

### ПЕРЕРАБОТКА КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ БЛОКА ОГ-28 ПО С. 3.280-6 В СООТВЕТСТВИИ С ПОЛОЖЕНИЯМИ СНБ 5.03.01-02

Снижение материалоемкости продукции стройкомплекса является одной из приоритетных задач решаемых сегодня в Республике Беларусь. В настоящей работе были решены практические задачи, поставленные руководством ОАО «Барановичский комбинат железобетонных конструкций» (письмо № 08/1227 от 01 марта 2011 года), а именно:

- замена гидротехнического бетона М200 на тяжелый бетон;
- изменение конструктивного решения анкеровки закладных деталей с учетом имеющейся на заводе технологии;
- изменение армирования из арматурной стали классов А-I и А-III по ГОСТ 5781-75 на арматурную сталь классов S240 и S500 удовлетворяющую требованиям СТБ 1704.

При решении поставленных задач использовали следующие подходы.

1. При замене гидротехнического бетона на обычный тяжелый бетон за основу принималась плотность бетона, определяющая в данном случае не только водонепроницаемость бетона, но и защитные функции бетона по отношению к арматуре.
2. Изменение конструктивного решения анкерных стержней закладной детали производится из обеспечения восприятия усилия разрыва последних в существующем варианте.
3. Изменение армирования в сечениях блока базируется на обеспечении такой же несущей способности сечений элемента, какая предусмотрена в существующем решении с учетом дополнительных требований по содержанию арматуры в сечении предусмотренных в действующих НТД.

#### Изменение конструктивного решения анкерных стержней закладных деталей

В рассматриваемом блоке использованы закладные детали из листового проката с приваренными анкерами. Положение наружной поверхности закладных деталей предусмотрено в одной плоскости с бетонной поверхностью. Анкерующие стержни расположены симметрично и с учетом специфики изготовления.

Толщина пластины определена проектировщиками из учета жесткости, прочности и с учетом возможности приварки анкером. Так, для пластин из стали С<sup>38</sup>/23 с анкерами из арматуры  $\phi 6$  класса S240 их минимальная толщина определится:

$$\delta = 0,41 \cdot d = 0,41 \cdot 6 = 2,46 \text{ мм} < \delta_{\text{факт}} = 6 \text{ мм}.$$

В то же время по условиям технологии при изготовлении закладной детали при использовании дуговой сварки под слоем флюса (на сварочных автоматах) следует принимать  $d_{\text{min}} = \phi 8$  S240. Тогда:

$$\delta = 0,41 \cdot d = 0,41 \cdot 8 = 3,28 \text{ мм} < \delta_{\text{факт}} = 6 \text{ мм}.$$

Анкерные стержни закладной детали лучше выполнять из арматуры периодического профиля (S400), а если использовать гладкую арматуру класса S240, то по торцам должно быть выполнено усиление (например – крюки, высаженные головки).

В нашем случае использованы анкера из арматуры класса  $\phi 6$  S240 приваренные к пластине в тавр (т.н. нормальные анкера).

Длина анкера должна быть не менее длины анкерówki  $l_{bd}$ . Длина анкера может быть уменьшена при устройстве на конце высаженных горячим способом головок диаметром не менее  $2\phi$  для арматуры класса S240. В этом случае длина анкера определяется расчетом на смятие бетона и должна быть не менее  $15\phi$ , 100 мм и  $0,6l_{bd}$ .

#### Расчет длины анкерówki стержней

Расчет производим из условия разрыва существующего анкера на усилии

$$N_{sd} = A_{s1} \cdot R_a = 28,3 \cdot 205,8 = 5824,1 \text{ Н} = 5,82 \text{ кН},$$

где  $A_{s1} = 28,3 \text{ мм}^2$  – площадь сечения существующего анкера  $\phi 6 \text{ А-I}$ ;

$R_a = 2100 \text{ кг/см}^2$  ( $R_a = 2100 \cdot 9,8 \cdot 10^{-2} = 205,8 \text{ МПа}$ ) – согласно СНиП 11-21-75.

Согласно СНБ 5.03.01-02 при использовании анкера  $\phi 8 \text{ S240}$  полное усилие будет

$$N_{sd} = A_{s2} \cdot f_{yd} = 50,3 \cdot 218 = 10965,4 \text{ Н} = 10,96 \text{ кН},$$

где  $A_{s2} = 50,3 \text{ мм}^2$  – площадь сечения анкера  $\phi 8 \text{ S240}$ ,  $f_{yd} = 218 \text{ МПа}$  – для арматуры S240, т.е.  $k = 5,82 / 10,96 = 0,53$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot l_b \cdot \frac{A_{sred}}{A_{sprov}} \geq l_{bmin}$$

при  $l_{bmin} = 100 \text{ мм}$ ,  $l_{bmin} = 15\phi = 15 \cdot 8 = 120 \text{ мм}$ , и при  $l_{bmin} = 0,6 \cdot l_b = 0,6 \cdot 166,68 = 100,00 \text{ мм}$ .

