

Таблица 1

Результаты сравнительных расчетов

Квадратное сечение			Круглое сечение		
$\delta = 8 \text{ мм}$					
$\alpha$	$X, \text{ МПа}$	$\bar{\sigma}_1/R_b$	$\alpha$	$X, \text{ МПа}$	$\bar{\sigma}_1/R_b$
0,85	0,37	1,1	0,85	0,428	1,26
0,87	0,65	1,2	0,87	0,785	1,44
0,89	0,903	1,36	0,89	1,09	1,64
0,92	0,476	1,47	0,92	1,36	2,1

Таким образом, получена замкнутая система уравнений для определения НДС в сталебетонной колонне квадратного сечения, проведены сравнительные расчеты эффекта обоймы в круглой и квадратной колонне.

### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Расчет сталебетонных элементов прямоугольного сечения на прочность при осевом сжатии // Бетон и железобетон. – 1993. – №3. – С. 13-15.
2. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Расчет сталебетонных элементов прямоугольного сечения на прочность при изгибе и внецентренном сжатии // Изв. ВУЗов. Строительство. – 1992. – №1. – С. 6-10.
3. Стороженко Л.И., Плахотный П.И., Черный А.Я. Расчет трубобетонных конструкций. – Киев: Будівельник, 1991. – 119с.
4. Гроздов В.Т., Теряник В.В. О прочности и деформативности колонн, усиленных обоймой // Изв. ВУЗов. Строительство. – 1989. – №3.
5. Яшин А.В. Теория деформирования бетона при простом и сложном нагружении. Бетон и железобетон. – 1986. – № 8. – С. 39 – 42.
6. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости: Пер. с англ. – М.: Наука, 1975. – 576с.
7. Чихладзе Э.Д., Веревичева М.А. Исследование напряженно - деформированного состояния сталебетонных колонн с учетом пространственной работы бетонного ядра // Строительная механика и расчет сооружений. – 2007. – №1. – С. 24-28.

УДК 666.972.53

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПЕРЕДЕЛОВ НА ОДНОРОДНОСТЬ БЕТОНА ПО ПРОЧНОСТИ И МОРОЗОСТОЙКОСТИ

А.А. Чуб к.т.н., доц., В.И. Заяц к.т.н., доц.,

Запорожская государственная инженерная академия, г. Запорожье

Настоящая работа направлена на повышение технического уровня производства железобетонных конструкций и более эффективному использованию их в строительстве, посвящена решению задачи повышения однородности бетона по морозостойкости.

Постановка задачи вызвана многочисленными примерами различной долговечности бетонных и железобетонных конструкций, изготовленных даже на одном предприятии, одном технологическом оборудовании и исходных материалах, по одним технологическим режимам и подвергающихся в процессе эксплуатации одинаковым атмосферным воздействиям.

Незначительное содержание в научной литературе данных по однородности бетона по морозостойкости обусловлено техническими сложностями, связанными со спецификой проведения испытаний.

В настоящее время испытания бетона по морозостойкости осуществляют известными методами [1].

Очевидно, что испытания устанавливают не фактическую морозостойкость бетона, а его соответствие требованиям нормативной документации на данные изделия.

Повышения однородности бетона по морозостойкости, как в условиях заводского производства, так и в условиях строительной площадки, можно достичь путем выявления причин, обуславливающих неоднородность, и их устранения регулированием параметров технологического процесса. Для этого необходимо использовать научно обоснованные методы оперативного контроля морозостойкости бетона, качества исходных материалов и технологических параметров в связи с их влиянием на морозостойкость.

Экспериментально полученные статистические данные о влиянии (или вкладе) отдельных этапов технологии на однородность структуры и свойств бетона позволяют установить причины, обуславливающие неоднородность, и создать обоснованные предпосылки к регулированию параметров технологического процесса. Это обеспечивает возможность повышения однородности структуры бетона и всех его эксплуатационных свойств.

В условиях заводского производства, на участках по производству товарной бетонной смеси, на строительной площадке, при возведении монолитных объектов из бетона и железобетона, на однородность свойств бетонных и железобетонных изделий могут влиять следующие основные технологические факторы: качество исходных материалов, условия их дозирования, перемешивания, уплотнения, твердения и набора прочности.

Для оценки влияния технологических переделов на однородность структуры и свойств бетона разработана методика приемлемая для

использования её в условиях, как заводского производства, так и в условиях строительной площадки.

Методика основана на гипотезе – при изучении влияния того или иного технологического передела на однородность структуры и свойств бетона должно быть исключено влияние на неё предыдущих и последующих переделов.

Влияние технологических переделов характеризуется приращением коэффициента вариации ( $V$ ) контролируемых показателей структуры и свойств бетона, прошедшего данный и предыдущий пределы в производственных условиях, а последующие в лаборатории, относительно бетона, прошедшего данный и последующие технологические переделы в лабораторных условиях.

