

УДК 697.957

ОБЗОР И АНАЛИЗ STACK-ЭФФЕКТА В ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ**Бравков Сергей Владимирович**

E-mail: bravkov.s@yandex.ru

Студент магистратуры 2 курса

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Аннотация

Stack-эффект (эффект тяги) является одним из ключевых факторов, влияющий на микроклимат и энергоэффективность в высотных зданиях. Он представляет собой движение воздуха внутри здания, вызванное из-за действия различных по величине гравитационных давлений внутри и снаружи здания. Понимание механизмов stack-эффекта и его влияния на работу инженерных систем здания является важной задачей для проектировщиков, инженеров и исследователей. Данная статья представляет собой обзор современных знаний о stack-эффекте в зданиях, его моделировании и учёте при проектировании.

Ключевые слова: stack-эффект, эффект тяги, высотные здания, проектирование, CFD моделирование

OVERVIEW AND ANALYSIS OF THE STACK EFFECT IN HIGH-RISE BUILDINGS**Sergey V. Bravkov,**

Master's degree student

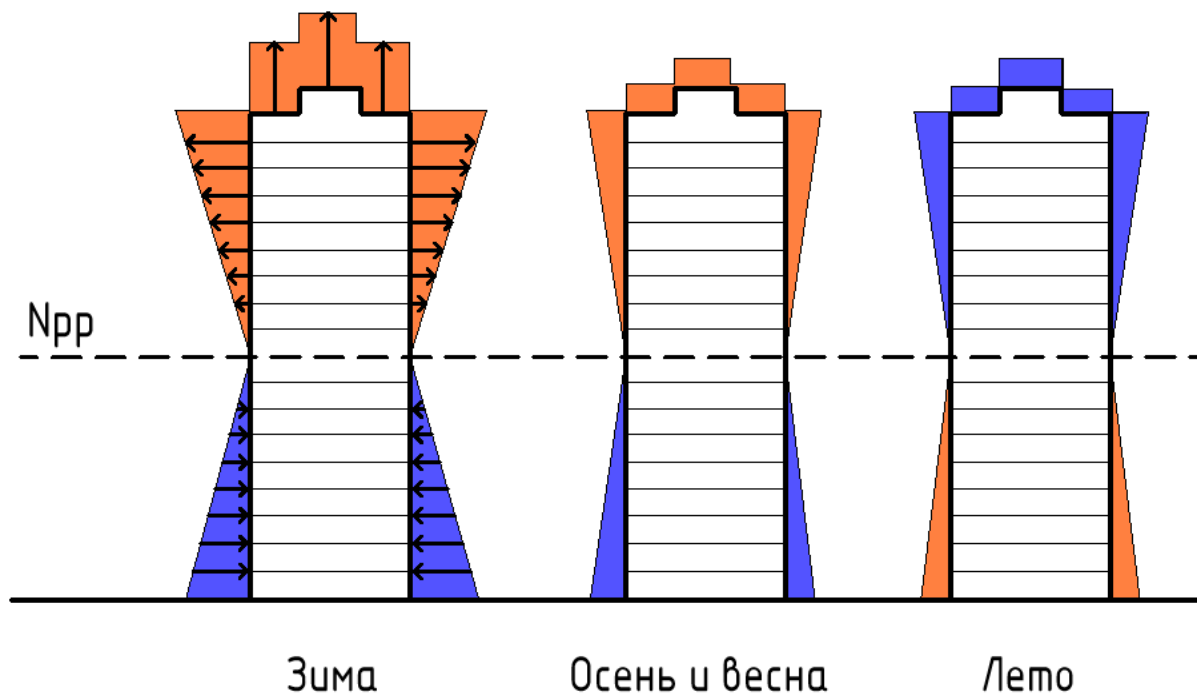
Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

ABSTRACT

The stack effect is one of the key factors affecting the microclimate and energy efficiency in high-rise buildings. It represents the movement of air inside a building caused by the action of different gravitational pressures inside and outside the building. Understanding the mechanisms of the stack effect and its impact on the operation of building engineering systems is an important task for designers, engineers and researchers. This article is an overview of current knowledge about the stack effect in buildings, its modeling and consideration during design.

Keywords: stack effect, traction effect, high-rise buildings, design, CFD modeling

Stack-эффект возникает из-за разницы в плотности воздуха внутри и снаружи здания, вызванной температурными градиентами [1]. В холодное время года тёплый воздух внутри здания поднимается вверх, создавая избыточное давление в верхней части здания и разрежение в нижней. Летом ситуация обратная - холодный воздух опускается вниз, создавая разрежение вверху и избыточное давление внизу. Таким образом здание делится на две части, эти части отделяются друг от друга линией нейтрального давления. На уровне линии нейтрального давления воздух здания не попадает и не выходит из него через ограждающие конструкции, чем дальше от этой линии расположен этаж, тем сильнее будет перепад давлений на ограждающих конструкциях (рис. 1 [2]). Интенсивность stack-эффекта зависит от высоты здания, разницы температур и наличия путей для перетекания воздуха.



N_{pp} - линия нейтрального давления

Рисунок 1. Эпюры распределения давления от времени года [2]

Stack-эффект оказывает значительное влияние на микроклимат и энергоэффективность зданий. В холодное время года он может приводить к избыточной инфильтрации холодного воздуха в нижней части здания и эксфильтрации тёплого воздуха в верхней, что увеличивает теплопотери и нагрузку на системы отопления [3]. Летом stack-эффект может вызывать перегрев верхних этажей и увеличивать нагрузку на системы кондиционирования.