Базовая длина анкерówki определяется

$$l_b = 0,25\phi \cdot f_{yd} / f_{bd} = 0,25 \cdot 8 \cdot 115,54 / 1,39 = 166,68 \text{ мм}$$

При определении  $l_{bmin}$  учтем фактически действующие напряжения, т.е.

$$\sigma_s = k \cdot f_{yd} = 0,53 \cdot 218 = 115,54 \text{ МПа}$$

Предельное напряжение сцепления при работе анкера в бетоне класса C<sup>30/37</sup>

$$f_{bd} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot f_{ctd} = 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,5 \cdot 1,33 = 1,39 \text{ МПа}$$

при  $\eta_1 = 0,7$ ;  $\eta_2 = 1,0$ ;  $\eta_3 = 1,5$  (см. п. 11.2.33 [1])

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = \frac{2,0}{1,5} = 1,33 \text{ МПа}.$$

Тогда длина анкерówki определяется  $l_{bd} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 166,68 \times 0,53 = 61,84 \text{ мм} < l_{bmin}$ .

Принимаем длину анкера равной  $15\phi = 15 \cdot 8 = 120 \text{ мм}$ .

**Сравнение расхода стали** по базовому и предлагаемому вариантам конструктивного решения анкеров.

Расход стали  $\phi 6 \text{ S240}$  по базовому варианту:

$$G_6 = 0,2 \cdot 4 \cdot 0,222 = 0,178 \text{ кг} = 0,18 \text{ кг},$$

где  $0,2 \text{ м}$  – длина одного анкерного стержня,  $0,222 \text{ кг/м.п.}$  – масса 1 м.п. арматуры  $\phi 6$ .

Расход стали  $\phi 8 \text{ S240}$  по предлагаемому:

$$G_8 = 0,12 \cdot 4 \cdot 0,396 = 0,190 \text{ кг} = 0,19 \text{ кг} \quad (+5,3\%)$$

Несмотря на то, что расход стали больше, предлагаемый вариант соответствует требованиям применяемой технологии изготовления при минимально допустимых диаметрах.

Изменение армирования из арматурной стали класса А-I и А-III по ГОСТ 5781-75 на арматурную сталь классов S240 и S500, удовлетворяющую требованиям СТБ 1704

Расчет армирования был выполнен согласно положениям СНиП 11-21-75 с учетом следующих характеристик материалов: бетон марки 200 ( $R_{np} = 910 \text{ кг/см}^2$ ); арматура класса А-I ( $R_a = 2100 \text{ кг/см}^2$ ); арматура класса А-III ( $R_a = 3400 \text{ кг/см}^2$ ).

Расчет производим из условия, что усилия в сжатой зоне и усилия в растянутой зоне равны.

$$x = \frac{R_a \cdot F_a}{R_{np} \cdot b} = \frac{3400 \cdot 2613,0}{90 \cdot 2000} = 49,36 \text{ мм},$$

$$M_{Rd} = R_{np} \cdot b \cdot x \cdot (d - 0,5x) = 8,82 \cdot 2000 \cdot 49,36 \cdot (172 - 0,5 \cdot 49,36) = 128,27 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

где  $d = 200 - 20 - 0,5 \cdot 16 = 172 \text{ мм}$ ,  $F_a = 2613,0 \text{ мм}^2$  – площадь 13Ø16 А-III,

$$F_a = 786,0 \text{ мм}^2 \text{ – площадь } 13Ø8 \text{ А-I}, R_{np} = 90 \cdot \frac{9,8}{100} = 8,82 \text{ МПа}, M_{sd} = M_{Rd} = 128,27 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Согласно заданию заказчика, гидротехнический бетон марки М200 заменяется тяжелым бетоном класса С<sup>30/37</sup> ( $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c = 30 / 1,5 = 20 \text{ МПа}$ ); арматура класса S240 ( $f_{yd} = 218,0 \text{ МПа}$ ), арматура класса S500 ( $f_{yd} = 418,0 \text{ МПа}$  – для диаметров 4–5 мм и  $f_{yd} = 435,0 \text{ МПа}$  – для диаметров 6–22 мм).

$$\alpha_m = \frac{M_{sd}}{\alpha \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{128,27 \cdot 10^6}{1,0 \cdot 20 \cdot 2000 \cdot 173^2} = 0,107,$$

где  $d = 200 - 20 - 7 = 173 \text{ мм}$

$$\eta = \frac{z}{d} = 0,5 + \sqrt{0,25 - \frac{\alpha_m}{C_0}} = 0,5 + \sqrt{0,25 - \frac{0,107}{1,947}} = 0,941,$$

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{f_{yd} \cdot \eta \cdot d} = \frac{128,27 \cdot 10^6}{418,0 \cdot 0,941 \cdot 173} = 1885,01 \text{ мм}^2,$$

$$A_{smin} = \rho_{min} \cdot b \cdot d = 0,1508 \cdot 10^{-2} \cdot 2000 \cdot 173 = 521,8 \text{ мм}^2,$$

$$\rho_{min} = 26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} = 26 \cdot \frac{2,9}{500} = 0,1508\% > 0,13\%.$$

Принимаем 13Ø14 S500 с  $A_{s1} = 2000 \text{ мм}^2$ . Поперечная арматура принимается 14Ø6 S500 с шагом 200 мм.

