

В документе [3] наиболее полно учитываются факторы, влияющие на распределение снеговой нагрузки на кровлях: географическое расположение и его особенности; окружающий рельеф; форма кровли; "тепловая инерция" конструкций кровли; шероховатость поверхности покрытия; избыточные тепловыделения кровли здания; расположение окружающих зданий и сооружений. Косвенно учитывается характер снеговых осадков.

В нормах [1], применяемых в Республике Беларусь, величины, характеризующие распределение снеговой нагрузки на двускатных кровлях, превышает значение, принимаемое по [3] на 20-25 %, и зависит только от следующих факторов: географического расположения и его особенности; формы и высоты расположения кровли; избыточного тепловыделения кровли здания.

В нормах некоторых стран учтено влияние срока эксплуатации объекта на величину снеговой нагрузки. Ни в одном источнике не рассматривается влияние на снеговые нагрузки климатических изменений, которые происходят в настоящее время, хотя имеются научно обоснованные прогнозы этих изменений на 50-100 лет.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия/ Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 36 с.

2. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения. Под общей редакцией д.т.н. Перельмутера А.В. Издательство Ассоциации строительных вузов. Москва, 2007. – 476 с.
3. EN 1991-1-3, Eurocode 1 – Actions on structures – Part-1-3: General actions – Snow loads.
4. Шпете Г. Надёжность несущих строительных конструкций. М.: Стройиздат, 1994. – 287 с.
5. ISO 4355: 1997 Basis for design of Structures – Determination of Snow loads.
6. PN-80/B-02010 Obciążenia w obliczeniach statycznych – Obciążenie śniegiem.
7. Изменение №1 к СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия» от 1.07.2004г.
8. Изменение 2 к СНиП 2.01.07-85. «Нагрузки и воздействия» от 29.05.2003г.
9. ДБН В.1.2-2006 Нагрузки и воздействия.- Киев: Минстрой Украины, 2006.
10. NBCC-85, National Building Code of Canada.
11. Тур В.В. ХД-06/521 "Провести исследования и разработать методы определения снеговых нагрузок, определить нормативные снеговые нагрузки на конструкции зданий и сооружений. Разработать рекомендации по назначению нагрузок от снегового покрова". Гос. регистрация № 2007689 от 26.03.2007г.

Материал поступил в редакцию 14.01.08

MATUICH S.A., MUCHIN A.V. Features of forming snow load on coatings of cantilever buildings

The factors, defining allocation and magnitude of snow load on two-slope coatings of buildings and buildings in norms of different countries are reviewed in the paper. It has been defined, that they comprise: the shape of coating, amount and density of snow, pouring and carrying of snow from acclinal surfaces, thaw of snow on coatings, the influence of average temperature of the most cold winter month, shape of the surrounding relief and the location of the building on it, the influence of adjacent constructions. The comparison of factors in all the reviewed norms for the two-slope coating is presented in the article.

УДК 642.042.41

Базенков Т.Н., Лебедь В.А., Матюх С.А., Мухин А.В.

ОБЗОР МАТЕРИАЛОВ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ НАГРУЗОК ОТ СНЕГА НА КУПОЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Введение. Возможности современных расчетных комплексов позволяют смоделировать более реалистическую модель пространственной работы купольных сооружений. Нагрузка от веса снегового покрова на поверхности купольных покрытий, как правило, является определяющей среди временных нагрузок. Возникает необходимость в более достоверном описании пространственных схем распределения снегового покрова по поверхности купольных сооружений.

Порядок определения полного нормативного значения снеговой нагрузки на покрытия сооружений в анализируемых нормативных материалах европейских государств одинаков: полное нормативное значение принимается равным произведению нормативного значения веса снегового покрова на 1 кв.м горизонтальной поверхности земли на коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие (в действующих на территории Республики Беларусь и России нормативных документах коэффициент перехода обозначается буквой μ). Определенный практический интерес представляют вероятные схемы распределения снегового покрова по поверхности купольных покрытий, которые определяются значениями коэффициента μ .

При определении нагрузок от веса снегового покрова на территории Республики Беларусь руководствуются изменением №1 к СНиП 2.01.07-85 [1]. Данные нормативные материалы ориентированы в большей степени на здания со сводчатыми и близкими к ним очертаниям покрытия (аналогичный подход по определению полного нормативного значения снеговой нагрузки на покрытия осуществлен в анализируемых европейских документах: EN 1991-1-3, Eurocode 1

– Actions on structures – Part-1-3: General actions – Snow loads [3]; ISO 2394: 1998(E) British Standart: General principles on reliability for structures [4]; PN-80/B-02010 Obciążenia w obliczeniach statycznych – Obciążenie śniegiem [5]).

Рекомендуемые схемы распределения снегового покрова по покрытиям куполов, в описанных выше нормативных документах, целесообразно применять только для определенных конструктивных решений купольных сооружений (например, ребристые купола), расчет которых может быть сведен к расчету отдельных арок, составляющих пространственную конструкцию купола.

