

тикової поперечної арматури при деформаціях в них менше допустимих, тобто враховує можливість відшарування полотна анкерування.

Слід також зазначити, що несуча здатність похилих перерізів балок, які були підсилені без попереднього навантаження, на 6-7% більша, ніж у аналогічних балок, підсилених з утвореними під час попереднього навантаження залишковими тріщинами. В запропонованих методиках розрахунку ніяким чином не враховується стан бетону в момент підсилення залізобетонного елемента.

Таким чином, для раціонального використання норм проектування [1, 2] та інших вказаних вище методик для розрахунку несучої здатності похилих перерізів згинальних залізобетонних елементів, підсилених зовнішньою поперечною вуглепластиковою арматурою, необхідно внести відповідні корективи. Особливо це стосується несучої здатності похилих перерізів балок, підсилених стрічками, в яких відбувається втрата щеплення з бетоном зовнішньої вуглепластикової поперечної арматури при деформаціях в них менше допустимих.

1.СНиП 2.03.01-84\*. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. – М., 1989. – 80 с.

2.ДСТУ Б В.2.6-156: 2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування / Мінрегіонбуд України. – К., 2010. – 166 с.

3.Чернявський В.Л. Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами / В.Л. Чернявський, Ю.Г. Хаутин, Е.З. Аскельрод, В.А. Клевцов, Н.В. Фаткуллин. – М.: ООО «ИнтерАква», 2006. – 113 с.

4.СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры / ГУП НИИЖБ Госстроя России. – М., 2004.

5.Корнійчук О.І. Міцність та тріщиностійкість похилих перерізів згинальних залізобетонних елементів при дії малоциклових знакозмінних навантажень: Дис.... канд. техн. наук / О.І. Корнійчук. – Рівне, 2009. – 191 с.

Отримано 27.04.2012

УДК 691.58 : 668.3

М.С.ЗОЛОТОВ, канд. техн. наук, Э.А.ШИШКИН,

В.А.СКЛЯРОВ, канд. техн. наук

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

### **ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ ЗАДЕЛКИ АРМАТУРНОГО СТЕРЖНЯ СЕРПОВИДНОГО ПРОФИЛЯ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМОЕ СОСТОЯНИЕ АНКЕРНОГО СОЕДИНЕНИЯ НА АКРИЛОВЫХ КЛЕЯХ**

Приведены результаты расчетного эксперимента по определению влияния глубины заделки арматурного стержня серповидного профиля на напряженно-деформируемое состояние анкерного соединения на акриловых клеях.

Наведено результати розрахункового експерименту з визначення впливу глибини закладання арматурного стержня серповидного профілю на напружено-деформований стан анкерного з'єднання на акрилових клеях.

The results of calculation experiment to determine the influence of the depth of the patch steel bar sickle profile on the stress-deformable state anchor connection on acrylic adhesives are given.

*Ключевые слова:* акриловый клей, бетон, арматурный стержень серповидного профиля, анкеровка, напряженно-деформированное состояние анкерного соединения.

Анкеровка – закрепление концов арматуры в опорных узлах, стыках, местах обрыва стержней и др. обеспечивается сцеплением с бетоном, акриловыми клеями, а также другими вяжущими, устройством специальных анкеров на концевых участках стержней либо совместного за счет сцепления и анкеров. Под сцеплением арматуры обычно понимают совокупность всех химических, физических и механических явлений, действующих на контактных поверхностях клей-бетон или клей-анкер, обеспечивающих их связь и создающих сопротивление сдвигу. Анкеровка стержневой арматуры периодического профиля, как правило, обеспечивается сцеплением с бетоном или акриловой композицией и осуществляется путем заведения стержня за сечение, в котором он учитывается с полным расчетным сопротивлением на некоторую длину, называемую длиной анкеровки.

В связи с использованием в Украине в строительном производстве нового сортамента арматурной стали согласно ДСТУ 3760:2006 [1] были проведены сравнительные аналитические исследования [2-4] геометрических характеристик арматурных стержней классов А500С и А-III.