В качестве эталона при оценке влияния технологических переделов на однородность структуры и свойств бетона принята однородность свойств бетонной смеси и параметров структуры бетона на используемых исходных материалах, изготовленного в лаборатории (лабораторный бетон).

В производственных условиях, начиная от назначения качества исходных материалов, до окончания набора распалубочной, критической или отпускной прочности бетона изделий, разброс показателей структуры и свойств бетона, характеризуемый  $V$ , будет увеличиваться на большую, или меньшую величину, в зависимости от отклонения фактических параметров технологических переделов от заданных, т.е. от своих эталонов.

В этой связи, для технологических переделов введены понятия об эталонах. Например, эталоном для дозирования является взвешивание исходных материалов на торговых весах с точностью до 1-5 граммов; для их перемешивания эталоном является процесс перемешивания материалов в лабораторном бетономесителе до получения однородной массы; для уплотнения - уплотнение на стандартной лабораторной виброплощадке с частотой 3500 кол/мин и амплитудой 3-3,5 мм.

Продолжительность уплотнения устанавливается визуально, до начала отделения цементного молока на поверхности бетонной смеси и коэффициента уплотнения 0,98-0,99. Для процесса твердения эталоном является нормальные условия твердения бетона в течении 28 суток при температуре  $20 \pm 2\text{C}^\circ$  и относительной влажности воздуха не менее 95% или в воде.

Если бетон в процессе изготовления пройдет все технологические переделы в соответствии с эталонами, то он будет характеризоваться оптимальными параметрами характеристик структуры и свойств. Все контролируемые параметры этого бетона будут характеризоваться наименьшим разбросом показателей свойств, оцениваемых по  $V$ . Однако, такого “эталонного”, характеризующегося наименьшими значениями  $V$  свойств бетона в производственных условиях получить практически не возможно, так как все технологические переделы, которые он проходит в процессе изготовления, характеризуются изменчивостью своих параметров.

Определенное влияние на эти колебания оказывают культура производства, квалификация рабочих, возможности автоматизации

технологии. Важно установить количественную оценку влияния каждого технологического передела на неоднородность структуры и свойств бетона. Это позволит оперативно вмешиваться в технологический процесс, с целью регулирования его параметров.

Таким образом, методика включает в себя оценку: однородности структуры и свойств бетонной смеси и бетона, изготовленного в лаборатории – эталонного образца; влияния изменчивости свойств и качества исходных материалов; влияния условий их дозирования; перемещения; уплотнения; условий твердения или ТВО. При этом морозостойкость бетона можно определять любыми известными способами.

С целью получения достоверных результатов и возможности обработки данных методами математической статистики количество приготовленных образцов должно быть не менее 9.

По разработанной нами методике, на двух заводах железобетонных изделий были проведены экспериментальные исследования по систематическому контролю количественной оценке влияния технологических переделов на однородность бетона по прочности и морозостойкости. На обоих заводах обследовалась агрегатно-поточная технология. На заводе ЖБИ №1 - технологическая линия по производству плит-настилов лоджий (ТУ 400-1-143-74 “плиты железобетонные балконов, лоджий крыльца и навеса для жилых домов”). На заводе ЖБИ №2 – технологическая линия по производству аэродромных плит ПАГ-ХVIII (ТУ 400-1-480-73 “плиты железобетонные предварительно напряженные типа ПАГ для аэродромных покрытий”).

Оценку однородности структуры и свойств бетона, приготовленного в лабораторных условиях оценивали на образцах-кубиках с размером ребра 10-15 см. при этом руководствовались ГОСТ 18105-72 и ГОСТ 10180-78.

Морозостойкость бетона определяли по формуле:

$$M_{pz} = \frac{R_{сж}^6}{\sigma} \left( \frac{1,36 \cdot \omega \cdot \rho}{V_{зат.} + V_{воз.} + V_{исп.}^T - V_{исп.}^{эT}} \right);$$

где:  $R_{сж}^6$  – прочность бетона на сжатие, кг/см<sup>2</sup>;  $\omega$  - давление свободной воды в макрокапиллярах и порах бетона, кг/см<sup>3</sup>;  $\rho$  - расход цемента, кг/м<sup>3</sup>;  $\sigma$  - количество химически связанной воды в % от расхода цемента в бетоне;  $V_{зат.}$  - количество воды затворения, кг/м<sup>3</sup>;  $V_{исп.}^T$  - количество испаряемой воды водонасыщенного бетона, прошедшего технологический предел, кг/м<sup>3</sup>;  $V_{исп.}^{эT}$  - количество испаряемой воды водонасыщенного эталонного образца, кг/м<sup>3</sup>;  $V_{воз.}$  - количество воды в водонасыщенном бетоне, находящейся в порах, образованных процессами воздухоовлечения, кг/м<sup>3</sup>.

$$\omega = \frac{V_{зат.} + V_{воз.} + V_{исп.}^T - V_{исп.}^{эT}}{\rho(1 - 0,36)}$$

Методика определения морозостойкости бетона в настоящей работе не рассматривается.

