

Расчёт ветровой нагрузки на промышленное здание в г. Биробиджан*Бабашов Даниэль Эльманович**Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема**Студент***Аннотация**

В статье определена ветровая нагрузка на промышленное здание в г. Биробиджане с учётом региональных климатических особенностей резко континентального муссонного типа. Методы включали анализ многолетних метеоданных, классификацию территории по типу местности «В» и расчёт нагрузок согласно требованиям СП 20.13330.2016 для объекта высотой 12,5 м. В результате получены эквивалентные равномерно распределённые ветровые нагрузки: 1,34 кН/м с наветренной стороны и 1,01 кН/м с заветренной, что подтверждает необходимость индивидуального подхода к проектированию зданий в условиях Дальнего Востока России.

Ключевые слова: ветровые нагрузки, здание, строительство, расчет.

Calculation of wind load on an industrial building in Birobidzhan*Babashov Daniel Elmanovich**Sholom-Aleichem Priamursky State University**Student***Abstract**

The article defines the wind load on an industrial building in Birobidzhan, taking into account the regional climatic features of the sharply continental monsoon type. The methods included analysis of long-term weather data, classification of the territory by type of terrain "B" and calculation of loads according to the requirements of SP 20.13330.2016 for an object with a height of 12.5 m. As a result, equivalent evenly distributed wind loads were obtained: 1.34 kN/m on the windward side and 1.01 kN/m on the windward side, which confirms the need for an individual approach to building design in the conditions of the Russian Far East.

Keywords: wind loads, building, construction, calculation.

1. Введение

В условиях современного строительства особое внимание уделяется обеспечению надёжности и долговечности зданий и сооружений, особенно промышленного назначения, которые подвергаются воздействию различных природных и климатических факторов. Одним из наиболее значимых природных воздействий, влияющих на устойчивость и безопасность конструкций, является ветровая нагрузка. Неправильная оценка или недоучёт этого фактора может привести к деформациям, повреждениям несущих

элементов, а в крайних случаях — к частичному или полному разрушению здания.

Город Биробиджан, являющийся административным центром Еврейской автономной области, расположен в Дальневосточном федеральном округе России. Регион характеризуется континентальным климатом с выраженными сезонными колебаниями температур и значительной ветровой активностью, особенно в зимний и весенний периоды. Учитывая специфику местных климатических условий, расчёт ветровой нагрузки при проектировании промышленных зданий в данном регионе приобретает особую важность.

В современных исследованиях ветровых нагрузок на здания и сооружения выделяются работы, охватывающие как теоретические основы расчета, так и практические аспекты применения в различных региональных условиях. А. И. Комаров исследует комплексный подход к расчету ветровых и других нагрузок при реконструкции спортивных сооружений, обосновывая методику оценки возможности увеличения этажности существующих зданий с учетом изменяющихся ветровых воздействий [1]. Региональная специфика ветровых нагрузок детально анализируется К. А. Трифоновым применительно к арктическим условиям города Архангельска, где выявляются особенности ветрового режима и его влияние на конструктивные решения строительных объектов в северных широтах [2]. В. М. Поздеев и Н. П. Соловьёв проводят детальное исследование параметров ветровых нагрузок для Республики Марий Эл, разрабатывая региональные рекомендации по проектированию зданий с учетом местных климатических особенностей [3]. Фундаментальные аспекты взаимодействия ветровых потоков с различными типами строительных конструкций систематизируются в работе Е. К. Грачевой, которая рассматривает физические механизмы ветрового воздействия и методы их количественной оценки для обеспечения надежности зданий и сооружений [4].

Целью данной работы является выполнение расчёта ветровой нагрузки на промышленное здание, расположенное в г. Биробиджане, с учётом действующих нормативных требований и климатических особенностей региона.

2. Климатические особенности г. Биробиджана и их влияние на ветровую нагрузку

2.1. Географическое положение и рельеф территории

Город Биробиджан является административным центром Еврейской автономной области и расположен на Дальнем Востоке России в междуречье рек Амур и Бира. Географические координаты города: $48^{\circ}48'$ с.ш. $132^{\circ}54'$ в.д. Территория характеризуется преимущественно равнинным рельефом с отдельными холмистыми участками. Средняя высота над уровнем моря составляет 80-100 м. Такое географическое положение обуславливает формирование специфического климатического режима, включающего

влияние как континентальных воздушных масс, так и муссонной циркуляции с Тихого океана.

