

**РАСЧЕТ СТОЕК ДЛЯ ОПАЛУБКИ ПО  
ДЕФОРМИРОВАННОЙ СХЕМЕ С УЧЕТОМ  
ИЗМЕНЕНИЯ ИХ РАСЧЕТНЫХ СХЕМ В ПРОЦЕССЕ  
НАГРУЖЕНИЯ**

**DESIGN OF SHEETING RACKS ACCORDING TO THEIR  
DEFORMED SCHEME WITH CONSIDERING OF CHANGES IN  
DESIGN MODELS DURING LOADING**

*к.т.н. проф. Перетяцько Ю.Г., ас. Агеенко С.Б., к.т.н. доц.  
Чередник Д.Л. (Харьковский национальный университет  
строительства и архитектуры)*

*Peretyatko Y.G., Ageenko S.B. Cherednik D.L. (Kharkov National Uni-  
versity of Building and Architecture)*

**АННОТАЦИЯ**

Описана методика расчета стоек, предназначенных для поддержания несущих элементов опалубки при выполнении перекрытий зданий и сооружений из монолитного железобетона, а также других конструкций на период их монтажа, передающих на стойки монтажные вертикальные нагрузки от собственного веса.

**Ключевые слова:** стойка для опалубки, расчет по деформированной схеме.

**ABSTRACT**

Methods for design of sheeting racks for load bearing elements of curbs described. Sheeting racks are used for cast in situ reinforced concrete overhead covers and other constructions of buildings and structures which transmit loads from their self weight.

**Key words:** Sheeting rack, design by deformed scheme

**Состояние проблемы.** Стойки предназначены для поддержания несущих элементов опалубки при выполнении перекрытий зданий и сооружений из монолитного железобетона, а также других конструкций на период их монтажа, передающих на стойки монтажные вертикаль-

ные нагрузки от собственного веса. Для регулировки высоты стойки ее конструкция выполнена из нижней и верхней труб, соединенных между собой в средней части стойки фиксатором (стержень из круглой стали). В верхних трубах стоек для установки фиксаторов диаметрально противоположно на определенных расстояниях просверлены отверстия (рис. 1в, сечение 2-2), которые разбивают верхнюю трубу стойки на участки с различной жесткостью на растяжение-сжатие и изгиб. В узле соединения верхней трубы стойки с нижней имеет место его начальная конструктивная податливость - начальный излом оси стойки, образованный взаимным поворотом на уровне оси фиксатора центральных осей верхней и нижней труб стойки, характеризуемый углом  $\alpha$  и отклонением  $\Delta$  оси верхней трубы от оси нижней трубы (рис. 1). Данные изломы являются следствием разности диаметров верхних и нижних труб стоек, а также особенностями их конструкции (рис. 2). При этом в данном узле образовывается начальный эксцентриситет  $e_0$  передачи сжимающей силы с верхнего участка стойки на нижний (рис. 2), учитываемый в расчетной схеме начальным моментом  $M_0$  (рис. 1). Таким образом, в соответствии с расчетными схемами стойки (рис. 1) последняя при действии на нее вертикальной нагрузки испытывает сжатие с изгибом и, вследствие своей повышенной гибкости, должна рассчитываться по деформированной схеме с учетом начальной ее податливости.

**Методика расчета.** Стойки представляют собой пространственные стержни и в силу конструктивных особенностей имеют во взаимных плоскостях XY и XZ различные значения параметров начальной податливости  $\Delta$  и  $\alpha$ , а также различные значения эксцентриситетов в т. А (рис. 1). В связи с этим расчеты их напряженно-деформированного состояния (НДС) и устойчивости должны выполняться в 2-х плоскостях - XY и XZ.

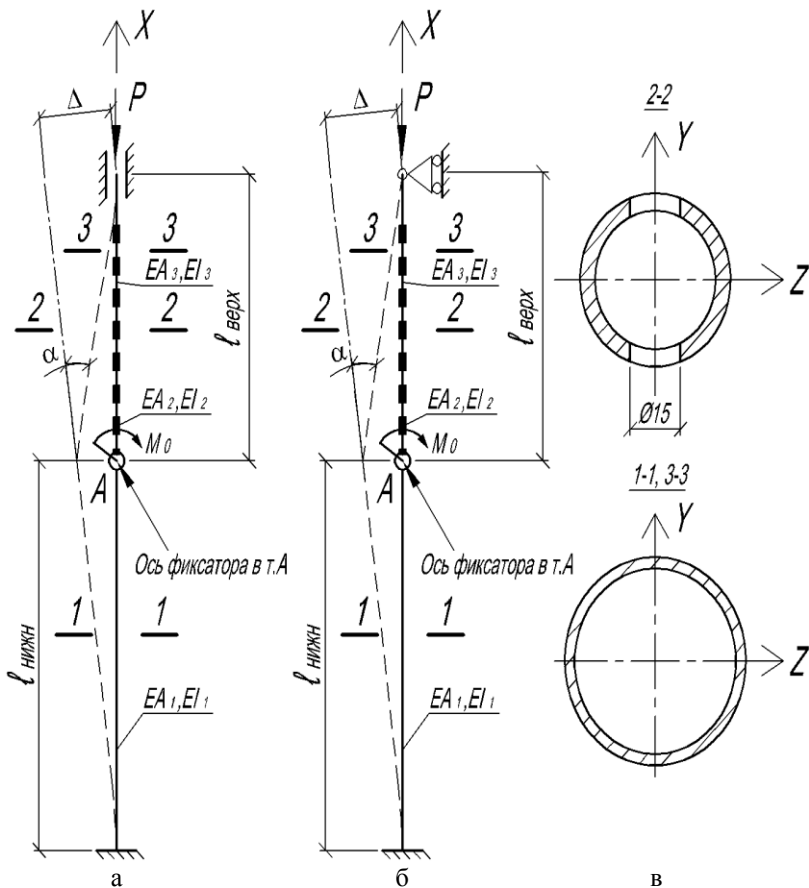


Рис. 1. Расчетные схемы стойки в начальном состоянии при ее изгибе в плоскости XZ: а – с жестко защемленными краями; б – с нижним защемленным и верхним шарнирно закрепленным краями; в – поперечные сечения участков стойки по ее высоте

Начальная податливость в узле А сочленения верхней трубы с нижней обуславливает поведение стойки под нагрузкой по одному из следующих 2-х случаев, подтверждающихся экспериментальными исследованиями: В 1-ом случае стойка (рис. 1) до нагружения имеет прямолинейную ось и может свободно поворачиваться относительно фиксатора в т.А (начальный шарнир в т. А).

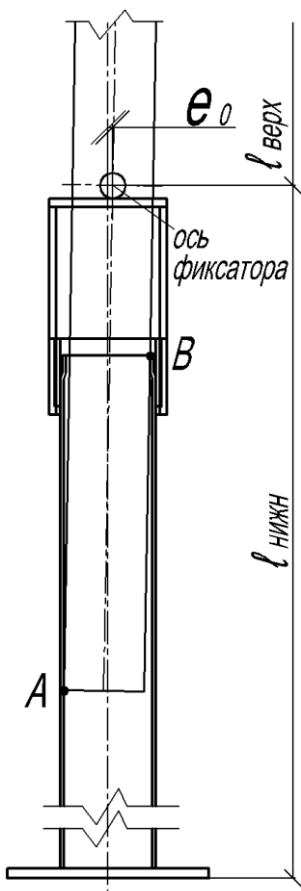


Рис. 2. Начальный излом оси стойки в плоскости XZ. В т. А и В имеют место контакты верхней трубы с нижней при предельном взаимном изломе.

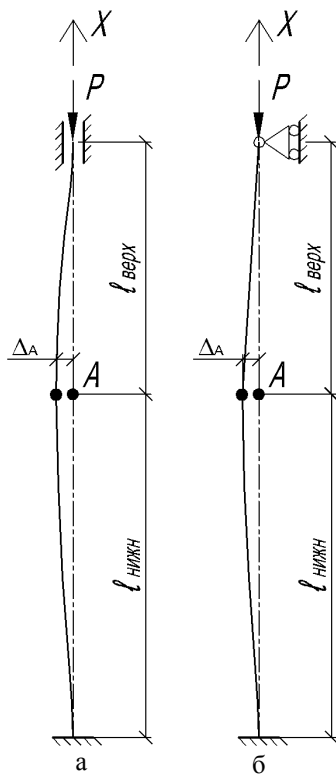


Рис. 3. Расчетные схемы стойки во вторичном ее состоянии при изгибе в плоскости XZ при достижении предельного значения угла излома оси стойки в узле А: а – с жестко защемленными краями; б – с нижним защемленным и верхним шарнирно закрепленным краями;  $\Delta_A$  – начальный прогиб стойки

При этом, приложение к стойке сжимающей нагрузки  $P$  с учетом ее эксцентричной передачи с верхней трубы на нижнюю с помощью сосредоточенного момента  $M_0$  вызывает начальный изгиб оси стойки, соответствующий первичному ее НДС.

При увеличении нагрузки  $P$  стойка выгибается и в узле А угол изло-

ма  $\alpha$  осей верхней и нижней труб достигает своего предельного значения (рис. 2), при этом шарнир в т. А исчезает и стойка превращается в неразрезную (рис. 3). На этом первичное НДС стойки исчерпывается. Дальнейшее увеличение нагрузки вызывает в стойке вторичное НДС. Во 2-ом случае стойка изначально приобретает вид с изломаной в т. А осью и при действии нагрузки  $P$  ведет себя как неразрезная в узле А конструкция. Реализация этого случая возможна как в плоскости изгиба  $XU$ , так и в плоскости изгиба  $XZ$ . Однако, изгиб в плоскости  $XU$  всегда будет более худшим случаем несущей способности верхней трубы при изгибании стойки под нагрузкой, поскольку наиболее напряженные волокна верхней стойки имеют ослабления отвестиями. Методика расчета стойки в плоскости  $XU$  по 2-му случаю была рассмотрена авторами в [1].

В настоящей работе рассмотрен 1-ый случай поведения конструкции под нагрузкой с использованием методики расчета суммарного НДС и устойчивости стойки с учетом первичного и вторичного НДС [2].

**Результаты расчета.** В качестве примера рассчитана стойка в плоскости изгиба  $XZ$  при следующих исходных данных:  $l_{\text{верх}}=1.93\text{м}$ ;  $l_{\text{нижн}}=2.57\text{м}$ ; сечения труб стойки – нижней  $\varnothing 57 \times 2\text{мм}$ , верхней  $\varnothing 48 \times 2\text{мм}$ ;  $\alpha=1^0$ ;  $e_0=2.77\text{мм}$ . Отверстия для фиксатора  $\varnothing 15\text{мм}$ . Материал конструкции – сталь 20.

Расчетная схема стойки в начальном состоянии принята по рис. 1,а. Получены следующие результаты: предельная нагрузка  $P_0$ , соответствующая первичному НДС при  $\alpha=1^0$ , равна  $P_0=6.7\text{кН}$ . Расчет на устойчивость при учете только первичного НДС с шарниром в т. А (рис. 1) показал бы значение критической нагрузки  $P_{0,\text{кр}}=10.2\text{кН}$ . Учет дополнительного вторичного НДС дал следующие результаты:

- при жестком закреплении верха стойки (рис. 3,а) суммарные нагрузки на стойку, вычисленные соответственно по условиям предела упругой работы -  $P_y=28.5\text{кН}$ , предельного прогиба ( $l/150$ ) -  $P_f=29.7\text{кН}$ , критической нагрузки  $P_{\text{кр}}=40.7\text{кН}$  (последняя в расчете по деформированной схеме соответствует переходу формы деформирования стержня в другую; при  $P \rightarrow P_{\text{кр}}$  прогибы стойки стремятся к бесконечности);

- при шарнирном закреплении верха стойки (рис. 3,б) значения аналогичных суммарных нагрузок на стойку составили:  $P_y=17.4\text{кН}$ ,  $P_f=15.9\text{кН}$ ,  $P_{\text{кр}}=19.4\text{кН}$ .

Формы деформирования стойки на различных этапах ее нагружения представлены на рис. 4.

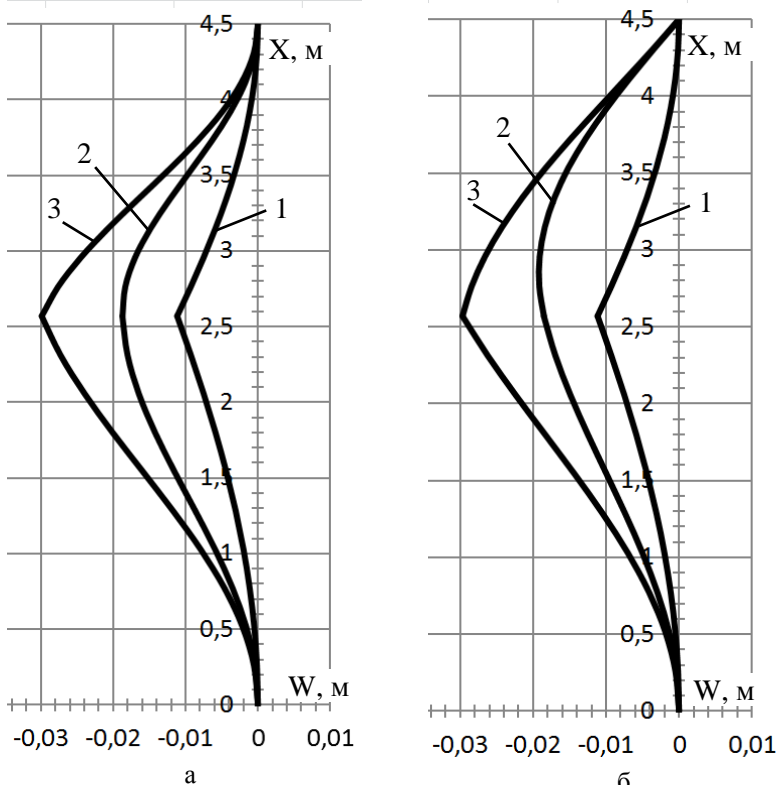


Рис. 4. Прогибы стойки при  $P = P_y = 28.5 \text{ кН}$ : а - концы стойки защемлены; б - закрепление верхнего конца стойки во вторичном НДС - шарнирное. 1, 2, 3 - прогибы соответственно первичного НДС, вторичного НДС и суммарные

**Выводы.** Числовой пример реальной конструкции стойки, разработанной ООО фабрика «Вариант», г. Харьков, позволяет сделать следующие выводы:

1. Неучет превращения узла в т. А шарнира в неразрезное соединение при центральном сжатии существенно занижает значение критической силы  $P_{0,кр} = 10.2 \text{ кН} < P_{cr} = 40.7 \text{ кН}$  и  $P_{0,кр} = 10.2 \text{ кН} < P_{cr} = 19.4 \text{ кН}$ .
2. Применение деформированной схемы стойки позволяет учитывать конструктивные эксцентриситеты, а также влияние



Рис. 5. Поведение стойки под нагрузкой. Прогобы в предкритическом ее состоянии

продольной силы  $P$  на значения изгибающих моментов и прогибов стойки.

3. Расчет стойки по деформированной схеме показывает, что потеря устойчивости конструкции практически всегда происходит за пределами упругих деформаций.

4. Наличие отверстий в верхней трубе стойки практически не влияет на прогибы и устойчивость конструкции при ее изгибе в плоскости  $XZ$ , поскольку отверстия расположены вблизи центральной оси трубы. В то же время предел упругой работы наступает в одном из сечений с наличием ослабления, преимущественно в узле в т. А (рис. 1, ..., 3).

5. Предел упругой работы конструкции также зависит от несущей способности фиксатора и несущей способности трубы по смятию отверстия фиксатором (эти расчеты в статье не приводятся).

6. Предложенная методика расчета стоек в плоскости  $XZ$  дополняет их методику расчета в плоскости  $XY$ , опубликованную ранее в [1], образуя вместе с предыдущей единую методику расчета стоек, позволяющую планировать и осуществлять экспериментальные исследования стоек аналогичной конструкции, а также проводить оптимизационные расчеты стоек с целью создания их наиболее эффективных конструкций.

7. Авторами совместно с ООО фабрика «Вариант», г. Харьков, были проведены натурные экспериментальные испытания серии реальных конструкций стоек (рис. 5), результаты которых подтвердили правильность теоретических расчетных зависимостей.

#### *Список литературы:*

1. Перетяцько Ю.Г., Агеєнко С.Б., Гранько Б.Ф. Особливості статичної роботи стійок монтажних, що підтримують опалубку монолітних перекриттів // Науковий вісник будівництва. Харків: ХДТУБА, 2008.- Вип. 48 – С. 120-125.
2. Перетяцько Ю.Г., Агеєнко С.Б. Учет начального напряженно-деформированного состояния в задачах продольно-поперечного изгиба гибких стержней // Науковий вісник будівництва. Харків: ХДТУБА, 2006.- Вип. 37 – с. 71-74.