

УДК 624.074.43

**СТАЛЕБЕТОННЫЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ НЕСУЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ОПОР ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НОВОГО ТИПА, ИХ НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ**

Ассист. Е.В. Синьковская, аспирант Е.А. Суржан

**СТАЛЕБЕТОННІ ЦИЛІНДРИЧНІ НЕСУЧІ ЕЛЕМЕНТИ ОПОР БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД НОВОГО ТИПУ, ЇХ НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ**

Асист. О.В. Синьковська, аспірант Є.О. Суржан

**NEW FERRO-CONCRETE CYLINDRICAL BEARING ELEMENT OF COLUMNS FOR BUILDINGS AND STRUCTURES, THEIR BEARING ABILITY**

**E.V. Sinkovskaya, E.A. Surzhan**

*Предложено патентно-чистое решение сталебетонного цилиндрического несущего элемента опоры зданий и сооружений в сетчатой обойме, что позволяет снизить массу стальной обоймы и, при этом, сохранить требуемые показатели прочности конструктива. Предложен теоретический расчет сталебетонного цилиндрического конструктива, учитывающий совместную работу бетонного ядра и стальной обоймы.*

**Ключевые слова:** опора зданий и сооружений, несущая способность, сталебетон, обойма, бетонное ядро

*Запропоновано патентно-чисте рішення сталебетонного циліндричного несучого елемента опори будівель та споруд в сітчастій обоймі, що дозволяє знизити вагу сталевий обойми та, при цьому, зберегти необхідні показники міцності конструктиву. Було запропоновано теоретичний розрахунок сталебетонного циліндричного конструктиву, який враховує сумісну роботу бетонного ядра та сталевий обойми.*

**Ключові слова:** опора будівель та споруд, несуча здатність, сталебетон, обойма, бетонне ядро.

*Non-infringing article solution ferro-concrete cylindrical bearing element of buildings and structures column in mesh holder was proposed. It reduces the weight of the steel holder and keep the required strength values of design. Theoretical calculation of ferro-concrete cylindrical structural were proposed, which consider the bond work of the concrete core and a steel holder. Ferro-concrete design with meshed holder, occupies a middle position in meaning of strength properties, between similarly reinforced concrete and ferro-concrete designs in same time integrating itself their best qualities. Besides the main function, the meshed holder acts as a particulate reinforcement, due to the presence of volume orthorhombic cell. There is a possibility to make the necessary design stiffness characteristics when you change the cell size and tilt angle of element of cylinder. Complex experimental researches, including static and low-cycle central compression of ferro-concrete specimens of different types were conducted to verify the proposed ferro-concrete designs of a new type, as well as the theoretical calculation of a bearing capacity of ferro-concrete designs.*

**Key words:** supporter of buildings and structures, bearing capacity, ferro-concrete, holder, concrete core, expanded metal

**Ведение.** В последнее время, при строительстве опор зданий и сооружений применяют различные сталебетонные несущие элементы, как правило, выполненные в виде трубы, заполненной бетоном. Преимуществом трубобетонной конструкции в отличие от традиционных железобетонных является снижение расхода бетона в 1,5-2 раза, как следствие

уменьшение массы конструктива в 1,8-3 раза, а также снижение трудозатрат в 2 раза, за счет отсутствия арматурных работ и работ по демонтажу опалубки. Однако, при этом, отмечается увеличенный расход стали (процент армирования трубобетонных конструктивов составляет от 3% до 20%), ограниченное сцепление обоймы с бетоном, из-за гладкой поверхности стальной трубы, а

также повышенная подверженность стальной сплошной обоймы к механическим повреждениям и коррозии, в виду отсутствия защитного слоя бетона.

**Цель.** Исходя из вышеизложенного, целью работы являлось создание сталебетонного цилиндрического несущего элемента нового типа, удовлетворяющего требованиям, предъявленным при строительстве опор зданий и сооружений. Кроме того заданием исследования было построение инженерной методики определения оптимальных параметров и

несущей способности сталебетонных цилиндрических конструктивов, с учетом типа стальной обоймы.

**Конструктивные особенности решения.** Вследствие анализа недостатков, присущих сталебетонным несущим элементам со сплошной стальной обоймой (трубобетонным), предложено патентно-чистое решение сталебетонного цилиндрического несущего элемента опор зданий и сооружений в сетчатой обойме (рис.1.) [1,2,3].

