

Примеры расчетов снеговых нагрузок покрытий зданий по ТКП EN 1991-1-3 (СН 2.01.04)

По материалам книги „Примеры
проектирования конструкций по Еврокодам”

1. Введение

В данной работе представлены примеры расчета снеговых нагрузок по ТКП EN 1991-1-3 [1] (СН 2.01.04) для одно- и двухскатных покрытий (симметричных и несимметричных), покрытий примыкающих к более высокому сооружению, а также локальных снеговых нагрузок: от скопления снега у надстроек, заграждений и от нависания снега на краю ската покрытия.

Представленные расчетные документы (исходные данные и результаты) выполнены в программе **SPECBUD – Калькулятор Нормативных Нагрузок EN** [3]. Основные исходные данные и предпосылки в расчетах были составлены на основании примеров из главы „2.3. Воздействия на конструкции, PN-EN 1991-1-3:2005 - часть 1-3: Общие воздействия. Снеговые нагрузки” книги под названием „Примеры проектирования конструкций по Еврокодам” [2]. Однако, примеры из книги были адаптированы для Беларуси: локализация объектов принята на территории Республики Беларусь, с применением расчетных положений согласно Национального Приложения к ТКП EN 1991-1-3.

Работа содержит расчеты для следующих примеров:

- [Пример 2.3. Снеговая нагрузка на покрытие жилого здания в г. Бресте.](#)
- [Пример 2.4. Снеговая нагрузка на покрытие здания переменной высоты в г. Несвиж.](#)
- [Пример 2.5. Снеговая нагрузка на покрытие промышленного здания в г. Микашевичи.](#)

В связи с отсутствием ограничений в объеме данной публикации, рассматриваемые примеры представлены в гораздо более развернутом и подробном виде, чем в вышеупомянутой книге [2]. Благодаря чему, данная статья является не только дополнением издания, но и самостоятельным материалом для анализа и изучения, для инженеров-проектировщиков и студентов строительных ВУЗов и ССУЗов.

Материалы для скачивания из сети интернет:

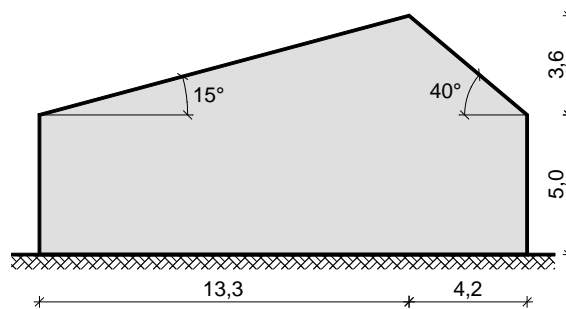
- Файл расчетов программы SPECBUD - Калькулятор Нормативных Нагрузок EN, а также данная публикация в формате PDF → [скачать](#)
- Демонстрационная версия программ SPECBUD → [скачать](#)

2. Расчеты для примера 2.3

2.1. Введение

Целью расчетов является определение характеристической снеговой нагрузки на покрытие жилого дома, расположенного в г. Бресте, в обычных условиях местности (т.е. в таких, когда не наблюдается существенного перемещения по покрытию сооружения снега при действии ветра, а также с других зданий, сооружений или деревьев), на высоте 135 м над ур. моря. Покрытие двухскатное несимметричное с углами наклонов скатов кровли, как на рисунке представленном ниже. На покрытии отсутствуют снегоудерживающие ограждения или другие элементы препятствующие соскальзыванию снега со скатов. Скаты покрытия хорошо теплоизолированы.

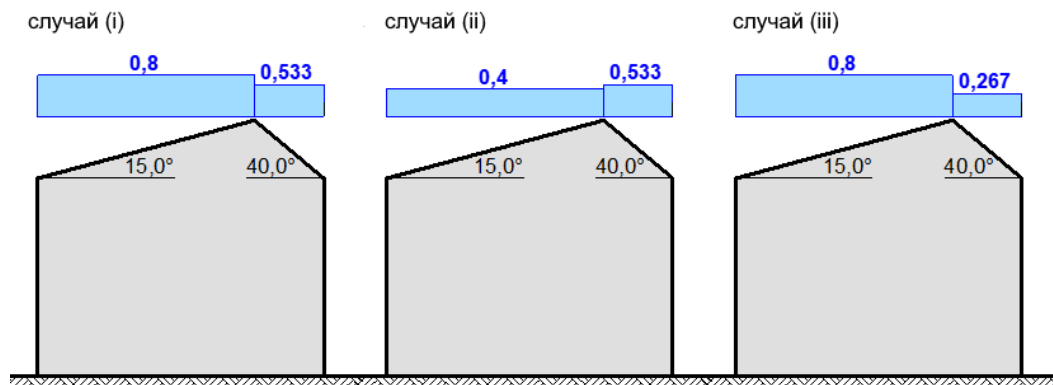
В расчетах будут рассмотрены нормальные местные условия (случай А), принятые для постоянной и переходной расчетной ситуации.



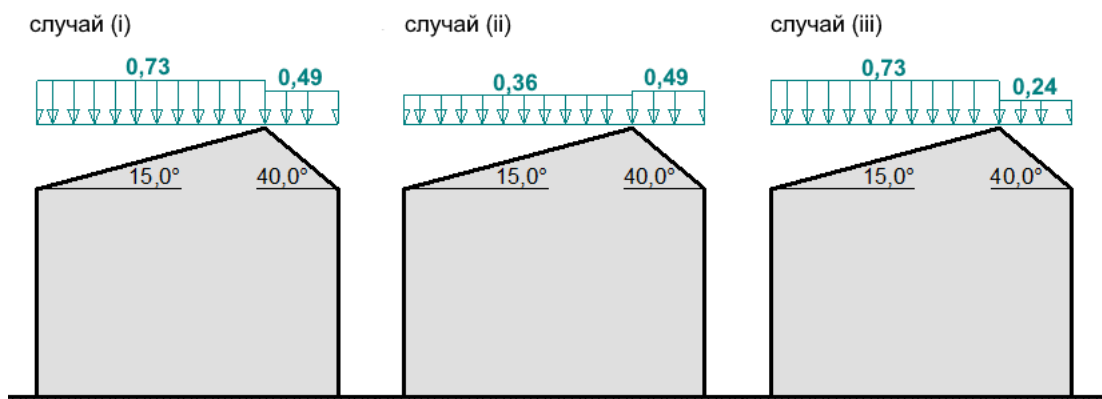
2.2. Расчет в программе – Калькулятор нормативных нагрузок EN

