

Расчет ветровой нагрузки на поперечную раму одноэтажного здания

Болтовский Лев Александрович

Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

Целью данной статьи является описание методики расчета ветровой нагрузки на поперечную раму здания. В ходе данной работы использованы поисковые и вычислительные методы исследования, позволившие рассчитать не только нагрузку непосредственно на поперечную раму, но и расчеты, косвенно относящиеся к нагрузке поперечной рамы. В результате проделаны калькуляционные вычисления, в ходе которых рассчитана нагрузка на одноэтажное здание.

Ключевые слова: поперечная рама, ветровая нагрузка, ветровая нагрузка на одноэтажное здание.

Calculation of the wind load on the transverse frame of a single-storey building

Boltovskiy Lev Alexandrovich

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Student

Abstract

The purpose of this article is to describe a method for calculating the wind load on the transverse frame of a building. In the course of this work, search and computational research methods were used, which made it possible to calculate not only the load directly on the transverse frame, but also calculations indirectly related to the load of the transverse frame. As a result, calculation calculations were carried out, during which the load on a one-story building was calculated.

Keywords: transverse frame, wind load, wind load on a single-storey building.

1. Введение

1.1 Актуальность исследования

Актуальность расчета ветровой нагрузки на поперечную раму одноэтажного здания обусловлена необходимостью обеспечения надежности и безопасности строительных конструкций в условиях переменных климатических воздействий. Ветровое воздействие формирует значительные горизонтальные усилия, способные влиять на пространственную работу каркаса, устойчивость ограждающих конструкций и напряженно-деформированное состояние несущих элементов. Корректное определение данной нагрузки является обязательным этапом проектирования и служит

основой для выбора рациональных конструктивных решений и параметров фундаментной системы.

Дополнительную актуальность исследования определяется тенденцией к увеличению площади одноэтажных зданий гражданского и производственного назначения и их размещению в районах с неблагоприятными ветровыми режимами. Ошибки при определении ветровой нагрузки могут приводить к недопустимым деформациям, снижению эксплуатационной надежности и повышению риска прогрессирующего разрушения. Поэтому разработка и применение научно обоснованных методов расчета ветрового воздействия на поперечные рамы рассматривается как важное направление современного строительного проектирования.

1.2 Обзор исследований

В статье П. А. Хазова [1] по результатам аэродинамических испытаний макета проектируемого большепролетного здания определены значения аэродинамических коэффициентов ветровой нагрузки при различных углах направленности ветрового потока. Приведены примеры оптимизации внешних форм высотных зданий для уменьшения воздействия ветровой нагрузки, доказана актуальность темы применения архитектурных приёмов для уменьшения влияния ветровой нагрузки на высотные здания, представлен экспериментальный способ определения параметров давления на высотное здание в исследовании Л. С. Волгина [2]. В работе М. А. Филина [3] рассматриваются общие вопросы определения нагрузок на здания, с уклоном на ветровое воздействие. Исследованы характер и методы расчета ветровой нагрузки, включая подходы, такие как расчет по нормам, испытания в аэродинамической трубе и математическое моделирование. Выявлена актуальность использования современных методов компьютерного моделирования для расчета ветрового давления и необходимость верификации результатов. В статье Е. М. Голякова рассматривается воздействие ветра на высотные здания, особенности их аэродинамического расчета и анализ ветровой нагрузки на многоэтажное здание в городе Рязани [4]. Проанализирована методология определения ветровой нагрузки на здания и сооружения, основанная на физической природе воздушных масс, рассмотрены основные параметры расчета ветрового воздействия, учтенные в современных нормативных документах, в исследовании Д. А. Панова [5].

1.3 Цель исследования

Целью данного исследования является описание и проведение методики расчета нагрузки на поперечную раму одноэтажного здания.

2. Материалы и методы

Материалы и методы исследования направлены на определение ветровой нагрузки, действующей на поперечную раму одноэтажного здания, с учетом нормативных требований и особенностей пространственной работы конструкций. В качестве исходных материалов рассматриваются

геометрические параметры здания, включая высоту, длину и шаг поперечных рам, а также сведения о районе строительства, характеризующие ветровой режим территории. Для описания внешнего воздействия используются нормативные значения ветрового давления и скорости ветра, устанавливаемые действующими сводами правил и стандартами. Конструктивная схема здания представляется в виде плоской рамы, работающей в плоскости действия ветра.

