

## Пример выполнения контрольной работы

### по дисциплине «Спецкурс для объектов профессиональной деятельности»

Но- мер	Вид железобетонной конструкции, способ бетонирования	Марка бетонной смеси по ГОСТ 7473 с требуемой прочностью бетона	Класс цемента по ГОСТ 31108	Темпера- турный режим, °С
	Монолитная железобетонная плита сталежелезобетонного пролетного строения, бетонизируемая автобетононасосом с бетонораспределительной стрелой	БСТ В35 ( $R_m^T \geq 45$ МПа) П4 F <sub>2300</sub> W12 G1	ЦЕМ I 42,5Н	От плюс 10 до плюс 20

#### 1 Описать условия эксплуатации железобетонной конструкции и определить класс среды эксплуатации по ГОСТ 31384-2017

1.1 По заданию в качестве базовой конструкции принята монолитная железобетонная плита сталежелезобетонного пролетного строения, бетонизируемая по бетононасосной технологии при температурном режиме: от плюс 10 °С до плюс 20 °С.

Вследствие эксплуатации плит в агрессивных средах класса XF3 по ГОСТ 31384-2017 к изделию предъявляются повышенные требования по морозостойкости (F<sub>2300</sub>), водонепроницаемости (W12) и истираемости (G1).

Основными техническими требованиями к конструкции являются класс бетона по прочности В35, марка по морозостойкости F<sub>2300</sub>, по водонепроницаемости W12, по истираемости G1.

Для бетонирования плит требуется бетонная смесь марки БСТ В35 П4 F<sub>2300</sub> W12 G1 ГОСТ 7473-2010. Бетонная смесь на месте укладки в момент доставки и подачи в бункера бетононасосов должна иметь подвижность в пределах 16,0 - 18,0 см; через 1,5 - 2,0 ч после укладки бетонной смеси в опалубку ее подвижность должна быть в пределах 5,0 - 7,0 см осадки стандартного конуса. Для обеспечения требуемой морозостойкости бетона воздухосодержание смеси должно быть в пределах 5 - 6 %.

## **2 Описать механизм действия добавок и их влияние на технологию производства**

2.1 Для обеспечения защиты бетона плит от коррозии по ГОСТ 31384 требуется обязательное одновременное использование воздухововлекающей добавки и суперпластификатора, поэтому принимается комплексная добавка на основе суперпластификатора ПФМ-НЛК в количестве 0,7 % массы цемента.

ПФМ-НЛК – это полифункциональная воздухововлекающая добавка-суперпластификатор на основе смеси натриевых солей полиметиленафталинсульфокислот различной молекулярной массы с добавлением воздухововлекающего и гидрофобизирующего компонента, обеспечивающая стабильное повышение морозостойкости. Добавка в виде водного раствора темно-коричневого цвета, имеющего концентрацию не менее 32 %. Рекомендуемая дозировка: 0,3...0,7 % массы цемента. Позволяет получать литые смеси и отказаться от дополнительных энергозатрат на уплотнение. При максимальной дозировке оказывает эффект замедления схватывания бетонной смеси, обеспечивая требуемую сохраняемость её первоначальной подвижности.

2.2 Воздухововлекающий компонент добавки ПФМ-НЛК – это поверхностно-активное органическое вещество, способствующее вовлечению в бетонную смесь при её интенсивном перемешивании мелкодисперсного воздуха размером 0,015...0,030 мм, равномерно распределенного в бетоне.

Микропузырьки воздуха выполняют роль смазки и облегчают взаимное перемещение заполнителей. Воздухововлекающий эффект добавок обеспечивается тем, что они вводятся в бетонную смесь в виде щелочных, которые обладают пенообразующей способностью.

Механизм действия суперпластификатора заключается в том, что его частицы адсорбируются на поверхности цементных зерен и сообщают им отрицательный заряд. После адсорбции на поверхности зерен цемента полимеры начинают отталкиваться друг от друга – диспергировать частицы цемента. Продукты на основе конденсатов формальдегида и сульфированного меламина

и нафталина диспергируют зерна цемента с помощью электростатического отталкивания.

Механизм действия гидрофобизирующих добавок состоит в том, что они при контакте с продуктами гидратации цемента осаждаются в виде мельчайших капелек на стенках мелких пор и капилляров, образуя гидрофобные покрытия. В результате этого возникает контакт, имеющий обратный угол, при котором силы поверхностного натяжения выталкивают воду из пор. Применение гидрофобизирующих добавок в цементных системах способствует формированию плотной и однородной структуры. Это выражается в уменьшении количества и размеров макропор (радиус пор менее 10 мкм), а также в их более равномерном распределении в массе цементного камня.

