

УДК 624.01

К ВОПРОСУ ПОЛУЧЕНИЯ БЕСПОРОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ПО КАССЕТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

**Е.А. РАЗУЕВА; канд. техн. наук, доц. В.В. БОЗЫЛЕВ;
канд. техн. наук, доц. Л.М. ПАРФЁНОВА
(Полоцкий государственный университет)**

Рассмотрены основные способы, обеспечивающие повышение качества поверхности железобетонных изделий, изготовленных по кассетной технологии. Решение задачи, в частности, возможно путем выбора смазок, применения литых и самоуплотняющихся бетонов, подбора режимов уплотнения бетонной смеси. Приведены результаты анализа влияния литых и самоуплотняющихся бетонов на качество поверхности железобетонных изделий, подготовки форм на качество поверхности плитных конструкций. Проанализированы данные по определению категории лицевых поверхностей железобетонных изделий, изготовленных с применением самоуплотняющихся бетонов с микронаполнителем на основе доломита и гиперпластификатором Стахемент-2000-М Ж30. Исходя из полученных данных сделан вывод о том, что применение самоуплотняющихся бетонов обеспечивает производство качественных железобетонных изделий с категорией поверхности не ниже А2.

Ключевые слова: кассетная технология, литые бетоны, самоуплотняющиеся бетоны, качество поверхности, смазки, микронаполнитель, пластификатор.

Введение. Крупнопанельное домостроение остается приоритетным направлением в жилищном строительстве Республики Беларусь. В гражданском строительстве широко используются плитные конструкции из сборного железобетона, позволяющие превращать строительную площадку в площадку монтажа сооружений из готовых конструкций, что позволяет облегчить и улучшить условия работы строителей.

Одна из основных задач при производстве плитных железобетонных изделий – получение продукции максимальной заводской готовности, что дает возможность резко сократить трудоёмкость и себестоимость отделочных операций на строительной площадке.

Среди основных направлений повышения качества поверхностей железобетонных изделий такие, как:

- подбор составов бетонных смесей с пластифицирующими добавками;
- использование литых и самоуплотняющихся бетонных смесей;
- выбор специальной смазки;
- использование полимерного покрытия форм;
- подбор режима уплотнения бетонной смеси.

Требования к точности изготовления конструкций, к качеству поверхностей и внешнему виду конструкций прописаны в ГОСТ 13015.0 [1]. Бетонные поверхности конструкций подразделяются на категории А1...А7. На поверхности категории А1 не должно быть раковин, наплывов и впадин. Поверхность должна быть глянцевой, не требующей отделочного покрытия на строительной площадке. Для категории бетонной поверхности А2 допускаются отдельные раковины размером не более 2 мм. Но в этом случае завод-изготовитель должен подготовить поверхность за счет дополнительных операций под улучшенную окраску (без шпатлевания на строительной площадке). Если требуется высококачественная окраска, ГОСТ допускает выполнение одного слоя шпатлевки на строительной площадке. В связи с этим систематизация данных, разработка универсальных методов, позволяющих получать изделия с заданными требованиями к качеству их поверхности, является актуальной задачей и имеет важное практическое значение.

Основная часть. Установление связи между структурой, свойствами химических добавок и их влиянием на свойства цемента является актуальным и при производстве плитных конструкций, формуемых по кассетной технологии [2].

Исследованиями, проведенными Л.В. Гавлиной, установлено, что качество лицевых железобетонных изделий, изготовленных из литых бетонных смесей с осадкой конуса бетона (ОК), равной 18...20 см, соответствует нормативным требованиям класса А2 по ГОСТ 13015.0-83 и не требует дополнительных затрат по отделке поверхностей [3].

Опираясь на эти данные, нами проведены экспериментальные исследования по оценке влияния литых бетонных смесей на качество поверхности железобетонных изделий. В исследованиях использовался заводской состав бетонной смеси. Для регулирования подвижности использовали пластифицирующие добавки Полипласт СП-1 и Стахемент-2000-М Ж30. Исследовались свойства трех составов: без добавки, с расходом добавки Полипласт СП-1 (СП-1) 1% от массы цемента и 1,2% от массы цемента (табл. 1). Далее формировались образцы кубов, которые твердели 7 и 28 суток в нормально-влажностных условиях и в условиях термовлажностной обработки (ТВО) при нормальном давлении. Результаты определения подвижности бетонной смеси и прочности бетона приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Составы бетонных смесей с пластифицирующей добавкой Полипласт СП-1

| № состава | Расход материалов | | | | |
|-----------|-------------------------------|-------|--------|------|--------------------|
| | кг на 1 м ³ бетона | | | | % от массы цемента |
| | цемент | песок | щебень | вода | добавка (СП-1) |
| 1 | 285 | 1010 | 1010 | 208 | – |
| 2 | 285 | 1010 | 1010 | 208 | 1 |
| 3 | 285 | 1010 | 1010 | 208 | 1,2 |