При определении усилий, действующих в конструкциях купольных покрытий иного конструктивного решения (где, помимо арок, в работу активно включаются другие конструктивные элементы и конструкции; например, система связей, настил купола и т.п.), – требуется учитывать пространственную схему работы купольных сооружений. Учет пространственной работы позволяет описать более реалистичную схему работы купола, особенно это важно при рассмотрении несимметричных схем распределения снегового покрова по поверхности купольного покрытия. Несимметричные схемы нагружения купола ведут к существенному возрастанию изгибающих моментов в арочных элементах, и зачастую являются определяющими при подборе сечения основных несущих элементов. Возможность учета пространственной работы системы связей, настила – позволяет учесть действительное (более реалистичное) перераспределение усилий в ходе работы купольного покрытия и, как следствие, снижение уровня изгибающих моментов в основных несущих элементах.

Базенков Тимофей Николаевич, кандидат технических наук, профессор, зав. кафедрой начертательной геометрии и инженерной графики Брестского государственного технического университета.

Лебедь Виталий Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

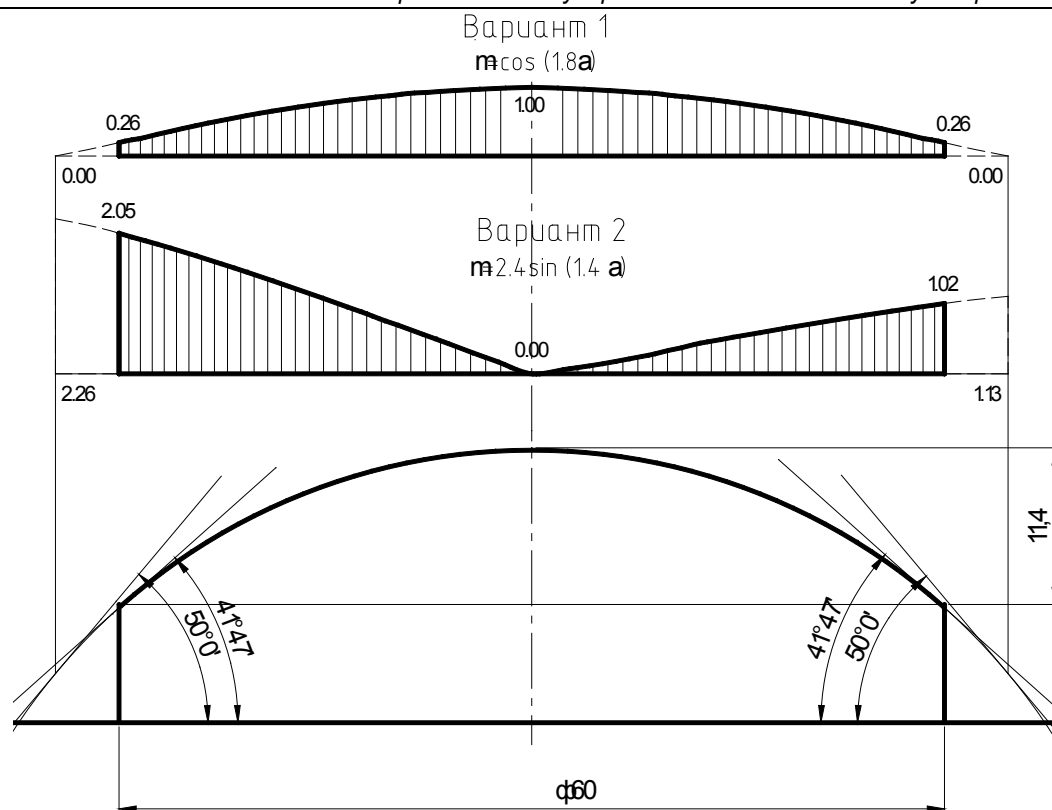


Рис. 1. Схемы распределения значений коэффициента перехода μ по профилю купола при определении величины снеговой нагрузки на покрытие, представленные в изменении №1 к СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия, актуализация 2004 [1]

При всей целесообразности и логически обоснованной необходимости учета в расчетах пространственной схемы работы купольных сооружений в отмеченных выше нормативных документах отсутствуют четкие рекомендации по определению пространственных схем распределения снеговой нагрузки. Следует отметить, что в настоящее время нормативные документы по определению величин и схем распределения снеговых нагрузок претерпевают изменения. Данный факт связан, прежде всего, с изменением в ряде случаев климатических условий и с накоплением новой статистической информации, позволяющей более достоверно описать величины снеговых воздействий на конструкции куполов. Так, в Российской Федерации подготовлен к изданию (в первой редакции) СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия» (в котором впервые предложены вероятные схемы распределения снеговой нагрузки по покрытию купольных круговых и близким к ним по очертанию покрытиям сооружений).

Рекомендуемые нормативными документами схемы распределения снегового покрова по поверхности купола. В настоящей обзорной статье рассмотрены предлагаемые нормативными материалами европейских государств возможные схемы распределения снегового покрова по поверхности купольного покрытия. На представленных рисунках (рис.1-5) для сопоставительного анализа показаны предлагаемые различными нормативными документами вероятные схемы распределения значений коэффициента перехода μ по профилю купольного покрытия (для сопоставления были использованы общие геометрические параметры конструкции купола «Брестский рынок»: диаметр купола $d = 60$ м, стрела подъема $f = 11.4$ м).

