

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ СЦЕПЛЕНИЯ С БЕТОНОМ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ В500С В СРАВНЕНИИ С ТРАДИЦИОННЫМИ ВИДАМИ АРМАТУРЫ**

Недогбченко А.И., Матюхов С.А., Вильдяйкин С.А.  
ЧП «Донспецстрой»  
г. Донецк, Украина

Амбражей М.Ю., Панков Р.В.  
Национальная металлургическая академия Украины  
г. Днепропетровск, Украина

**АНОТАЦІЯ:** Розроблено методику оцінки взаємодії арматури з бетоном. Наведено результати досліджень зчеплення холоднодеформованої і гарячекатаної арматурної сталі з бетоном.

**АННОТАЦИЯ:** Разработана методика оценки взаимодействия арматуры с бетоном. Приведены результаты исследований сцепления холоднодеформированной и горячекатаной арматурной стали с бетоном.

**ABSTRACT:** The technique of measuring the interaction with the concrete reinforcement is carried out. The results of investigation of hot-rolled and cold-coupling of reinforcing steel and concrete are presented.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** арматурная сталь, холоднодеформированный арматурный прокат В500, бетон, сцепление.

### **АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ**

Холоднодеформированный арматурный прокат (далее арматура В500С) известен в развитых странах очень давно. Его преимущество – это экономия металла 15...20% по сравнению с горячекатаным прокатом при сохранении требуемого уровня прочностных свойств, которая достигается за счет применения арматуры с шагом диаметра 0,5 мм, более точного исполнения профиля и отсутствия отходов (обрези).

С целью расширения областей применения данного (нового для Украины) вида арматуры совместно с ГП «Научно-исследовательский институт строительных конструкций» разрабатывают рекомендации по замене арматуры классов А400С, А500С на арматуру В500С без перепроектирования железобетонных конструкций.

Актуальным вопросом явилось, насколько изменится глубина (длина) анкерования при применении арматуры В500С меньшего диаметра с другим рельефом оребрения (периодическим профилем) взамен арматуры А400С.

Для исследования этого вопроса исследователи разработали методику, согласно которой предлагалось заанкеровать (забетонировать отрезки стержней) арматуру А400С и В500 в бетонные цилиндры из бетона марки В25 на глубину (длину), рассчитанную, как достаточную для использования номинальной прочности арматуры А400С и провести испытания на растяжение (выдергивание) на разрывной машине с записью диаграммы растяжения.

Если при нагружении обоих образцов до нормативного сопротивления растяжению  $R_{sn}$  для арматуры А400 (400 Н/мм<sup>2</sup>) оба образца не разрушатся и арматура В500С не вырвется из бетона – глубина (длина) анкерования арматуры В500С, применяемой взамен А400С может быть одинакова.

## МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследователи провели расчеты глубины (длины) анкерования для арматуры А400С. В основу расчетов взяты «Рекомендации 2002 г. Государственного комитета строительства, архитектуры и жилищной политики по применению арматурного проката по ДСТУ 3760-98 при проектировании железобетонных конструкций без предварительного напряжения арматуры».

В соответствии с этими рекомендациями глубина (длина) анкерования рассчитывается по формуле:

$$l_{an} = \varphi_1 \varphi_2 \varphi_3 l_b A_{s,reg} / A_{s,prov} \quad (1)$$

где:  $\varphi_1$  – коэффициент, учитывающий метод анкеровки;

$\varphi_2$  – коэффициент, учитывающий наличие распределительной арматуры по длине;

$\varphi_3$  – коэффициент, учитывающий наличие сжимающих напряжений в бетоне, действующих перпендикулярно анкеруемому стержню;

$l_b$  – базисная длина анкеровки, рассчитываемая по формуле:

$$l_b = d/4 \times R_s / \varphi_4 \varphi_5 R_{b,b} \quad (2)$$

где:  $d$  – диаметр стержня;

$R_s$  – расчетное сопротивление арматуры растяжению;

$\varphi_4$  – коэффициент, учитывающий положение арматуры при бетонировании;

$\varphi_5$  – коэффициент, учитывающий диаметр;

$R_{b,b}$  – расчетные касательные напряжения сцепления арматуры с бетоном.

