

Во втором пункте программы необходимо выбрать геометрические параметры поверхности рассчитываемого на ветровую нагрузку здания: ширину (изменяется в пределах от 0 до 100 м) и высоту (изменяется в пределах от 0 до 200 м).

В третьем пункте следует указать тип местности расположения высотного здания [3] (основное значение базовой скорости ветра  $V_{b,0}$  соответствует типу местности II).

Четвертый пункт программы предполагает выбор пользователем материала несущих конструкций рассчитываемого здания (стальной или железобетонный каркасы).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Высотные здания. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-3.02-108-2008 (02250) – Введ. 12.06.08. – Мн.: Минстройархитект РБ, 2008. – 85 с.
2. Нагрузки и воздействия: СНиП 2.01.07-85. – Введ. 01.01.87. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 36 с.
3. Actions on structures – General actions – Part 1-4: Wind actions: Eurocode 1. – B-1050 Brussels: CEN, 2004.
4. Книжка для записи метеорологических наблюдений КМ-1 / Мин-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь; ГУ «Республиканский гидрометеорологический центр» – Станция Брестоблгидромет, 1970-2007.
5. Савицкий, Г.А. Ветровая нагрузка на сооружения / Г.А. Савицкий. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1972. – 112 с.
6. Симиу, Э. Воздействие ветра на здания и сооружения / Э. Симиу, Р. Сканлан; пер. с англ. Б.Е. Маслова, А.В. Швецов / Под ред. Б.Е. Маслова. – М.: Стройиздат, 1984. – 360 с.
7. Райзер, В.Д. Теория надежности в строительном проектировании / В.Д. Райзер. – М.: АСВ, 1998. – 304 с.
8. Прэтт, У. Цифровая обработка изображений: пер. с англ. / У. Прэтт. – М.: Мир, 1982. – 480 с.
9. Żurański, J.A. Wpływ warunków klimatycznych i terenowych na obciążenie wiatrem konstrukcji budowlanych / J.A. Żurański. – Warszawa: Wydawnictwa Instytutu Techniki Budowlanej, 2005.
10. Черноиван, А.В. Определение базовых параметров ветра для климатических условий г. Бреста / А.В. Черноиван // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь: сб. тр. XV междунар. науч.-метод. семинара: в 2-х т. / под общ. ред. Д.Н. Лазовского, А.А. Хотько. – Новолоск: ПГУ, 2008. – Т. 1. – С. 254-261.
11. Кирьянов, Д.В. Самоучитель Mathcad 11 / Д.В. Кирьянов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 560 с.
12. Макаров, Е.Г. Инженерные расчеты в Mathcad / Е.Г. Макаров. – СПб.: Питер, 2004. – 448 с.

УДК 674.81

Черноиван А.В.

Научные руководители: к.т.н., профессор Жук В.В., к.т.н., доцент Черноиван Н.В.

### ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СТОПИЛЬНЫХ СИСТЕМ

**Введение.** За последние 5...8 лет практически все вновь возводимые и реконструируемые здания имеют скатные крыши, уклоны которых принимаются от 2 до 60°. Одним из основных критериев при выборе уклона кровли являются климатические условия местности. При этом, чем выше расчетная снеговая нагрузка, тем больше принимаемый уклон скатов.

Согласно [2] расчет стропильной системы необходимо выполнять на следующие сочетания нагрузок:

- 1) собственный вес и снеговая нагрузка;
- 2) собственный вес, снеговая и ветровая нагрузки ( $\psi_2 = 0,9$ ).

На практике расчет несущих элементов стропильной системы скатной крыши выполняется, как правило, только на первое сочетание нагрузок. Данный подход объясняется тем, что ветровая нагрузка на небольших высотах над поверхностью земли значительно меньше снеговой и, очевидно, не оказывает существенного влияния.

Анализ публикаций по данной тематике показал, что исследования по оценке влияния ветровой нагрузки на напряженное состояние несущих элементов стропильной системы отсутствуют.

Учитывая, что в настоящее время ведется массовое возведение мансардных этажей в реконструируемых и вновь возводимых многоэтажных зданиях, проблема оценки влияния ветровой нагрузки на напряженное состояние несущих элементов стропильной системы приобретает актуальность.

### ПРЕДЛАГАЕМАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ СТРОПИЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СКАТНОЙ КРЫШИ

Для наглядности предлагаемую методику расчета проиллюстрируем на примере расчета наслонных стропил.

Наслонные стропила при правильном их конструировании и устройстве являются безраспорной конструкцией. Нагрузка на стропильную ногу собирается с грузовой площади, ширина которой равна шагу расстановки стропил. Наибольший изгибающий момент при свободном опирании стропильной ноги на двух опорах вычисляется по формуле:

$$M_d = \frac{F_d \cdot l_d^2}{8}, \quad (1)$$

где  $F_d$  – суммарная нагрузка на 1 пог. м горизонтальной проекции стропильной ноги;  
 $l_d$  – пролет стропильной ноги в горизонтальной проекции.