В анализируемых нормативных документах рассматривается, как правило, два возможных варианта распределения коэффициента перехода μ по профилю покрытия (на рис.1-5 - приведены схемы распределения коэффициента μ по профилю покрытия, с указанием пиковых его значений) относительно центральной оси:

- симметричное распределение значений коэффициента перехода μ по профилю купола (отличительной особенностью СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия», изменение №1 – является то, что для описания закона распределения значений коэффициента μ по профилю покрытия принята тригонометрическая функция $\mu = \cos(1.8 \cdot \alpha)$, рис. 1, другими нормативными документами рекомендуется рассматривать прямоугольное рас-

пределение значений коэффициента перехода; следует также отметить, что значение коэффициента перехода μ при прямоугольном распределении нагрузки в рассматриваемых нормативных документах принимается различным: в нормативных документах EN 1991-1-3, Eurocode 1 [3] (рис. 5) и PN-80/B-02010 Obciążenia w obliczeniach statycznych [5] (рис. 4) принят равным – 0.8; в нормативном документе ISO 2394: 1998(E) British Standart [5] (рис. 3) принят равным – 0.51);

- не симметричное распределение значений коэффициента перехода μ по профилю купола (рассматривается одна либо две, ISO 2394: 1998(E) British Standart [5], возможные схемы распределения значений коэффициента перехода μ по профилю купола с различными пиковыми значениями относительно центральной оси купола:

а) в нормативном документе СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия», изменение №1 [1] (рис. 1) рассматривается вариант распределения снеговой нагрузки по схемам, близким к треугольным, с законом распределения значений коэффициента перехода μ , описываемым тригонометрической функцией $\mu = 2.4 \cdot \sin(1.4 \cdot \alpha)$; пиковые значения коэффициента перехода μ расположены в точках на профиле купола с углом наклона касательной к горизонту 60° , максимальное значение для рассматриваемого купола составило 2.05; зоны повышенного снеготложения располагаются симметрично относительно центральной оси купола, максимальные значения пиковых значений коэффициента перехода μ , с обеих сторон купола отличаются друг от друга в два раза;

б) в нормативном документе EN 1991-1-3, Eurocode 1 [3] (рис. 2) рассматривается вариант образования зон повышенного снеготложения с симметричным расположением вершин относительно центральной оси профиля купола, но с различными пиковыми значениями коэффициента перехода μ ; максимальные значения коэффициента перехода μ установлены в точках на профиле купола с углом наклона касательной к горизонту 30° купола, отличаются друг от друга в два раза, максимальное значение коэффициента перехода μ принято равным 2;

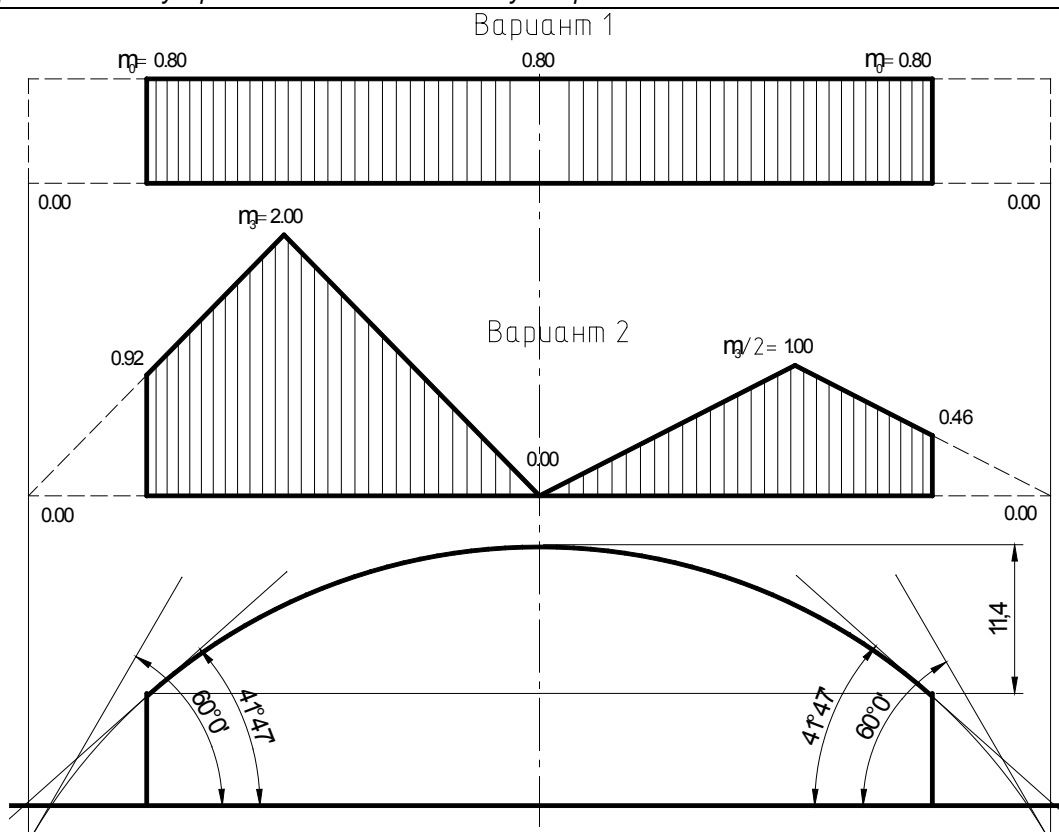


Рис. 2. Схемы распределения значений коэффициента перехода μ по профилю купола, представленные в EN 1991-1-3, Eurodode 1 – Actions on structures – Part-1-3: General actions – Snow loads [3]

