

УДК 624.01

Джигило А.В.

Научный руководитель: доцент Игнатюк В.И.

## О СТАТИЧЕСКОМ РАСЧЕТЕ СЕГМЕНТНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ФЕРМ НА ПОСТОЯННУЮ И СНЕГОВУЮ НАГРУЗКИ

Рассматривается статический расчет деревянных сегментных ферм на действие постоянной и снеговой нагрузок, изменяющихся в пределах длин ферм равномерно по косинусоидальному закону ( $\cos 1,8\varphi$ ), либо по треугольной зависимости на левую и правую половины ферм.

**Геометрические характеристики ферм.** Рассматривают три вида (рис. 1) сегментных ферм, верхний пояс которых изменяется по окружности, узлы нижнего пояса расположены равномерно (с равным шагом), а узлы верхнего пояса рассматривают в точках пересечения окружности верхнего пояса и радиусов этой окружности  $R$ , разбивающих полный угол сегмента  $\alpha$  на равные углы  $\Delta\alpha$  (рис. 2) ( $\Delta\alpha = \alpha/n$ , где  $n$  – число панелей на верхнем поясе фермы).

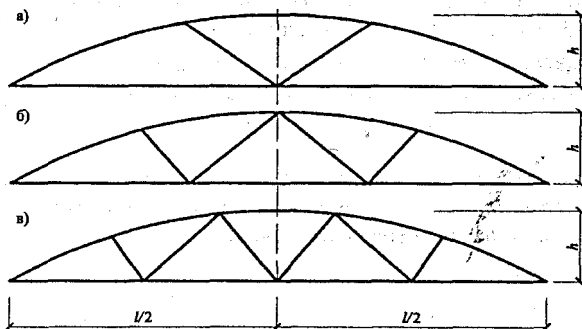
Радиус окружности, образующий верхний пояс фермы, при заданных размерах фермы может быть вычислен по формуле:

$$R = \frac{l^2 + 4h^2}{8h} \quad (1)$$

При заданном соотношении высоты фермы  $h$  к длине ее пролета  $l$  ( $h = kl$ ) получим

$$R = \frac{l^2 + 4k^2}{8k} l = \rho l, \quad (2)$$

где  $\rho = \frac{l^2 + 4k^2}{8k}$  – безразмерный параметр радиуса, не зависящий от длины пролета и одинаковый для всех ферм с заданным соотношением  $k$ .



а) с тремя панелями на верхнем поясе; б) с четырьмя панелями на верхнем поясе;

в) с пятью панелями на верхнем поясе

Рисунок 1 – Схемы сегментных ферм

Угол  $\alpha$ , характеризующий величину сегмента, найдем из соотношений (рис. 2):

$$\sin \alpha = \frac{l}{2R} = \frac{4k}{1 + 4k^2}; \quad \alpha = \arcsin \frac{4k}{1 + 4k^2} \quad (3)$$

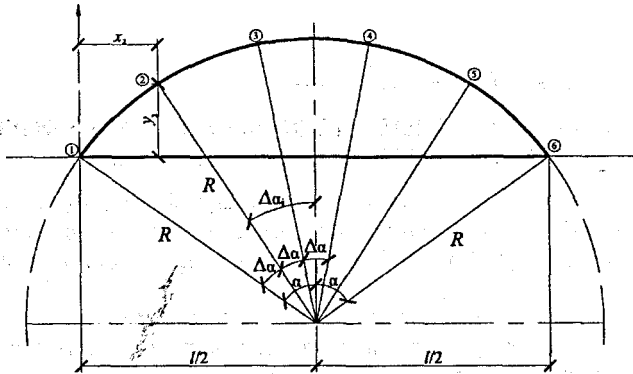


Рисунок 2

Координаты  $i$ -го узла верхнего пояса тогда могут быть найдены по выражениям (рис. 2):

$$x_i = \frac{l}{2} - R \sin(\Delta\alpha_i) = \left[ \frac{1}{2} - g \sin(\Delta\alpha_i) \right] l; \quad y_i = R \sin(\Delta\alpha_i) - (R - h) = \{ g [\cos(\Delta\alpha_i) - 1] + k \} l, \quad (4)$$

$$y_i = R \sin(\Delta\alpha_i) - (R - h) = \{ g [\cos(\Delta\alpha_i) - 1] + k \} l,$$

где  $\Delta\alpha_i = \left[ 1 - \frac{2(i-1)}{n} \right] \alpha$  – угол отмеряемый от средней вертикали оси до радиуса к  $i$ -му узлу против часовой стрелки.