2.2. Общая климатическая характеристика региона

Климат г. Биробиджана относится к резко континентальному с муссонными чертами. Для региона характерны:

- холодная продолжительная зима с устойчивым снежным покровом (средняя температура января -21°C , минимальные температуры достигают -40°C);
- теплое, но короткое лето (средняя температура июля $+21^{\circ}\text{C}$, максимальные температуры до $+35^{\circ}\text{C}$);
- значительное годовое количество осадков (600-700 мм), максимальное количество которых приходится на летний период;
- высокая влажность воздуха в теплый период года.

Такие климатические условия создают предпосылки для формирования интенсивных ветровых потоков, особенно в переходные периоды года (весна и осень).

2.3. Анализ ветрового режима г. Биробиджана

По данным многолетних наблюдений метеостанции Биробиджан, средняя годовая скорость ветра составляет 2,8-3,2 м/с. Однако для расчёта ветровых нагрузок на строительные конструкции наибольшее значение имеют данные о повторяемости ветров различной интенсивности и направления, а также максимальные значения скоростей ветра, наблюдаемые в течение года.

Основные характеристики ветрового режима:

- Преобладающие направления ветра: зимой – северные и северо-западные ветры (частота повторяемости 25-30%), летом – южные и юго-восточные (до 40%);
- Максимальные скорости ветра: за последние 10 лет зарегистрированы значения до 28 м/с (10-минутный интервал осреднения);
- Повторяемость штормовых ветров (скорость ≥ 15 м/с): в среднем 15-20 дней в году, преимущественно в марте-апреле и сентябре-октябре;
- Роза ветров имеет выраженную асимметрию, что необходимо учитывать при ориентации промышленных зданий на участке.

Важным фактором является также влияние местного рельефа и застройки на характеристики ветрового потока. Территория города относится к типу местности "В" по классификации СП 20.13330.2016 [5] (местность, покрытая препятствиями высотой более 3 м на расстоянии не менее 10 высот этих препятствий).

2.4. Нормативные значения ветрового давления

Согласно карте ветровых районов РФ, приведенной в приложении Ж СП 20.13330.2016 [5], г. Биробиджан относится к ветровому району II. Нормативное значение давления ветра w_0 для данного района составляет 0,30 кПа (30 кгс/м²).

3. Расчёт ветровой нагрузки на промышленное здание в г. Биробиджане

3.1. Исходные данные для расчёта

Ветровая нагрузка оказывает активное давление на здание с наветренной стороны и отсос с заветренной стороны. Для г. Биробиджана согласно карте ветровых районов РФ по СП 20.13330.2016 [5] здание расположено во II ветровом районе, где нормативное значение ветрового давления $w_0=0,30\text{кН/м}^2$.

Территория строительства относится к местности типа В (городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м).

Основные геометрические параметры здания:

Высота от уровня земли до низа ригеля (карниза): $H_1=8,4\text{м}$

Высота от уровня земли до верха здания (конька): $H_2=12,5\text{м}$

Высота шатра: $H_{\text{ш}}=H_2-H_1=4,1\text{м}$

Ширина расчётного блока (шаг колонн): $B=6\text{м}$

Коэффициенты для расчёта:

Аэродинамический коэффициент для наветренной стороны: $c=0,8$

Аэродинамический коэффициент для заветренной стороны: $c'=0,6$

Коэффициент надёжности по ветровой нагрузке: $\gamma_f=1,4$

3.2. Расчёт погонной ветровой нагрузки по высоте

Расчётная линейная ветровая нагрузка, передаваемая на колонну рамы на высоте z , определяется по формуле:

$$q_w=w_0 \cdot k \cdot c \cdot \gamma_f \cdot B$$

где k – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте z , принимаемый по табл. 7.5 СП 20.13330.2016 для типа местности В.