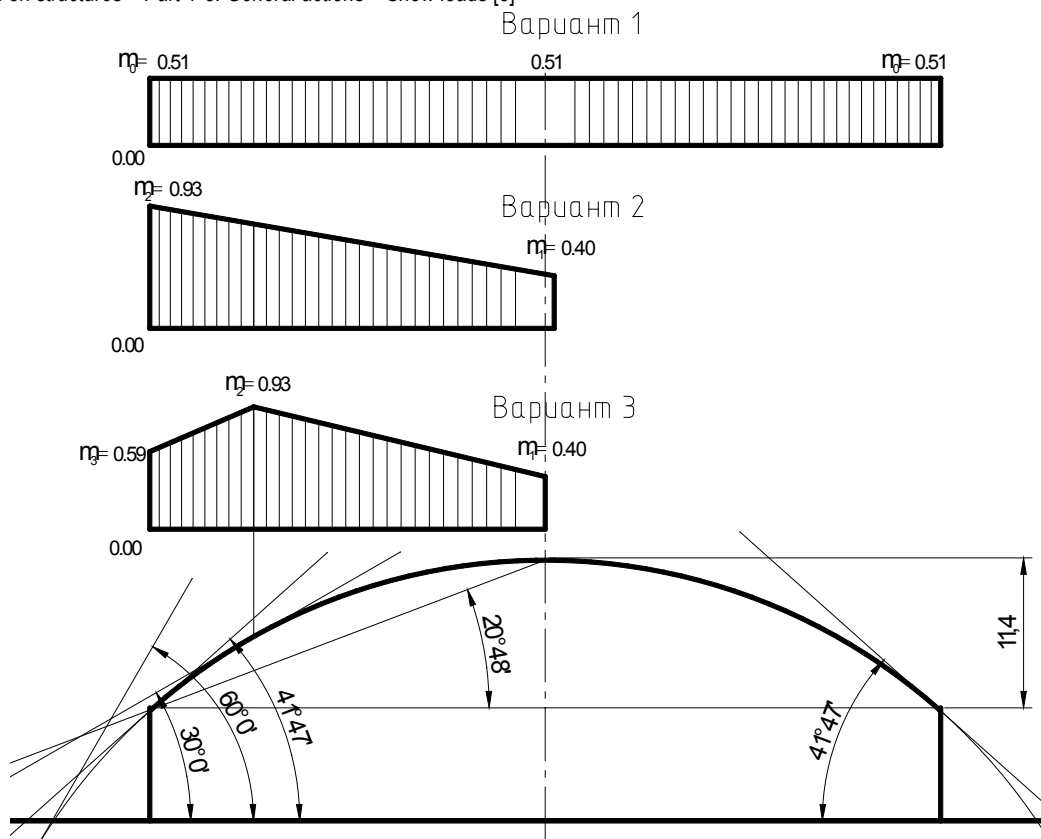


Рис. 3. Схемы распределения значений коэффициента перехода μ по профилю купола, представленные в ISO 2394: 1998(E) British Standart: General principles on reliability for structures [4]

в) в нормативном документе ISO 2394: 1998(E) British Standart: General principles on reliability for structures [4] (рис. 3) рассматриваются два

варианта образования зон повышенного снегоотложения с одной стороны профиля купола: первая схема, описывающая изменение

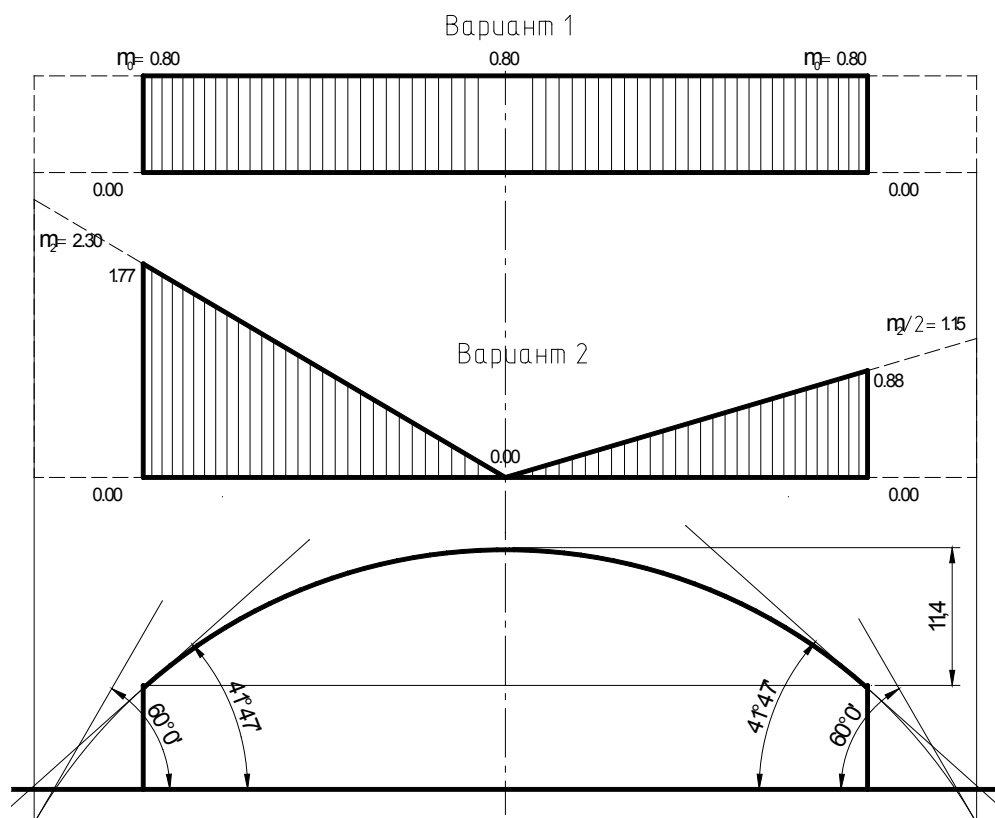


Рис. 4. Схемы распределения значений коэффициента перехода μ по профилю купола представленные в PN-80/B-02010 *Obciążenia w obliczeniach statycznych – Obciążenie śniegem* [5]