Влияние изменчивости свойств исходных материалов оценивали по изменчивости подвижности или жёсткости бетонной смеси, а также параметров структуры бетона в марочном возрасте, твердевшего в нормальных условиях.

В течении анализируемого периода из материалов, отобранных в момент поступления их в дозирующие устройства, в лабораторных условиях, по заданной на состав бетона рецептуре, тщательно приготавливали бетонную смесь, на которой определяли характеристики бетонной смеси. Рассчитывали потенциальную морозостойкость (она же для данного бетона будет фактическая). При этом жидкая фаза может быть как с химическими добавками, так и без них. Затем, в марочном возрасте определяли параметры и характеристики строения затвердевшего бетона.

Таким способом оценивали влияние изменчивости свойств используемых в производстве материалов на однородность структуры и свойств бетона для каждого замеса.

Влияние процессов дозирования и перемешивания исходных материалов оценивали по однородности свойств бетонной смеси и структуры бетона, которая изучалась как в объеме одного замеса бетоносмесителя, так и от замеса к замесу. В первом случае однородность зависит, главным образом, от работы смесительного оборудования - его конструкции, технологического состояния, а также соответствия консистенции бетонной смеси расчетным параметрам и продолжительности перемешивания.

При определении однородности бетонной смеси и характеристик структуры бетона, из различных замесов (при учёте однородности внутри каждого замеса), выделяли влияние на изучаемый параметр точности дозирования исходных материалов.

Бетонную смесь отбирали в начале, середине и в конце выгрузки её из бетоносмесителя. Затем из неё изготавливали образцы кубы с размером ребра 10-15 см и исследовали в лабораторных условиях. На них определяли характеристики строения затвердевшего бетона и рассчитывали морозостойкость бетона.

Влияние уплотнения бетонной смеси контролировали от изделия к изделию и оценивали по колебаниям показателей структуры бетона. Пробы бетонной смеси отбирали на формовочном посту из-под бетоноукладчика. Часть отобранной смеси изучалась в лабораторных условиях, на ней определяли подвижность, величину воздухововлечения, плотность, рассчитывали потенциальную морозостойкость бетона данной пробы. Остальную смесь укладывали в формы и уплотняли вместе с формируемым изделием. При этом обеспечивали жёсткий контакт лабораторной формы с бортоснастойкой формируемых изделий. Затем на всех образцах определяли характеристики структуры бетона и рассчитывали фактическую морозостойкость.

Таким образом, контролируя параметры структуры бетона от изделия к изделию, статистически оценивали влияние процесса уплотнения бетонной смеси на однородность структуры и свойств бетона за анализируемый период.

Влияние условий твердения бетона, или ТВО оценивали по однородности структуры и свойств бетона как для каждой пропарочной камеры, так и для технологической линии в целом. Из-под бетоноукладчика на формовочном посту отбирали пробы бетонной смеси. Часть её исследовали в лаборатории, где на ней определяли подвижность, воздухововлечение, плотность, рассчитывали потенциальную морозостойкость бетона. Остальную смесь укладывали в формы, уплотняли вместе с формируемыми изделиями (обеспечивая при этом жёсткий контакт формы с бортоснастойкой) и размещали рядом в пропарочной камере. После окончания ТВО и последующего естественного остывания образцы освобождали от форм и после 27 суток хранения в нормальных условиях и испытывали.

На каждое изделие изготавливали по 9 образцов. Таким образом, при обследовании пропарочных камер изготавливали по 45 или 90 образцов, в зависимости от количества изделий в ней. Полученные результаты представлены в таблицах 1-3.

Таблица 1

Статистические характеристики свойств бетона, изготовленного в лабораторных условиях

Показатель, размерность	Среднее арифметическое		Средне квадратичное отклонение		Коэффициент вариации, %	
	ЖБИ №1	ЖБИ №2	ЖБИ №1	ЖБИ №2	ЖБИ №1	ЖБИ №2
Прочность при сжатии, МПа	33,4	42,0	1,035	1,260	3,1	3,0
Морозостойкость, циклы	205	250	9,84	11,00	4,8	4,4

Таблица 2

Статистические характеристики свойств бетона за анализируемый период

Показатель, размерность	ЖБИ №1			ЖБИ №2		
	X	S	V	X	S	V
Отпускная прочность при сжатии, МПа	21,2	2,28	10,8	26,9	2,664	9,9
Прочность в марочном возрасте, МПа	26,0	2,45	9,43	34,5	2,553	7,4
Морозостойкость, циклы	90	25,34	28	160	25,41	15,9

Примечание: X- среднеарифметическое значение; S- среднеквадратичное отклонение; V- коэффициент вариации.