Таблица 2 – Влияние дозировки добавки на подвижность бетонной смеси и прочность бетона

| № состава | Водоцементное отношение, В/Ц | Подвижность, см | Прочность, МПа | |
|-----------|------------------------------|-----------------|----------------|----------|
| | | | ТВО | 28 суток |
| 1 | 0,73 | 3 | 14,7 | 16,4 |
| 2 | 0,73 | 16 | 14,5 | 16,1 |
| 3 | 0,73 | 20 | 14,3 | 16,0 |

Оценка чистоты поверхностей определялась по количеству открытых пор различного диаметра. Такая оценка качества поверхности железобетонных изделий принята из-за отсутствия методик по измерению величин раковин, а также согласно требованиям, прописанным в нормативных актах. Диаметры пор были разбиты на четыре класса: 1; 1...2; 2...4; 4...6 мм. Такие размеры были приняты исходя из допустимых величин, прописанных в ГОСТ 13015.0-83 [1].

Так, для поверхности А2 диаметр раковин не должен превышать 1 мм, допускаются раковины размером 2 мм, но не более одной на 1 м². Для поверхности А3 диаметр раковин не должен превышать 4 мм, допускаются поры размером 6 мм, но не более одной на 1 м².

Результаты определения количества раковин на поверхности кубиков приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Количество раковин на поверхности образцов с пластифицирующей добавкой Полипласт СП-1

| № состава | Подвижность, см | Количество раковин, шт., диаметром | | | |
|-----------|-----------------|------------------------------------|----------|----------|----------|
| | | 1 мм | 1...2 мм | 2...4 мм | 4...6 мм |
| 1 | 3 | 31 | 9 | 6 | – |
| 2 | 16 | 30 | 6 | 6 | – |
| 3 | 20 | 27 | 6 | 8 | – |

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что увеличение процента ввода добавки приводит к незначительному увеличению показателя качества поверхности. Так, количество раковин размером 1 мм составов 2 и 3 уменьшилось соответственно на 3,2 и на 12,9% по сравнению с базовым (состав 1). Количество раковин размером 1...2 мм уменьшилось на 33,3%. Количество раковин 2...4 мм увеличилось у состава 3 на 25% по сравнению с базовым.

Далее исследовались свойства трех составов: без добавки, с добавкой Стахемент-2000-М Ж30 (С-2000) с расходом 0,3, 0,5% от массы цемента и 0,8% от массы цемента. Составы бетонных смесей приведены в таблице 4. Результаты определения подвижности бетонной смеси и прочности бетона приведены в таблице 5.

Таблица 4 – Составы бетонных смесей с пластифицирующей добавкой Стахемент-2000-М Ж30

| № состава | Расход материалов | | | | |
|-----------|-------------------------------|-------|--------|------|--------------------|
| | кг на 1 м ³ бетона | | | | % от массы цемента |
| | цемент | песок | щебень | вода | добавка (С-2000) |
| 1 | 285 | 1010 | 1010 | 208 | – |
| 4 | 285 | 1010 | 1010 | 208 | 0,3 |
| 5 | 285 | 1010 | 1010 | 208 | 0,5 |
| 6 | 285 | 1010 | 1010 | 181 | 0,8 |

Таблица 5 – Влияние дозировки добавки на подвижность бетонной смеси и прочность бетона

| № состава | В/Ц | Подвижность, см | Прочность, МПа | |
|-----------|------|-----------------|----------------|----------|
| | | | ТВО | 28 суток |
| 1 | 0,73 | 3 | 14,7 | 16,4 |
| 4 | 0,73 | 20 | 14,8 | 16,0 |
| 6 | 0,73 | 22 | 14,0 | 15,5 |
| 6 | 0,64 | 10 | 14,9 | 16,8 |