значений коэффициента перехода μ , - трапецидальной формы с пиковой точкой $\mu=0.93$, наиболее удаленной от центральной оси купола; вторая схема с пиковой точкой $\mu=0.93$, расположенной между центральной осью купола и зоной опирания конструкции купола; г) в нормативном документе PN-80/B-02010 *Obciążenia w obliczeniach statycznych – Obciążenie śniegem* [5] (рис. 4) рассматривается вариант образования зон повышенного снеготложения в виде двух треугольников с максимальными значениями коэффициента перехода μ в зонах опирания конструкции купола, максимальное значение для рассматриваемого купола составило 1.77.

В первой редакции СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия» выполнен пересмотр (актуализация) ряда положений. В частности, претерпели изменение схемы распределения снегового покрова по покрытию для сводчатых и близких к ним по очертанию покрытий:

- при симметричной схеме распределения нагрузки от снега – коэффициент μ определяется функцией: $\mu_1 = \cos(1.5 \cdot \alpha)$; общий вид функции распределения значений коэффициента μ соответствует функции предложенной в изменении №1 СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия» [2], отличие состоит в принятой при угле α постоянной;
- - при несимметричной схеме распределения нагрузки от снега – коэффициент μ определяется функцией: $\mu_2 = 2 \cdot \sin(3 \cdot \alpha)$; общий вид схемы распределения снегового покрова и пиковые значения коэффициента μ приняты таким же, как и в рассмотренных ранее нормативных материалах EN 1991-1-3, Eurocode 1 – Actions on structures – Part-1-3: General actions – Snow loads [3]; отличие в том, что изменение коэффициента μ в EN 1991-1-3, Eurocode 1 [3] описывается линейно, а в первой редакции СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия» [2] - посредством тригонометрической функции. Отличительной особенностью первой редакции СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия» [2] от рассмотренных ранее норматив-

ных документов является наличие рекомендаций по определению пространственных схем распределения снегового покрова по поверхности купольных покрытий. В нормативных материалах первой редакции СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия» [2] рассматриваются три вероятные схемы распределения снегового покрова по поверхности купола (одна при симметричном распределении нагрузки от снега, две других – при несимметричном распределении снегового покрова по поверхности кровли здания):

- при симметричной схеме распределения нагрузки от снега – коэффициент μ определяется трапецидальной схемой с максимальным значением, равным 1, при угле наклона касательной к очерку купола и горизонталью в интервале от 30° до 60° значение коэффициента μ изменяется от 1 до 0;
- при несимметричной схеме распределения нагрузки от снега (рассматривается одностороннее относительно центральной оси купола распределение снегового покрова); в интервале углов наклона касательной к очерку купола и горизонталью от 0° до 30° значение коэффициента μ определяется функцией

$$\mu_2 = C_{r1} \cdot \left(\frac{z}{r}\right)^2 \cdot \sin(\beta), \quad \text{где} \quad \text{параметр}$$

$$C_{r1} = 2.55 - \exp\left(0.8 - 14 \cdot \frac{f}{d}\right) - \text{зависит от общей}$$

геометрии купола (стрелы подъема и диаметра купола); рассматривается вариант распределения снегового покрова по поверхности куполов при $f/d > 0.05$, и для куполов при наличии на покрытии возвышающихся надстроек, фонарей или снегозадерживающих преград: $\mu_2 = 3 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot f}{d}} \cdot \sin(3 \cdot \alpha) \cdot \sin(\beta)$;

изменение величин коэффициента μ на плане покрытия выполнено посредством введения тригонометрической функции $\sin(\beta)$; в интервале углов наклона касательной к очерку купола

