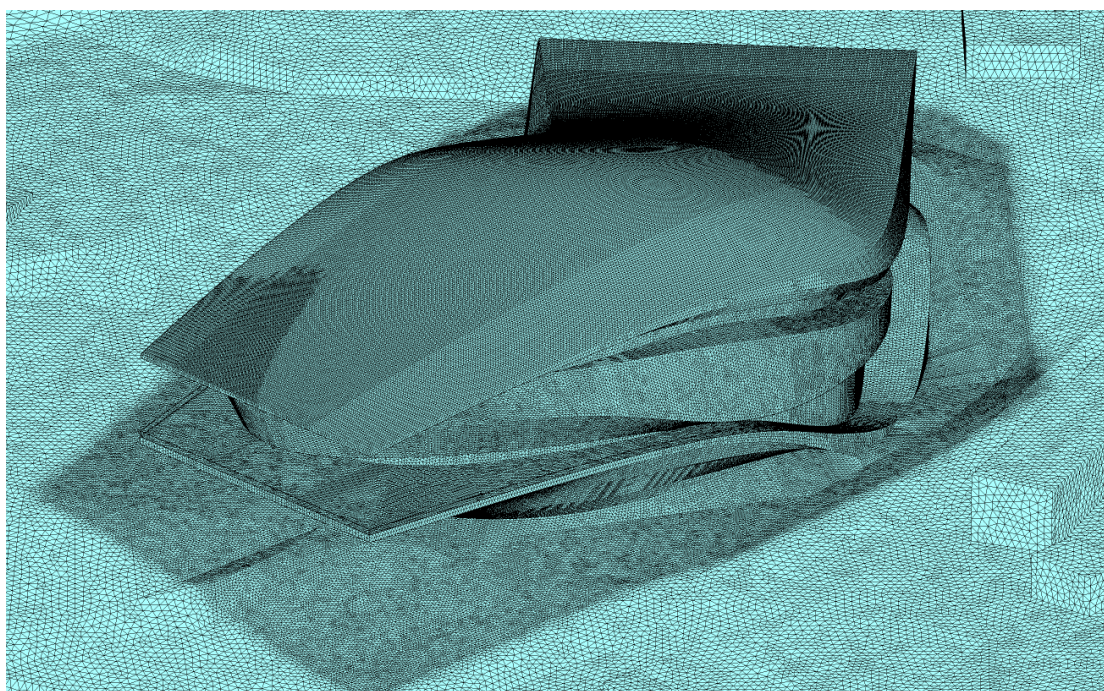


Рис. 2. Аэродинамическая модель. Фрагменты КО-сетки на поверхности

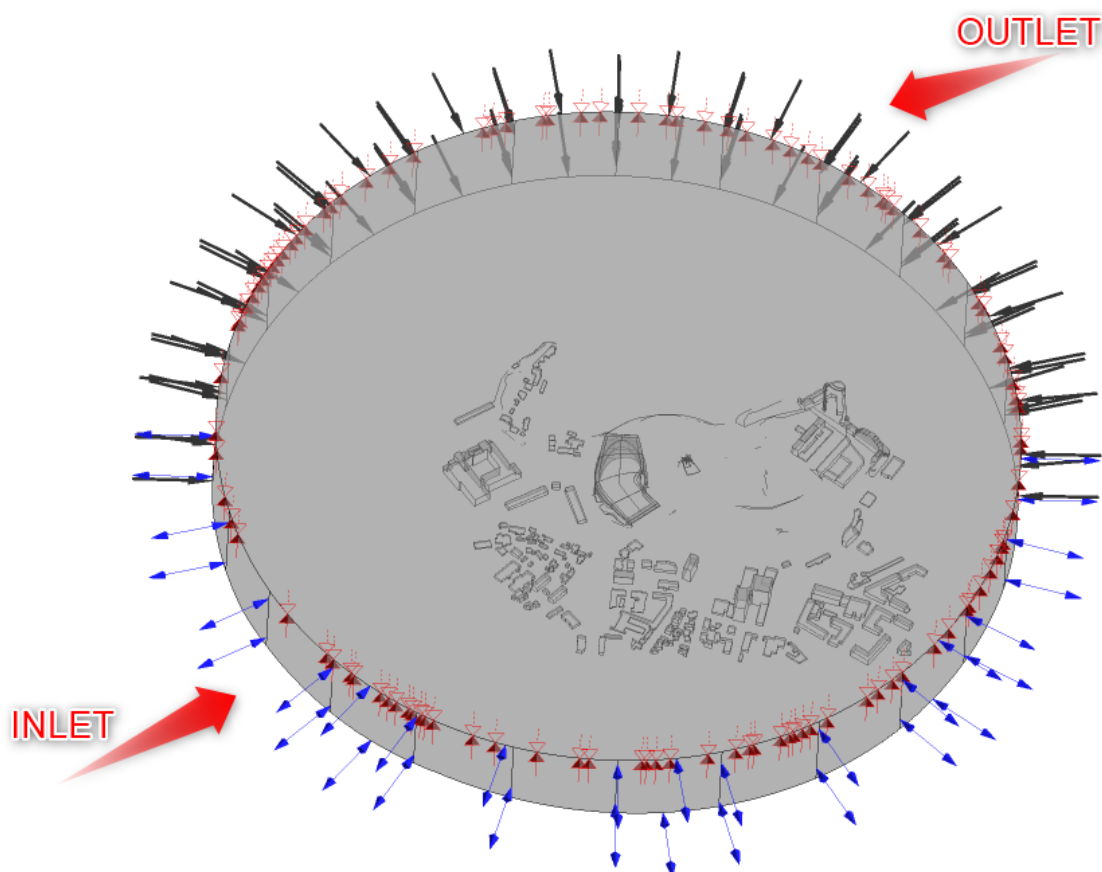


Рис. 3. Расчетная область (ANSYS CFX) с обозначенными граничными условиями.

Анализ и обобщение результатов

В результате проведенных многовариантных расчетных исследований аэродинамики Театра оперы и балета с учетом локального рельефа местности и окружающей застройки определены расчетные ветровые нагрузки на несущие конструкции при 25 направлениях ветра в трехмерной постановке и выявлено следующее:

- максимальное значение суммарной вертикальной силы (F_z) на несущие конструкции *покрытия Театра* реализуется при угле атаки ветра 285° и составляет **-5179 кН** (отсос);
- максимальное значение векторной суммы нагрузки (F_R) на несущие конструкции «стен» *Театра* реализуется при угле атаки ветра 45° и составляет **3382 кН**;

Анализ и обобщение результатов

В результате проведенных многовариантных расчетных исследований (при 24-х направлениях ветра) аэродинамики *Объекта* с учетом локального рельефа местности и окружающей застройки были получены следующие *пиковые ветровые давления на ограждающие (фасадные) конструкции*:

– пиковая *минимальная (отсос)* ветровая нагрузка на *покрытие Объекта* составляет: - **5 кПа** и реализуется при угле 45° на кромке покрытия. Для большей части покрытия отрицательные ветровые давления не превышают по модулю **-2.5 кПа**.

– пиковая *минимальная (отсос)* ветровая нагрузка на *стены Объекта* составляет: - **4.96 кПа** и реализуется при угле 45° в угловой зоне *секции S4*. Для большей части стен отрицательные ветровые давления не превышают по модулю **-3 кПа**.

– пиковая *максимальная (напор)* ветровая нагрузка на *покрытие Объекта* составляет: **0.53 кПа** и реализуется при угле 45° . Для большей части покрытия положительные ветровые давления не превышают **0.3 кПа**.

– пиковая *максимальная (напор)* ветровая нагрузка на *стены Объекта* составляет: **1.8 кПа** и реализуется при угле 0° на кромке козырька. Для большей части стен положительные ветровые давления не превышают **1.4 кПа**.

Выводы и рекомендации