Результаты определения количества раковин на поверхности кубиков приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Количество раковин на поверхности образцов с пластифицирующей добавкой Стахемент-2000-М Ж30

| № состава | Подвижность, см | Количество раковин, шт., диаметром | | | |
|-----------|-----------------|------------------------------------|----------|----------|----------|
| | | 1 мм | 1...2 мм | 2...4 мм | 4...6 мм |
| 1 | 3 | 31 | 9 | 6 | – |
| 4 | 20 | 20 | 9 | 4 | – |
| 5 | 22 | 16 | 9 | 4 | – |
| 6 | 10 | 19 | 7 | 3 | – |

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что увеличение процента ввода добавки приводит к значительному увеличению показателя качества поверхности. Так, количество раковин размером 1 мм составов 4 и 5 уменьшилось на 35,5% и на 48,4% соответственно по сравнению с базовым (состав 1). Количество раковин размером 1...2 мм не уменьшилось. Количество раковин 2...4 мм уменьшилось на 33,3% по сравнению с базовым. При снижении количества воды количество раковин размером 1 мм состава 6 уменьшилось на 38,7% по сравнению с базовым; количество раковин размером 1...2 мм – на 22,2%, размером 2...4 мм – на 50%.

Самоуплотняющийся бетон (СУБ) представляет собой материал, который способен уплотняться под действием собственного веса, полностью заполняя форму даже в густоармированных конструкциях. Он находит все более широкое применение. Перспективным является его использование для производства сборного железобетона.

В зависимости от способа обеспечения стойкости к расслаиванию и водоотделению выделяют два основных типа самоуплотняющихся бетонных смесей (СУБС): мелкодисперсный тип (значительное увеличение содержания мелкодисперсной фракции по сравнению с обычным бетоном); стабилизаторный тип (использование стабилизирующих добавок). *Мелкодисперсные заполнители* – известняковые порошки, молотый доменный шлак, зола-унос или кремнистые уносы – увеличивают стойкость самоуплотняющегося бетона к расслаиванию и снижают блокирование движения бетонной смеси при ее протекании в густоармированных конструкциях. *Стабилизирующие добавки*, или модификаторы вязкости бетонной смеси, позволяют достичь оптимальной вязкости, обеспечивая правильный баланс между подвижностью и стойкостью к расслаиванию – противоположными свойствами, проявляющимися при добавлении воды.

При добавлении стабилизирующей добавки на поверхность цементных частиц образуется устойчивый микрогель, обеспечивающий создание «несущего скелета» в цементном тесте, предотвращающая тем самым расслаивание бетонной смеси. При этом образующийся «несущий скелет» позволяет заполнителю (песок и щебень) свободно перемещаться, сохраняя удобоукладываемость бетонной смеси [4].

Применение микрозаполнителя и пластификатора для вертикального формования повышает качество выпускаемой продукции, о чем свидетельствуют данные исследований [5].

Согласно А.И. Харченко, применение микрозаполнителя предполагает формирование компактной и плотной структуры цементного камня [6].

Исследованиями влияния микрозаполнителя на качество лицевых поверхностей железобетонных изделий установлено [7], что высокое качество лицевой поверхности достигается за счет возможности СУБ заполнять форму любой сложности.

Исходя из опыта использования СУБ различных исследователей, нами выполнен расчет состава СУБ по методике, приведенной в ТКП 45-5.03-266 [8]. Расчет составов СУБ проводился в два этапа.

На первом этапе рассчитан приблизительный состав бетона с процентным содержанием доломита в вяжущей композиции 20%, гиперпластификатора Стахемент-2000-М Ж30 – 0,6% от массы вяжущей композиции.

На втором этапе по приблизительным значениям содержания компонентов СУБ определены структурные характеристики бетона, расчетный состав представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Расчетный состав самоуплотняющегося бетона

| № состава | Расход компонентов, кг/м ³ | | | | | |
|-----------|------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------|--------|
| | цемент | дисперсный наполнитель (доломит) | стакемент-2000-М Ж30 | вода | песок | щебень |
| 8 | 345 | 86 | 2,07 | 260 | 774 | 786 |
| | Расчетное значение диаметра растекания конуса, RK_p , см | | | Расчетная прочность на сжатие в возрасте 28 суток, $f_{ccube 28}$, МПа | | |
| | 60 | | | 8,3 | | |

Согласно ТКП 45-5.03-266-2012 полученные расчетные значения компонентов и структурных характеристик СУБ должны удовлетворять условиям:

$$1. G_{ц} = G_{ц, min} \geq \text{по СТБ 1544.}$$

$$\text{Условие выполняется: } G_{ц} = 345 > 280 \text{ кг/м}^3.$$

$$2. X_{\tau} \leq 0,98 X_{\tau \max},$$

где X_{τ} – характеристика относительного водосодержания теста; $X_{\tau \max}$ – максимальное значение характеристики относительного водосодержания теста в пределе связности СУБС.

$$\text{Условие выполняется: } X_{\tau} = 1,55 \leq 1,55.$$

$$3. m_{т1} \geq 0,025,$$

где $m_{т1}$ – объемная концентрация теста, обеспечивающая раздвижку зерен заполнителей.

$$\text{Условие выполняется: } m_{т1} = 0,2 \geq 0,025.$$

Для реализации опытного исследования был приготовлен замес бетонной смеси состава 8.