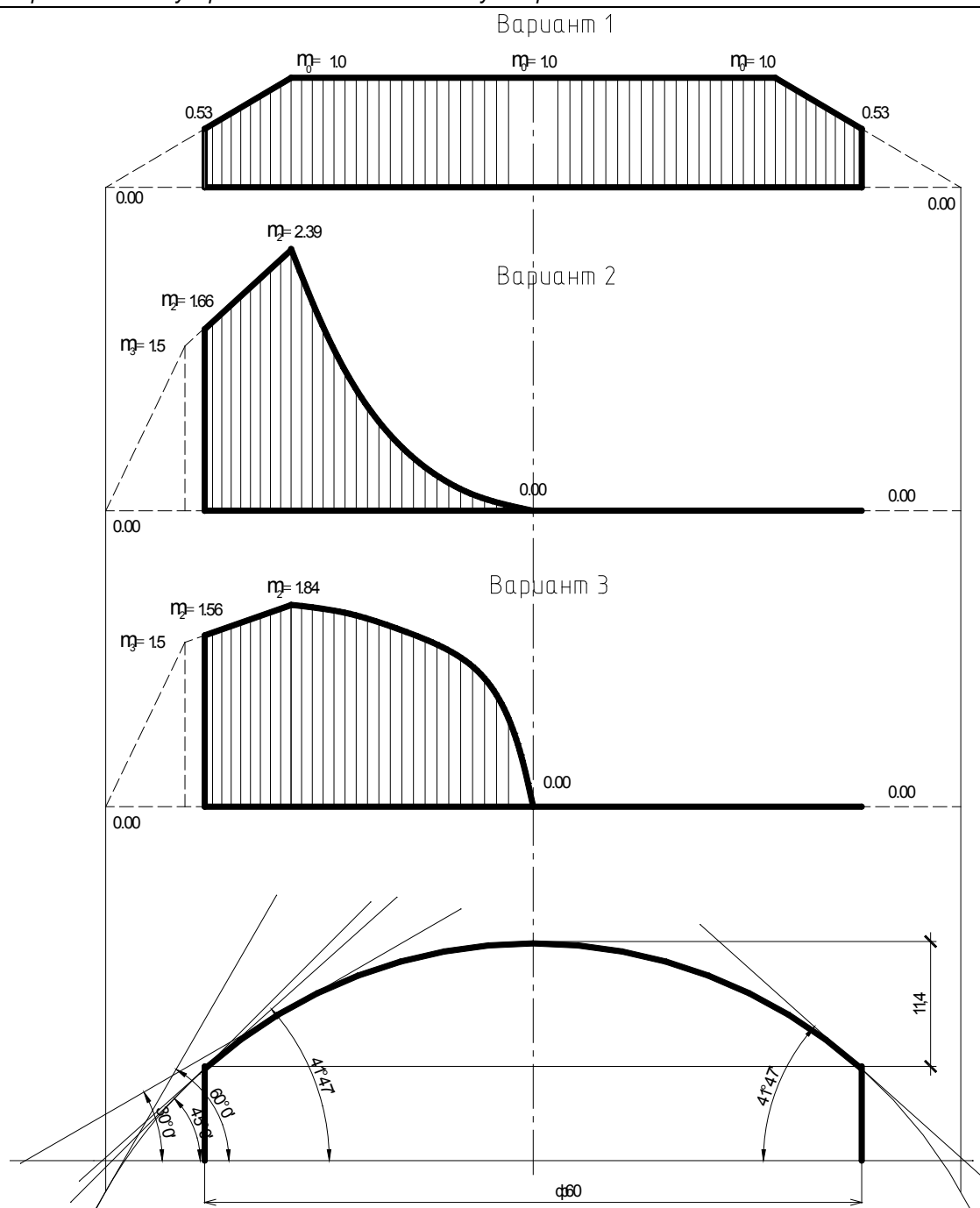


Рис. 5. Схемы распределения значений коэффициента перехода μ по профилю купола при определении величины снеговой нагрузки на покрытие, представленные в первой редакции СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия», актуализация 2007 [2]

и горизонталью от 30° до 60° значение коэффициент μ определяется линейными функциями с промежуточным значением коэффициента $\mu_3 = 1.5 \cdot \sin(\beta)$, при значении угла наклона касательной к очерку купола и горизонталью - 45° ; промежуточные значения в соответствии с предписаниями нормативного документа находятся линейной интерполяцией; для рассматриваемой конструкции купола отношение $f/d=0.19 > 0.05$ принимается во внимание три схемы распределения снегового покрова по поверхности купола (рис. 5).

Анализ результатов статического расчета конструкции купола. Для анализа влияния различных схем загрузки снеговой нагрузкой (схемы приведены на рис.1-5) на величины возникающих усилий в арках купола были приняты общие геометрические пара-

метры конструкции купола «Брестский рынок». Для упрощения расчетов и проводимого анализа при моделировании конструкции купола приняты следующие упрощения: рассмотрена ребристая конструкция купола, арки трехшарнирные, нагрузки от собственного веса не учитывались; в расчетных моделях прилагались нормативные величины нагрузок от снегового покрова по поверхности купола.

По результатам статических расчетов конструкций купола (для конструкции ребристого купола наиболее нагруженных трехшарнирных арок) определялись максимальные (наиболее неблагоприятные сочетания усилий: изгибающего момента - M и продольной сжимающей силы - N) величины нагрузок. По найденным максимальным усилиям, для проведения общего анализа, выполнен расчет конструкций арок купола по первой группе предельных состояний в соответствии с рекомендациями СНБ 5.05.01-2000. Деревянные конструкции [7]. Результаты сопоставительного анализа усилий представлены в табличном виде (табл. 1).