Снеговая нагрузка по ТКП EN 1991-1-3 / Двухскатные покрытия (5.3.3)

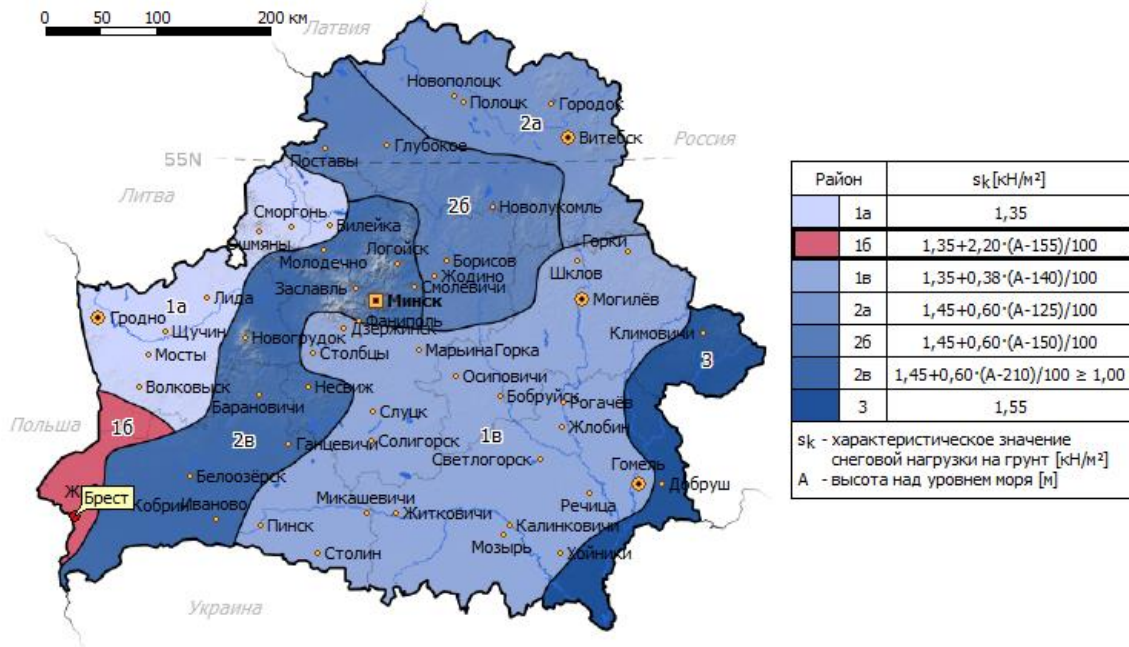
- Коэффициент формы покрытия μ [-]



- Характеристическое значение снеговой нагрузки s [кН/м²]



- Двухскатное покрытие
- Характеристическое значение снеговой нагрузки на грунт (согласно Национального Приложения):
Снеговой район 16; A = 135 м над ур. моря
 $s_k = 1,35 + 2,20 \cdot (A - 155) / 100 = 0,910 \text{ кН/м}^2$



- Местные условия: нормальные, случай А (отсутствие чрезвычайных снегопадов и чрезвычайных заносов)
- Постоянная или переходная расчетная ситуация
- Коэффициент экспозиции:
Условия местности: обычные
 $C_e = 1,0$
- Температурный коэффициент: $C_t = 1,0$

Левый скат покрытия - случай (i) - схема приложения нагрузки без учета заноса:

- Коэффициент формы покрытия:
Угол наклона ската покрытия: $\alpha_1 = 15,0^\circ$
 $\mu_2 = 0,8$
- Характеристическая снеговая нагрузка:
 $s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,910 = 0,73 \text{ кН/м}^2$

Правый скат покрытия - случай (i) - схема приложения нагрузки без учета заноса:

- Коэффициент формы покрытия:
Угол наклона ската покрытия: $\alpha_2 = 40,0^\circ$
 $\mu_2 = 0,8 \cdot (60^\circ - \alpha) / 30^\circ = 0,8 \cdot (60^\circ - 40,0^\circ) / 30^\circ = 0,533$
- Характеристическая снеговая нагрузка:
 $s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,533 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,910 = 0,49 \text{ кН/м}^2$

Менее нагруженный (левый) скат покрытия - случай (ii) - схема приложения нагрузки с учетом заноса:

- Коэффициент формы покрытия:
Угол наклона ската покрытия: $\alpha = 15,0^\circ$
 $\mu = 0,5 \cdot \mu_2 = 0,5 \cdot 0,8 = 0,4$
- Характеристическая снеговая нагрузка:
 $s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,4 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,910 = 0,36 \text{ кН/м}^2$

Более нагруженный (правый) скат покрытия - случай (ii) - схема приложения нагрузки с учетом заноса:

- Коэффициент формы покрытия:

$$\text{Угол наклона ската покрытия: } \alpha_2 = 40,0^\circ$$

$$\mu_2 = 0,8 \cdot (60^\circ - \alpha) / 30^\circ = 0,8 \cdot (60^\circ - 40,0^\circ) / 30^\circ = 0,533$$

Характеристическая снеговая нагрузка:

$$s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,533 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,910 = \mathbf{0,49 \text{ кН/м}^2}$$

Более нагруженный (левый) скат покрытия - случай (iii) - схема приложения нагрузки с учетом заноса:

- Коэффициент формы покрытия:

$$\text{Угол наклона ската покрытия: } \alpha_1 = 15,0^\circ$$

$$\mu_2 = 0,8$$

Характеристическая снеговая нагрузка:

$$s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,910 = \mathbf{0,73 \text{ кН/м}^2}$$

Менее нагруженный (правый) скат покрытия - случай (iii) - схема приложения нагрузки с учетом заноса:

- Коэффициент формы покрытия:

$$\text{Угол наклона ската покрытия: } \alpha = 40,0^\circ$$

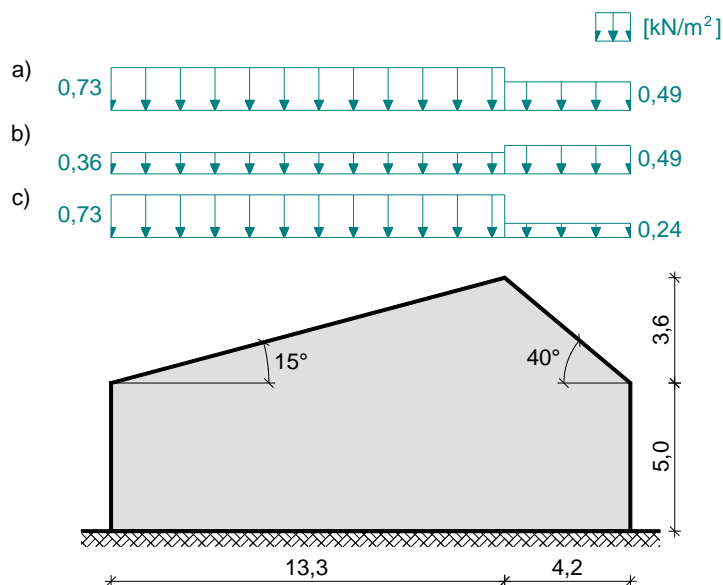
$$\mu = 0,5 \cdot \mu_2 = 0,5 \cdot 0,8 \cdot (60^\circ - \alpha) / 30^\circ = 0,5 \cdot 0,8 \cdot (60^\circ - 40,0^\circ) / 30^\circ = 0,267$$

Характеристическая снеговая нагрузка:

$$s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,267 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,910 = \mathbf{0,24 \text{ кН/м}^2}$$

2.3. Вывод

В статических расчетах покрытия в постоянной и переходной расчетной ситуации, следует учесть три случая снеговой нагрузки, представленных на изображении ниже (а – схема приложения нагрузки без учета заноса; b, c - схемы приложения нагрузки с учетом заноса).

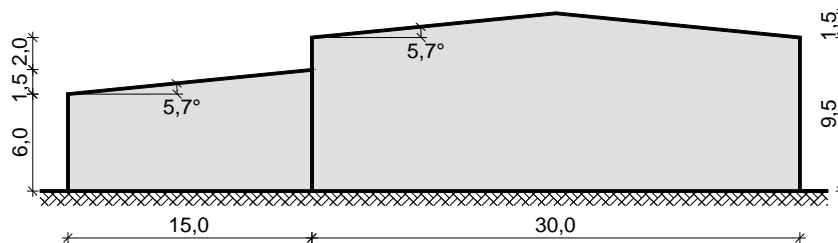


3. Расчеты для примера 2.4

3.1. Введение

Целью расчетов является определение характеристической снеговой нагрузки на покрытие здания переменной высоты, расположенного в г. Несвиже, в обычных условиях местности (т.е. в таких, когда не наблюдается существенного перемещения по покрытию сооружения снега при действии ветра, а также с других зданий, сооружений или деревьев), на высоте 178 м над ур. моря. Здание двухобъемное и состоит из более высокой части (с двухскатным покрытием) и примыкающей низкой части (односкатное покрытие), с размерами и углами наклонов скатов кровли, как на рисунке представленном ниже. На покрытии отсутствуют снегоудерживающие ограждения или другие элементы препятствующие соскальзыванию снега со скатов. Скаты покрытия хорошо теплоизолированы.

В расчетах будут рассмотрены нормальные местные условия (случай А), принятые для постоянной и переходной расчетной ситуации.