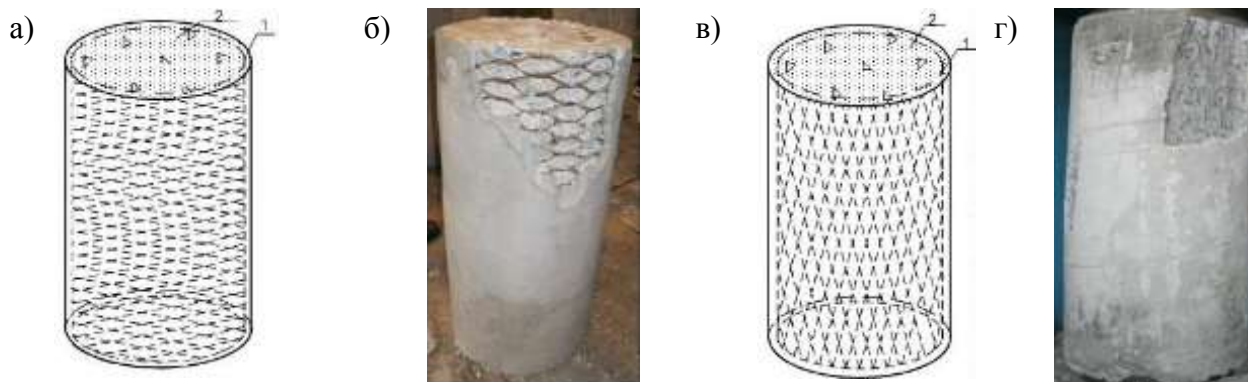


Рис. 1 Сталебетонный несущий элемент, с обоймой в виде просечного листа: а,б – ячейки расположены поперек образующей; в,г – ячейки расположены вдоль образующей

Данная обойма представляет собой стальной лист марки СтЗПС сетчатой структуры с равномерно расположенными на нем ячейками (рис.2.). Такой лист изготавливается по безотходной технологии, путем просекания и последующей вытяжки участков цельного стального листа-заготовки, в нашем случае толщиной 4мм, на специальном прессе [1,4,5]. Подобная обработка позволяет снизить массу листа по отношению к сплошному листу аналогичных размеров до 80%, сохранив при этом, требуемые показатели его прочности. В нашем случае при геометрических характеристиках просечно-вытяжного листа представленных на рис. 2, экономия стали составила 52%. При этом процент армирования, при использовании сетчатой обоймы составил 2,33%.

Сталебетонный конструктив с сетчатой обоймой, занимает среднее положение в смысле прочностных свойств, между аналогичным железобетонным и

трубобетонным, при этом интегрируя в себе их лучшие качества. Так, сетчатая обойма, за счет наличия объемных ромбических ячеек, кроме основной функции, выполняет функцию дисперсного армирования, чем кардинально отличается от внешне похожих композитных структур, образованных путем послойной намотки стальных нитей в виде сетки или спиралей.

При этом, отмечается улучшенное сцепление листа с бетонным ядром, причем без создания специальных анкеров, а также повышенная коррозионная и огневая стойкость конструкции за счет наличия в ней защитного бетонного слоя (Рис.1,б,г). В свою, очередь при варьировании размера ячейки листа (Рис.2) и угла наклона ее образующих, появляется возможность придания конструкции необходимых жесткостных характеристик [4,5].

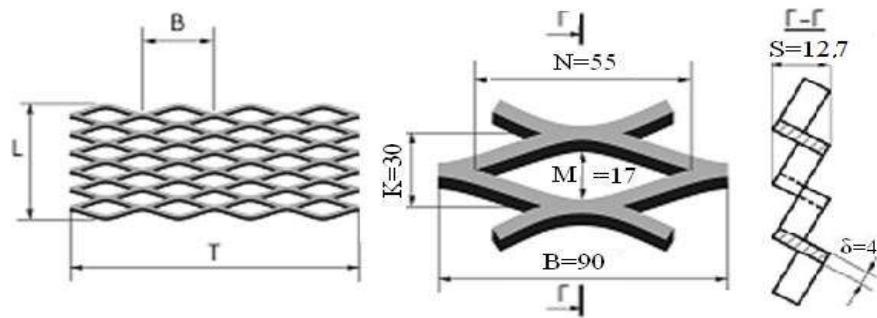


Рис. 2 Геометрические характеристики просечно-вытяжного листа (при толщине листа заготовки 4мм).

Учитывая, что особенностью просечной обоймы является анизотропия, то есть различная прочность и жесткость в направлениях, несовпадающих с направлением армирования, при формировании модели принимаются, задаваемые вектором параметры просечно-вытяжного листа:

$$\{\bar{x}\}^T = \{\alpha, R, \delta, S, B, M, N, K, \beta\}; \quad (1)$$

где  $\alpha$  – угол наклона ячеек, просечно-вытяжного листа, равный  $\alpha = 2\beta$ ;  $R$  – радиус обоймы;  $\delta$  – толщина листа заготовки;  $S$  – габаритная толщина;  $B$  – шаг ячеек;  $M$  – ширина раскрытия ячейки;  $N$  – высота

просечения ячейки;  $K$  – шаг ячеек по ширине;  $\beta$  – ширина подачи ячеек.

Из всех предложенных параметров, наиболее представительным и одновременно интегрирующем в себе остальные параметры, является угол наклона ячеек просечно-вытяжного листа. Поэтому, учитывая сложную структуру сетчатой обоймы цилиндрического сталебетонного несущего элемента, в первую очередь устанавливался рациональный угол наклона ячеек, при котором деформирование обоймы будет вызывать максимальное обжатие бетонного ядра (рис.4.).