Как показали исследования [2-4], преимуществами арматуры класса А500С перед арматурой класса А-III являются: высокая пластичность, исключение хрупких разрушений сварных соединений, высокий предел текучести и расчетное сопротивление, позволяющее получать более 20% экономии стали (в среднем экономия составляет 10%) в железобетонных конструкциях; более низкая себестоимость производства, поэтому цена арматуры класса А500С не превышает цены арматуры класса А-III при значительно более высоких прочностных показателях. НИИЖБ (г. Москва, Российская Федерация) совместно с металлургическими предприятиями провел комплекс работ по созданию и освоению промышленного производства арматуры класса А500С из стали с содержанием углерода не более 0,74% и углеродным эквивалентом не более 54%.

Арматура по ДСТУ 3760:2006 обладает более низкими параметрами сцепления по сравнению с арматурой по ГОСТ 5781-82 [5] и ГОСТ 10884-94 [6]. В то же время, арматура класса А500С широко используется за рубежом, и для определения длины ее анкеровки и сопоставления с длиной анкеровки арматуры винтового профиля могут быть использованы расчетные зависимости зарубежных нормативных документов,

включая зависимости EN 1992-1-1 [7]. При расчете по EN 1992-1-1 глубина анкеровки определяется из уравнения равновесия заделанного арматурного стержня при напряжениях в нем равных пределу текучести и равномерном распределении нормируемых значений предельных касательных напряжений сцепления с бетоном по длине искомой глубины анкеровки. В результате сопоставления установлено, что требуемая длина анкеровки арматуры серповидного профиля по EN 1992-1-1 превышает соответствующую длину анкеровки арматуры винтового профиля по ГОСТ 5781-82. Так, высота выступов серповидного профиля в 1,04...1,48 раза меньше (исключение составляют диаметры 25, 32 и 40 мм), а шаг выступов в 1,6...3,33 раза больше соответствующих параметров традиционного винтового профиля по ГОСТ 5781-82. Как следствие, величина относительной площади смятия, характеризующая сцепление арматуры с бетоном, для стержней серповидного профиля в 2,4...3,7 раза меньше, чем соответствующие значения для стержней винтового профиля.

В связи с широким применением указанного класса арматуры в строительстве были проведены экспериментальные исследования по определению прочности заделки арматурных стержней класса А500С в бетон акриловыми клеями различных составов [8, 9] при воздействии на соединение кратковременной и длительно действующих нагрузок. Исследовалась прочность и деформативность клеевой анкеровки в зависимости от глубины заделки арматурного стержня в железобетонные образцы, которые изготавливались из бетона класса В20.

Результат этих исследований показал, что глубина заделки арматуры указанного класса в бетоне, в зависимости от состава акрилового клея, составляет  $l_{анк} = 17,5$  и  $22,5d_s$ .

Нами были проведены теоретические исследования напряженно-деформируемого состояния клеевой анкеровки серповидной арматуры в бетоне акриловыми клеями [10-13]. В результате исследований были определены напряжения и деформации в арматуре, клее и бетоне. В связи с указанным был проведен расчетный эксперимент по определению влияния глубины заделки в бетон арматурных стержней на напряженно-деформируемое состояние анкерного соединения.

Влияние глубины заделки арматурного стержня в бетон  $l_{анк}$  на напряженно-деформированное состояние анкерного соединения определялось при геометрических размерах, приведенных в таблице. Для каждого случая поперечного армирования изготавливалось по семь серий образцов анкерных соединений с заделкой арматурных стержней обычным и модифицированным составами. В каждой серии по 6 образцов. Всего было изготовлено и испытано 42 образца.