3. Результаты и обсуждение

Ветровая нагрузка на здание – это совокупность аэродинамических воздействий, возникающих вследствие обтекания сооружения воздушным потоком атмосферного происхождения. Ветровая нагрузка относится к категории изменчивых климатических нагрузок и обладает выраженной пространственной и временной неравномерностью, что требует ее специального учета при проектировании несущих и ограждающих систем.

Поперечная рама здания – это основная расчетно-конструктивная система, формируемая несущими элементами, расположенными в поперечном направлении относительно продольной оси сооружения. В состав поперечной рамы, как правило, входят колонны и элементы покрытия (ригели, фермы или балки), объединенные жесткими или шарнирными узлами. Поперечные рамы принимают значительную часть вертикальных нагрузок от покрытия и перекрытий, а также горизонтальные воздействия, возникающие от ветра, кранового оборудования и технологических процессов, обеспечивая пространственную устойчивость и неизменяемость каркаса.

Поперечные рамы образуют между собой некую сеть по длине здания, определяемую шагом рам, который, в свою очередь, связан с технологическими требованиями и типовыми размерами зданий. Система поперечных рам совместно с продольными связями, фахверками и прогонами формирует пространственную работу каркаса. При этом каждая рама рассматривается как основной несущий каркас в поперечном направлении, а продольные элементы обеспечивают совместную работу рам между собой и воспринимают нагрузки, действующие вдоль здания.

Расчет ветровой нагрузки на помещение

Для приведения расчетных формул, необходимо внести некоторые переменные, которые позволят произвести непосредственно калькуляцию: во-первых, высота здания. Будем воспринимать усредненное значение – 4,5 метра. Во-вторых, воспримем расчётную скорость ветра за 24 м/с. Стоит отметить, что такая скорость обусловлена местностью, которая является городской средой. Далее – плотность воздуха: 1,225 кг/м³. Здание не промышленное, без крановых нагрузок. Подставляя значения под обозначения, получаем:

1. высота здания $h = 4,5$ м.
2. расчетная скорость ветра $V = 24$ м/с
3. плотность воздуха $\rho = 1,225$ кг/м³

Расчет скоростного напора ветра

Одна из формул, позволяющих это рассчитать, выглядит следующим образом:

$$q = \frac{1}{2} \rho v^2$$

Подставляя значения получаем:

$$q = 0,5 \cdot 1,225 \cdot (24)^2 = 0,6125 \cdot 576 \approx 352,8 \text{ Н/м}^2 = 0,353 \text{ кПа}$$

Выходит, скоростной напор при данной скорости ветра $q = 0,353 \text{ кПа}$.

Приведение напора к высоте здания.

Теперь, необходимо ввести в вычисления высоту здания, которая в данном случае 4,5 метра. Необходимая формула:

$$q_z = q_0 k_z k_e$$

Последовательно получаем:

1. $q_0 = 0,35 \text{ кПа}$ (значение, полученное при первом вычислении)
2. $k_z = 1,0$ (увеличение на высоте 8 метров)
3. $k_e = 0,75$ (поскольку среда городская)

Расчет:

$$q_z = 0,35 \cdot 1,0 \cdot 0,75$$

$$q_z = 0,2625 \text{ кПа}$$

Скоростной напор на уровне верха здания равен приблизительно 0,26 кПа.