Используя представленные формулы, несложно вычислить все геометрические параметры ферм.

**Расчет узловых сил от нагрузок, распределенных равномерно и по треугольной зависимости.** На фермы могут действовать различные нагрузки [1], распределенные равномерно (постоянная нагрузка), по треугольному закону и по косинусоиду  $\cos 1,8\varphi$  (снеговые нагрузки). Для расчета ферм эти нагрузки необходимо привести к узловым силам. Сделать это можно по нижепредставленным формулам.

Для нагрузок равномерно распределенных по всей длине ферм

$$P_1 = q \frac{x_2}{2}; \quad P_2 = \frac{q}{2}(x_3 - x_1); \quad P_i = \frac{q}{2}(x_{i+1} - x_{i-1});$$

здесь  $x_i$  – расстояние от левого узла фермы (от начала координат) до узла.

Для нагрузок, распределенных по треугольному закону, на половину длины фермы:

а) для ферм с тремя панелями на верхнем поясе:

$$P_1 = qx_2 \left( 0,5 + \frac{1}{3} \frac{x_2}{l} \right); \quad P_2 = \frac{ql}{12} \left[ \frac{x_2}{l} \left( 2 \frac{x_2}{l} - 9 \right) + 5 \right]; \quad P_3 = \frac{ql}{24} \left( 1 - 2 \frac{x_2}{l} \right)^2; \quad P_4 = 0;$$

б) для ферм с четырьмя панелями на верхнем поясе:

$$P_1 = qx_2 \left( 0,5 + \frac{1}{3} \frac{x_2}{l} \right); \quad P_2 = \frac{ql}{6} \left( 1 - \frac{x_2}{l} \right); \quad P_3 = \frac{ql}{24} \left( 0,5 - \frac{x_2}{l} \right)^2; \quad P_4 = P_5 = 0;$$

в) для ферм с пятью панелями на верхнем поясе:

$$P_1 = qx_2 \left( 0,5 + \frac{1}{3} \frac{x_2}{l} \right); \quad P_2 = ql \left[ \left( 0,5 - \frac{2}{3} \frac{x_2}{l} \right) + \left( 0,5 - \frac{2}{3} \frac{x_2}{l} - \frac{1}{3} \frac{x_1}{l} \right) \left( \frac{x_3}{l} - \frac{x_2}{l} \right) \right];$$

$$P_3 = ql \left( 0,625 - \frac{x_2^2}{l^2} - 0,5 \frac{x_3^2}{l^2} + \frac{x_2 x_3}{l^2} - 1,5 \frac{x_2}{l} - \frac{x_3}{l} \right); \quad P_4 = P_5 = P_6 = 0.$$

Для снеговой нагрузки, распределенной по косинусоиде –  $\cos(1,8\varphi)$ , соответствующие зависимости представлены в работе [2].

**Статический расчет ферм.** Рассматриваемые сегментные деревянные фермы на расчетных схемах принимаются шарнирно-стержневыми, а элементы верхнего пояса принимаются прямолинейными. С учетом этого фермы будут статически определимыми и могут быть рассмотрены способом вырезания узлов [3]. Для автоматизации процесса, который позволит рассчитывать соответствующие фермы с различными соотношениями размеров, получим расчетные выражения для определения усилий в элементах ферм, вырезая последовательно узлы ферм. Получим эти зависимости на примере ферм с пятью панелями на верхнем поясе (рис. 3). Это наиболее сложный вариант.