Геометрические характеристики анкерного соединения

№ п/п	Диаметр арматурного стержня $d_s$ , см	Глубина заделки арматурного стержня $l$ , см	Величина отношений	
			$l_0$	$l_1$
1	2,0	$7,5 d_s = 15$	15	7,5
2	2,0	$10,0 d_s = 20$	20	10,0
3	2,0	$12,5 d_s = 25$	25	12,5
4	2,0	$15,0 d_s = 30$	30	15,0
5	2,0	$17,5 d_s = 35$	35	17,5
6	2,0	$20,0 d_s = 40$	40	20,0
7	2,0	$22,5 d_s = 45$	45	22,5

Расчетный эксперимент показал следующее: характер распределения нормальных осевых напряжений по длине заделанной в бетон части арматурного стержня в зависимости от глубины заделки, приведен на рис.1 (где  $\sigma_{z_0}$  – напряжения на загруженном конце арматурного стержня).

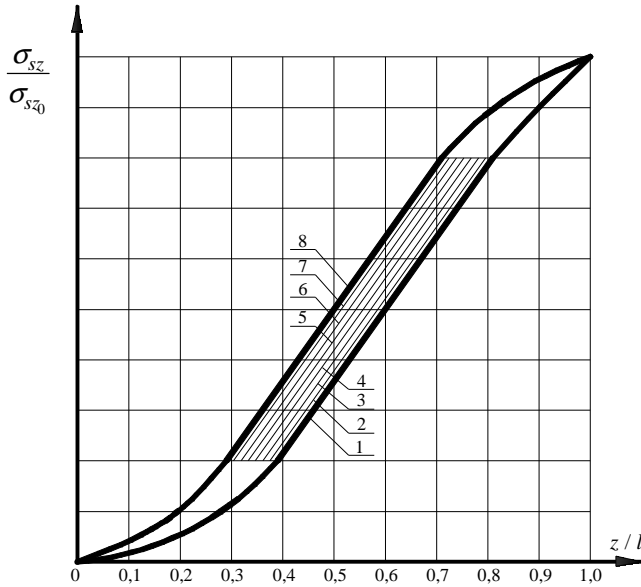


Рис. 1 – Распределение нормальных осевых напряжений по длине заделанной в бетон части анкера в зависимости от глубины анкеровки:

- 1 –  $l_{анк.} = 7,5d_s$ ; 2 –  $l_{анк.} = 10d_s$ ; 3 –  $l_{анк.} = 12,5d_s$ ; 4 –  $l_{анк.} = 15d_s$ ;  
 5 –  $l_{анк.} = 17,5d_s$ ; 6 –  $l_{анк.} = 20d_s$ ; 7 –  $l_{анк.} = 22,5d_s$ .

Результаты расчетов представлены графиками изменения напряжений и перемещений. Так, на рис.2 приведены графики изменения мак-

симумов касательных  $\tau_{rz}$ , нормальных осевых  $\sigma_z$ , максимумов и минимумов радиальных  $\sigma_r$  и окружных  $\sigma_\theta$  напряжений, возникающих в клее соответственно на контактах клей-анкер и клей-бетон, и на рис.3 – графики изменения максимумов осевых, максимумов и минимумов радиальных перемещений  $W$ .