Таблица 1. Максимальные усилия и коэффициенты использования несущей способности конструкций арок ребристого купола

Нормативные источники		Величины усилий		
		N, кН	M, кН·м	k
СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия» (первая редакция), актуализация 2007: схема №13, [2]	Симметричная нагрузка от снегового покрова (вариант 1, рис.5)	- 48.4	42.8	0.19
	Несимметричная нагрузка от снегового покрова (вариант 2 – рис.5)	- 27.5	222.3	0.89
	Несимметричная нагрузка от снегового покрова (вариант 3 – рис.5)	- 37.4	213.6	0.86
СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия», изменение №1, актуализация 2004: схема №2, [1]	Симметричная нагрузка от снегового покрова (вариант 1, рис.1)	- 36.6	20.14	0.09
	Несимметричная нагрузка от снегового покрова (вариант 2 – рис.1)	- 42.8	145.4	0.60
EN 1991-1-3, Eurodode 1 – Actions on structures – Part-1-3: General actions – Snow loads, [3]	Симметричная нагрузка от снегового покрова (вариант 1, рис.2)	- 39.4	38.8	0.17
	Несимметричная нагрузка от снегового покрова (вариант 2 – рис.2)	- 47.3	156.1	0.64
ISO 2394: 1998(E) General principles on reliability for structures, [4]	Симметричная нагрузка от снегового покрова (вариант 1, рис.3)	- 25.2	24.5	0.11
	Несимметричная нагрузка от снегового покрова (вариант 2 – рис.3)	- 18.4	72.9	0.29
	Несимметричная нагрузка от снегового покрова (вариант 3 – рис.3)	- 18.3	81.9	0.33
PN-80/B-02010 Obciążenia w obliczeniach statycznych – Obciążenie śniegiem, [5]	Симметричная нагрузка от снегового покрова (вариант 1, рис.3)	- 39.4	38.8	0.17
	Несимметричная нагрузка от снегового покрова (вариант 2 – рис.3)	- 31.6	117.5	0.48

Как видно из таблицы 1, действующие в конструкциях арок усилия и коэффициенты использования несущей способности арок, найденные для различных схем распределения снегового покрова по поверхности купольного покрытия, отличаются друг от друга.

Наиболее жесткие требования предлагаются нормативным документом СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия» (первая редакция), актуализация 2007, [2] для несимметричных схем приложения внешних нагрузок от снегового покрова. Коэффициент использования несущей способности арок ребристого купола при приложении нормативных значений снеговой нагрузки, определенной в соответствии с рекомендациями СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия» (первая редакция), актуализация 2007, превышают остальные, полученные с учетом рекомендаций иных норм, и отличаются на 28% - 67%; для симметричных схем нагружения нормативной нагрузкой от снега отличие коэффициентов использования несущей способности составит - 10% - 53%. Отличие коэффициентов использования несущей способности, полученных при расчете в соответствии с действующим на территории Республики Беларусь нормативным документом СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия, изменение» №1, актуализация 2004, и СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия» (первая редакция), актуализация 2007, составляет для несимметричных схем - 30% - 32%, отличие коэффициентов использования для симметричных схем - в два раза.

Действующий на территории Республики Беларусь нормативный документ СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия», изменение №1, актуализация 2004, [1] при несимметричных схемах нагружения нормативными величинами нагрузок от снега позволяет получить

результаты близкие к результатам, определенным в соответствии с требованиями нормативного документа EN 1991-1-3, Eurodode 1 – Actions on structures – Part-1-3: General actions – Snow loads [3], отличие коэффициентов использования несущей способности конструкций арок купола составляет 7%, для симметричных схем коэффициенты использования отличаются в два раза (причем требования EN 1991-1-3, Eurodode 1 [3] в обоих случаях более жесткие). Результаты расчетов, полученные в соответствии с требованиями нормативного документа ISO 2394: 1998(E) General principles on reliability for structures [4] и PN-80/B-02010 Obciążenia w obliczeniach statycznych – Obciążenie śniegiem [5], отличаются от результатов полученных по действующим на территории Республики Беларусь нормативным документом СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия, изменение» №1, актуализация 2004, - на 20%- 89%.

Выводы. Действующие на территории Республики Беларусь нормативные указания по определению вероятных наиболее неблагоприятных схем распределения снегового покрова по поверхности куполов требуют уточнения (для реализации пространственных расчетных схем и достоверного описания работы конструкций куполов в зимние периоды эксплуатации сооружений).

Описанные в рассмотренных нормативных документах возможные схемы распределения снеговой нагрузки по поверхности купольных сооружений значительно отличаются друг от друга.

Анализ результатов расчета конструкций арок ребристого купола при действии нормативных значений нагрузок от снега, определенных в соответствии с требованиями различных нормативных доку-

ментов [1-5], показал целесообразность уточнения и упорядочивания действующих нормативных рекомендаций по определению от снежного покрова на купольные сооружения.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Изменение №1 к СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия/ Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 36 с.
2. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия (первая редакция)/ Федеральное агентство по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству. – М.: ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко, 2007. – 84 с.
3. EN 1991-1-3, Eurocode 1 – Actions on structures – Part-1-3: General actions – Snow loads.
4. ISO 2394: 1998(E) General principles on reliability for structures.
5. PN-80/B-02010 Obciążenia w obliczeniach statycznych – Obciążenie śniegiem.
6. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения. Под общей редакцией д.т.н. Перельмутера А.В. Издательство Ассоциации строительных вузов. - Москва, 2007. – 476 с.
7. СНБ 5.05.01-2000. Деревянные конструкции. - Мн.: Минстройархитектуры, 2001.- 71 с.

Материал поступил в редакцию 16.01.08

LEBED V.A., BAZENKOV T.N., MATUICH S.A., MUCHIN A.V. The review of materials of normative documents by definition of loadings from a snow on dome coverings

In article the general analysis of materials of European normative documents by definition of loadings from a snow cover on dome constructions is lead. Calculation of a design of a ridge dome in view of recommendations of various normative materials is executed and the comparative analysis of the received results of calculations is carried out.