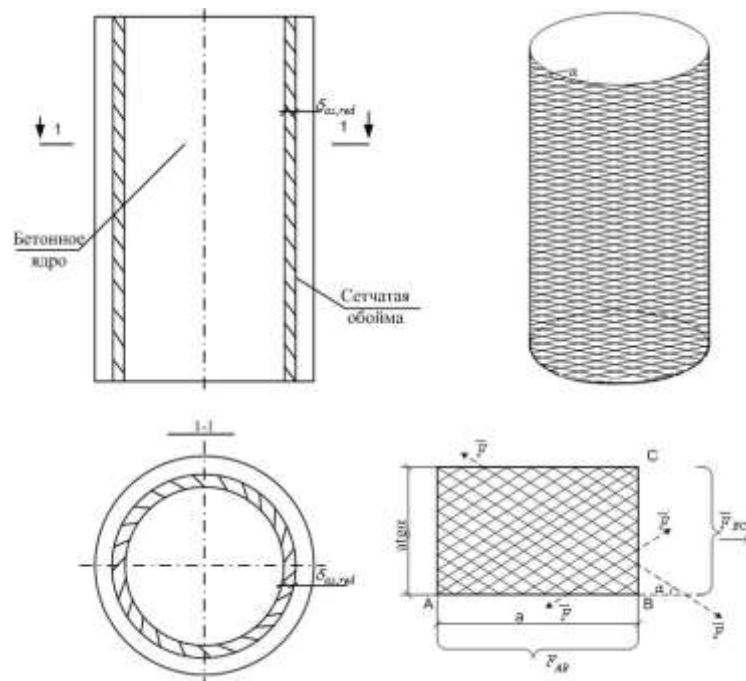


Рис.3. К определению оптимального угла наклона ячеек сетчатой обоймы, относительно образующей конструктива

Для определения оптимального угла наклона, обеспечивающего данный вид деформирования, из условия того, что жесткость нитей просечного листа больше

жесткости бетонного ядра, считается, что все усилие воспринимается нитями [9]. Выделим элемент из цилиндра с размерами  $a(AB)$  и  $a \cdot \operatorname{tg}\beta(BC)$ . В этом

## Будівельні матеріали, конструкції та споруди

случае в сечении  $AB$  и  $BC$  попадает одинаковое количество нитей (рис.3.).

В результате геометрических преобразований и расчетов получили, что:

$$\frac{\cos \beta}{\operatorname{tg} \beta} = 2 \sin \beta ; \Rightarrow \operatorname{tg}^2 \beta = 0,5 ; \Rightarrow \beta = 35^{\circ}16'$$

Таким образом, при угле наклона ячеек  $\beta < 35^{\circ}16'$  имеет место, рациональный, для обжатия бетонного ядра, схема деформирования (рис.4), предопределяющая горизонтальную

ориентацию ячеек, а учитывая, что  $\beta = 0,5\alpha$  то есть  $\alpha < 70^{\circ}32'$ .

Результаты определенных углов наклона ячеек в продольном и поперечном направлении, для просечно-вытяжного листа различных марок, представлены в таблице 1. Важно отметить, что данные представленные в табл.1 полностью коррелируют с ГОСТ[5].

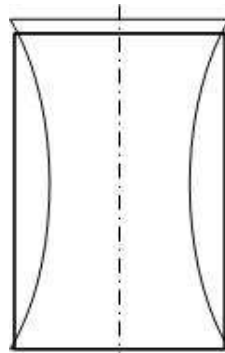


Рис. 4. Схема деформирования обжимки

Таблица 1

Определение углов наклона ячеек просечно-вытяжного листа

Обозначение просечно-вытяжного листа	Толщина листа заготовки, мм	Подача Б, мм	Шаг ячейки В, мм	Габаритная толщина S, мм	Размер просвета ячейки $M \times N$	$\beta = 2 \operatorname{arctg} \frac{M}{N}$	$\gamma = 2 \operatorname{arctg} \frac{N}{M}$
406	4	6	90	12,7	17×35	34°21'	145°39'
506	5	6	110	13,0	23×58	43°15'	136°44'
508	5	8	110	16,8	20×50	43°36'	136°24'
510	5	10	110	20,5	16×67	26°51'	153°08'
606	6	6	125	13,4	17×64	29°45'	150°15'
608	6	8	125	17,1	25×70	39°18'	140°41'
610	6	10	125	20,8	15×64	26°23'	153°37'

Из таблицы 1 видно, что рациональным направлением, для оптимального обжатия бетонного ядра сетчатой обжимкой, является направление ячеек поперек образующей сталебетонного цилиндрического несущего элемента. В связи с чем, в дальнейших теоретических расчетах по умолчанию принято именно такое направление ячеек относительно образующей конструктива.

### Особенности моделирования напряженно-деформированного состояния

(НДС). Расчет несущей способности сталебетонного цилиндрического несущего элемента при осевом нагружении, реализован в предположении того, что она является суперпозицией несущей способности бетонного ядра и стальной обжимки, рассмотренных как две независимые составляющие, работающие самостоятельно, то есть без учета совместности работы.