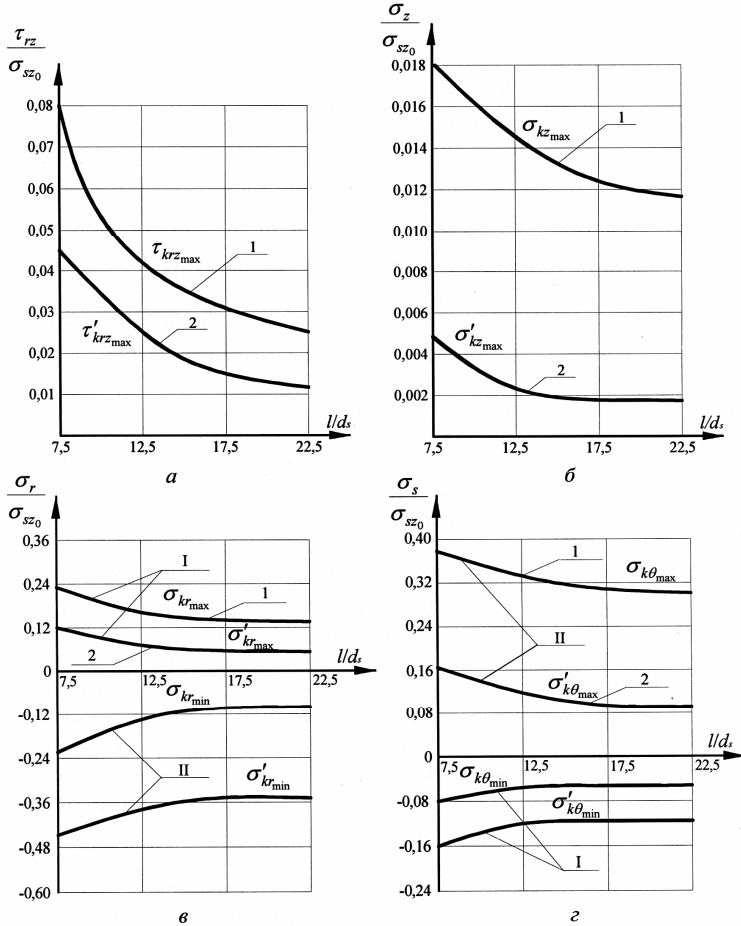


Рис.2 – Графики зависимостей от глубины заделки  $l_{анк}$ , максимумов касательных (а), нормальных осевых (б), радиальных (в), окружных (г), а также их минимумов (в, г) в клее соответственно на контактах клей-анкер и клей-бетон:

1 – на контактах клей-анкер; 2 – на контактах клей-бетон; I – в месте нагружения стержня; II – в месте ненагруженной части.

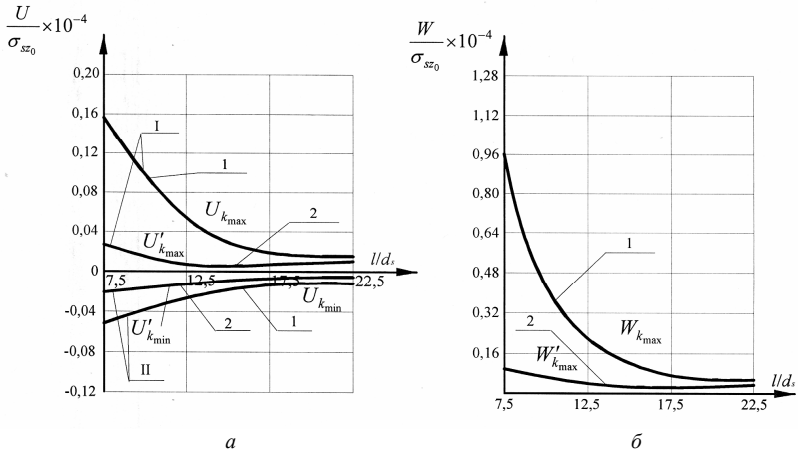


Рис.3 – Графики зависимостей от глубины анкерки  $l_{анк.}$  максимумов и минимумов радиальных (а) и осевых (б) перемещений в клее соответственно на контактах клей-анкер и клей-бетон: 1 – на контактах клей-анкер; 2 – на контактах клей-бетон; I – в месте нагружения стержня; II – в месте нагруженной части.

Как видно из приведенных графиков, максимальное напряжение  $\tau_{r,zmax}$  на контакте клей-металл составляет  $0,025 \sigma_{z_0}$  (где  $\sigma_{z_0}$  – напряжение на выдергиваемом конце арматурного стержня); максимальное напряжение  $\tau'_{r,zmax}$  на контакте клей-бетон составляет  $0,012 \sigma_{z_0}$ . С увеличением глубины заделки анкера в бетон, напряжения и перемещения в элементах соединения уменьшаются. Особенно это заметно при глубине заделки анкера  $l \geq 17,5d_s$ . На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что при глубинах заделки анкера  $l \geq 17,5d_s$  напряжения и перемещения уменьшаются незначительно и стремятся к определенному пределу. Полученные результаты позволяют производить расчет клеевой анкерки с учетом глубины их заделки. Однако, необходимо провести расчетные эксперименты по определению влияния диаметра арматурного стержня и толщины клевого слоя на напряженно-деформируемое состояние исследуемого анкерного соединения.