Сетка установленная в другой зоне сечения блока имеет вертикальную рабочую арматуру 10Ø8 А-I с  $A_s = 502 \text{ мм}^2$ , меньше  $A_{smin} = 1112,3 \text{ мм}^2$

$$A_{smin} = \rho_{min} \cdot b \cdot d = 0,316 \cdot 10^{-2} \cdot 2000 \cdot 176 = 1112,3 \text{ мм}^2,$$

$$\rho_{min} = 26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} = 26 \cdot \frac{2,9}{240} = 0,316\%.$$

Принимаем арматуру класса S500 с учетом  $\rho_{min}$

$$A_{smin} = \rho_{min} \cdot b \cdot d = 0,1508 \cdot 10^{-2} \cdot 2000 \cdot 176 = 530,8 \text{ мм}^2,$$

$$\rho_{min} = 26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} = 26 \cdot \frac{2,9}{500} = 0,1508\% > 0,13\%.$$

Принимаем  $2\phi 10$  S500 с  $A_s = 157,0 \text{ мм}^2$  и  $8\phi 8$  S500 с  $A_s = 402,0 \text{ мм}^2$ , т.е.  $A_s = 559 \text{ мм}^2 > A_{s \text{ min}} = 530,8 \text{ мм}^2$ . Поперечная арматура устанавливается  $14\phi 6$  S500 с шагом 200 мм.

Аналогично выполняем расчет и в других сечениях, а результаты расчета сводим в табл. 1. В таблице приведено сравнение расхода арматуры по базовому варианту и по предлагаемому.

Таблица 1 – Результаты расчета нормальных сечений блока

№ п/п	Показатели	Сечение 1-1	Сечение 2-2	Сечение 3-3
1	Существующие параметры			
	$F_a, \text{ мм}^2$ (13 $\phi$ 16 A-III)	2613,0	2613,0	-
	$F_a, \text{ мм}^2$ (10 $\phi$ 8 A-I)	502,0	502,0	-
	$F_a, \text{ мм}^2$ (9 $\phi$ 16 A-III)	-	-	1810,0
2	После перерасчета			
	$A_{s1}, \text{ мм}^2$ (13 $\phi$ 14 S500)	2000,0	2000,0	-
	$A_{s2}, \text{ мм}^2$ (2 $\phi$ 10 S500) (8 $\phi$ 8 S500)	152,0 402,0	152,0 402,0	-
	$A_{s1}, \text{ мм}^2$ (9 $\phi$ 14 S500)	-	-	1385,0

Таблица 2 – Сопоставление расхода арматуры базового и предлагаемого варианта, кг

Наименование	Базовый вариант			Предлагаемый вариант		
	$G_1$	n	$\sum G_1$	$G_1$	n	$\sum G_1$
1. Сетка С-1	67,4	1	67,4	49,43	1	49,5
2. Сетка С-2	21,8	1	21,8	22,97	1	23,0
3. Сетка С-3	33,8	1	33,8	24,72	1	24,8
4. Сетка С-4	10,8	1	10,8	11,48	1	11,5
5. Каркас К1	1,91	7	13,4	1,07	7	7,5
6. Отдельные стержни	1,19	9	10,7	0,91	9	8,2
7. Закладная деталь МН1	0,88	10	8,8	0,89	10	8,9
Итого			166,7			133,4

### Заключение

1. Замена арматуры класса А-I и А-III по ГОСТ 5781-75 на арматуру класса S500 по СТБ 1704 с учетом требований СНБ 5.03.01-02 позволяет снизить расход арматуры по массе на 20% при изготовлении блоков ОГ-28 из тяжелого бетона класса  $C^{30}/_{37}$  с W8.
2. Данное конструктивное решение блока ОГ-28 с внесенными изменениями может использоваться в соответствии с фактическими расчетной схемой и условиями эксплуатации на любых объектах.
3. Переработанные рабочие чертежи арматурных изделий переданы руководству ОАО «Барановичский комбинат железобетонных конструкций» согласно письму № 08-24/1430 от 31.03.2011 г. для практического использования.

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бетонные и железобетонные конструкции: СНБ 5.03.01-02. Минстройархитектура РБ. – Мн.: Минсктиппроект, 2003. – 140 с.
2. Бетонные и железобетонные конструкции: СНиП 11-21-75. Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1976. – 89 с.
3. Портальные оголовки трубчатых сооружений и открытых регуляторов: рабочие чертежи блока ОГ-28 по с. 3.820-6, вып. 1/80. Введены с 01.08.1980 г.