При этом, для учета повышения несущей способности за счет совместности работы ядра и обоймы в виде обжатия бетонного ядра обоймой принято что:

- бетонное ядро, заключенное в стальную обойму испытывает объемное напряженное состояние, то есть трехосное сжатие. Причем величина радиальных (окружных) напряжений бетонного ядра, при потере несущей способности сталебетонного элемента, равна величине бокового сопротивления стальной обоймы, поперечным деформациям бетонного ядра от действия осевого сжимающего усилия. При этом считается, что максимальное напряжение растяжения в стальной обойме в поперечном направлении не превышает характеристического значения прочности стали на границе текучести ( $f_{yk}$ );

- величина бокового давления стальной обоймы на бетонное ядро равна величине бокового сопротивления стальной обоймы, поперечным деформациям бетонного ядра от действия осевого сжимающего усилия, и зависит от соотношения толщины стенки обоймы ( $\delta$ ) и радиуса сталебетонного элемента ( $R$ ) [10]. В этом случае, радиальные сжимающие напряжения, воспринимаемые бетонным ядром, равны:

$$\sigma_{b,r} = \frac{\delta \cdot f_{yk}}{R}; \quad (2)$$

где  $\sigma_{b,r}$  – величина радиального сжимающего напряжения в бетонном ядре.

- величина бокового давления обоймы и, следовательно, радиальные сжимающие напряжения, действующие на бетонное ядро, также зависят от коэффициента армирования поперечного сечения сталебетонного цилиндрического несущего элемента ( $\mu_s$ ), тогда:

$$\sigma_{b,r} = \left( \frac{\delta}{R} + \mu_s \right) f_{yk}; \quad (3)$$

- считаем, что на величину максимальных напряжений стальной обоймы в продольном направлении ощутимое влияние оказывает наличие сварного шва и способ его выполнения, что учитывается коэффициентом прочности сварного шва обоймы  $\varphi_{sv}$ .

Учитывая все выше изложенные предположения, формула для определения несущей способности с учетом, совместной

работы бетонного ядра и стальной обоймы, принимает следующий вид:

$$N_{разр} = A_c \cdot f_{ck} + \varphi_{sv} \cdot A_a \cdot f_{tk} + \left( \frac{\delta}{R_m} + \mu_s \right) f_{yk} \cdot A_c; \quad (4)$$

где  $N_{разр}$  – несущая способность сталебетонного цилиндрического элемента;  $A_c$ ,  $A_a$  – площадь поперечного сечения, соответственно бетонного ядра и стальной обоймы;  $f_{ck}$  – характеристическая прочность бетона на сжатие;  $f_{tk}$ ,  $f_{yk}$  – соответственно, характеристическое значение прочности стали на растяжение и значение прочности стали на границе текучести;  $\varphi_{sv}$  – коэффициент учитывающий, снижение прочности сталебетонного элемента, за счет сварного шва;  $\delta$  – толщина стенки стальной обоймы;  $\mu_s$  – коэффициент армирования поперечного сечения сталебетонного цилиндрического несущего элемента  $\mu_s = A_a / (A_a + A_c)$ ;  $R_m$  – средний радиус стальной обоймы сталебетонного цилиндрического элемента, равный:

$$R_m = 0,5 \cdot (R_n + R_g),$$

где  $R_n$ ,  $R_g$  – соответственно, наружный и внутренний радиус стальной обоймы сталебетонного элемента.

Приведенный расчет, выполнен с учетом объемного напряженного состояния в бетонном ядре, возникающего за счет радиального обжатия стальной обоймой, и справедлив не только для сталебетонных несущих элементов со сплошной обоймой, но и для определения несущей способности сталебетонных элементов, где бетонное ядро заключено в обойму нового типа, то есть сетчатую.

При этом геометрические характеристики поперечного сечения цилиндрического сталебетонного несущего элемента определяются с учетом особенностей поперечного сечения обоймы нового типа, состоящей из фактической площади стальной сетчатой обоймы, а также бетонных клиньев, заполняющих ячейки сетчатой обоймы.

Фактическая площадь цилиндрической сетчатой обоймы определяется как произведение фактического периметра сетчатой стальной обоймы на толщину листа заготовки и равна:

$$A_{ас}^{факт} = S_{ас} \cdot \delta_3 = \pi \cdot \psi \cdot \delta_3 (D_n - \delta_{ас}), \quad (5)$$

где  $S_{as}$  – периметр цилиндрической сетчатой обоймы;  $\delta_3$  – толщина листа заготовки стальной сетчатой обоймы;  $\delta_{as}$  – толщина сетчатой обоймы, равная габаритной толщине просечного листа ( $S$ ), соответственно ГОСТ [5];  $D_n$  – наружный диаметр стальной сетчатой обоймы сталебетонного несущего элемента;  $\psi$  – коэффициент, учитывающий геометрические размеры ячеек просечного листа (рис.2.), а именно ширину подачи  $B$ , шаг ячеек  $B$  и размер вытяжки за каждый ход штамповки  $A$  [5], и определяется из следующего соотношения:

$$\psi = \frac{M}{K} = \frac{N}{B}.$$

Таким образом рассматриваемый конструктив представляет собой композит, у которого просечно-вытяжной лист это армирование, а бетон, заполняющий образованные при изготовлении просечно-вытяжного листа пустоты-ячейки, связующий материал. При расчете несущей способности сталебетонного цилиндрического несущего элемента бетонный массив, в виде клиньев, включен в сечение обоймы, путем приведения площади

$$A_{c,red} = A_{c,red} + A_{as}^{факт} = \pi \cdot (D_n - \delta_{as}) \left[ \frac{E_c}{E_a} \delta_{as} + \psi \cdot \delta_3 \left( 1 - \frac{E_c}{E_a} \right) \right] \quad (10)$$

