

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ БОКОВОГО ДАВЛЕНИЯ СНЕГА НА ОГРАЖДАЮЩУЮ КОНСТРУКЦИЮ

С. Ю. ШАКИРОВА

*Научный руководитель – Г. Н. Голубь (канд. техн. наук, доцент)
Ярославский государственный технический университет,
Российская Федерация*

Проблема проектирования зданий и сооружений с учетом бокового давления снега в местах его скопления актуальна и встречается довольно часто. Целью исследования являлись вопросы учета бокового давления при проектировании ограждающей конструкции. В статье приведены результаты анализа ранних исследований свойств снега. Отмечается три возможных варианта воздействия снега на ограждающую конструкцию. Установлено, что боковое давление снега при определенных условиях оказывает существенное влияние.

Современными строительными нормами напрямую не регламентируется учет бокового давления снега на строительные конструкции зданий. Однако подобное воздействие может быть существенным. Например, в местах скопления снеговых мешков боковое давление снега может провоцировать деформации стеновых ограждений, обладающих незначительной жесткостью.

Существует несколько ситуаций, при которых возможно возникновение снежных наносов у отдельных частей здания, например:

- образование снегового мешка у перепада высот здания или сооружения (рисунок 1, а);
- близкое расположение двух зданий разной высоты и образование снежных отложений у стен (рисунок 1, б);
- здание расположено у подножия склона (рисунок 1, в).

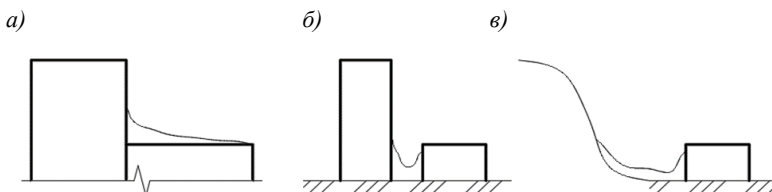


Рисунок 1 – Ситуации, оптимальные для возникновения снежных отложений и наносов

Все эти варианты объединяет одна главная мысль – влияние ветров, а именно сосредоточение переносимого ветром снега у препятствий, которыми являются вертикальные ограждения зданий и сооружений.

Однако при проектировании зданий и сооружений на воздействие снеговой нагрузки обычно исходят из статического воздействия снега, прикладываемого к конструкциям в виде вертикальной нагрузки [1, 2]. Эти нагрузки достаточно изучены и отражены в нормах проектирования. Но часто возникают ситуации, когда стены под действием снегового мешка буквально продавливаются с образованием излома. В иных ситуациях возможен и удар снежной массы о конструкцию. Эти факторы приносят массу неудобств на протяжении всего жизненного цикла здания и требуют принятия соответствующих инженерных решений. Такими решениями могут быть как конструктивные меры, препятствующие возникновению бокового давления снега, так и расчет конструкции с учетом восприятия такого давления.

Расчет строительных конструкций с учетом бокового давления снега актуален в ряде ситуаций, однако он осложнен отсутствием единой общепринятой методики вычисления интенсивности такого давления.

Анализ результатов исследования свойств снега [3] показывает необходимость в разработке методики учета его бокового давления. Стоит отметить, что из-за нестабильных свойств снега сложно разработать точные методы для определения давления. Это происходит вследствие того, что боковое давление в большей степени зависит от физико-механических свойств снега.

Для оценки интенсивности бокового давления снега проведена аналогия между снегом и грунтом. В первую очередь целесообразно рассмотреть физико-механические свойства грунта, необходимые для вычисления активного бокового давления на подпорную стенку согласно [4]. Это позволяет выделить из множества параметров, характеризующих свойства снега, необходимые для определения бокового давления снега на ограждающую конструкцию.

Формула нормальной составляющей давления на глубине z вычисляется по формуле

$$\sigma_{h,a}(z) = K_a(\gamma \cdot z + q) - 2c\sqrt{K_a}, \quad (1)$$

где c – удельное сцепление грунта; γ – удельный вес грунта, кН/м^3 ; K_a – коэффициент активного давления.