Таблица 3

Влияние технологических переделов на однородность свойств бетона

Технологический передел	Завод ЖБИ №1		Завод ЖБИ №2	
	прочность при сжатии	морозостойкость	прочность при сжатии	морозостойкость
Качество исходных материалов	$\frac{-0,7}{0,4}$	$\frac{-5}{2,1}$	$\frac{-0,5}{0,3}$	$\frac{-10}{1,2}$
Дозирование и перемешивание материалов	$\frac{-1,7}{1,1}$	$\frac{-15}{3,4}$	$\frac{-1,0}{1,0}$	$\frac{-10}{1,6}$
Уплотнение бетонной смеси	$\frac{-3,6}{2,1}$	$\frac{-25}{7,2}$	$\frac{-3,0}{1,9}$	$\frac{-20}{2,5}$
ТВО бетона	$\frac{-6,2}{4,1}$	$\frac{-70}{10,5}$	$\frac{-10,6}{3,7}$	$\frac{-50}{6,2}$

**Примечание:** над чертой уменьшение прочности в МПа и морозостойкости в циклах; под чертой – приращение коэффициента вариации в %.

В результате, имея обработанные методами математической статистики данные характеристик строения бетона и рассчитанные на их основе значения морозостойкости бетона по всем технологическим переделам, судили об уровне организации производства на данном предприятии морозостойких бетонных и железобетонных изделий. А так же оценивали влияние каждого технологического передела на однородность свойств бетона, в частности морозостойкость, сделали прогноз долговечности бетона.

Вывод: Методика позволяет дать количественную оценку влияния каждого технологического передела на общую величину неоднородности физико-технических свойств бетона, что является основой для регулирования и оптимизации отдельно взятых технологических переделов. Позволяет повысить однородность бетона по морозостойкости и его долговечность.

#### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бетоны. Методы определения морозостойкости: [сборник]: ГОСТ 10060.0-95 – ГОСТ 10060.4-95. -М.: МНТКС, [1995].- 70 с.: ил.- (Межгосударственный стандарт).

#### УДК 691.328.44

#### МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК ДЛЯ МОРОЗОСТОЙКИХ БЕТОНОВ

А.А. Чуб, к.т.н., доцент,

Запорожская государственная инженерная академия, г. Запорожье

Широкий диапазон применяемых в настоящее время во всем мире химических добавок, для регулирования свойств бетонных смесей и модификации бетонов, подразделяют по основному эффекту их действия. Это добавки, регулирующие реологические свойства бетонных смесей, сроки схватывания цементного теста и бетонных смесей, сроки твердения и набора критической отпускной прочности бетона, а также добавки, обеспечивающие процесс твердения и набора прочности бетона при отрицательных температурах; пластифицирующие, увеличивающие подвижность или снижающие жесткость бетонных смесей; стабилизирующие, предупреждающие процессы расслоения бетонных смесей; вододерживающие; регулирующие пористость бетона; воздухововлекающие, газообразующие, пенообразующие, уплотняющие; гидрофобизирующие; изменяющие электропроводность бетона, повышающие противорадиационную защиту, повышающие бактерицидные и инсектицидные свойства; повышающие стойкость в различных химически агрессивных средах; повышающие жаростойкость бетона, защитные свойства арматуры в бетоне.

Особый интерес представляют комплексные химические добавки полифункционального действия, регулирующие одновременно несколько свойств бетонных смесей и бетонов. Особенно эффективно их применение для устройства морозостойкого защитного слоя бетона строительных конструкций [1].

Для защитного модифицированного слоя бетонных и железобетонных конструкций, по нашему мнению, наиболее целесообразно применение химических добавок, обеспечивающих решение комплекса вопросов.

На стадии приготовления бетонных смесей, они должны улучшать удобоукладываемость расчетного состава защитного слоя бетона.

На стадии твердения и набора критической отпускной прочности бетона не увеличивать объем порового пространства бетона, сокращать сроки его твердения.

В работе использовали суперпластификатор (разжижитель бетонной смеси) С-3, который хорошо известен во всем мире и странах СНГ. Его производит в виде сухого порошка Новомосковский химический завод Тульской области России и другие предприятия СНГ. Гидрофобизирующая химическая добавка ГКЖ-11 и ГКЖ-11К, которую производит Запорожский завод «Кремнийполимер».

В целях придания защитному слою бетона свойств водонепроницаемости, трещиностойкости, уменьшения ползучести, резкого повышения газонепроницаемости, морозостойкости, можно применять любые,