Коэффициенты k для типа местности В:

На высоте $z \leq 5\text{м}$: $k_5=0,5$

На высоте $z=10\text{м}$: $k_{10}=0,65$

На высоте $z=20\text{м}$: $k_{20}=0,85$

3.3. Расчёт нагрузки на характерных отметках

На высоте 5 м:

$$q_5=0,30 \cdot 0,5 \cdot 0,8 \cdot 1,4 \cdot 6,0=1,008 \text{ кН/м}$$

На высоте 10 м:

$$q_{10}=0,30 \cdot 0,65 \cdot 0,8 \cdot 1,4 \cdot 6,0=1,310 \text{ кН/м}$$

На высоте 8,4 м (низ ригеля) определяем линейной интерполяцией между 5 м и 10 м:

$$q_{8,4}=q_5+(q_{10}-q_5) \cdot ((8,4-5)/(10-5))=1,008+(1,310-1,008) \cdot (3,4/5)=1,214 \text{ кН/м}$$

На высоте 12,5 м (верх здания) определяем линейной интерполяцией между 10 м и 20 м:

$$q_{12,5}=q_{10}+(q_{20}-q_{10})\cdot((12,5-10)/(20-10))$$

Сначала рассчитаем q_{20} :

$$q_{20}=0,30\cdot0,85\cdot0,8\cdot1,4\cdot6,0=1,714\text{кН/м}$$

$$q_{12,5}=1,310+(1,714-1,310)\cdot(2,5/10)=1,411\text{кН/м}$$

3.4. Определение сосредоточенной силы на уровне кровли

Ветровую нагрузку, действующую на участке от низа ригеля до верхней точки здания, заменяют сосредоточенной силой, приложенной в уровне нижнего пояса фермы.

Значение этой силы:

со стороны активного давления ветра:

$$W=((q_{8,4}+q_{12,5})\cdot H_{ш})/2=((1,214+1,411)\cdot4,1)/2=5,38\text{кН}$$

со стороны отсоса:

$$W'=W\cdot(c'/c)=5,38\cdot0,60,8=4,04\text{кН}$$

Общая сосредоточенная сила:

$$W_w=W+W'=5,38+4,04=9,42\text{кН}$$

3.5. Расчёт эквивалентной равномерно распределённой нагрузки

Фактическую линейную нагрузку (в виде ломаной линии) для упрощения расчёта заменяют равномерно распределённой по высоте эквивалентной нагрузкой q_3 . Интенсивность эквивалентной нагрузки находят из условия равенства изгибающего момента M_0 в основании условной защемлённой консольной стойки, по длине равной высоте рамы $H=12,5$ м, от фактического ветрового давления и от эквивалентной нагрузки.

Изгибающий момент в защемлённой стойке от фактического ветрового давления:

$$M_0=4,20+12,92+20,38+67,25=104,75\text{кН/м}$$

Эквивалентная равномерно распределённая нагрузка с наветренной стороны:

$$q_3=2M_0/H^2=(2\cdot104,75)/12,5^2=1,34\text{кН/м}$$

Эквивалентная равномерно распределённая нагрузка с заветренной стороны (отсос):

$$q'_3=q_3\cdot(c'/c)=1,34\cdot(0,6/0,8)=1,01\text{кН/м}$$

4. Заключение

В ходе исследования выполнены расчеты ветровой нагрузки для промышленного здания в г. Биробиджане с учетом региональных климатических особенностей. Установлено, что распределённая нагрузка с наветренной стороны $q_3=1,34\text{кН/м}$, а распределённая нагрузка с заветренной стороны (отсос) $q'_3=1,01\text{кН/м}$, что требует специальных конструктивных решений. Полученные результаты подтверждают необходимость

индивидуального подхода к проектированию зданий в условиях резко континентального климата Дальнего Востока России для обеспечения их надежности и долговечности. Полученный расчет может быть применен для проектирования промышленных объектов в аналогичных климатических условиях.

Библиографический список

1. Комаров А.И. Расчет ветровой нагрузки, других нагрузок и воздействий при определении возможности увеличения этажности здания спортивного назначения // Потаповские чтения - 2025. 2025. С. 127-146. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=82825825>
2. Трифонов К.А. Анализ ветрового воздействия на строительный объект города Архангельска // VI Пахтусовские чтения: Арктические проекты России. 2025. С. 303-314. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=88765096>
3. Поздеев В.М., Соловьёв Н.П. Ветровая нагрузка для Республики Марий Эл // Город XXI века. Мировые тренды и региональные особенности. 2025. С. 692-697. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=82524598>
4. Грачева Е.К. Воздействие ветра на здания и сооружения // Летняя школа молодых ученых ЛГТУ. 2024. С. 17-19. <https://elibrary.ru/item.asp?id=60023480>
5. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия