

## К ВОПРОСУ О НАЗНАЧЕНИИ ЭФФЕКТИВНОЙ ШИРИНЫ НАСТИЛА ПРИ РАСЧЕТЕ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ФЕРМ ПОКРЫТИЙ

В последние годы в Белорусской ССР построено ряд производственных и гражданских зданий, в покрытиях которых реализовано конструктивное решение, учитывающее совместную работу стальных стропильных ферм с железобетонными панелями (сталежелезобетонные фермы). В результате включения настила сечение сжатого стального пояса конструкции значительно увеличивается, что резко повышает технико-экономические показатели покрытия.

При проектировании сталежелезобетонных покрытий одним из важных факторов является установление расчетного сечения объединенного пояса, в состав которого включается верхний пояс стальной фермы, ребра и некоторая часть полки настила, так называемая эффективная ширина плит.

Последняя характеризуется редуцированным коэффициентом  $\Psi$  и соответствует условной ширине настила  $b$ , в пределах которой нормальные напряжения могут приниматься постоянными:  $\sigma = \Psi B$  ( $B$  - шаг конструкции).

Для определения редуцированного коэффициента требуется установить напряженное состояние плиты. К этому вопросу в разной постановке задачи неоднократно обращались многие исследователи в СССР, Англии, ФРГ, ЧССР. Из анализа полученных решений можно сделать следующие выводы:

1) величина  $\Psi$  в основном определяется отношением  $l : B$  ( $l$  - пролет конструкции), при этом на его значение существенно влияет вид нагрузки;

2) величина  $\Psi$  изменяется вдоль пролета. В многоригельных конструкциях  $\Psi$  значительно выше, чем в одиночных балках;

3) во всех рассмотренных работах исследуются только изгибаемые сплошностенчатые конструкции. В случае применения сквозной конструкции для определения эффективной ширины рекомендуются те же зависимости, что и для сплошностенчатых.

В последнем случае коэффициент  $\Psi$  будет иметь величины, достаточно близкие к действительным лишь в средней части пролета. В местах же, где будут концентрироваться значительные касательные напряжения (у опор и в промежуточных

узлах), эти значения оказываются существенно завышенными. Это обстоятельство может привести к переоценке величины расчетного сечения объединенного пояса фермы.

В нашем решении, в отличие от существующих, сталежелезобетонный пояс с плитой рассматривается отдельно от решетчатого подкрепления, воздействия от которого приняты в виде нормальных сил и изгибающих моментов. Задача решается на основе исследований В.И.Петрашень применительно к расчету гидротехнических затворов [1 - 3]. Исходя из характера напряженного состояния настила и размеров кровельных железобетонных плит при решении приняты следующие предположения:

а) работа конструкции рассматривается только на симметричное нагружение и в упругой стадии; железобетонная плита с поперечными ребрами заменяется эквивалентной ей по сечению тонкой пластинкой, местная устойчивость которой обеспечена;

б) нормальные напряжения в сталежелезобетонном ребре от внешних воздействий на уровне срединной плоскости плиты постоянны в пределах каждой панели пояса фермы. Это допущение приводит к сравнительно небольшой погрешности лишь в пределах панелей, примыкающих к узлам, где возникают значительные сосредоточенные моменты.

Напряженное состояние плиты можно представить как результат нескольких нагружений продольных кромок (рис. 1). Первым нагружением являются касательные напряжения, возникающие в контакте плиты с ребром от действия нормальной силы  $N_1$  и изгибающего момента  $M_1$ , имеющего постоянное значение по длине фермы (схема нагружения 1). В качестве второго нагружения можно принять касательные напряжения, вызванные соответственно разностями усилий в смежных панелях системы ( $N_2 - N_1$ ) и ( $M_2 - M_1$ ). При большем количестве панелей второе нагружение следует расчленить на ряд дополнительных, в которых для любой пары симметрично расположенных узлов прикладываются соответствующие разности усилий.

Характер распределения  $\zeta$  от всех схем нагружения был получен из условия равновесия внутренних усилий в контакте плиты с ребром. Полученные зависимости  $\zeta$  существенно отличаются от принятых в теоретических исследованиях, выполненных другими авторами.