1. ДСТУ 3760:2006. Прокат арматурный для железобетонных конструкций. – К.: Дер-жспоживстандарт України, 2007. – 28 с.

2. Применение арматурной стали класса А500С в строительстве жилых домов из монолитного железобетона / А. Семечкин, А. Семченков, С. Мадатян, И. Тихонов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gvozdik.ru/analit/3100.html>.

3. Румянцева З. Арматура нового класса / З. Румянцева [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.niizb.ru>.

4.Стеблов А. Строительная арматура – применение и тенденции развития / А. Стеблов, И. Дуброва, Д. Ленартович [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.AIS.by>.

5.ГОСТ 5781-82. Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 20 с.

6.ГОСТ 10884-94. Сталь арматурная термомеханически упрочненная для железобетонных конструкций. Технические условия.

7.EN 1992-1-1: Eurocode 2: Desing of Concrete Structures. Part 1:General rules and Rules for Buildings. October, 2001.

8.Шутенко Л.Н. Зависимость глубины заделки арматурных стержней класса А500С от прочности акрилового клея / Л.Н. Шутенко, М.С. Золотов, Р.Б. Ткаченко // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.79. – К.: Техніка, 2008. – С.49-57.

9.Шутенко Л.Н. Влияние на прочность глубины заделки арматурных стержней периодического профиля модифицированными акриловыми клеями в железобетонном элементе / Л.Н. Шутенко, М.С. Золотов, А.О. Гарбуз // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць. – Рівне: НУВГП, 2005. – Вип. 13. – С.295-301.

10.Напряженно-деформированное состояние клеевой анкеровки арматурных стержней серповидного профиля / М.С. Золотов, Э.А. Шишкин, В.А. Скляров, К.А. Рапина // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, 2011. – Вип. 66. – С.176-183.

11.Влияние возраста акрилового клея на напряженно-деформированное состояние анкеровки арматурных стержней периодического профиля / М.С. Золотов, Э.А. Шишкин, В.А. Скляров, О.Н. Коремян // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, 2012. – Вип. 67. – С.159-165.

12.Характер разрушения клеевой анкеровки арматурных стержней серповидного профиля / Л.Н. Шутенко, М.С. Золотов, В.А. Скляров, Э.А. Шишкин, О.Н. Коремян // Материалы X Междунар. науч.-техн. интернет-конференции «Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве». – Харьков, 2012. – С.89-91.

13.Прочность клеевой анкеровки арматурных стержней в железобетонные элементы / М.С. Золотов, А.О. Гарбуз, Э.А. Шишкин, О.Н. Коремян // XXXVI науч.-техн. конф. преподавателей, аспирантов и сотрудников ХНАГХ. – Харьков, 2012. – Ч.2. – С.165-167.

*Получено 24.07.2012*

УДК 624.012.45.001

О.А.ШКУРУПШІЙ, Д.М.ЛАЗАРСВ, кандидати техн. наук, О.М.ЛАЗАРСВА  
*Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка*

## **РОЗРАХУНОК МІЦНОСТІ ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА ЇХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ОСНОВІ ДЕФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ З ЕКСТРЕМАЛЬНИМ КРИТЕРІЄМ**

Виконано теоретичні дослідження розрахунку міцності попередньо напружених залізобетонних конструкцій та їх елементів у нормальних перерізах на основі деформаційної моделі з екстремальним критерієм міцності (ДМ з ЕКМ), оптимізаційних і чисельних методів. Наведено порівняння теоретичних розрахунків таких конструкцій з експериментальними даними, наведеними в роботах [1-3].

Выполнены теоретические исследования расчета прочности предварительно напряженных железобетонных конструкций и их элементов в нормальных сечениях, основанных на деформационной модели с экстремальным критерием прочности (ДМ с ЭКМ),