Удельный вес грунта

$$\gamma = \rho \cdot g, \quad (2)$$

где ρ – плотность, кг/м^3 ; g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

Коэффициент активного давления, в свою очередь, может быть найден из выражения

$$K_a = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right), \quad (3)$$

где φ – угол внутреннего трения грунта.

Из приведенных формул видно, что основными характеристиками для грунтов являются:

- коэффициент активного давления K_a , который, в свою очередь, зависит от угла внутреннего трения φ ;
- удельный вес γ , который зависит от плотности ρ ;
- удельное сцепление грунта c .

Анализ физико-механических свойств снега дает следующее представление о его характеристиках. Снег представляет собой пористую массу, состоящую из относительно прочных, но слабо связанных между собой кристаллов и зерен, между которыми содержится воздух [3].

Характер и интенсивность уплотнения снега при заданных структуре, плотности и температуре зависят от величины и скорости деформирования [3]. Анализируя экспериментальные исследования, можно заметить, что чем меньше плотность и температура снега, тем легче он переходит из состояния пластической деформации в состояние разрушения. Причем активная стадия разрушения приходится на первые 15–20 минут после приложения нагрузки (рисунок 2).

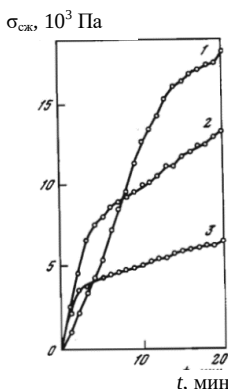


Рисунок 2 – Изменение во времени t силы сопротивления снега $\sigma_{сж}$ при одноосном сжатии с постоянной скоростью $\dot{\epsilon}$

$$\begin{aligned}
 1 - \rho &= 210 \text{ кг/м}^3, \dot{\epsilon} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ мин}^{-1}, \\
 \theta &= -12^\circ\text{C}; 2 - \rho = 136 \text{ кг/м}^3, \dot{\epsilon} = \\
 &= 6 \cdot 10^{-3} \text{ мин}^{-1}, \theta = -18^\circ\text{C}; 3 - \rho = \\
 &= 125 \text{ кг/м}^3, \dot{\epsilon} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ мин}^{-1}, \theta = \\
 &= -21^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

В качестве сжимающего усилия принимается собственный вес свежесвалившегося снега, который давит на нижележащие слои, что вызывает их раскрашивание и выдавливание из зоны сжатия. Также увеличение плотности сопровождается увеличением угла внутреннего трения и силы сцепления вследствие уплотнения снежной массы (рисунок 3) [3].

Вид снега	Температура, °С	ρ , кг/м ³	$\operatorname{tg} \phi$	$C_{\text{МГН}}$, 10 ³ Па	σ_p , 10 ⁵ Па
Снежный покров Большого Кавказа ¹					
Свежевыпавший	-6,0	80	0,40	0,002	0
метелевый	-6,0	120	0,57	0,002	0,01
	-6,0	180	0,55	0,010	0,05
	-6,0	210	0,69	0,010	0,05
	-11,0	180	0,41	0,010	0,06
Крупнозернистый фирнизированный	-2,6	320	0,47	0,030	0,07
Фирнизированный смерзшийся	-7,9	410	—	0,090	0,16
Глубинная изморозь	-2,6	240	0,40	0,020	0,03
	-11,5	270	0,43	0,020	0,04

Рисунок 3 – Средние значения коэффициента внутреннего трения $\operatorname{tg}(\phi)$, сцепления $C_{\text{МГН}}$ и сопротивления снега разрыву σ_p при быстром разрушении

Используя формулу (4) для вычисления предельного (разрушающего) сопротивления снега плоскостному сдвигу при быстром загрузении, можно произвести сравнение 1 м³ снега одной температуры, но разной плотности

$$r_{\text{пр}} = C_{\text{МГН}} + p \cdot \operatorname{tg} \phi, \quad (4)$$

где $C_{\text{МГН}}$ – сопротивление снега быстрому сдвигу при отсутствии напряжений сжатия, называемое условно сцеплением; p – нормальное давление на поверхности среза; ϕ – угол внутреннего трения.

