

## ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП П-23-81\*. Стальные конструкции / Госстрой СССР. – ЦИТП Госстроя СССР 1991. – 96 с.
2. Ольков, Я.И. Оптимальное проектирование предварительно напряженных металлических ферм / Я.И. Ольков, И.С. Холопов. – М: Стройиздат, 1985 – 156 с.
3. СНиП 2.05.03-84 Мосты и трубы / Госстрой СССР. – ЦИТП Госстроя СССР 1988. – 72 с.
4. Металлические конструкции. Общий курс: учебник для ВУЗов / Е.И. Беленя [и др.]; под ред. Е.И. Беленя.– М: Стройиздат, 1991. – 560 с.

УДК 624.14

### **Усиление швеллера решеткой из уголков и нахождение изгибной жесткости усиленного сечения**

*Гайдукевич В.С., Янчук А.А.*

(научный руководитель – *Давыдов Е.Ю.*)

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

В настоящее время довольно часто возникает необходимость увеличения несущей способности изгибаемых элементов в связи с увеличением атмосферных или технологических нагрузок. В частности в связи с увеличением нормативной снеговой нагрузки на территории Беларуси это касается прогонов покрытий зданий. Наиболее эффективным по металлоемкости и трудоемкости представляется увеличение несущей способности с применением раскосной решетки (рисунок 1).

Препятствием к применению данного вида усиления является отсутствие аналитических формул по определению геометрических характеристик и, прежде всего, моментов инерции и моментов сопротивления. Целью данной работы является получение зависимостей определяющих связь между геометрическими характеристиками не усиленного открытого профиля и геометрическими характеристиками открытого профиля усиленного треугольной решеткой.

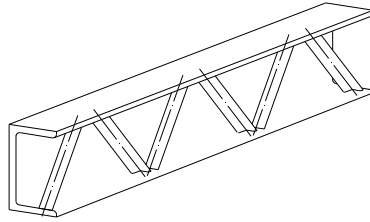


Рисунок 1 – Открытый профиль усиленный треугольной решеткой

Для решения поставленных задач в программном комплексе ЛИРА была создана конечно-элементная модель, которая позволила смоделировать работу данной конструкции. Были исследованы открытые профили в виде швеллеров № 20,30,40. Конечно-элементные модели не усиленного швеллера и швеллера усиленного треугольной решеткой представлены на рисунок 2.

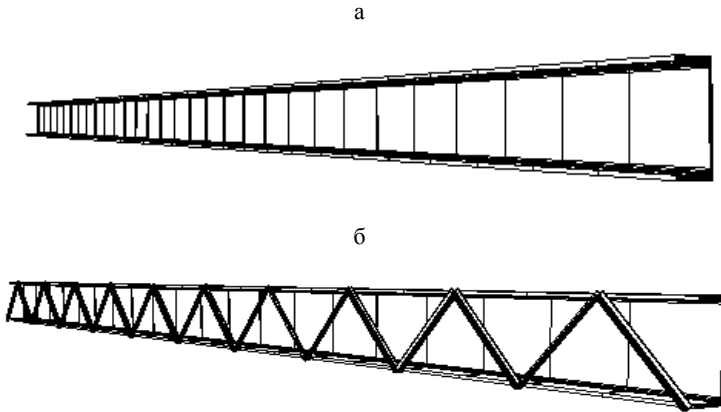


Рисунок 2 – Конечно-элементные модели:  
а – не усиленного швеллера; б – усиленного швеллера

Была принята следующая методика решения поставленной задачи:

1. Определялись прогибы не усиленных профилей;
2. Определялись прогибы усиленных профилей;
3. Вычислялись отношения прогибов усиленных и не усиленных профилей, которые принимались в качестве коэффициентов увеличения изгибной жесткости (моментов инерции) усиленных швеллеров.

При накоплении статистического материала варьировались следующие величины:

1. Нагрузка (распределенная  $q = 5; 10; 20$  кН/м);

Пример: 20, L20x3,  $l = 6$  м, угол 450 (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты расчета

$q$ , кН/м	$f$ , мм	$I$ , см <sup>4</sup>
5	20,6967	1978
10	41,1949	1988
20	82,6326	1982

2. Пролет балки ( $l = 3; 6; 9$  м);

Пример: [20, L20x3,  $q = 5$  кН/м, угол 450 (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты расчета

$L$ , м	$f$ , мм	$I$ , см <sup>4</sup>
3	1,2883	1987
6	20,6967	1978
9	105,425	1967

3. Угол наклона решетки ( $\alpha = 30; 45; 60^\circ$ );

Пример: [20, L20x3,  $q = 5$  кН/м,  $l = 6$  м. (таблица 3)

Таблица 3 – Результаты расчета

Угол	$f$ , мм	$I$ , см <sup>4</sup>
30	21,6097	1885
45	20,6967	1978
60	22,2828	1825

4. Сечение стержней решетки ( $A = 1,13-7,56$ );

Пример:[20,  $q = 5$  кН/м,  $l = 6$  м, угол 450 (таблица 4).

Таблица 4. Результаты расчета

Уголок	$f$ , мм	$I$ , см <sup>4</sup>
20x3	20,6967	1978
45x4	20,4715	2001
75x5	20,4188	2005

Аналогичные данные получены для других профилей.

Анализ полученных значений показал, что жесткость конструкции не зависит от пролета, величины нагрузки, наиболее эффективным является применение решетки под углом  $45^\circ$ .

Выразив через прогиб момент инерции сечения и определив его более чем для 30 уголков, нами была выведена с помощью метода наименьших квадратов эмпирическая формула для получения моментов инерции швеллеров, усиленных решеткой:

$$I = k \cdot I_0,$$

где  $k$  – коэффициент зависящий от профиля и принимаемый в интервале (1,15–1,3);

$I_0$  – момент инерции не усиленного швеллера.

Для более точного определения коэффициента  $k$  можно использовать формулу:

$$k = aA^2 + bA + c,$$

где  $a = -0,001$ ;

$b = 0,017$ ;

$c = 1,185$ ;

$A$  – площадь уголка.

При использовании приведенной формулы отклонение от реального значения не превышает 3%

Целесообразность применения усиления решеткой из уголков с экономической точки зрения была проверена в сравнении со швеллером, усиленным снизу листом.

Получено, что при применении уголков с погонной массой менее 5 кг/м наблюдается существенная экономия металла. Так, при получении одинаковой жесткости расход металла уменьшается до 15–20%.