

Заметим, что первые слагаемые в этих выражениях учитывают изгибающие моменты, вторые слагаемые – поперечные силы, а третьи – продольные силы в арке. Четвертое слагаемое в (10) учитывает продольную силу в затяжке.

При использовании численного интегрирования ось арки $y = y(x)$ заменяется ломаной линией, а все величины, входящие в формулы (7), (8) и (10), (11), должны вычисляться в средних точках участков разбивки. Точность расчета будет, естественно, тем выше, чем на большее число участков будет разбит пролет арки. Вычисления величин δ_{i1} и Δ_{iP} , таким образом, представляют довольно трудоемкое дело.

Для определения перемещений точек (сечений) используем формулу Мора. Вычисление интегралов Мора здесь также будем выполнять путем численного интегрирования (суммирования по конечному числу участков, на которые разбивается пролет арки) с применением формулы трапеций

$$\Delta_{iP} = \sum_{j=1}^{n_{y_j}} \int \frac{\bar{M}_i M_{P_k} ds}{EJ} = \sum_{j=1}^{n_{y_j}} \frac{\Delta x_j}{E_j \cos \varphi_j} (2\bar{M}_i^{лев} \cdot M_{P_j}^{лев} + \bar{M}_i^{лев} \cdot \bar{M}_{P_j}^{лев} + \bar{M}_i^{прав} \cdot M_{P_j}^{прав} + 2\bar{M}_i^{прав} \cdot \bar{M}_{P_j}^{прав}), \quad (12)$$

где: Δ_{iP} – перемещение точки в i -ом направлении; n_{y_j} – число участков, на которые разбивается пролет арки;

E_j – жесткость j -го участка арки;

\bar{M}_i , $\bar{M}_{ij}^{лев}$, $\bar{M}_{ij}^{прав}$ – эпюра (зависимость изменения) изгибающих моментов от действия единичной силы, приложенной в направлении искомого перемещения, и ее левая и правая ординаты на j -ом участке;

M_{P_j} , $M_{P_j}^{лев}$, $M_{P_j}^{прав}$ – эпюра изгибающих моментов от внешней нагрузки и ее ординаты (левая и правая) на том же участке; $\cos \varphi_j$ – косинус угла наклона касательной к оси арки на j -ом участке по отношению к оси x .

Для построения схемы деформирования арки необходимо вычислить с использованием формулы (12) вертикальные и горизонтальные перемещения для сечений (точек) арки с заданным шагом. Чем больше будет этих точек, для которых будем иметь их перемещения, тем точнее сможем представить форму деформирования арки. В качестве таких точек примем центры сечений арок, которые ранее использовались для расчета усилий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дарков А.В., Шапошников Н.Н. Строительная механика. – М.: Высш. шк., 1986. – 607 с.

УДК 624.012.46

Протасевич А.А.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Тур В.В.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОСУЩЕСТВЛЕНИЮ КОНТРОЛЯ СООТВЕТСТВИЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА НА СЖАТИЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Одним из импульсов развития эффективного и безаварийного производства сборного и монолитного железобетона заданной высокой долговечности служит снижение неоднородности свойств данного материала на микро- и макроуровнях, что является следствием накопления дефектов структуры бетона на каждом посту технологической цепочки и требует строгого контроля всей проектной технологии. Поэтому так важна и необходима оценка соответствия различных характеристик свойств бетона (в т.ч. прочностных), представляющая

собой систематическую проверку их допустимых отклонений. Кроме того, изготовитель, поставляя бетонную смесь, должен гарантировать качество затвердевшего бетона. Предприятие, отпуская бетон с требуемым согласно спецификации классом прочности, должно информировать потребителя, если декларированная прочность окажется несоответствующей. Выполнение оценки соответствия по установленным критериям позволяет снизить риск того, что бетоны впоследствии не будут приняты потребителем.

В результате проведения анализа нормативных документов: отечественного ГОСТ 18105 [1], европейского EN 206 [2], международного ISO 12491 [3]; рассмотрения концептуальных положений действующих стандартов, непосредственно касающихся методов оценки прочности, накопления требуемого количества единичных результатов для выполнения условий западных норм, проведения предусмотренной ими оценки соответствия и статистической обработки эмпирических данных, полученных в процессе осуществления испытаний в лаборатории завода ЖБК г. Бреста в течение 2005-2006 гг. (выборка фактических и транспонированных значений прочности, объемы производимого на предприятии бетона, проверка заданных критериев соответствия, вычисление статистических параметров, корректировка составов и др. представлены в магистерской диссертации [4]), были выработаны общие рекомендации для анализа состояния производства, управления качеством выпускаемой продукции, регулирования технологического процесса, экономии ресурсов за счет роста однородности прочности бетона, связанные с организацией и практическим применением контроля соответствия прочности бетона на сжатие на производстве и включающие последовательность мероприятий поэтапного выполнения основных действий оценки по установленным критериям, регламентируемых указанной нормативной документацией