Условие 1: температура $t = -6,0$ °С; $\rho = 80$ кг/м³; $\phi = 22^\circ$;

$C_{\text{МГН}} = 0,002 \times 10^5$ Па.

Условие 2: температура $t = -6,0$ °С; $\rho = 210$ кг/м³; $\phi = 34^\circ$;

$C_{\text{МГН}} = 0,010 \times 10^5$ Па.

Давление 1 м³ снега на 1 м² составляет:

$$p_1 = \frac{\rho v g}{S} = \frac{80 \cdot 1 \cdot 9,81}{1} = 784,8 \text{ Па};$$

$$p_2 = \frac{\rho v g}{S} = \frac{210 \cdot 1 \cdot 9,81}{1} = 2060,1 \text{ Па}.$$

Тогда предельное (разрушающее) сопротивление снега сдвигу

$$r_{\text{пр},1} = 0,002 \cdot 10^5 + 784,8 \cdot \operatorname{tg}(22^\circ) = 517,1 \text{ Па};$$

$$r_{\text{пр},2} = 0,010 \cdot 10^5 + 2060,1 \cdot \operatorname{tg}(34^\circ) = 2389,6 \text{ Па};$$

$$r_{\text{пр},1} = 517,1 \text{ Па} < r_{\text{пр},2} = 2389,6 \text{ Па}.$$

Вывод: свежавывающий метелевый снег меньшей плотности, обладающий меньшим углом внутреннего трения и сцеплением, будет подвержен разрушению при меньших значениях сдвигающего усилия. Таким образом, можно говорить о том, что наиболее неблагоприятными условиями для возникновения значительного снегового бокового давления является свежавывающий метелевый снег низкой плотности и температуры.

Исходя из вышеизложенного, можно сказать, что снег обладает необходимыми физико-механическими характеристиками, необходимыми для расчета бокового давления на вертикальную ограждающую конструкцию. Наличие аналогичных характеристик у грунтов дает возможность использовать расчет активного бокового давления грунта на подпорную стенку применительно к снегу.

Список литературы

- 1 Нагрузки и воздействия : СП 20.13330.2016. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – Введ. 2017-06-04. – М. : Минстрой России, 2016. – 95 с.
- 2 Катьошин, В. В. Здания с каркасами из стальных рам переменного сечения (расчёт, проектирование, строительство): [монография] / В. В. Катьошин. – М. : Стройиздат, 2005 (ГУП ИПК Ульян. Дом печати). – 655 с. – ISBN 5-274-02030-5 (в пер.).
- 3 Войтковский, К. Ф. Механические свойства снега / К. Ф. Войтковский. – М. : Наука, 1977. – 126 с.
- 4 Основания зданий и сооружений : СП 22.13330.2016. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. – Введ. 2017-07-01. – М. : Минстрой России, 2016. – 162 с.

УДК 72.04

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИТРАЖА В СОВРЕМЕННЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВАХ

Е. А. ШАРАПОВА

*Научный руководитель – В. Н. Тарасенко (канд. техн. наук, доцент)
Белгородский государственный технологический университет
им. В. Г. Шухова, Российская Федерация*

Витражное остекление является одним из самых изящных и эстетичных способов украшения и обогащения интерьеров общественных зданий. Этот вид искусства стеклянного мастерства привлекает внимание своей красотой и оригинальностью, создавая неповторимую атмосферу и уют в помещении. Витражи, выполненные профессиональными мастерами, могут быть как абстрактными, так и реалистичными, передавая разнообразные сюжеты, мотивы и эмоции. Они могут использоваться в качестве декоративных элементов, а также для решения функциональных задач, например, разделения пространства или создания уникального светового эффекта. Общественные