ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Номер	Вид железобетонной конструкции, способ бетонирования	Марка бетонной смеси по ГОСТ 7473 с требуемой прочностью бетона	Марка цемента по ГОСТ 10178 Класс цемента по ГОСТ 31108	Температурный режим, °С
	Монолитная железобетонная плита сталежелезобетонного пролетного строения, бетонируемая автобетонасосом с бетонораспределительной стрелой	БСТ В35 ($R_m^T \geq 45$ МПа) П4 $F_2$300 W12 G1	ПЦ 500-Д0	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, бетонируемая 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_2$300), водонепроницаемости (W12) и истираемости (G1).

Основными техническими требованиями к конструкции являются класс бетона по прочности В35, марка по морозостойкости $F_2$300, по водонепроницаемости W12, по истираемости G1.

Для бетонирования плит требуется бетонная смесь марки БСТ В35 П4 $F_2$300 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 полиметиленнафталинсульфокислот 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 Г.1) и ГОСТ 26633:

– минимальный класс по прочности В35;

– максимальное водоцементное отношение 0,5 (минимальное *Ц/В* = 2,0);

– минимальный расход цемента 320 кг/м^3;

– 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 л/м^3 и составит B_p = 184 л/м^3.

При условии, что минимальное *Ц/В* = 2,0, расчетный расход цемента $Ц_p$, кг/м^3, составит:

$$Ц_p = B \cdot Ц/B. \quad (1)$$

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

Расход крупного заполнителя, кг/м^3, определяется по формуле:

$$Щ = \frac{1000}{\frac{\alpha V_{ПЩ}}{\rho_{НЩ}} + \frac{1}{\rho_{Щ}}}, \quad (2)$$

где α - коэффициент раздвижки зерен крупного заполнителя;

$V_{ПЩ}$ – пустотность крупного заполнителя;

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

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

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

Расход мелкого заполнителя, кг/м^3, определяется по формуле:

$$П = (1000 - \frac{Ц}{\rho_Ц} - В - \frac{Щ}{\rho_Щ})\rho_П \quad , \qquad (3)$$

где $\rho_Ц$ - истинная плотность цемента, г/см^3;

$\rho_П$ - истинная плотность песка, 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^3, определяется по формуле:

$$\rho_{БС} = Ц + В + Щ + П. \qquad (4)$$

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

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_2$300 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^3	1,9	0,43	0,44
Щебень, м^3	1,55	0,89	0,90
Вода, л	-	184	184
Добавка ПФМ-НЛК (0,7 % цемента), кг	-	2,58	2,58