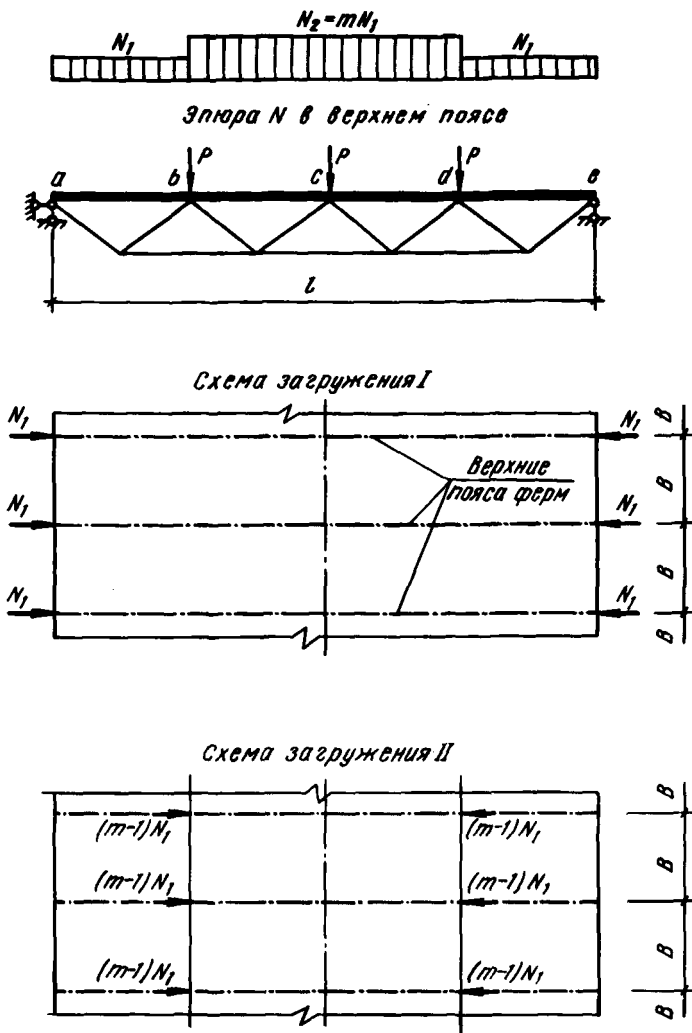


Рис. 1. Схемы загрузкиения настила сталежелезобетонных ферм покрытия при определении его напряженного состояния.

Вторая часть задачи – определение редуцированных коэффициентов – решена с использованием ЭВМ "Минск - 22".

Полная величина редуцированного коэффициента определяется наложением его значений, полученных для отдельных схем загрузкиения.

Для крайних панелей фермы по рис. 1 величины  $\psi$  определяются только загрузением по схеме 1. Для промежуточных же панелей (рассматривая нормальные напряжения на уровне нейтральной оси сечения сталежелезобетонного пояса) значение  $\psi$  можно привести к некоторому среднему:

$$\psi_{\text{ср}} = \frac{[\psi_1 + \psi_2 (m - 1)] + m \psi_1 \psi_2 \frac{B}{F_p}}{\frac{B}{F_p} [\psi_2 + \psi_1 (m - 1)] + m}, \quad (1)$$

где  $\psi_1$  - редуционный коэффициент для рассматриваемого сечения при загрузении по схеме I;  $\psi_2$  - то же при загрузении усилиями ( $N_2 - N_1$ ) и ( $M_2 - M_1$ );  $B/F_p = 0,80$  - для ферм, установленных с шагом 6,0 м;  $B/F_p = 0,65$  - то же с шагом 12,0 м;  $m = N_2 : N_1$ .

Выражение (1) может быть использовано и для ферм с большим количеством панелей. В этом случае для первой и второй панелей сохраняется та же зависимость, а при определении  $\psi$  для следующей панели можно рассматривать ее как продолжение второй.

Из анализа величины  $\psi$  можно отметить, что она изменяется по длине панели. При проверке прочности размеры объединенного сечения должны быть определены для узла с наименьшим значением  $\psi$ , которое в пределах рассматриваемой панели можно принимать постоянным.

В табл. 1 приведены значения редуционных коэффициентов, рекомендуемых нами для расчета сталежелезобетонных плоских кровельных покрытий.