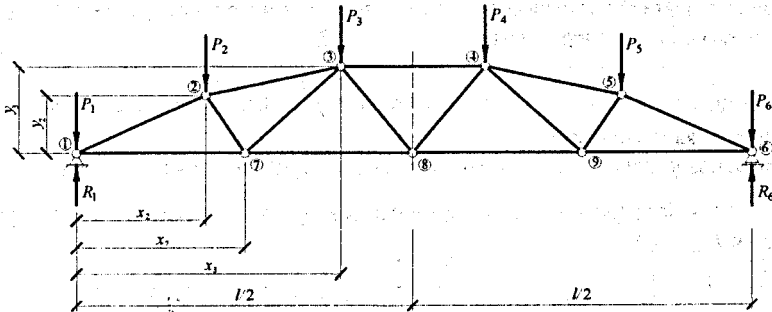


Рисунок 3 – Расчетная схема ферм

Опорные реакции определяются из уравнения равновесия:  $\sum M_1 = 0; \quad \sum M_6 = 0.$

После этого последовательно вырезаем узлы 1, 2, 7, 3 и т.д. и рассматриваем их равновесие. Уравнение равновесия в виде суммы проекций на горизонтальную и вертикальную оси (X и Y) позволяют получить системы уравнений, решая которые, найдем усилия в элементах ферм.

**Узел 1:**  $\sum x = 0; \quad N_{1-2} \cos \alpha_1 + N_{1-7} = 0;$

$\sum y = 0; \quad N_{1-2} \sin \alpha_1 + R_1 - P_1 = 0;$

**Узел 2:**  $\sum x = 0; \quad -N_{1-2} \cos \alpha_1 + N_{2-3} \cos \alpha_2 + N_{2-7} \cos \alpha_3 = 0;$

$\sum y = 0; \quad -N_{1-2} \sin \alpha_1 + N_{2-3} \sin \alpha_2 - N_{2-7} \sin \alpha_3 - P_2 = 0;$

**Узел 7:**  $\sum x = 0; \quad -N_{1-7} + N_{2-7} \cos \alpha_3 + N_{7-3} \cos \alpha_4 + N_{7-8} = 0;$

$\sum y = 0; \quad N_{2-7} \sin \alpha_3 + N_{7-3} \sin \alpha_4 = 0;$

**Узел 3:**  $\sum x = 0; \quad -N_{2-3} \cos \alpha_2 - N_{7-3} \cos \alpha_4 + N_{3-4} + N_{3-8} \cos \alpha_5 = 0;$

$\sum y = 0; \quad -N_{2-3} \sin \alpha_2 - N_{7-3} \sin \alpha_4 + N_{3-8} \sin \alpha_5 - P_3 = 0.$

Для определения усилий в остальных стержнях фермы можно использовать эти же уравнения, если рассмотреть ферму симметрично с правой стороны, заменив соответственно узлы 1, 2, 7, 3, на узлы 6, 5, 9 и 4, опорную реакцию  $R_1$  на  $R_6$ , а узловые силы  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$  на  $P_6$ ,  $P_5$  и  $P_4$ .

Величины углов определяются соотношениями:

$$\alpha_1 = \arctg \frac{y_2}{x_2}; \quad \alpha_2 = \arctg \frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_2}; \quad \alpha_3 = \arctg \frac{y_2}{x_7 - x_2}; \quad \alpha_4 = \arctg \frac{y_3}{x_7 - x_7}; \quad \alpha_5 = \arctg \frac{y_3}{x_8 - x_7}.$$

По основе полученных зависимостей для расчета геометрических параметров и усилий в элементах ферм разработан алгоритм расчета и составлена программа в среде MathCad.

**Результаты расчета.** Получены результаты расчета трех типов ферм (с тремя, четырьмя и пятью панелями на верхнем поясе) с отношением  $h/l=1/6; 1/7$  от нагружения нагрузками, распределенными равномерно по  $q_x=q$  и по косинусоиде  $q_x = q \cos 1,8\varphi$  на всей длине ферм, а также распределенной по треугольным зависимостям на половины длин ферм, при параметре  $q^*$ , равном единице ( $q^*=1$ ) (см. табл. 1 и 2). Такой подход позволяет получить значения соответствующих коэффициентов, с помощью которых затем можно найти геометрические размеры ферм и усилия в них, умножая эти коэффициенты на величины нагрузки  $q$  и длину пролета ферм  $l$ :

$$l_{cm} = \beta_{cm} l; \quad x_i = \gamma_{xi} l; \quad y_i = \gamma_{yi} l; \quad N = \alpha q l,$$

где  $l$  – длина стержня;  $x_i, y_i$  – координаты  $i$ -го узла фермы;  $N$  – предельное усилие в соответствующем стержне.

Ниже представлены результаты расчетов для одного из вариантов ферм.