2.3 Применение комплексной добавки на основе суперпластификатора позволяет упростить технологию бетонирования монолитных конструкций, отказаться от вредного и энергоемкого оборудования для виброуплотнения бетонных смесей, что улучшает условия труда бетонщиков и снижает энерго- и трудозатраты.

Использование комплексной добавки ПФМ-НЛК в оптимальном количестве позволит получить высокоподвижные бетонные смеси требуемой удобоукладываемости и обеспечит достижение бетоном конструкций требуемых показателей назначения.

### **3 Выполнить расчет состава бетона с добавками**

3.1 При расчете состава бетона для обеспечения защиты от коррозии должны быть выполнены требования ГОСТ 31384 (таблица Д.1) и ГОСТ 26633:

- минимальный класс по прочности В35;
- максимальное водоцементное отношение 0,5 (минимальное  $C/B = 2,0$ );
- минимальный расход цемента 320 кг/м<sup>3</sup>;
- минимальное воздухововлечение 4 %;
- крупный заполнитель с необходимой морозостойкостью F300;

– обязательное одновременное использование воздухововлекающей добавки и суперпластификатора.

Минимальная требуемая прочность бетона в проектном возрасте  $R_m^T$  по заданию должна быть более 45 МПа.

Расход воды для бетонной смеси марки по удобоукладываемости П4 (ОК = 16 – 20 см) без учета добавок принимается по рекомендациям (Приложение А):

$$B_o = 230 \text{ л/м}^3.$$

Водопотребность бетонной смеси с эффективной комплексной добавкой на основе суперпластификатора ПФМ-НЛК сокращается на 20 %, поэтому расчетный расход воды уменьшится на  $46 \text{ л/м}^3$  и составит  $B_p = 184 \text{ л/м}^3$ .

При условии, что минимальное  $C/B = 2,0$ , расчетный расход цемента  $C_p$ ,  $\text{кг/м}^3$ , составит:

$$C_p = B \cdot C/B. \quad (1)$$

$$C_p = 184 \cdot 2,0 = 368 \text{ кг/м}^3.$$

Расход крупного заполнителя,  $\text{кг/м}^3$ , определяется по формуле:

$$Щ = \frac{1000}{\frac{\alpha V_{\text{щц}}}{\rho_{\text{нщ}}} + \frac{1}{\rho_{\text{щ}}}}, \quad (2)$$

где  $\alpha$  - коэффициент раздвижки зерен крупного заполнителя;

$V_{\text{щц}}$  – пустотность крупного заполнителя;

$\rho_{\text{нщ}}$  – насыпная плотность крупного заполнителя,  $\text{т/м}^3$ ;

$\rho_{\text{щ}}$  – средняя плотность крупного заполнителя (в куске),  $\text{т/м}^3$ .

$$Щ = \frac{1000}{\frac{1,26 \cdot 0,47}{1,42} + \frac{1}{2,66}} = 1261.$$

Расход мелкого заполнителя,  $\text{кг/м}^3$ , определяется по формуле:

$$П = (1000 - \frac{C}{\rho_c} - B - \frac{Щ}{\rho_{\text{щ}}}) \rho_{\text{п}}, \quad (3)$$

где  $\rho_c$  - истинная плотность цемента,  $\text{г/см}^3$ ;

$\rho_{\text{п}}$  - истинная плотность песка,  $\text{г/см}^3$ .

$$П = (1000 - \frac{368}{3,1} - 184 - \frac{1261}{2,66}) \cdot 2,65 = 592.$$

3.2 Расчетная плотность бетонной смеси в уплотненном состоянии, кг/м<sup>3</sup>, определяется по формуле:

$$\rho_{BC} = Ц + В + Щ + П. \quad (4)$$

$$\rho_{BC} = 368 + 184 + 1261 + 592 = 2405.$$

3.3 Состав бетонной смеси для бетона плит пролетного строения с учетом потерь материалов представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Состав смеси марки БСТ В35 П4 F<sub>2300</sub> W12 G1

Наименование материала, единица измерения	Норматив потерь, %	Расход	
		по расчету	с учетом потерь
Цемент ПЦ500-Д0, т	0,9	0,368	0,371
Песок, м <sup>3</sup>	1,9	0,43	0,44
Щебень, м <sup>3</sup>	1,55	0,89	0,90
Вода, л	-	184	184
Добавка ПФМ-НЛК (0,7 % цемента), кг	-	2,58	2,58