По результатам выполненного Комплексного аэродинамического исследования по Объекту – «Театр оперы и балета» (г. Севастополь) – на основе численного решения трехмерных задач аэродинамики, можно сформулировать следующие выводы и рекомендации:

1. Определены расчетные средние и пульсационные составляющие ветрового давления на несущие конструкции Объекта:

а) максимальное значение суммарной вертикальной силы (F_z) на несущие конструкции покрытия реализуется при угле атаки ветра 285° и составляет 5179 кН (направление вверх);

б) максимальное значение суммарной вертикальной силы (F_z) на несущие конструкции стен реализуется при угле атаки ветра 0° и составляет 904 кН (направление вверх);

в) максимальное значение векторной суммы нагрузки (F_R) на несущие конструкции стен реализуется при угле атаки ветра 45° и составляет 3382 кН;

В прочностных расчетах несущих конструкций рекомендуется рассмотреть наиболее опасные и характерные направления ветра 0° , 45° , 141° и 300° . Соответствующие значения ветровых давлений (средних, пульсационных и их суммы) представлены в разделе 5.2 настоящего отчета.

2. Определены пиковые ветровые давления на ограждающие конструкции Объекта. В прочностных расчетах, ограждающих (фасадных) конструкций рекомендуется использовать значения пиковых ветровых давлений, представленные в разделе 5.3 настоящего отчета.

3. В силу сложной нестандартной формы покрытия Объекта при определении расчетных значений снеговых нагрузок применялся синтез нормативных рекомендаций и математического (численного) моделирования снеговых нагрузок. Полученные с помощью этого подхода значения коэффициента перехода μ учитывают особенности сложной конструкции Объекта, отражают наиболее опасные для механической безопасности случаи распределения снегоотложений и, при этом, не противоречат положениям СП 20.13330.2016.

В прочностных расчетах Объекта рекомендуется использовать распределения коэффициента перехода μ в соответствии с рис. 6.1-6.4 и табл. 6.1 настоящего отчёта, полученные по схемам Б.1, Б.8 и Б.11 Приложения Б к СП [2] и по результатам моделирования, представленным в Приложении Б к настоящему отчёту.