В табл. 1 приведена расчетная глубина (длина) анкерования для различных диаметров арматуры.

Таблица 1

Глубина (длина) анкерования для различных диаметров арматуры

Диаметр арматуры А500С, мм	Диаметр арматуры В500С, мм, (для сравнительных образцов)	Глубина (длина) анкерования, мм
12,0	11,0	405
10,0	9,0	337
8,0	7,5	270

Для проведения испытаний отобраны отрезки горячекатаной и холоднотекстурированной арматуры.

Параметры профиля приведены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры профиля арматуры

Образцы А500С					Образцы В500С				
Диаметр, мм	Длина, мм	Вес, г	Площадь поперечн. сечения, мм	$\Delta S$ , %	Диаметр, мм	Длина, мм	Вес, г	Площадь поперечн. сечения, мм	$\Delta S$ , %
8,0	420		47,5	-5,5	7,5	420		41,3	-6,8
8,0	419	164,58	50,3	0	7,5	420	137,63	41,7	-5,6
10,0	485		83,2	+6,0	9,0	485		60,4	-4,5
10,0	483	316,47	83,4	+6,2	9,0	482	135,21	60,4	-4,5
12,0	555		113,2	+0,18	11,0	555		92,9	-2,2
12,0	554	490,75	112,8	-0,1	11,0	595	448,58	96,04	+1,09

В условиях ПАО «Донецкий завод крупнопанельного домостроения №3№ изготовлены две серии цилиндрических бетонных образцов из бетона марки В25, в которые на всю высоту (длину) без применения каких-либо методов усиления заанкерваны стержни, параметры которых указаны в табл. 2.

Бетонные образцы пропарены в соответствии с действующей на заводе технологией. Через 13 дней бетон испытан на раздавливание в условиях лаборатории «Донецкого завода крупнопанельного домостроения №3». Результаты испытаний приведены в табл. 3.

Таблица 3

Усилие разрушения кубиков бетона В25

Дата изготовления	Усилие разрушения, кН
18.03.2013	385
21.03.2013	395

Бетонные образцы (рис. 1) доставлены в лабораторию испытаний металлических сплавов и материалов Национальной металлургической академии Украины и испытаны 04.04.13 г. на разрывной машине FP-10 (рис. 2).



Рис. 1. Образцы для испытаний



Рис. 2. Образец в испытательной машине

Результаты испытаний на растяжения приведены в табл. 4, образцы диаграмм растяжения приведены на рис. 3, 4.