Для изучения и прогнозирования влияния stack-эффекта на здания применяются различные методы моделирования. Наиболее распространёнными являются:

1. Аналитические модели, основанные на уравнениях баланса массы и энергии [4];
2. Зональные модели, рассматривающие здание как набор связанных объёмов [5];
3. CFD моделирование, позволяющие детально моделировать течения воздуха и распределение температур [6];

Каждый метод имеет свои преимущества и недостатки в значениях точности, вычислительной эффективности и требуемых входных данных. Выбор подходящего метода зависит от целей исследования, доступных ресурсов и требуемой детализации результатов.

Для минимизации негативного влияния stack-эффекта на микроклимат и энергоэффективность зданий необходимо учитывать его на этапе проектирования. Ключевыми стратегиями решения проблемы являются:

1. Оптимизация формы и ориентации здания для минимизации температурных градиентов;
2. Применение воздушных барьеров и уплотнений для уменьшения инфильтрации и эксфильтрации;
3. Проектирование систем вентиляции и кондиционирования с учётом влияния stack-эффекта;
4. Использование атриумов и других буферных зон для выравнивания давлений;
5. Применение систем рекуперации тепла для снижения теплопотерь.

Эффективность этих стратегий зависит от климатических условий, типа здания и его назначения. Для оптимального учёта stack-эффекта необходим комплексный подход, основанный на моделировании, инженерном анализе и опыте проектирования.

Stack-эффект является важным фактором, влияющим на микроклимат и энергоэффективность зданий. Понимание его физических основ, влияния на инженерные системы и методов моделирования позволяет разрабатывать и принимать эффективные решения в проектировании для минимизации негативных последствий stack-эффекта. Учёт stack-эффекта при проектировании высотных зданий является необходимым условием для создания комфортной и энергоэффективной среды.

Список литературы:

1. Книга: Etheridge, D. (2012). «Естественная вентиляция зданий: теория, измерение и проектирование.» Режим доступа: <https://avidreaders.ru/read-book/natural-ventilation-of-buildings-theory-measurement.html> (Дата обращения: 08.04.2024)
2. Режим доступа: <https://henry.com/commercial/about-air-vapor-and-water-resistive-barriers/solving-common-building-environment-problems> (Дата обращения: 08.04.2024)
3. Статья: Linden, P. F. (1999). «Гидромеханика естественной вентиляции. Ежегодный обзор гидромеханики.» Режим доступа: <https://people.eng.unimelb.edu.au/imarusic/proceedings/14/FM011001.PDF> (Дата обращения: 08.04.2024)
4. Статья: Li, Y., & Delsante, A. (2001). «Natural ventilation induced by combined wind and thermal forces. Building and Environment.» Режим доступа: <https://www.semanticscholar.org/paper/Natural-ventilation-induced-by-combined-wind-and-Li-Delsante/49d990e2dbdba34d725155388201dde376e02404> (Дата обращения: 08.04.2024)
5. Книга: Axley, J. W. (2001). «Применение естественной вентиляции в коммерческих зданиях США – соответствие климатическим условиям, стратегии и методы проектирования, модельные исследования.» Режим доступа: https://www.academia.edu/3014909/Application_of_natural_ventilation_for_US_commercial_buildings_climate_suitability_design_strategies_and_methods_modeling_studies (Дата обращения: 08.04.2024)
6. Статья: Chen, Q. (2009). «Прогнозирование эффективности вентиляции зданий: обзор метода и последние применения.» Режим доступа: <https://www.sci-hub.ru/10.1016/j.buildenv.2008.05.025> (Дата обращения: 10.04.2024)

References:

1. Book: Etheridge, D. (2012). «Natural ventilation of buildings: theory, measurement and design.» Access mode: <https://avidreaders.ru/read-book/natural-ventilation-of-buildings-theory-measurement.html> (Date of access: 08.04.2024)
2. Access mode: <https://henry.com/commercial/about-air-vapor-and-water-resistive-barriers/solving-common-building-environment-problems> (Date of access: 08.04.2024)
3. Article: Linden, P. F. (1999). "The fluid mechanics of natural ventilation. Annual review of fluid mechanics." Access mode: <https://people.eng.unimelb.edu.au/imarusic/proceedings/14/FM011001.PDF> (Date of access: 08.04.2024)
4. Article: Li, Y., & Delsante, A. (2001). "Natural ventilation induced by combined wind and thermal forces. Building and Environment." Access mode: <https://www.semanticscholar.org/paper/Natural-ventilation-induced-by-combined-wind-and-Li-Delsante/49d990e2dbdba34d725155388201dde376e02404> (Date of access: 08.04.2024)
5. Book: Axley, J. W. (2001). "Application of natural ventilation for US commercial buildings—climate suitability, design strategies & methods, modeling studies." Access mode: https://www.academia.edu/3014909/Application_of_natural_ventilation_for_US_commercial_buildings_climate_suitability_design_strategies_and_methods_modeling_studies (Date of access: 08.04.2024)
6. Article: Chen, Q. (2009). "Ventilation performance prediction for buildings: A method overview and recent applications." Access mode: <https://www.sci-hub.ru/10.1016/j.buildenv.2008.05.025> (Date of access: 10.04.2024)