Таблица 1 – Коэффициенты для определения координат узлов ферм с 4-мя панелями высотой  $h_{max} = (1/6)l$

№ узла	1	2	3	4	5	6	7
$\gamma_x$	0	0,23648	0,5	0,76352	1	0,33333	0,66667
$\gamma_y$	0	0,12390	0,16667	0,12390	0	0	0

Таблица 2 – Значения коэффициентов для определения длин стержней и продольных сил в стержнях ферм с четырьмя панелями и  $h_{max} = (1/6)l$

Элемент		Коэффициент $\alpha$ для нагрузки			Коэффициент длины элемента (хорды), $\beta$
Вид	Обозначение	равномерно распределенной на $l$ (а)	распределенной по треугольнику на $l/2$	снеговой $\cos(1,8\varphi_x)$	
Верхний пояс	$O_1$	-0,82257	-0,23429	-0,71933	0,26697
	$O_2$	-0,74765	-0,17356	-0,66293	0,26697
	$O_3$	-0,74765	-0,10078	-0,66293	0,26697
	$O_4$	-0,82257	-0,08978	-0,71933	0,26697
Нижний пояс	$I_1$	0,72862	0,20753	0,63717	0,33333
	$I_2$	0,75	0,125	0,67637	0,33333
	$I_3$	0,72862	0,07952	0,63717	0,33333
Решетка	$D_1$	0,01523	-0,05879	0,02793	0,15727
	$D_2$	-0,01697	0,06551	-0,03112	0,23570
	$D_3$	-0,01697	-0,03610	-0,03112	0,23570
	$D_4$	0,01523	0,03240	0,02793	0,15727

**Заключение.** Представлена методика статического расчета деревянных сегментных ферм на действие постоянной и снеговой нагрузок, изменяющихся в пределах длин ферм равномерно по косинусоидальному закону ( $\cos 1,8\varphi$ ), либо по треугольной зависимости на левую и правую половины ферм. Получены расчетные зависимости, реализованные в Mathcad-программу расчета ферм. Выполнен расчет ряда типов ферм на соответствующие единичные нагружения, и получены результаты, позволяющие определять усилия в фермах с конкретными размерами от заданных величин нагрузок.

#### **СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Нагрузки и воздействия: СНиП 2.01.07–85 / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 48 с.
2. Джигило, А.В. Расчет параметров снеговой нагрузки, распределенной по косинусоидальной зависимости, на покрытия кругового цилиндрического очертания / А.В. Джигило, В.И. Игнатюк // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов / БрГТУ. – Брест, 2010.
3. Строительная механика: учебное пособие / А.А. Борисевич, Е.М. Сидорович, В.И. Игнатюк. – Мн.: БНТУ, 2009. – 756 с.

УДК [72.03 (476.7)] (063)

*Дордюк Т. В.*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Воробей А.В.*

#### **ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ И РЕГЕНЕРАЦИИ ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКИ ГОРОДА БРЕСТА**

Брест – город с богатой многовековой историей. Первоначальное месторасположение города – место слияния Мухавца и Западного Буга, пересечение торговых путей из восточнославянских земель в Западную Европу. К XVI веку формируется планировочная структура города. На мысу у слияния Буга и Мухавца, на месте древнего дедицца располагался замок. На соседнем острове, сформированном рукавами Мухавца и Угринки – «место в паркане», находилась укрепленная центральная часть города. На соседних островах – предместье Замухавечье, Пяски, «место за парканом». Войны середины XVII-XVIII веков принесли значительные разрушения городу. Тем не менее его планировочная структура не претерпевала значительных изменений, до 1830-х гг., когда было принято решение построить крепость.

Новый город находился в двух верстах от гласиса крепости и состоял из Вольнского и Кобринского предместий. Вольнское предместье располагалось юго-восточнее крепости вдоль ковельского шоссе и имело преимущественно усадебную застройку.

Кобринское предместье располагалось на высоком северном берегу Мухавца и имело регулярную планировочную структуру. На оси Московского шоссе располагался городской центр – почтамп, Симеоновский собор, торговые ряды. Застройка кварталов периметральная, однако в северной части (ул. Мицкевича) сохранились два особняка (1 пол. XIX в.). Сохранившаяся застройка преимущественно 1-2-этажная, каменная. Стиль – эклектика, «кирпичная архитектура», сохранилось несколько зданий с элементами модерна. В конце XIX века в связи со строительством железной дороги строится