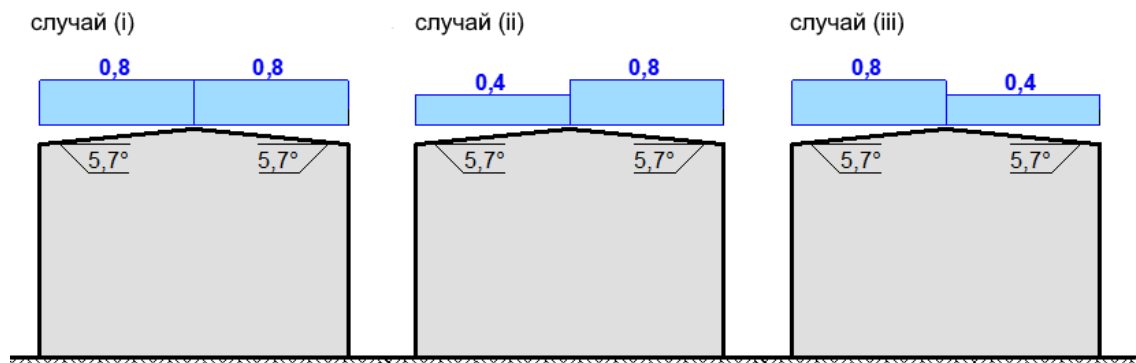


3.2. Расчет в программе – Калькулятор нормативных нагрузок EN

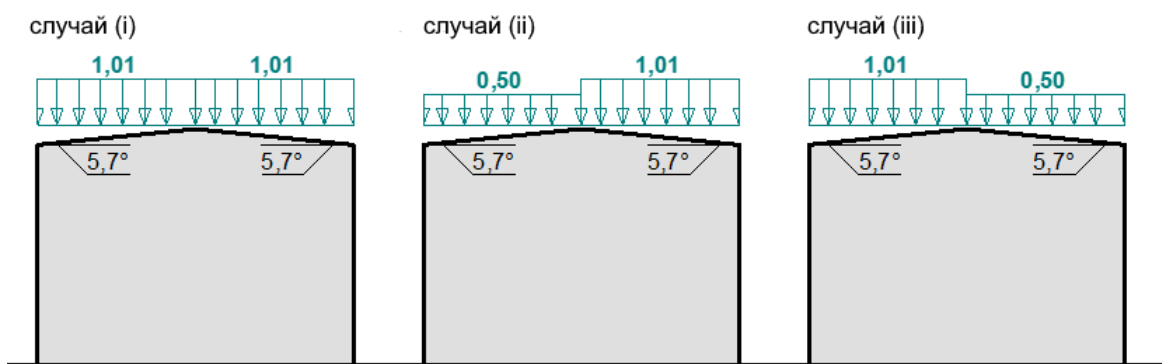
3.2.1. Покрытие более высокой части здания

Снеговая нагрузка по ТКП EN 1991-1-3 / Двухскатные покрытия (5.3.3)

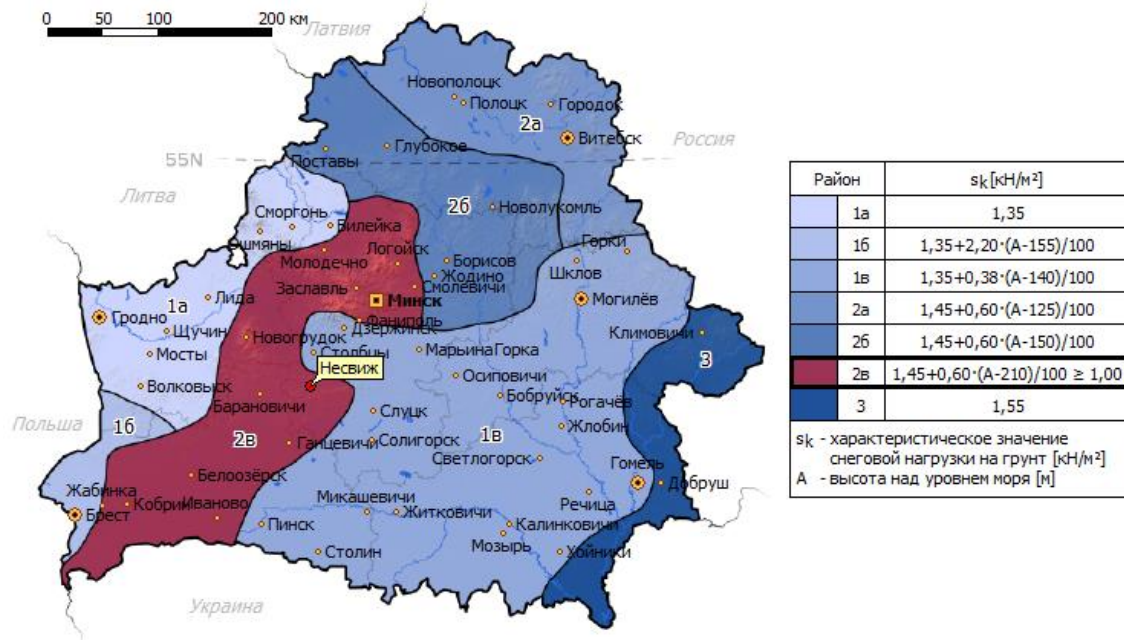
- Коэффициент формы покрытия μ [-]



- Характеристическое значение снеговой нагрузки s [кН/м²]



- Двухскатное покрытие
- Характеристическое значение снеговой нагрузки на грунт (согласно Национального Приложения):
Снеговой район 2в; A = 178 м над ур. моря
 $s_k = 1,45 + 0,60 \cdot (A - 210) / 100 = 1,258 \text{ кН/м}^2$



- Местные условия: нормальные, случай А (отсутствие чрезвычайных снегопадов и чрезвычайных заносов)
- Постоянная или переходная расчетная ситуация
- Коэффициент экспозиции:
Условия местности: обычные
 $C_e = 1,0$
- Температурный коэффициент: $C_t = 1,0$

Все покрытие - случай (i) - схема приложения нагрузки без учета заноса:

- Коэффициент формы покрытия:
Угол наклона ската покрытия: $\alpha = 5,7^\circ$
 $\mu_2 = 0,8$
- Характеристическая снеговая нагрузка:
 $s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,258 = 1,01 \text{ кН/м}^2$

Менее нагруженный скат покрытия - случай (ii/iii) - схема приложения нагрузки с учетом заноса:

- Коэффициент формы покрытия:
Угол наклона ската покрытия: $\alpha = 5,7^\circ$
 $\mu = 0,5 \cdot \mu_2 = 0,5 \cdot 0,8 = 0,4$
- Характеристическая снеговая нагрузка:
 $s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,4 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,258 = 0,50 \text{ кН/м}^2$

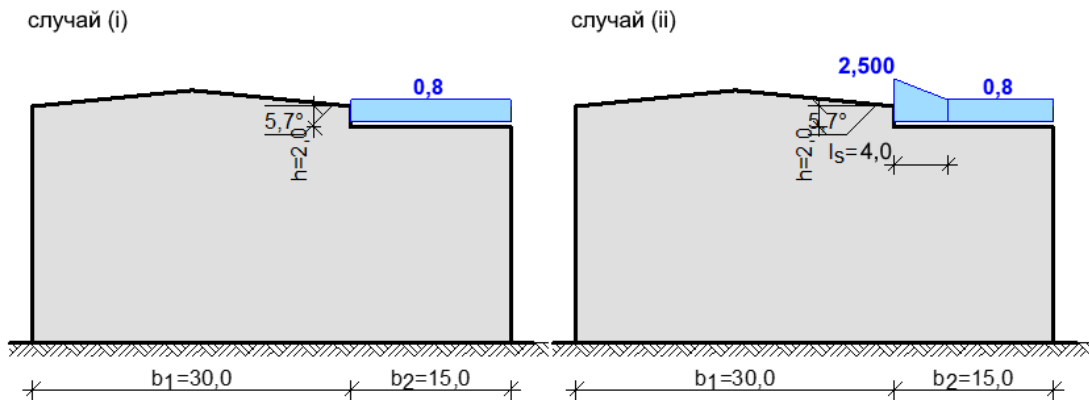
Более нагруженный скат покрытия - случай (ii/iii) - схема приложения нагрузки с учетом заноса:

- Коэффициент формы покрытия:
Угол наклона ската покрытия: $\alpha = 5,7^\circ$
 $\mu_2 = 0,8$
- Характеристическая снеговая нагрузка:
 $s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,258 = 1,01 \text{ кН/м}^2$

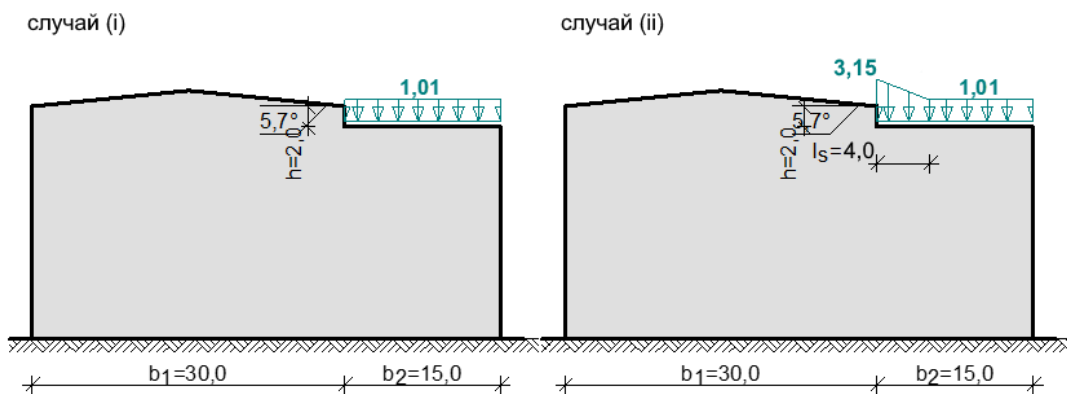
3.2.2. Покрытие примыкающей низкой части здания

Снеговая нагрузка по ТКП EN 1991-1-3 / Покрытия здания, примыкающего к более высокому сооружению (5.3.6)

- Коэффициент формы покрытия μ [-]



- Характеристическое значение снеговой нагрузки s [кН/м²]



- Покрытия здания, примыкающего к более высокому сооружению
- Местные условия: нормальные, случай А (отсутствие чрезвычайных снегопадов и чрезвычайных заносов)
- Постоянная или переходная расчетная ситуация
- Характеристическое значение снеговой нагрузки на грунт (согласно Национального Приложения):
Снеговой район 2в; $A = 178$ м над ур. моря
 $s_k = 1,45 + 0,60 \cdot (A - 210) / 100 = 1,258$ кН/м²
- Коэффициент экспозиции:
Условия местности: обычные
 $C_e = 1,0$
- Температурный коэффициент: $C_t = 1,0$

Нижележащее покрытие - случай (i) - схема приложения нагрузки без учета заноса:

- Коэффициент формы нижележащего покрытия:

$$\mu_1 = 0,8$$

Характеристическая снеговая нагрузка:

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,258 = 1,01 \text{ кН/м}^2$$

Нижележащее покрытие в месте примыкания - случай (ii) - схема приложения нагрузки с учетом заноса:

- Длина снегового заноса:

$$l_s = 2 \cdot h = 2 \cdot 2,00 = 4,00 \text{ м}$$

- Коэффициент формы покрытия:

$$\mu_s = 0$$

$$\mu_w = \gamma \cdot h / s_k = 2 \cdot 2,00 / 1,258 = 3,180 > 2,5 \rightarrow \mu_w = 2,5 \text{ (согласно Национального Приложения)}$$

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w = 0 + 2,500 = 2,500$$

Характеристическая снеговая нагрузка:

$$s = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 2,500 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,258 = \mathbf{3,15 \text{ кН/м}^2}$$

Нижележащее покрытие на конце заноса и за ним - случай (ii) - схема приложения нагрузки с учетом заноса:

- Коэффициент формы нижележащего покрытия:

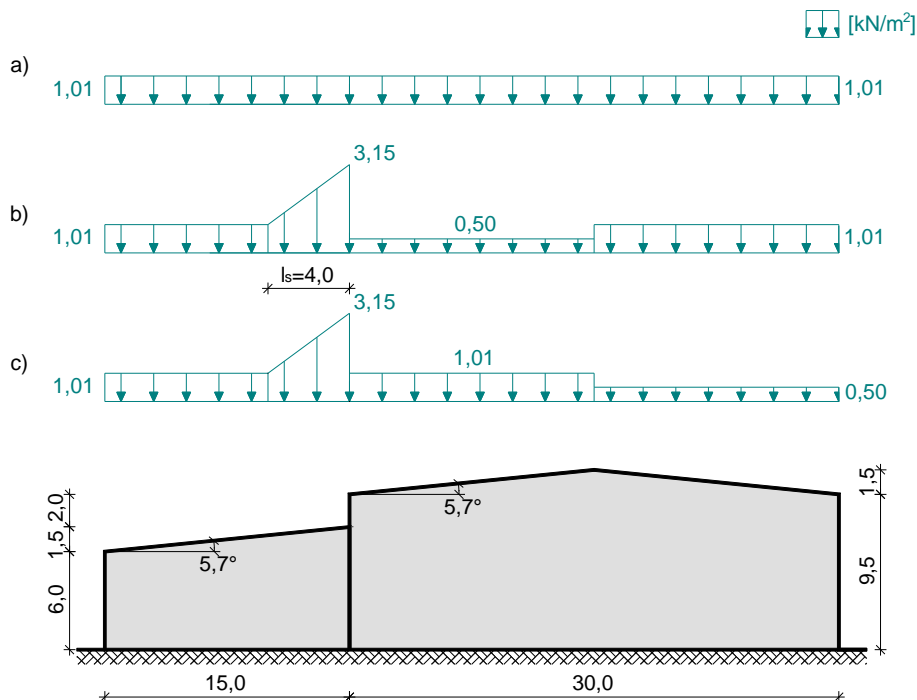
$$\mu_1 = 0,8$$

Характеристическая снеговая нагрузка:

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,258 = \mathbf{1,01 \text{ кН/м}^2}$$

3.3. Вывод

В статических расчетах покрытия в постоянной и переходной расчетной ситуации, следует учесть три случая снеговой нагрузки, представленных на изображении ниже (а – схема приложения нагрузки без учета заноса; b, c - схемы приложения нагрузки с учетом заноса).

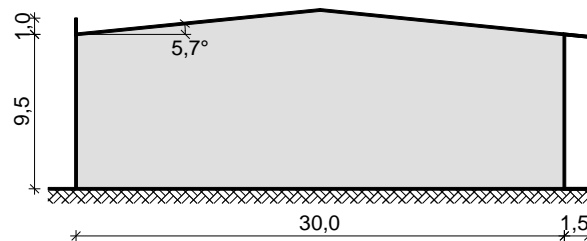


4. Расчеты для примера 2.5

4.1. Введение

Целью расчетов является определение характеристической снеговой нагрузки на покрытие промышленного здания, расположенного в г. Микашевичи, в обычных условиях местности (т.е. в таких, когда не наблюдается существенного перемещения по покрытию сооружения снега при действии ветра, а также с других зданий, сооружений или деревьев), на высоте 102 м над ур. моря. Покрытие двухскатное несимметричное с углами наклонов скатов кровли, как на рисунке представленном ниже. Один из скатов завершается у парапета, второй скат имеет свес за грань стены. Скаты покрытия хорошо теплоизолированы.

В расчетах будут рассмотрены нормальные местные условия (случай А), принятые для постоянной и переходной расчетной ситуации.

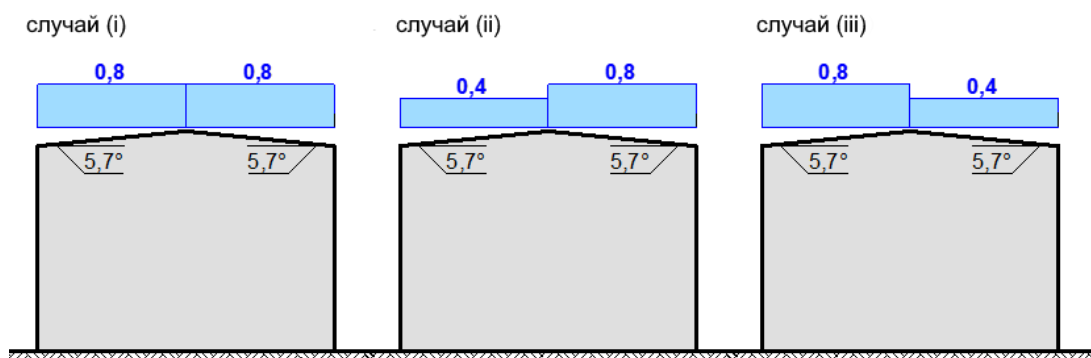


4.2. Расчет в программе – Калькулятор нормативных нагрузок EN

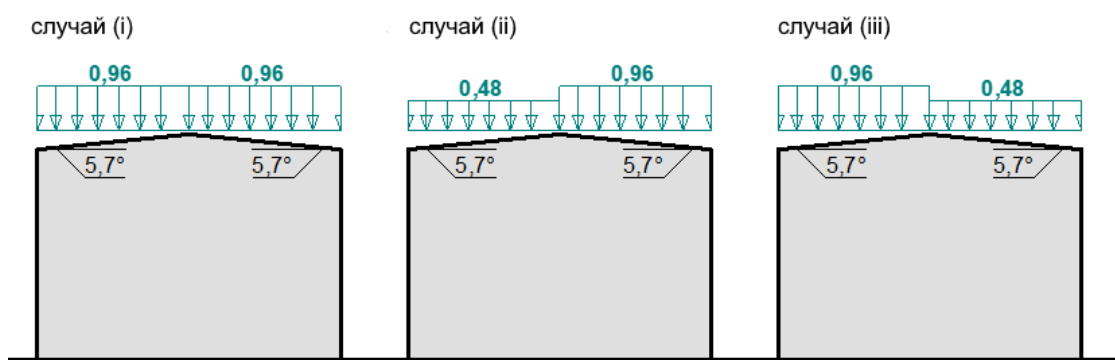
4.2.1. Двухскатное покрытие

Снеговая нагрузка по ТКП EN 1991-1-3 / Двухскатные покрытия (5.3.3)