1. Испытание контрольных образцов

1.1. Во избежание неопределенности оптимальное количество контрольных образцов в пробе должно быть не менее трех;

1.2. Отбор проб должен быть организован таким образом, чтобы выполнялось условие репрезентативности выборки на основе минимальных норм отбора проб (для не сертифицированного производства — одна в производственный день);

1.3. Значение прочности определяется с учетом масштабного коэффициента по формуле:

$$f_b = \alpha \frac{F}{A} \quad (1)$$

где F — разрушающая нагрузка, N , A — площадь рабочего сечения образца, mm^2 ; α — масштабный коэффициент для приведения прочности бетона к прочности бетона в образцах базового размера и формы;

1.4. За единичный результат принимают среднее значение прочности из результатов испытаний образцов одной пробы.

1.5. Если значение прочности бетона испытанного куба отличается от среднего на более чем 15%, единичный результат не учитывают

2. Процесс формирования результирующей выборки (семейства)

Семейство бетонов — группа бетонов для составов которых установлены и задокументированы надежные (достоверные) зависимости между соответствующими характеристиками свойств. Полученные значения прочности необходимо сгруппировать с учетом объема произведенного бетона, что связано с формированием производственных дней. Производственный день представляет собой день, в который произведено не менее $20m^3$ бетона, или день, в который кумулятивный объем произведенного бетона составит $20m^3$. Данная операция упрощается благодаря пользовательской функции, соз-

данной непосредственно для проведения оценки соответствия в электронной таблице EXCEL с помощью программного пакета Visual Basic for Applications [4]. Для сокращения сроков накопления требуемого количества единичных результатов испытаний фактические единичные результаты прочности бетона с помощью транспонирования необходимо привести к эквивалентной прочности базового бетона с учетом данных о расходе цемента для каждого класса. Включение нескольких бетонов в семейство возможно при условии их приготовления с использованием цемента одного вида, выпускаемого одним производителем, а также на заполнителях одного вида и геологического происхождения. Тогда в статистической обработке будут участвовать все представители семейства. Показатели отпускной прочности необходимо привести к 100%-ной, которую бетон должен будет достичь в проектном возрасте.

3. Оценка соответствия прочности бетона на начальном этапе производства

Начальное производство—период времени от начала производства до накопления по крайней мере, не менее 35 единичных значений прочности бетона, но не превышающий 12 месяцев. Установленное количество единичных значений прочности ($n=35$) характеризует некоторый минимальный объем выборки, необходимый для надёжной статистической оценки стандартного отклонения всей популяции.

3.1. Определение вида закона распределения, построение кривой распределения и гистограммы; вычисление основных статистических параметров выборки, которые будут представлять собой базис для контроля соответствия на следующем этапе производства: минимум, максимум, шаг, среднее значение f_{cm} , дисперсия S ; стандартное отклонение σ .

3.2. Проверка критериев соответствия:

А. Для каждого единичного (фактического) результата

$$f_a \geq f_{ck} - 4; \quad (2)$$

Б. Для отдельного бетона, который должен проверяться на принадлежность к семейству (таблица 1)

Таблица 1 – Критерий соответствия для отдельного бетона

Число "n" результатов для отдельного бетона	Среднее из "n" f_{cm} для отдельного бетона
2	$\geq f_{ck} - 1$
3	$\geq f_{ck} + 1$
4	$\geq f_{ck} + 2$
5	$\geq f_{ck} + 2.5$
6	$\geq f_{ck} + 3$
15	$\geq f_{ck} + 1.48\sigma$

В. Для средней прочности бетона группы, состоящей из 3-х последовательных (перекрывающихся/неперекрывающихся) единичных результатов:

$$f_{cm3} \geq f_{ck} + 4 \quad (3)$$

Г. Для средней прочности всех приведенных результатов:

$$f_{cm35} \geq f_{ck} + 1.48\sigma \quad (4)$$

где f_{ck} — характеристическая прочность бетона на сжатие, Н/мм².

Таблица 2. Действия лаборатории при несоответствии прочности бетона критериям

Критерий	Действия лаборатории, связанные с невыполнением условий критериев соответствия	
	касающиеся дальнейшей оценки соответствия и технологии производства	по отношению к потребителю
Для единичного результата	исключить результат из выборки; корректировать состав смеси, которой принадлежит результат прочности, показавший несоответствие	декларировать несоответствие партии; информировать потребителя
Для отдельного бетона	бетон исключается из семейства, критерии соответствия проверяется как для отдельного бетона	
Для группы, состоящей из трёх результатов	дальнейший анализ следует проводить по фактическим (неприведенным) единичным значениям; каждый бетон в группе, показавшей несоответствие, должен идентифицироваться совместно с другими опытными результатами, установленными для этого же бетона и полученными в течение начального периода. Для каждого бетона из группы данный критерий применяют к единичному результату, к которому суммируются два дополнительных результата (принимая, что только один результат из группы показывает несоответствие)	
Для группы, состоящей из 35 результатов	корректировка составов с учетом вероятности приемки P_a и доли дефектов θ для требуемой прочности $f_{pr} = f_{ck} + k\sigma$, где k — множитель, связанный с показателем качества бетона θ и представленный в таблице 3; начало нового оценочного периода	декларируется несоответствие семейства для проанализированного периода

Таблица 3. Значения коэффициента k

Процент значений, лежащих ниже характеристической прочности θ , %	Множитель k
5,00	1,645
2,50	1,960
1,00	2,326
0,50	2,576
0,25	2,807
0,10	3,090

4. Проверка выполнения условия однородного производства.