УДК 624.012.4:539.432

Шалобыта Т.П., Шалобыта Н.Н.

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНА

Введение. Асфальтобетоны – это искусственные каменные материалы конгломератного строения, получающиеся в результате затвердевания рационально подобранной и уплотненной смеси битума (вязущего вещества), минерального порошка и рыхлых каменных материалов (крупный и мелкий заполнитель). Несмотря на очевидные преимущества применения асфальтовых бетонов для конструктивных слоев дорожных покрытий (механическая прочность в сочетании с пластичностью и деформируемостью; обеспечение неразрушаемости материала и плавности движения транспортных средств; относительная простота производства работ с высокой степенью механизации и возможностью немедленной эксплуатации дорог; доступность, простота и быстрота усиления и ремонта покрытия; возможность получения высокой ровности покрытия и обеспечение надлежащего сцепления с автомобильными шинами и др.), не очень высокая долговечность покрытия, которая ведет к частым ремонтам, которые увеличивают и так высокую стоимость покрытий, является серьезным препятствием для эффективного использования материала. Поэтому важным является изучение влияния всех факторов на долговечность асфальтовых бетонов: старение вяжущего, температурный режим приготовления и укладки смеси, технология получения вяжущего, влияние эксплуатационных воздействий на структуру конгломерата и др.

Состояние вопроса и методики оценки. В настоящее время асфальтобетон является широко применяемым строительным материалом для дорожных одежд, но приходится считаться с его низкой прочностью при повышенных температурах и хрупкостью при низких температурах, немалым количеством дефектов и концентраторов напряжений в его структуре, обусловленных как природой материала, так и технологическими режимами его изготовления, существенно влияющими на долговечность асфальтового бетона.

Одной из основных причин низкой долговечности является систематическое старение органического вяжущего, а, следовательно, разрушение структуры асфальтобетона. К изменению состава и свойств битума в асфальтобетонных слоях покрытия дорог приводят следующие процессы: испарение масел, происходящее в поверхностном слое битума незначительной толщины и зависящее от содержания в нем легколетучих компонентов, вязкости и температуры; оксиполимеризация и частичная полимеризация компонентов битума в основном на внешней поверхности вяжущего, подвергающегося непосредственному воздействию света и ультрафиолетовых лучей; поликонденсация, происходящая под влиянием кислорода. Кислород воздуха вызывает нарушение структуры битума и приводит к увеличению его молекулярной массы. Причем адсорбция битума возрастает, то есть степень прилипания битума к каменному материалу по мере старения асфальтобетона увеличивается. Битум от соприкосновения с воздухом окисляется, а под лучами солнца окислительные процессы протекают более интенсивно в результате нагревания

покрытия дороги и фотохимических реакций. Увеличение вязкости битума делает дорожное покрытие более хрупким, в результате увеличивается износ верхнего слоя дорожного покрытия и уменьшается его деформативная способность, что приводит к появлению трещин. Постоянно действующие атмосферные факторы изменяют качество асфальтобетона, его состояние, при этом в большинстве случаев происходят необратимые процессы. Таким образом, процесс разрушения асфальтобетонного дорожного покрытия следует представлять как внутренний износ в результате постепенного измельчения каменного скелета дорожной конструкции. Дезинтеграция каменного скелета в течение первых 2-3 лет эксплуатации не приводит к ухудшению прочностных характеристик дорожного асфальтобетона, так как в этот период образующаяся каменная мелочь вступает в контакт с имеющимся в некотором избытке вяжущим. Напряжения сдвига так же, как и сжимающие, ведут к постепенной дезинтеграции каменного скелета, потому что в точках контактов зерен при их взаимном перемещении возникают скалывающие напряжения. Дезинтеграция минеральной части может произойти в результате наличия остаточной пористости асфальтобетона, так как вода, проникая глубже в поры, может вызвать его разрушение. Основная роль при дезинтеграции скелетной части асфальтобетона принадлежит механическим нагрузкам. При движении транспортных средств зерна минеральной части асфальтобетона подвергаются динамическому нагружению, при котором контактное напряжение может значительно превысить предел прочности этого материала и вызвать появление трещин. Под действием нагрузки в окрестности дефектов происходит значительная концентрация напряжений, способствующая росту уже имеющихся и зарождению и развитию новых трещин. Исследование особенностей усталостного разрушения асфальтобетона с учетом данного процесса необходимо не только для оценки влияния дефектов структуры и силовых трещин на работу асфальтобетонных конструкций, но и для получения асфальтобетона с более высокой долговечностью.

Основную массу твердой фазы асфальтобетона составляют материалы, имеющие кристаллическое строение. Пластические сдвиги и зарождение микротрещин в кристаллических телах при действии нагрузки в настоящее время объясняются наличием и движением дислокаций. Именно процесс разрушения структуры асфальтобетона, образование микротрещин в его твердой фазе при нагружении приводит к разрушению материала.

Процесс усталостного разрушения бетона можно разделить на стадии, начальные из которых приводят к разрыхлению материала огромным количеством микротрещин, а конечная – к образованию в этом разрыхленном материале магистральной (глобальной) трещины [1]. Вопрос разделения усталостного разрушения на стадии является весьма сложным в связи с неопределенностью размера микротрещины, начиная с которого можно считать начало стадии развития уста-