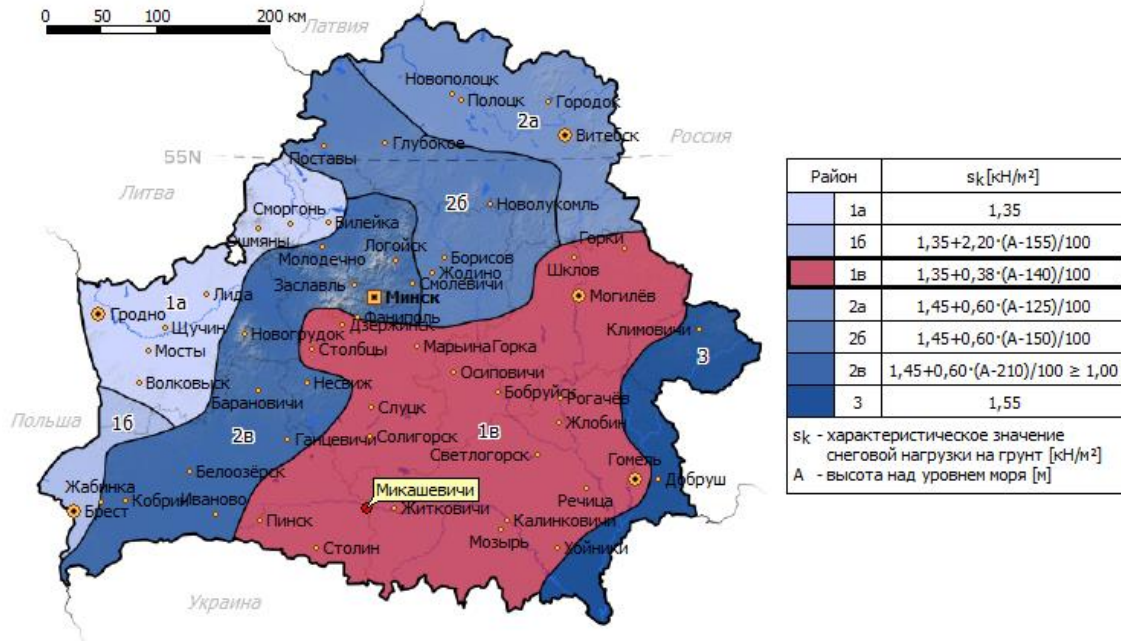
- Коэффициент формы покрытия μ [-]



- Характеристическое значение снеговой нагрузки s [кН/м²]



- Двухскатное покрытие
- Характеристическое значение снеговой нагрузки на грунт (согласно Национального Приложения):
Снеговой район 1в; A = 102 м над ур. моря
 $s_k = 1,35 + 0,38 \cdot (A - 140) / 100 = 1,21 \text{ кН/м}^2$



- Местные условия: нормальные, случай А (отсутствие чрезвычайных снегопадов и чрезвычайных заносов)
- Постоянная или переходная расчетная ситуация
- Коэффициент экспозиции:
Условия местности: обычные
 $C_e = 1,0$
- Температурный коэффициент: $C_t = 1,0$

Все покрытие - случай (i) - схема приложения нагрузки без учета заноса:

- Коэффициент формы покрытия:
Угол наклона ската покрытия: $\alpha = 5,7^\circ$
 $\mu_2 = 0,8$
- Характеристическая снеговая нагрузка:
 $s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,21 = \mathbf{0,96 \text{ кН/м}^2}$

Менее нагруженный скат покрытия - случай (ii/iii) - схема приложения нагрузки с учетом заноса:

- Коэффициент формы покрытия:
Угол наклона ската покрытия: $\alpha = 5,7^\circ$
 $\mu = 0,5 \cdot \mu_2 = 0,5 \cdot 0,8 = 0,4$
- Характеристическая снеговая нагрузка:
 $s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,4 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,21 = \mathbf{0,48 \text{ кН/м}^2}$

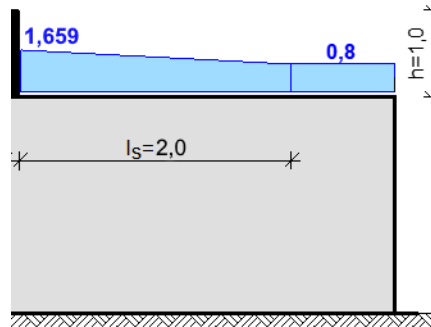
Более нагруженный скат покрытия - случай (ii/iii) - схема приложения нагрузки с учетом заноса:

- Коэффициент формы покрытия:
Угол наклона ската покрытия: $\alpha = 5,7^\circ$
 $\mu_2 = 0,8$
- Характеристическая снеговая нагрузка:
 $s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,21 = \mathbf{0,96 \text{ кН/м}^2}$

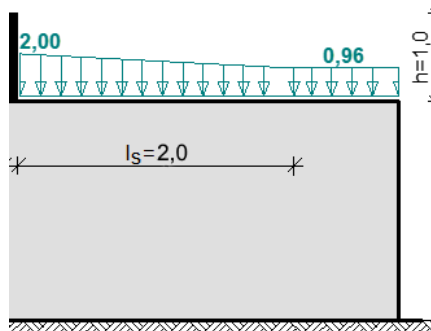
4.2.2. Скопление снега у парапета

Снеговая нагрузка по ТКП EN 1991-1-3 / Скопление снега у надстроек и заграждений (6.2)

- Коэффициент формы покрытия μ [-]



- Характеристическое значение снеговой нагрузки s [кН/м²]



- Надстройка или заграждение на покрытии, $h = 1,0$ м
- Характеристическое значение снеговой нагрузки на грунт (согласно Национального Приложения):
Снеговой район 1в; $A = 102$ м над ур. моря
 $s_k = 1,35 + 0,38 \cdot (A - 140) / 100 = 1,21$ кН/м²
- Местные условия: нормальные, случай А (отсутствие чрезвычайных снегопадов и чрезвычайных заносов)
- Постоянная или переходная расчетная ситуация
- Коэффициент экспозиции:
Условия местности: обычные
 $C_e = 1,0$
- Температурный коэффициент: $C_t = 1,0$

Покрытие у надстройки или заграждения:

- Длина снегового заноса:
 $l_s = 2 \cdot h = 2 \cdot 1,00 = 2,00$ м
- Удельный вес снега: $\gamma = 2$ кН/м³
- Коэффициент формы покрытия:
 $\mu_2 = \gamma \cdot h / s_k = 2 \cdot 1,0 / 1,206 = 1,659$

Характеристическая снеговая нагрузка:

$$s = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,659 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,21 = 2,00 \text{ кН/м}^2$$

Покрытие у надстройки или заграждения, на конце заноса и за ним:

- Коэффициент формы снеговых нагрузок квазигоризонтального покрытия:
 $\mu_1 = 0,8$