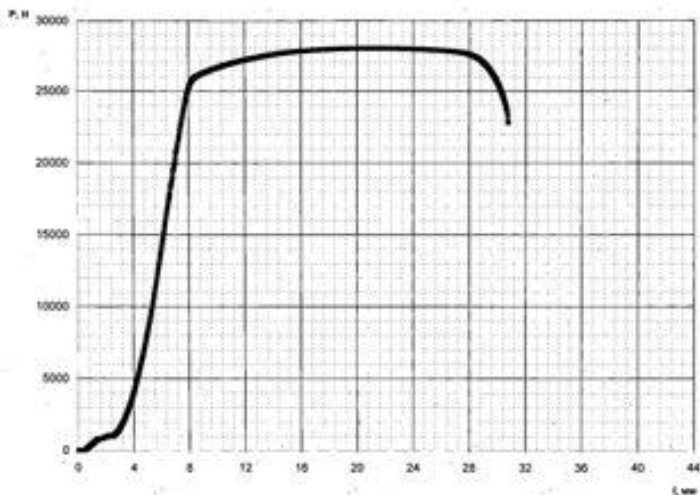


Рис. 3. Диаграмма нагружения арматуры B500C Ø7,5 мм

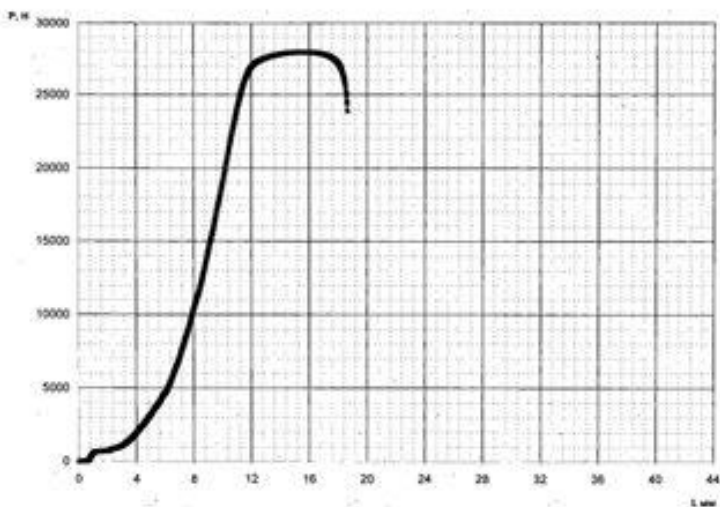


Рис. 4. Диаграмма нагружения арматуры A500C Ø8 мм

## Результаты испытаний на растяжение

№ образца	Марка арматуры	Номинальный диаметр, мм	Номинальная площадь поперечного сечения, мм <sup>2</sup>	Предел прочности, МПа	Примечание
1	B500C	7,5	44,2	647	Разрушение по арматуре
2	A500C	8,0	50,3	560	Разрушение по арматуре
3	B500C	7,5	44,2	663	Разрушение по арматуре
4	A500C	8,0	50,3	517	Выдергивание
5	B500C	9,0	63,3	531	Разрушение по арматуре
6	A500C	10,0	78,5	686	Разрушение по арматуре
7	B500C	9,0	63,3	592	Разрушение по арматуре
8	A500C	10,0	78,5	647	Разрушение по арматуре
9	B500C	11,0	95,0	633	Разрушение по арматуре
10	A500C	12,0	113,0	719	Разрушение по арматуре

Из приведенных данных видно, что все образцы арматуры B500 выдерживают расчетное усилие выдергивания без разрушения бетона. В 9 из 10 испытаний по достижении нагрузки, приведенной в табл. 4, происходило разрушение свободного конца арматуры. На одном образце горячекатаной арматуры диаметром 8 мм при достижении нагрузки 517 МПа произошло выдергивание стержня из бетона.

Внешний вид образцов после испытаний и характер разрушения приведен на рис. 5.



Рис. 5. Образец арматуры B500 Ø7,5 мм

## ВЫВОДЫ

1. Характер оребрения арматуры В500С позволяет выдерживать нагрузки растяжения, достаточные для анкеровки арматуры А400С серповидного профиля.

2. В 9 из 10 проведенных испытаний, разрушение происходило по телу арматуры при нагрузках, значительно превышающих расчетные величины.

3. Приведенные данные показывают, что арматуру В500С, с точки зрения глубины анкеровки, можно применять взамен А400С без перепроектирования при следующем соотношении замены диаметров:

Арматура класса А400С				Арматура класса В500С				Экономия металла, %
Номинальный диаметр, мм	Номинальная площадь поперечного сечения $S_1$ , мм <sup>2</sup>	Усилие текучести $P$ ( $P_{0,2}$ ), кН.	Предел текучести $\sigma_T$ ( $\sigma_{0,2}$ ), Н / мм <sup>2</sup>	Номинальный диаметр, мм	Номинальная площадь поперечного сечения $S_1$ , мм <sup>2</sup>	Усилие текучести $P$ ( $P_{0,2}$ ), кН.	Предел текучести $\sigma_T$ ( $\sigma_{0,2}$ ), Н / мм <sup>2</sup>	
<b>6</b>	28,3	11,32	400	<b>5,5</b>	23,75	11,88	500	16,0
<b>8</b>	50,3	20,12	400	<b>7,5</b>	44,16	22,08	500	12,2
<b>10</b>	78,50	31,40	400	<b>9,0</b>	63,6	31,8	500	19,0
<b>12</b>	113,1	45,24	400	<b>11,0</b>	95,0	47,5	500	16,0
<b>14</b>	153,9	61,56	400	<b>13,0</b>	132,66	66,33	500	13,8