Измерение величины растекания конуса (РК) показало: марка СУБС по удобоукладываемости Р-2; видимого расслоения бетонной смеси на финальной стадии осадки конуса не наблюдалось.

После измерения удобоукладываемости бетонных смесей, изготавливались образцы – кубы с ребром 10×10×10 см для определения прочности бетона на сжатие и для определения качества поверхности.

Физико-механические свойства бетона и бетонной смеси представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Физико-механические свойства бетонной смеси и бетона

| № состава | В/Ц | Подвижность, см | Показатель растекания конуса, РК, см | Прочность, МПа | |
|-----------|------|-----------------|--------------------------------------|----------------|----------|
| | | | | ТВО | 28 суток |
| 1 | 0,73 | 3 | – | 14,7 | 16,4 |
| 4 | 0,73 | 20 | – | 14,8 | 16,0 |
| 8 | 0,75 | – | 64 | 13 | 14,8 |

Результаты определения количества раковин на поверхности кубиков приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Количество раковин на поверхности образцов с дисперсным наполнителем

| № состава | Количество раковин, шт., диаметром | | | |
|-----------|------------------------------------|----------|----------|----------|
| | 1 мм | 1...2 мм | 2...4 мм | 4...6 мм |
| 1 | 31 | 9 | 6 | – |
| 4 | 20 | 9 | 4 | – |
| 8 | 9 | 1 | – | – |

Анализ полученных результатов позволил сделать вывод, что применение микронаполнителя и гиперпластификатора приводит к значительному увеличению показателя качества поверхности. Так, количество раковин размером 1 мм состава 8 уменьшилось на 71% по сравнению с базовым (состав 1); количество раковин размером 1...2 мм уменьшилось на 89%. Раковины размером 2...4 мм не обнаружены.

Наиболее значимым и трудоемким технологическим процессом при изготовлении железобетонных конструкций выступают опалубочные работы.

Смазывание форм является обязательной технологической операцией при производстве сборных железобетонных изделий. В зависимости от вида опалубки и условий ее применения используются различные составы смазок. Расход смазок зависит от способа нанесения их на поверхность опалубочной формы, консистенции смазки, температуры наружного воздуха, разницы во времени от установки опалубки на место до начала укладки бетонной смеси.

Известно также, что для облегчения распалубливания железобетонных конструкций применяют облицовки из полимерного материала, монтируемого на собранных опалубочных панелях. Применяются также облицовки из рулонного или плиточного полимерного материала, монтируемого на поверхности палубы точечным креплением [9].

Для оценки влияния подготовки поверхности форм на качество поверхности бетона использовались три состава бетонной смеси – состав 1, состав 4 и состав 8. Составы бетонных смесей приведены в таблице 1, 4 и 7. Исследовано влияние смазок АТ-5Б, СЗАЖ-II-M и полимерных покрытий на качество бетонных поверхностей. Результаты оценки качества поверхности образцов-кубиков приведены в таблицах 10, 11, 12 соответственно.

Таблица 10 – Результаты влияния смазки АТ-5Б на качество поверхности

| № состава | Количество раковин, шт., диаметром | | | |
|-----------|------------------------------------|----------|----------|----------|
| | 1 мм | 1...2 мм | 2...4 мм | 4...6 мм |
| 1 | 31 | 9 | 6 | – |
| 4 | 20 | 9 | 4 | – |
| 8 | 8 | – | – | – |

Таблица 11 – Результаты влияния смазки СЗАЖ-II-M на качество поверхности

| № состава | Количество раковин, шт., диаметром | | | |
|-----------|------------------------------------|----------|----------|----------|
| | 1 мм | 1...2 мм | 2...4 мм | 4...6 мм |
| 1 | 23 | 7 | 5 | – |
| 4 | 17 | 3 | 2 | – |
| 8 | 4 | – | – | – |