Для проверки условий однородного (установившегося) производства выполняется контроль стандартного отклонения. Для последних 15 результатов стандартное отклонение S_{15} не должно существенно отличаться от принятого σ :

$$0,63 \sigma \leq S_{15} \leq 1,37 \sigma \quad (5)$$

А. Условие выполняется: оценочный период завершается, начинается период постоянного производства, декларируется соответствие семейства.

Б. Условие не выполняется: количество образцов увеличивается до накопления 35 следующих результатов, как для начального производства.

5. Контроль соответствия прочности бетона на стадии постоянного производства.

Постоянное производство — следующий за начальным периодом этап производственного процесса, после того, как, по крайней мере, 35 единичных значений прочности бетона получено за период времени, не превышающий 12 месяцев. На данном этапе выполняется проверка условия установившегося производства и оценка соответствия по следующим критериям:

А. для индивидуальных значений

$$f_{ci} \geq f_{ck} - 4, \quad (6)$$

Б. для среднего из 15 значений

$$f_{cm15} \geq f_{ck} + 1,48\sigma. \quad (7)$$

Таким образом, на предприятиях по производству сборных и монолитных бетонных и железобетонных конструкций и изделий необходимо осуществлять строгий контроль прочности бетона и ее однородности, в соответствии, с обязательными требованиями технических нормативно-правовых актов, во избежание перерасхода сырьевых компонентов бетонной смеси, соответственно, и дороговизны товаров заводов ЖБК, а главное — с целью достижения стабильности уровня качества строительной продукции, т.е. обеспечения ее надежности, безопасности и долговечности. Этому способствует пересмотр, совершенствование, устранение недостатков и разночтений отечественной нормативной базы, в том числе разработка вышеизложенных рекомендаций по оценке соответствия прочности на сжатие и управлению качеством бетона, тем более в современных условиях стремления на данном этапе развития производства к гармонизации с западноевропейскими нормами. Кроме того, особого внимания требует культура и организация всей процедуры контроля, осуществляемой лабораториями заводов, а также личная заинтересованность и ответственность каждого из участников производственного процесса.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ 18105-86 «Бетоны. Правила контроля прочности»
2. EN 206-1:2001 «Concrete Part 1 Specification, performance production and conformity»
3. ISO 12491:1997(E) International Standard «Statistical methods for quality control of building materials and components»
4. Протасевич А.А. Экспериментальное применение метода контроля прочности бетона на сжатие по критериям соответствия // Дисс. маг. техн. наук: 05.23.05 — БГТУ Брест — 2006

УДК 624.138.003

Левчук А.А.

Научный руководитель: доцент Пчелин В.Н.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТА ТРАМБОВКАМИ С ИЗМЕНЯЕМЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ КОНТАКТНЫМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ

В ряде случаев для улучшения физико-механических характеристик слабых грунтов основания производят уплотнение грунта сбрасываемыми с высоты тяжелыми трамбовками

Важными параметрами, определяющими эффективность уплотнения грунта тяжелыми трамбовками, являются: масса трамбовки, высота ее сбрасывания, расстояние между точками сбрасывания, рабочая площадь трамбовки и создаваемые в грунте при нанесении удара динамические контактные напряжения [1].

Как показывают исследования, результаты которых представлены в [2], значительно повысить эффективность уплотнения грунта трамбовками можно в случае создания в грунте в процессе его уплотнения возрастающих динамических контактных напряжений от 0,6 до 2 МПа, при этом глубина уплотнения увеличивается на 15-20% с одновременным снижением энергозатрат на 14%. Кроме того, обеспечивается получение устойчивой плотности всей массы уплотненного грунта, так как исключается образование буферной зоны (взрыхленного слоя).

Для реализации указанного способа чаще используется набор трамбовок, но с разной рабочей площадью [2]. Однако при этом увеличиваются затраты труда на уплотнение грунта, связанные с необходимостью периодической замены трамбовок. Кроме того, вследствие уменьшения рабочей площади трамбовок уменьшается зона уплотнения грунта в плане, что приводит к снижению их производительности.

Для устранения указанных недостатков в Брестском государственном техническом университете разработаны новые конструкции трамбовок, обеспечивающими возмож