При этом, бетонные клинья, помимо частичного выполнения функции обоймы, за счет монолитности с бетонным ядром, образуют естественное сцепление бетонного ядра и стальной обоймы, вследствие чего, обеспечивается совместность работы составляющих сталебетонного элемента нового типа на протяжении всего периода эксплуатации.

Учитывая, приведенные выше преобразования была определена условная толщина сетчатой обоймы  $\delta_{as,red}$ :

$$\delta_{as,red} = \frac{A_{as,red}}{S_{as}} = \left[ \frac{E_c}{E_a} \delta_{as} + \psi \cdot \delta_3 \left( 1 - \frac{E_c}{E_a} \right) \right] \quad (11)$$

С учетом (11) формула, для определения несущей способности сталебетонных цилиндрических несущих элементов нового типа, принимает следующий вид:

$$N_{разр} = A_c \cdot f_{ck} + \varphi_{sv} \cdot A_{as,red} \cdot f_{ik} + \left( \frac{\delta_{as,red}}{R_m} + \mu_s \right) f_{yk} A_c \quad (12)$$

бетонных клиньев к площади стали, по формуле:

$$A_{c,red} = \frac{A_{a,k} \cdot E_c}{E_a} \quad (6)$$

где  $E_a$ ,  $E_c$  – соответственно модуль модули деформации 1-го рода металла и бетона;  $A_{a,k}$  – площадь бетонных клиньев, заполняющих ячейки сетчатой обоймы, которая определяется по формуле:

$$A_{c,k} = A_{as} - A_{as}^{факт} \quad (7)$$

где  $A_{as}$  – начальная площадь поперечного сечения сетчатой обоймы, толщиной  $\delta_{as}$ , без учета сложной структуры обоймы, равная:

$$A_{as} = \frac{\pi \cdot D_n^2}{4} - \frac{\pi \cdot (D_n - \delta_{as})^2}{2} = \pi \cdot \delta_{as} (D_n - \delta_{as}) \quad (8)$$

Тогда формула (6) принимает следующий вид:

$$A_{c,red} = \frac{\pi \cdot E_c}{E_a} (D_n - \delta_{as}) [\delta_{as} - \psi \cdot \delta_3] \quad (9)$$

Отсюда приведенная площадь поперечного сечения сетчатой обоймы  $A_{as,red}$  с учетом приведенного поперечного сечения бетонных клиньев равна:

$$A_{c,red} = A_{c,red} + A_{as}^{факт} = \pi \cdot (D_n - \delta_{as}) \left[ \frac{E_c}{E_a} \delta_{as} + \psi \cdot \delta_3 \left( 1 - \frac{E_c}{E_a} \right) \right] \quad (10)$$

Таким образом, по приведенным формулам (4) и (12) определяется несущая способность цилиндрического сталебетонного конструктива, с любым типом стальной обоймы.

**Экспериментальная верификация.** С целью проверки рациональности конструкции предложенного сталебетонного несущего элемента, а также корректности выполненного теоретического анализа его несущей способности, на базе Харьковского национального университета строительства и архитектуры был проведен комплекс экспериментальных исследований [3,6,7]. Учитывая, в том числе и, особенности работы опор зданий и сооружений, в программу испытаний были включены статическое и малоцикловое центральное сжатие образцов четырех типов. А именно: сталебетонных образцов в сплошной обойме, сталебетонных образцов в сетчатой обойме, с ячейками расположенными вдоль и

## Будівельні матеріали, конструкції та споруди

поперек образующей и чисто бетонных образцов (рис.5).

**Технологические особенности изготовления образцов:** Все рассматриваемые обоймы представляют собой цилиндрические металлические оболочки, изготовленные из сплошной либо сетчатой листовой стали. При этом, сплошная обойма выполнена из листовой стали Ст3ПС2 толщиной 4мм, аналогично толщине листа-заготовки сетчатого (просечно-вытяжного) листа [2]. Стыки листов обоймы организованы путем вальцовки и последующей сварки: в стык – сплошной и сетчатой обоймы с ячейками расположенными вдоль образующей, и при помощи накладной пластины – для сетчатой обоймы с ячейками расположенными поперек образующей.

Бетонирование сталебетонных образцов в сетчатой обойме с ячейками расположенными вдоль и поперек образующих, а также чисто бетонных образцов реализовано с использованием одноразовой опалубки для монолитного строительства типа «AMICOTUBE» [2].

**Система нагружения:** В качестве основной силовой установки использован гидравлический пресс П-500, предназначенный для испытания строительных конструкций. Верхняя опорная плита прессы закреплена на подвижной траверсе и имеет самоустанавливающуюся сферическую опору, обеспечивающую точность приложения заданной сжимающей нагрузки (Рис.6,а).

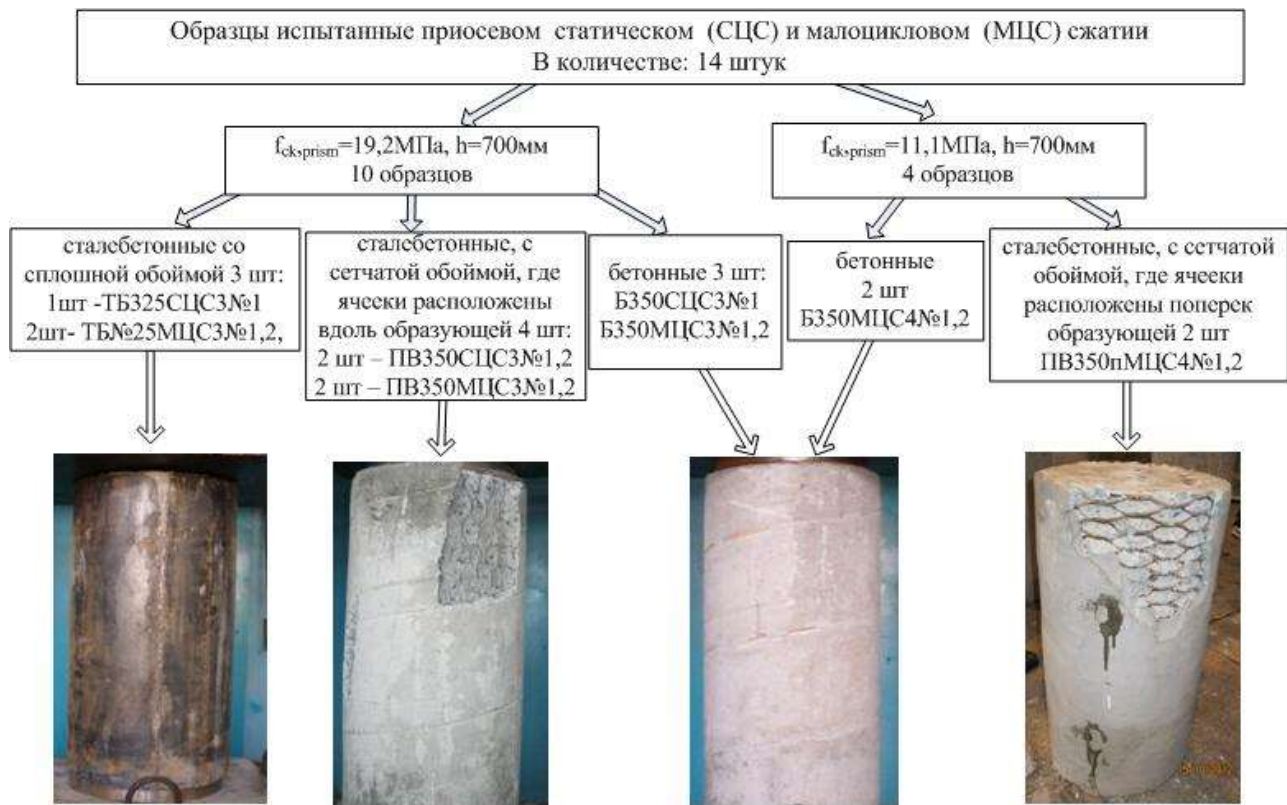


Рис.5. Структурная схема экспериментальных исследований сталебетонных образцов различного типа, а также чисто бетонных образцов при осевом статическом и малоцикловом сжатии

Нагружение всех образцов реализовалось через два дополнительных элемента, изготовленных в виде стальных дисков толщиной 30мм, с диаметром равным диаметру бетонного ядра (Рис.6,б,в). Кроме того, для передачи усилия с запланированным эксцентриситетом

использовались две опорные пластины, входящие в состав системы нагружения (Рис.6,г).

**Проведение эксперимента:** Нагрузка на все образцы передавалась путем тщательной центровки конструкции с осью прессы и соответствующими дополнительными

устройствами. Испытания проводились до разрушения, и включали в себя следующие этапы:

- статическое осевое нагружение;
- малоцикловые осевые нагружения.

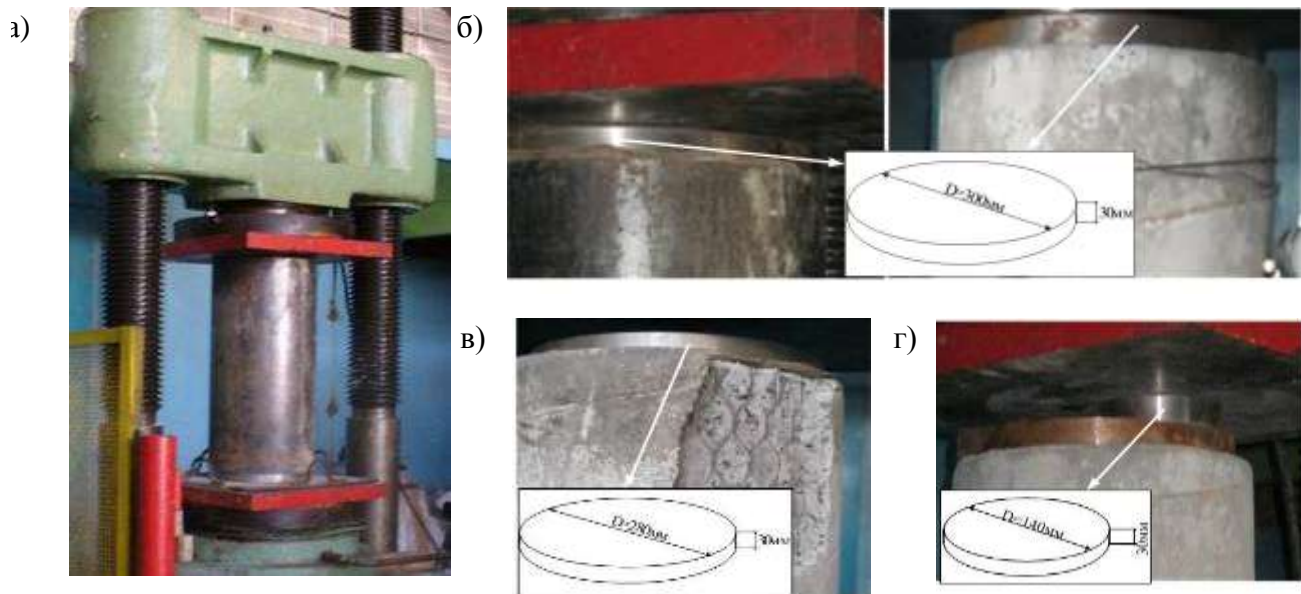


Рис.6. Система нагружения: а – гидравлический пресс П-500; б,в – дополнительные элементы для передачи внешней нагрузки; г – опорная пластина для передачи внешней нагрузки с заданным эксцентриситетом

Нагружение реализовывалось путем ступенчатого приложения нагрузки ( $F, kH$ ), от нуля до заданного уровня (включая момент разрушения) с шагом, изменяющимся в диапазоне 100-400кН в зависимости от типа образца. При малоцикловом нагружении, после каждой ступени производилась полная разгрузка. Подобная программа испытаний предопределяла учет цикличности нагружений.

**Результаты проведенных исследований.** В ходе экспериментальных исследований были зафиксированы разрушающие нагрузки испытанных образцов всех типов, их величины представлены в таблице 2.

Также в таблице 2., приведены результаты теоретических исследований несущей способности сталебетонных цилиндрических элементов со сплошной обоймой, с сетчатыми обоймами, где ячейки расположены вдоль и поперек образующей конструктива.

Проведенные экспериментальные исследования несущей способности испытанных образцов подтвердили позитивность предложенного решения сталебетонного несущего элемента опор

зданий и сооружений, с сетчатой стальной обоймой, у которых ячейки расположены поперек к образующей конструктива. При этом сравнение несущей способности полученной экспериментальным и теоретическим путями, показали расхождение в пределах 5%, что подтверждает репрезентативность теоретических расчетов несущей способности сталебетонных цилиндрических конструктивов с различными типами обойм по данной методике.

**Научная новизна и практическая значимость.** Предложен сталебетонный цилиндрический несущий элемент нового типа, позволяющий сохраняя прочностные характеристики сталебетонного элемента со сплошной обоймой, на 52% экономить расход стали. При этом, за счет наличия защитного слоя бетона повышается его коррозионная и огневая стойкость. За счет объемной структуры просечно-вытяжного листа обеспечивается совместность работы бетонного ядра и обоймы нового типа на всех стадиях нагружения. В свою очередь, при варьировании размера ячейки листа и угла наклона ее образующих, появляется возможность придания конструкции необходимых жесткостных характеристик



Таблица 2  
Разрушающие нагрузки установленные в результате испытаний

№ пп	тип образца	маркировка образца	экспериментальная несущая способность, кН	Наружный диаметр обоймы, мм	характеристическая прочность бетона на сжатие $f_{cm, MPA}$	характеристическая прочность $f_{ctm}$ на растяжения	характеристическая прочность $f_{ctm}$ на границе текучести	Теоретическая несущая способность, кН	расхождение теоретических и экспериментальных данных, %	коэффициент увеличения несущей способности
1	сплошная обойма	ТБ325Ц3№1	4110	325	19,2	435,6	235,15	4015,15	-2,36	1,67
2		ТБ325МЦ3№1	3960	325	19,2	435,6	235,15	4015,15	+1,39	1,61
3		ТБ325МЦ3№2	4020	325	19,2	435,6	235,15	4015,15	-0,12	1,63
4	сетчатая обойма, ячейки, вдоль образующей	ПВ350Ц3№1	1800	325	19,2	365,1	222,77	1748,46	-2,95	1,16
5		ПВ350Ц3№2	1640	325	19,2	365,1	222,77	1748,46	+6,61	1,06
6		ПВ350МЦ3№1	1850	325	19,2	365,1	222,77	1748,46	-5,81	1,20
7		ПВ350МЦ3№2	1750	325	19,2	365,1	222,77	1748,46	-0,09	1,13
8	бетонный	Б350Ц3№1	2340	350	19,2	-	-	-	-	-
9		Б350МЦ3№1	1800	350	19,2	-	-	-	-	-
10		Б350МЦ3№2	2350	350	19,2	-	-	-	-	-
11	бетонный	Б350МЦ4№1	1490	350	11,1	-	-	-	-	-
12		Б350МЦ4№2	1440	350	11,1	-	-	-	-	-
13	сетчатая обойма, ячейки поперек образующей	ПВ350пМЦ4№1	2250	325	11,1	365,1	222,77	2298,36	+2,1	1,61
14		ПВ350пМЦ4№2	2360	325	11,1	365,1	222,77	2298,36	-2,68	1,67

### Выводы:

1. Расчет по определению оптимальных параметров обоймы нового типа показал, что при угле наклона ячеек  $\alpha < 70^\circ 32'$  имеет место, рациональный, для обжатия бетонного ядра, второй вид деформирования сетчатой обоймы. При этом, ориентация ячеек должна быть горизонтальной.

2. Результаты экспериментальных исследований подтверждают, что на величину разрушающей нагрузки образца с сетчатой обоймой, кардинально влияет ориентация ячеек.

Так в образцах с ячейкой расположенной вдоль образующей, коэффициент повышения несущей способности составляет приблизительно 1,05, что в 2 раза меньше, увеличения несущей способности, образцов в сетчатой

обойме, с ячейкой расположенной поперек образующей.

3. Экспериментальные и теоретические исследования показали, что сталебетонный образец с сетчатой обоймой в виде сплошного стального листа и образец в сетчатой обойме, с ячейкой расположенной поперек образующей имеют приблизительно равное (в 2-2,2 раза) увеличение несущей способности. При этом, использование сетчатой обоймы обеспечивает экономию металла в 2 раза, по сравнению со сплошной обоймой.

4. Сравнение несущей способности сталебетонных цилиндрических несущих элементов полученной экспериментальным и теоретическим путем, показали допустимую сходимост в пределах 5%.

### Список использованных источников

1. Патент на корисну модель №74783 Україна, E04B 5/43 (2006.01) Стикове з'єднання перекриття зі сталезалізобетонною колонною / Шмуклер В.С., Синьковська О.В., Шуткін М.Б., Шуткін Б.М. – u 2012 05131; заявка 25.04.2012; публікація 12.11.2012, Бюл.№21

2. Синьковская Е.В. Опора моста облегченного типа // Науковий вісник будівництва. – Х., ХНТУБА ХОТВ АБУ, 2012. – Вип.68. – с.96-100.

3. Шмуклер В.С., Петрова Е.А., Синьковская Е.В. Рациональные конструкции сталебетонных мостовых опор // Науковий вісник будівництва. – Х., ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2013. – Вип.74. – с.148-156.

4. Шмуклер В.С., Климов Ю.А., Бурак Н.П. Каркасные системы облегченного типа – Х.: Золотые страницы, 2008. – 336с.

5. ГОСТ 8706-78 Листы стальные просечно-вытяжные. Технические условия. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1981. – 11с.

6. Синьковская Е.В. Экспериментальные исследования мостовых опор нового типа // Актуальные вопросы строительства: материалы Одиннадцатой Международной науч.-техн. конф./редкол.: В.Т. Ерофеев (отв. ред.) [и др.]. – Саранск: издательство Мордов. ун-та, 2013. – с.296-301.

7. Шмуклер В.С., Синьковская Е.В. Экспериментальные исследования сталебетонных столбчатых мостовых опор при внецентренном малоцикловом сжатии // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – К.: ДП НДІБК, 2012. – Вип.79. – с. 363-369.

8. Синьковская Е.В. Методика испытаний сталебетонных колонн при малоцикловых загрузках // Науковий вісник будівництва. – Х., ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2011. – Вип.65. – с.210-216.

9. Феодосьев В.И. Избранные задачи и вопросы по сопротивлению материалов /В.И. Феодосьев – М.: Наука, 1967 – 376с.

10. Авдонин А.С. Прикладные методы расчета оболочек и тонкостенных конструкций. – М.: Изд. «Машиностроение», 1969. – 402с.

Рецензент д-р техн. наук, профессор В.П.Кожушко

Синьковская Елена Васильевна ассистент кафедры «Мосты, конструкции и строительная механика» Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. Тел.: (057) -707-37-22

Суржан Евгений Александрович аспирант кафедры «Строительных конструкций» Харьковского национального университета городского хозяйства им. А.Н. Бекетова. Тел.: (057)-707-33-77

Sin'kovskaya Elena Vasil'yevna assistant of Bridges, Structures and Building Mechanics Department of Kharkov National Automobile and Highway University Tel. 057 -707-37-22

Surzhan Evgenij Aleksandrovich postgraduate of Building Constructions Department of O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkov. Tel. 057-707-33-77