Если стропильная нога имеет дополнительную опору в виде прогона или подкоса, то в этом случае она рассчитывается как двухпролетная неразрезная балка. Изгибающий момент в сечении над средней опорой определяется по выражению:

$$M_d = \frac{F_d \cdot (l_1^2 + l_2^2)}{8(l_1 + l_2)}, \quad (2)$$

где  $l_1$  и  $l_2$  – расстояния по горизонтали от крайних опор до средней опоры стропильной ноги.

**Учет снеговой нагрузки.** Полное нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия  $s$  определяется по формуле:

$$s = S_0 \cdot \mu, \quad (3)$$

где  $S_0$  – нормативное значение веса снегового покрова на 1 м<sup>2</sup> горизонтальной поверхности земли;

$\mu$  – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие.

Значение коэффициента  $\mu$  определяется линейной интерполяцией и составляет  $\mu = 1$  при  $\alpha \leq 25^\circ$ ;  $\mu = 0$  при  $\alpha \geq 60^\circ$  (Приложение 3 [2]).

**Учет ветровой нагрузки.** Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки  $w_m$  на высоте  $z$  над поверхностью земли вычисляется по формуле:

$$w_m = w_0 \cdot k \cdot c, \quad (4)$$

где  $w_0$  – нормативное значение ветрового давления;

$k$  – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте [2, п.6.5];  
 $c$  – аэродинамический коэффициент [2, п. 6.6].

Для упрощения определения коэффициента  $k$  для типа местности  $B$ , который соответствует городским территориям, равномерно покрытым препятствиями, высотой более 10 м, его значения принимаются по графику, приведенному на рис. 1. Пунктиром показаны отметки конька крыши при различных ее уклонах.

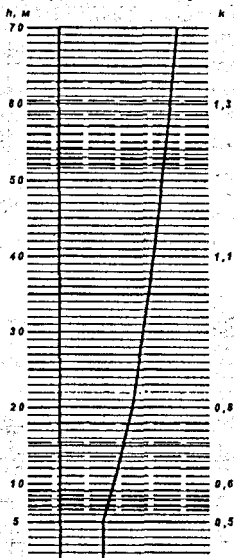


Рисунок 1 – К определению коэффициента  $k$

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СТРОПИЛ

Оценка влияния ветровой нагрузки выполнялась на примере двускатных наслонных стропил для двух типов кровли:

- **тип 1** – материал кровли: металлочерепица; постоянная нагрузка на 1 пог. м горизонтальной проекции стропильной ноги составляет **0,747 кН/м**;
- **тип 2** – материал кровли: керамическая черепица; постоянная нагрузка на 1 пог. м горизонтальной проекции стропильной ноги составляет **2,32 кН/м**.

Расчет выполнялся для двух вариантов значений нормативной нагрузки для отметок низа стропильной системы 5 м и 50 м:

- **вариант 1** – снеговая нагрузка  $s_0 = 0,80$  кПа (район IБ), ветровая нагрузка  $w_0 = 0,23$  кПа (район I);
- **вариант 2** – снеговая нагрузка  $s_0 = 1,20$  кПа (район IIБ), ветровая нагрузка  $w_0 = 0,23$  кПа (район I) [3].

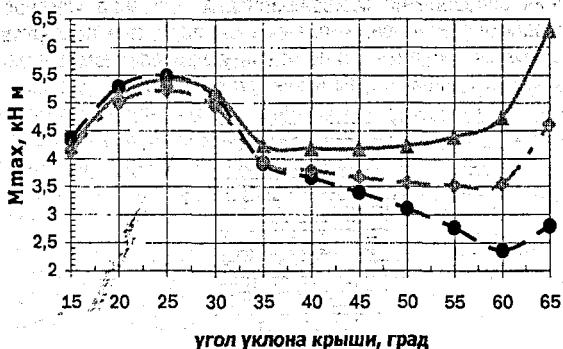
Расчет несущей способности стропильной ноги был выполнен в проектно-вычислительном комплексе **SCAD**.

Результаты расчета приведены в виде графиков на рисунке 2.

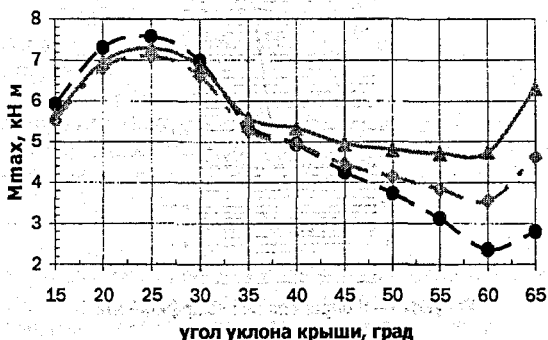
### Заключение

1. Расчет стропильных ног для IБ снеговой района ( $s_0 = 0,80$  кПа) и I ветрового района ( $w_0 = 0,23$  кПа) для малозатяжных зданий при уклоне крыши более  $\alpha \geq 35^\circ$  и для высотных

зданий при угле крыши более  $\alpha \geq 30^\circ$  рекомендуется выполнять на второе расчетное сочетание нагрузок – постоянная нагрузка +  $\psi_2$  (снеговая нагрузка + ветровая нагрузка).



