Пример выполнения контрольной работы
по дисциплине
Добавки в бетоны и растворы

N	Задание	Характеристика продукции и производства
	Обосновать выбор и описать механизм действия добавок для производства	Предварительно-напряженные плиты покрытия автодорог, формуемые на постах полуконвейерной линии (марка бетонной смеси БСТ В35 П4 $F_2$200 W8 G1, класс цемента ЦЕМI 42.5 Н)

1 Описать условия эксплуатации железобетонных изделий и определить класс среды эксплуатации по ГОСТ 31384-2017

По заданию в качестве базового изделия принята преднапряженная плита покрытия автомобильных дорог по ГОСТ 21924.1.

Основными техническими требованиями к изделию являются класс бетона по прочности В35, марка по морозостойкости $F_2$200, по водонепроницаемости W4, по истираемости G1. Для формования плит требуется бетонная смесь марки БСТ В35 П4 $F_2$200 W4 G1 ГОСТ 7473.

Изделие армируется в продольном и поперечном направлении 22 предварительно напрягаемыми стержнями диаметром 24 мм класса А600 по ГОСТ 10884.

Отпускная прочность бетона после тепловой обработки должна составлять не менее 80 % проектной в теплый период года и не менее 90 % – в холодный.

Вследствие эксплуатации плит в агрессивных средах класса XF3 по ГОСТ 31384 к изделию предъявляются повышенные требования по морозостойкости ($F_2$200), водонепроницаемости (W4) и истираемости (G1).

2 Описать механизм действия добавок и их влияние на технологию производства продукции

Для обеспечения защиты бетона плит от коррозии по ГОСТ 31384 требуется обязательное одновременное использование воздухововлекающей добавки и суперпластификатора.

В качестве эффективной воздухововлекающей добавкой предлагается использовать *Centrament Air 205* в количестве 0,2 % массы цемента, а в качестве суперпластификатора – *Muraplast FK 98* в количестве 0,6 %.

Воздухововлекающая добавка Centrament Air 205 – 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.

Для уменьшения размеров воздушных пузырьков эмульсии должно быть понижено поверхностное натяжение раствора, что достигается повышением в нем концентрации поверхностно-активного вещества. Стабилизация эмульсии воздуха достигается кальциевым мылом, фиксирующимся в адсорбционных оболочках воздушных пузырьков.

Механизм действия нового суперпластификатора Muraplast FK 98 заключается в том, что частицы поликарбоксилатов адсорбируются на поверхности цементных зерен и сообщают им отрицательный заряд. После адсорбции на поверхности зерен 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, поликарбоксилаты используют свою объемную полимерную структуру для «стерического» или физического расталкивания. В целом, стерическое отталкивание сильнее, чем электростатическое. Это можно объяснить, приняв во внимание ионную силу водной фазы цементирующей смеси. Из-за высокой концентрации ионов электростатический эффект будет экранирован, и поэтому – не таким сильным. На стерический эффект также будет влиять ионная сила, но он может «потянуться» и преодолеть

это за более длительное время в отличие от электростатического эффекта. Структуры полимеров различаются по длине основной цепи, длине боковых цепей, количеству боковых цепей и ионному заряду. Поэтому свойствами данных полимеров можно управлять, изменяя молекулярную структуру и направленно воздействуя на свойства бетона. Адсорбируемое количество полимера увеличивается с удлинением основной цепи и увеличением ионного содержания основной цепи.

Применение суперпластификаторов позволяет упростить технологию формования изделий, отказаться от вредного и энергоемкого оборудования для виброуплотнения бетонных смесей, что улучшает условия труда бетонщиков и снижает трудозатраты. Кроме того, введение пластификаторов дает возможность заменить дефицитные высокомарочные цементы рядовыми, ускорить нарастание отпускной прочности железобетонных конструкций с уменьшением потребности в металле на опалубочные формы, повысить качество изделий и их долговечность.

3 Выполнить расчет состава бетона с добавками

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 *Ц/В* = 2,0);

– минимальный расход цемента 320 кг/м^3;

– минимальное воздухововлечение 4 %;

– крупный заполнитель с необходимой морозостойкостью F200;

– обязательное одновременное использование воздухововлекающей добавки и суперпластификатора.

Требуемая прочность бетона в проектном возрасте R_T рассчитывается по формуле:

$$R_T = K_T B_{норм}. \quad (1)$$

где K_T - коэффициент требуемой прочности бетона, принимаемый согласно ГОСТ 18105-2010 в зависимости от выбранной схемы контроля;

$B_{норм}$ - проектный класс прочности бетона, МПа.

При условии, что на предприятии для контроля прочности будет принята схема А и средний коэффициент вариации прочности бетона $\bar{V}$ = 13,5 %, коэффициент требуемой прочности бетона K_T = 1,3 (таблица 2 ГОСТ 18105).

$$R_T = 1{,}3 \cdot 35 = 45{,}5 \text{ МПа}.$$

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

$$B_o = 230 \text{ л/м}^3.$$

Водопотребность бетонной смеси с эффективными воздухововлекающей добавкой Centrament Air 205 и суперпластификатором Muraplast FK 98 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$_р$, кг/м^3, составит:

$$Ц_p = B \cdot Ц/B. \quad (2)$$

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

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

$$Щ = \frac{1000}{\frac{\alpha V_{ПЩ}}{\rho_{НЩ}} + \frac{1}{\rho_{Щ}}}, \quad (3)$$

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:

$$П = (1000 - \frac{Ц}{\rho_Ц} - В - \frac{Щ}{\rho_Щ})\rho_П, \quad (4)$$

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

$\rho_П$ - истинная плотность песка, г/см^3.

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

Расчетная плотность бетонной смеси в уплотненном состоянии, кг/м^3, определяется по формуле:

$$\rho_{БС} = Ц + В + Щ + П. \quad (5)$$

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

Состав бетонной смеси для базового изделия с учетом потерь материалов представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Состав бетонной смеси марки БСТ В35 П4 $F_2$200 W4 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 Muraplast FK 98 (0,6 % цемента), кг	-	2,21	2,21
Добавка Centrament Air 205 (0,2 % цемента), кг	-	0,74	0,74