Теперь рассчитаем давление ветра на фасад

Примем также:

1. $c_p = 0,8$ - коэффициент давления на наветренную стену
2. $c_d = 1,0$ - динамический коэффициент

Далее:

$$q_z \cdot c_p \cdot c_d$$

$$w = 0,26 \cdot 0,8 \cdot 1,0$$

$$w = 0,208 \text{ кПа}$$

$$w \approx 0,21 \text{ кН/м}^2$$

Из расчета видно, что примерное давление 0,21 кН/м²

Теперь, после проделанных калькуляций приступаем к расчету горизонтальной нагрузки на раму здания:

$$H = w \cdot h$$

где

1. $w = 0,21 \text{ кН/м}^2$

2. $h=4,5$ м

Тогда

$$H = 0,21 \cdot 4,5$$

$$H = 0,945 \text{ kH/m}$$

$$H \approx 0,95 \text{ kH}$$

$H \approx 0,95$ кН на метр длины стены.

Стоит отметить, что полученные результаты распространяются лишь на некоторую площадь. Для расчета на каждую раму необходимо внести дополнительную переменную – ход поперечных рам. Поперечная рама воспринимает часть ветровой нагрузки, пропорциональную шагу рам. В представленном случае, для непромышленного здания зачастую это расстояние составляет от пяти до семи метров. Возьмём усредненное значение: $l = 6$ м

Ранее рассчитано:

$$H \approx 0,95 \text{ kH}$$

Тогда нагрузка на раму

$$P = H \cdot l$$

Последовательно получаем:

$$P = 0,95 \cdot 6 = 5,7 \text{ kH}$$

Полученное в расчётах значение 5,7 кН представляет собой сосредоточенную эквивалентную нагрузку, приходящуюся на одну поперечную раму здания при действии нормативного ветрового воздействия. Данная величина формируется в результате перехода от поверхностного давления ветра на ограждающие конструкции к линейной нагрузке вдоль протяжённости фасада, а затем – к распределению этой нагрузки между несущими рамами в соответствии с их шагом. Иными словами, суммарное давление ветра на участок стены, закреплённый на одну раму, приводится к расчетной силе, воспринимаемой рамной системой.

4. Выводы

В ходе исследования проведена расчетная работа на примере одноэтажного здания, рассмотрены методики расчетов, необходимых для установления ветровой нагрузки на поперечную раму. Выполнен переход от скоростных характеристик ветра к расчетному ветровому давлению, далее – к линейной распределённой нагрузке по протяжённости фасада и к нагрузке, воспринимаемой отдельной поперечной рамой при заданном конструктивном шаге.

Практическая значимость выполненной работы заключается в возможности прямого применения полученных результатов и методических положений при проектировании одноэтажных зданий каркасного типа.

Библиографический список

1. Хазов П. А., Февральских А. В., Лампси Б. Б. Экспериментальное исследование распределения ветровой нагрузки на поверхность большепролетного здания // Приволжский научный журнал. 2019. №. 2(50). С. 9-16. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38197297> (дата обращения: 12.01.26).
2. Волгина Л. С., Янченко В. А. Применение архитектурных приёмов для уменьшения влияния ветровой нагрузки на высотные здания // Молодой исследователь Дона. 2021. №. 2(29). С. 12-16. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45538157> (дата обращения: 12.01.26).
3. Филина М. А., Салищева В. Д. Ветровая нагрузка на здания и сооружения // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сборник статей по материалам СXXXII студенческой международной научно-практической конференции, Новосибирск, 11 декабря 2023 года. Новосибирск: Общество с ограниченной ответственностью "Сибирская академическая книга", 2023. С. 14-24. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=60056095> (дата обращения: 12.01.26).
4. Голяков Е. М., Тинина Е. В., Чудинин М. С. Расчет ветровой нагрузки на здание // Новые технологии в учебном процессе и производстве : Материалы XVII Международной научно-технической конференции, Рязань, 17–19 апреля 2019 года / Под редакцией А.А. Платонова, А.А. Бакулиной. – Рязань: Общество с ограниченной ответственностью "Рязаньпроект", 2019. С. 389-392. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44243374> (дата обращения: 12.01.26).
5. Панова Д. А., Дмитриева А. В. Методология расчета ветровых нагрузок на здания и сооружения // Проблемы научно-практической деятельности. Поиск и выбор инновационных решений: сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, Казань, 12 декабря 2022 года. Стерлитамак: Общество с ограниченной ответственностью "Агентство международных исследований", 2022. С. 145-150. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49964777> (дата обращения: 12.01.26).