а)



б)

Условные обозначения:  
 - - ● - - - - - первое сочетание (5 м и 50 м)  
 - - ◊ - - - - - второе сочетание (5 м)  
 - - ▲ - - - - - второе сочетание (50 м)

а – вариант 1; б – вариант 2

Рисунок 2 – Графики зависимости  $M_{max}$  от угла уклона крыши для кровли типа 1

2. Расчет стропильных ног для IБ снеговой района ( $s_0 = 1,20 \text{ кПа}$ ) и I ветрового района ( $w_0 = 0,23 \text{ кПа}$ ) для малоэтажных зданий при угле крыши более  $\alpha \geq 40^\circ$  и для высотных зданий при угле крыши более  $\alpha \geq 35^\circ$  рекомендуется выполнять на второе сочетание нагрузок – постоянная нагрузка +  $\psi_2$  (снеговая нагрузка + ветровая нагрузка).

При значениях уклона кровли, не превышающих полученные величины, расчет стропильных ног рекомендуется выполнять на первое расчетное сочетание нагрузок.

3. Установлено, что материал кровельного покрытия (собственный вес кровли) практически не влияет на полученные граничные значения угла уклона крыши.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Деревянные конструкции: СНБ 5.05.01-2000. – Введ. 04.10.2000. – Мн.: РУП «Минсктипроект», 2001. – 72 с.

2. Нагрузки и воздействия: СНиП 2.01.07-85. – Введ. 01.01.87. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 36 с.

3. Изменение № 1 к СНиП 2.01.07-85. «Нагрузки и воздействия». – Введ. 01.07.04.
4. Шишкин, В.Е. Примеры расчета конструкций из дерева и пластмасс: учебное пособие для техникумов / В.Е. Шишкин / – М.: Стройиздат, 1974. – 219 с.
5. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП II-25-80) / ЦНИИСК им. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1986. – 216 с.
6. Бойтемиров, Ф.А. Расчет конструкций из дерева и пластмасс: учебное пособие для студ. вузов / Ф.А. Бойтемиров, В.М. Головака, Э.М. Улицкая; под ред. Ф.А. Бойтемирова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 160 с.
7. Конструкции из дерева и пластмасс: учеб. для техн. вузов / Д.К. Арленинов [и др.]; под общ. ред. Д.К. Арленинова. – М.: Издательство АСВ, 2002. – 280 с.
8. Белевич, В.Б. Кровельные работы: учеб. для проф. учеб. заведений / В.Б. Белевич / – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк.; Изд. центр «Академия», 2000. – 400 с.
9. Карпиловский, В.С. SCAD OFFICE: Статический расчет / В.С. Карпиловский, Э.З. Криксунов, А.А. Маляренко. – М.: АСВ, 2006. – 486 с.

УДК 693.22.004.18

Дакало Ю.А.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Григорьев В.Ф.

## РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ИЗДЕЛИЙ С ЛИНЕЙНО-УГЛОВЫМИ РАЗМЕРАМИ

Одним из способов сокращения сроков конструирования и улучшения качества выпускаемых машин является применение расчётных принципов определения качественных показателей изделий. Эти показатели в значительной мере зависят от выбора характера сопряжения, допусков размеров, формы и расположения поверхностей или элементов деталей. Поэтому важной задачей при проектировании изделий является установление связей между геометрическими параметрами деталей машины и её служебным назначением, а также выбор норм точности этих параметров.

В основе размерной обработки конструкции лежит анализ размерных связей: вначале между деталями изделия, а затем внутри каждой детали. Выявление конструкторских размерных цепей является достаточно сложной и трудоёмкой задачей, решаемой в ходе технологической подготовки производства. Применение методики размерного анализа упрощает процесс выявления размерных цепей. Выявление размерных цепей может проводиться либо по отдельности для каждого размера, либо сразу для всех размеров в определённом координатном направлении на основе графа размерных связей.

Граф определяется парой множеств: множеством вершин, соответствующих анализируемым объектам и множеством пар вершин (рёбер), соответствующих взаимосвязям между объектами. Для графа размерных связей под объектами подразумеваются конструктивные элементы детали, под рёбрами – размеры объектов, размеры и допуски, определяющие взаимное расположение объектов, текстовые технические требования, косвенно заданные размеры.

В основе метода графов лежит схема замещения изделия структурированным множеством поверхностей изделия. С этой целью изделие следует рассматривать как конструкцию, представляющую собой совокупность сборочных единиц и деталей, обезличенных по своему функциональному назначению, где каждая деталь - это подмножество поверхностей.

В качестве схемы замещения изделия воспользуемся графом иерархической структуры [1]. Использование множества поверхностей в качестве конечного элемента изделия позволяет рассматривать последнее в виде графа. Для этого надо построить три графа: граф сборочных единиц и деталей изделия, граф деталей изделия и граф поверхностей изделия.