По величине  $\psi_1$  определяется расчетная ширина настила в пределах приопорных участков, а по  $\psi_2$  - для средней части пролета фермы. Величину  $\psi$  можно также определять по формулам, полученным на основе статистической обработки данных табл. 1:

а) для крайних панелей:

при восходящем опорном раскосе  $\psi_1 = 0,060 \frac{1}{B}$  ;

при нисходящем опорном раскосе  $\psi_1 = 0,047 \frac{1}{B}$

б) для средних панелей:

при шаге ферм 6,0 м  $\psi_2 = 1,07 - 0,07 \frac{1}{B}$  ;

Таблица 1. Расчетные значения редуционных коэффициентов для сталежелезобетонных ферм с прямолинейным верхним поясом

Пролет ферм, м	Шаг ферм, м	Рекомендуемое для ферм				По нормам и указаниям				
		с восходящим опорным раскосом		с нисходящим опорным раскосом		СССР [4]	ФРГ [5]	Англия [6]	США [7]	ЧССР [8]
		$\psi_1$	$\psi_2$	$\psi_1$	$\psi_2$	$\psi_2$				
24,0	6,0	0,24	0,89	0,19	0,73	1,00	0,84	1,00	1,00	0,85
	12,0	0,15	0,56	0,10	0,39	0,50	0,59	0,67	0,50	0,70
30,0	6,0	0,30	0,77	0,24	0,63	1,0	0,90	1,00	1,00	0,88
	12,0	0,18	0,59	0,12	0,43	0,62	0,68	0,83	0,62	0,76
36,0	6,0	0,35	0,74	0,28	0,60	1,00	0,93	1,00	1,00	0,90
	12,0	0,20	0,52	0,15	0,39	0,75	0,75	1,00	0,75	0,80

Таблица 2. Расчетные значения редуционных коэффициентов  $\psi_2$  для сталежелезобетонных двухскатных ферм

Пролет ферм, м	Шаг ферм, м	Для ферм с восходящим опорным раскосом			Для ферм с нисходящим опорным раскосом		
		уклон кровли			уклон кровли		
		0	1/12	1/8	0	1/12	1/8
24,0	6,0	0,89	0,42	0,33	0,73	0,42	0,33
	12,0	0,56	0,15	0,10	0,39	0,15	0,10
30,0	6,0	0,77	0,44	0,35	0,63	0,44	0,35
	12,0	0,59	0,26	0,20	0,43	0,26	0,20
36,0	6,0	0,74	0,46	0,36	0,60	0,46	0,36
	12,0	0,52	0,37	0,30	0,39	0,37	0,30

при шаге ферм  $12,0\text{ м}$   $\psi_2 = \text{const} = 0,5$ .

Приведенные выше рекомендации по определению  $\psi$  относятся к покрытиям, не имеющим переломов верхнего пояса. Для двухскатных покрытий эффективная ширина в средней части пролета существенно снижается.

В табл. 2 приведены значения  $\psi_2$ , вычисленные для сталежелезобетонных двухскатных ферм.

#### Л и т е р а т у р а

1. Петрашень В.И. Расчет стальных конструкций с плоской обшивкой. - М., 1948.
2. Его же. Гидротехнические затворы с плоской несущей обшивкой. - М. - Л., 1952.
3. Его же. Ригельный гидротехнический затвор как пространственная система. - М.-Л., 1966.
4. Технические указания по проектированию сталежелезобетонных пролетных строений (ВСН 92-63). - М., 1963.
5. Horst T. Richtlinien für Projektierung und Ausführung pfettenloser Verbunddächer; Deutsche Bauinformation. Berlin, 1967.
6. Composite construction in structural steel and concrete: simply supported beams in building, CP117. - London, 1965.
7. Tentative Recommendations for the Design and Constructions of Composite Beams and Girders for Buildings. - Journal ofc American Concrete Institute , 1960, 12, vol.57.
8. Faltus F. Plnostěnně ocelově mosty tramové. - Praha, 1965.

УДК 624.075.001.24

Л.Н.Фомица, Ю.В.Попков

#### ОСОБЕННОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ СЕЧЕНИЙ КОЛОНН ПРИ МНОЖЕСТВЕ СОЧЕТАНИЙ ВНЕШНИХ УСИЛИЙ

Одна из основных задач в области повышения эффективности и качества железобетонных конструкций массового применения - дальнейшее улучшение конструктивных решений на основе использования методов оптимального проектирования [1]. Оно предусматривает создание наиболее экономичных (по какому-либо критерию) конструкций и в то же время отвечающих всем предъявляемым к ним требованиям по прочности, долговечности, жесткости и др. На практике оптимизация железобетонных конструкций является сложной задачей, так как она требует учета большого количества факторов, влияющих на их поведение.