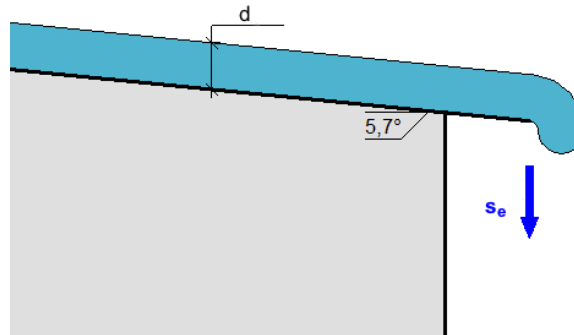
Характеристическая снеговая нагрузка:

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,21 = 0,96 \text{ кН/м}^2$$

4.2.3. Нависание снега на краю ската покрытия

Снеговая нагрузка по ТКП EN 1991-1-3 / Нависание снега на краю ската покрытия (6.3)

- Характеристическое значение снеговой нагрузки s_e [кН/м]



- Нависание снега на краю ската покрытия
- Характеристическое значение снеговой нагрузки на грунт (согласно Национального Приложения):
Снеговой район 1в; $A = 102$ м над ур. моря
 $s_k = 1,35 + 0,38 \cdot (A - 140) / 100 = 1,21$ кН/м²
- Местные условия: нормальные, случай А (отсутствие чрезвычайных снегопадов и чрезвычайных заносов)
- Постоянная или переходная расчетная ситуация
- Коэффициент экспозиции:
Условия местности: обычные
 $C_e = 1,0$
- Температурный коэффициент: $C_t = 1,0$

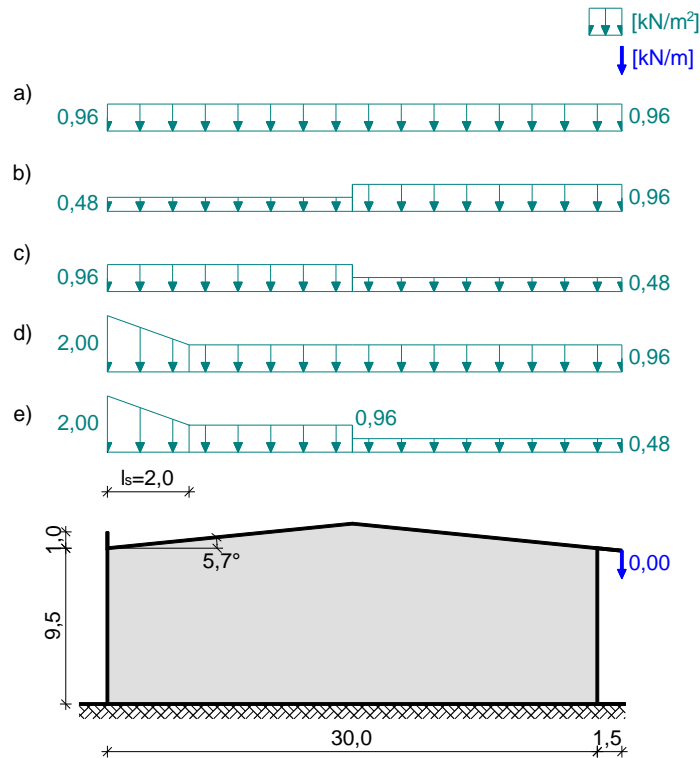
Информация:

1. Нависание снега следует учитывать при проектировании элементов кровли выступающих за стены. Нависание снега следует расценивать как дополнительную нагрузку, к нагрузкам действующим на эту часть кровли.
2. Согласно Национального Приложения ТКП EN 1991-1-3-2009/НП, на территории Республики Беларусь, не следует учитывать нагрузку от нависания снега на краю ската покрытия.

4.3. Вывод

В статических расчетах покрытия в постоянной и переходной расчетной ситуации, следует учесть:

- случаи снеговой нагрузки, когда не возникает скопления снега у парапета (фронтон) (a – схема приложения нагрузки без учета заноса; b, c - схемы приложения нагрузки с учетом заноса),
- случаи снеговой нагрузки, когда возникает скопление снега у парапета (фронтон) (d, e - схемы приложения нагрузки с учетом заноса),
- локальная нагрузка от нависания снега на краю ската покрытия не учитывается, согласно Национального Приложения Республики Беларусь.



5. Литература

- [1] ТКП EN 1991-1-3 / СН 2.01.04-2019
Еврокод 1: Воздействия на конструкции. Часть 1-3: Общие воздействия. Снеговые нагрузки
- [2] Przykłady projektowania konstrukcji według Eurokodów – коллектив авторов, изд. Łódzka Okręgowa Izba Inżynierów Budownictwa, издание II дополненное, Łódź, Polska, 2021.
- [3] Компьютерная программа SPECBUD – Калькулятор Нормативных Нагрузок EN:
www.specbud.by/programy/KONEN,768
- [4] Публикация „Przykłady obliczeń obciążenia śniegiem dachów budynków według PN-EN 1991-1-3”, составленная по оригинальным (неадаптированным для Беларуси) примерам из книги [2]:
<https://www.specbud.pl/przyklady-obliczen-obciazenia-sniegiem-dachow-budynkow-wedlug-pn-en-1991-1-3,118>

6. Материалы для скачивания

1. Файл расчетов программы SPECBUD – Калькулятор Нормативных Нагрузок EN, а также текст публикации в формате PDF: www.specbud.pl/uploads/articles/p02/_RU/specbud_p02_RU.zip
2. Демонстрационная версия программ SPECBUD:
www.specbud.pl/uploads/ftp/specbud_12_demo.exe
3. Файл расчетов программы SPECBUD - Калькулятор Нормативных Нагрузок EN, а также публикация, составленная по оригинальным (неадаптированным для Беларуси) примерам из книги [2], в формате PDF: www.specbud.pl/uploads/articles/p02/specbud_p02.zip