

деформаций грунтов основания и существующих дефектах колонн и подкрановых конструкций. Недостаточная жесткость колонн может иметь своим следствием в будущем повышенный износ крановых колес и рельсов.

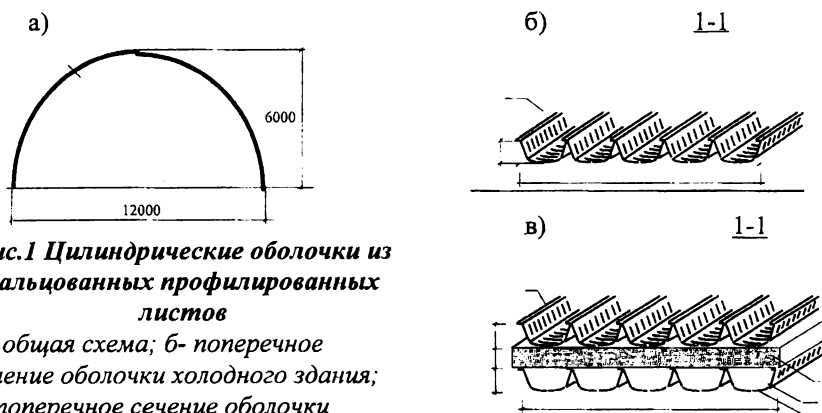
В процессе экспериментальных исследований были выполнены измерения фибровых деформаций колонн при действии крановых нагрузок с целью оценить напряженное состояние колонн. Измерения показали, что приращение напряжений в подкрановой ветви колонны от крановых нагрузок составляло не более  $300 \text{ кгс/см}^2$ . Имея ввиду относительно невысокий уровень напряжений от постоянной нагрузки, можно утверждать, что несущая способность и устойчивость колонн при существующих крановых нагрузках вполне обеспечены.

## **КОЭФФИЦИЕНТЫ ФОРМЫ СЕЧЕНИЯ ПРОФИЛЕЙ АРОЧНЫХ ОБОЛОЧЕК ИЗ ВАЛЬЦОВАННЫХ ПРОФИЛИРОВАННЫХ**

Г.Ю. ПОПУЛОВА

*Уральский государственный технический университет*

Разработка методики расчета длинных цилиндрических оболочек из вальцованных профилированных листов обусловлена их конструктивными особенностями. Оболочки собираются из профилей корытообразного сечения толщиной 1 мм. Для предотвращения потери местной устойчивости стенок профиля при гибке, их выполняют гофрированными (рис. 1). Эти поперечные рифления приводят к повышенной деформативности оболочек в целом. Вследствие этого, при расчете оболочек определяющим будет являться расчет их общей устойчивости.



**Рис.1 Цилиндрические оболочки из вальцованных профилированных листов**

*а- общая схема; б- поперечное сечение оболочки холодного здания; в- поперечное сечение оболочки теплого здания; 1-оболочка из вальцованного профилированного листа толщиной 1мм; 2- минераловатный утеплитель марки 75; 3-то же марки 175*

Представляется целесообразным рассмотреть возможность применения методики СНиП II-23-81 «Стальные конструкции» расчета внецентренно-сжатых стержней на устойчивость к расчету общей устойчивости оболочек из вальцованных профилированных листов. Для этого, кроме расчетной длины конечного элемента, необходимо знать еще и коэффициенты формы сечения профилей рассматриваемых оболочек. Данные о таких профилях в СНиП II-23-81 отсутствуют.

Для получения коэффициентов формы сечения данных профилей была использована методика определения несущей способности и деформаций сжатых стержней, опубликованная в работе [1]. Методика основана на диаграмме Прандтля, гипотезе плоских сечений и аппроксимации действительной формы изогнутой оси стержня тригонометрической функцией. Метод имеет хорошую сходимость с точным, что обосновано в этой же работе.

Суть данного метода заключается в следующем. В различных сечениях сжато-изогнутого стержня, нормальных к оси стержня, за пределами упругости могут возникнуть следующие типы напряженных состояний: напряженное

состояние 0, при котором в сечении имеют место только упругие деформации; напряженное состояние 1, при котором пластические деформации имеются только в сжатой зоне сечения; напряженное состояние 2, при котором пластические деформации имеются только в растянутой зоне сечения; напряженное состояние 3, при котором пластические деформации имеются одновременно в сжатой и растянутой зонах сечения. Каждое напряженное состояние описано соответствующими формулами. Возникновение того или иного типа напряженного состояния зависит от гибкости, формы сечения элемента, а также вида и соотношения действующих усилий в наиболее напряженном сечении упруго-пластического стержня. Функция, характеризующая взаимосвязь этих параметров имеет следующий вид:

$$\lambda^2 = \frac{\pi^2 E}{\varphi \sigma_T} \left( 1 - \frac{m \varphi \chi}{1 - \varphi} \right),$$

где  $\lambda$  - гибкость в плоскости изгиба;  $E$  - модуль упругости материала;  $\varphi$  - коэффициент продольного изгиба;  $\sigma_T$  - предел текучести стали;  $m$  - относительный эксцентриситет в плоскости изгиба;  $\chi$  - функция, учитывающая влияние формы и размеров сечения на несущую способность внецентренно - сжатого стержня.

В практических расчетах обычно вводится коэффициент влияния формы сечения, определяемый по формуле:

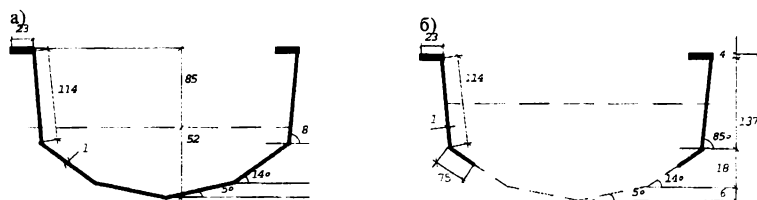
$$\eta = \frac{\chi}{\chi_0},$$

где  $\chi_0$  - функция влияния формы сечения для эталонного стержня. В качестве эталонного стержня принимается внецентренно-сжатый стержень прямоугольного сечения с шарнирно закрепленными концами из материала, диаграмма которого описывается схемой Прандтля.

Таким образом, задача по определению коэффициентов формы сечения сводилась к определению функции  $\chi$  для рассматриваемых профилей.

На основе приведенной выше методики были получены формулы для определения коэффициентов формы сечения профилей корытообразного

сечения с дугообразной широкой полкой. В данной работе приводятся некоторые результаты определения коэффициентов влияния формы сечения профилей, показанных на рис.2, а также исследовано влияние кривизны полки на коэффициенты формы сечения на примере профилей, показанных на рис.5.



**Рис. 2 Расчетные поперечные сечения профилей**

*а - полученное на основе обмеров профилей натурной оболочки; б - то же, с учетом гофрирования*

Размеры профиля на рис. 2а получены на основе обмеров профилей натурального образца с последующей статистической обработкой результатов. Однако в отличие от реального профиля форма широкой полки принята в виде ломаной линии, что позволило избежать еще более громоздких расчетов.

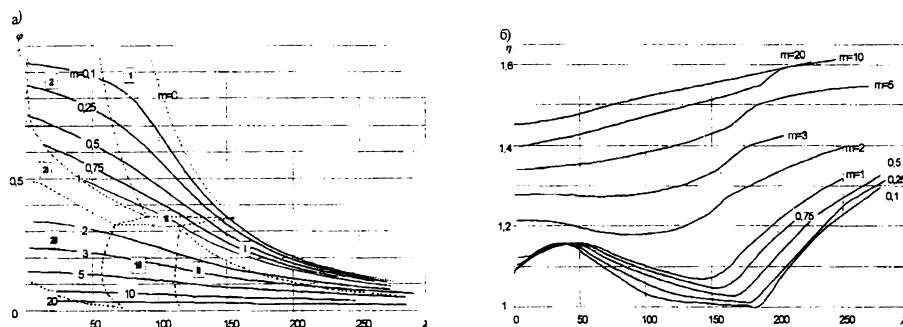
Поперечное рифление широкой полки профиля приводит к тому, что гофрированная часть сечения перестает сопротивляться действию нагрузки и выключается из работы. В этом случае в расчет принимается эффективная ширина сечения. Теоретическое и экспериментальное обоснование этого положения и методика определения размеров эффективного сечения приводятся в работе [2]. Расчетное очертание такого профиля показано на рис. 2б.

Для каждого из этих профилей были рассмотрены два случая. Первый - когда сжаты узкие полки профиля и второй случай, когда сжата широкая дугообразная полка. В каждом из этих случаев было рассмотрено 18 видов напряженных состояний (рис. 3).



**Рис. 3** Эпюры возможных напряженных состояний в профилях корытообразного сечения при сжатых узких полках

Для каждого напряженного состояния были получены расчетные формулы, которые здесь не приводятся ввиду их громоздкости. С их помощью стало возможным рассчитать сечения с любым соотношением размеров его элементов. При помощи программы Microsoft Excel, были получены кривые зависимостей коэффициентов продольного изгиба  $\varphi$  и коэффициентов формы сечения  $\eta$  от относительного эксцентриситета  $m$  и гибкости стержня  $\lambda$ . На рис. 4 приведены эти графики для профиля с рис. 2а.



**Рис. 4** Расчетные коэффициенты профиля с рис. 2а, при сжатых широких полках

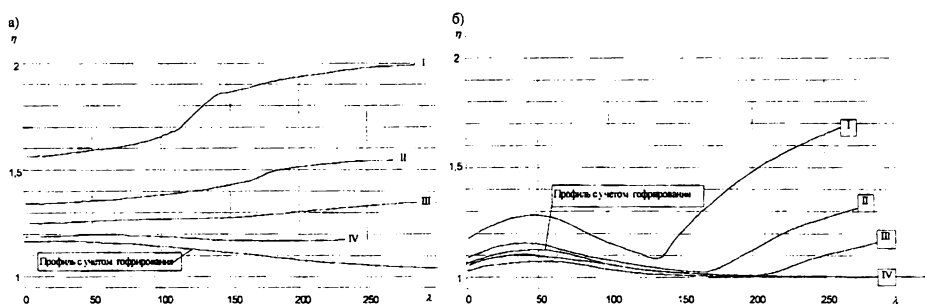
а - коэффициент продольного изгиба  $\varphi$ ; б - коэффициент формы сечения  $\eta$

Влияние кривизны широкой полки профиля на коэффициенты формы сечения исследовалось на примере профилей, полученных из исходного

профиля II, путем изменения кривизны широкой полки. Результаты показаны на рис. 6.



**Рис. 5 Расчетные профили для исследования влияния кривизны широкой полки профиля на коэффициенты формы сечения**



**Рис. 6 Влияние кривизны широкой полки профиля на коэффициенты формы сечения**

*а - при  $t = 5$ ; б - при  $t = 0,5$*

1. Пинадзян В.В. Прочность и деформации сжатых стержней металлических конструкций. Ереван, Издательство АН Армянской ССР, 1971, 224с.
2. Тамплон Ф.Ф. Марцинкевич Д.В. Популова Г.Ю. Пространственные покрытия из вальцованных профилированных листов. «Развитие школы проф. Н.С.Стрелецкого в современных условиях». Сб. науч. трудов. -М.: МГСУ, 1995.