Таблица 12 – Результаты влияния полимерного покрытия на качество поверхности

| № состава | Количество раковин, шт., диаметром | | | |
|-----------|------------------------------------|----------|----------|----------|
| | 1 мм | 1...2 мм | 2...4 мм | 4...6 мм |
| 1 | 15 | 8 | 2 | – |
| 4 | 10 | 4 | – | – |
| 8 | 2 | – | – | – |

Анализ полученных данных позволил сделать *выводы*:

- применение смазки СЗАЖ-II-M приводит к уменьшению пор размером 1 мм на 30%, пор размером 1...2 мм на 45%, пор размером 2...4 мм на 33% по сравнению со смазкой АТ-5Б;
- применение полимерного покрытия приводит к уменьшению пор размером 1 мм на 50%, пор размером 1...2 мм на 34%, пор размером 2...4 мм на 83% по сравнению со смазкой АТ-5Б.

Заключение. На основании полученных данных можно констатировать следующее:

- применение литых бетонных смесей с осадкой конуса 18...20 см позволяет получить качество лицевых поверхностей железобетонных изделий класса А3 по ГОСТ 13015.0-83, а применение полимерного покрытия – качество лицевых поверхностей железобетонных изделий класса А2 по ГОСТ 13015.0-83;
- исследовано влияние смазок АТ-5Б, СЗАЖ-II-M и полимерных покрытий на качество бетонных поверхностей. Смазка СЗАЖ-II-M приводит к значительному уменьшению пор. Полимерное покрытие позволяет получить качественные железобетонные изделия с категориями поверхности не ниже А2;
- к значительному увеличению показателя качества поверхности готовых изделий приводит использование микронаполнителя на основе доломита и гиперпластификатора. Подобранные составы самоуплотняющегося бетона обеспечивают производство качественных железобетонных изделий с категорией поверхности не ниже А2.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конструкции и изделия бетонные и железобетонные сборные. Общие технические требования : ГОСТ 13015.0-83 ; введ. 01.01.84. – М. : Центральный науч.-исслед. и проектно-экспериментальный ин-т промышленных зданий и сооружений (ЦНИИпромзданий) Госстроя СССР, 1984. – 6 с.

2. Мурадов, Э.Г. Материалы для приготовления бетонной смеси и строительного раствора : учеб. пособие для СПТУ / Э.Г. Мурадов. – М. : Высш. школа, 1987. – 111 с.
3. Гавлина, Л.В. Литой бетон с комплексными добавками на основе суперпластификаторов : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / Л.В. Гавлина ; Моск. Ордена Трудового Красного Знамени инженерно-строительный ин-т им. Куйбышева. – М., 1984. – С. 9–23.
4. Технический каталог по добавкам в бетон концерна BASF. – М., 2009.
5. Атабаев, А.Б. Об опыте освоения технологии производства панелей ВС на кассетно-конвейерной линии СКТБ «Стройиндустрия» / А.Б. Атабаев, В.А. Ли // Тез. докл. Всесоюзного семинара-совещания. – Тверь, 1990. – С. 53–54.
6. Харченко, А.И. Самоуплотняющиеся мелкозернистые бетоны для монолитного домостроения на основе композиционных вяжущих / А.И. Харченко, А.К. Дятлов, И.Я. Харченко // Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 95-летию ФГБОУ ВПО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова», Россия, Чеченская Республика, Грозный, 24–26 марта 2015 г. – Грозный. – С. 25–33.
7. Атабаев, А.Б. Совершенствование технологии изготовления железобетонных изделий в вертикальных формах на основе безвибрационного формования с применением литых бетонных смесей : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.08 / А.Б. Атабаев ; Центральный межведомств. ин-т повышения квалификации работников и специалистов строительства ЦМИПКС при МГСУ. – М., 1995.
8. Бетонные и железобетонные изделия и конструкции из самоуплотняющегося бетона. Правила изготовления : ТКП 45-5.03-266-2012. – Введ. 01.03.13. – Минск : М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2013. – 5 с.
9. Совалов, И.Г. Бетонные и железобетонные работы / И.Г. Совалов, Я.И. Могилевский, В.И. Остромогольский. – М. : Стройиздат, 1988. – Гл. 1.

Поступила 01.06.2016

TO THE QUESTION OBTAINED WITHOUT PORE OF THE SURFACE OF PLATE CONCRETE PRODUCTS MOLDED BY TYPE TECHNOLOGY

E. RAZUEVA, V. BOZYLEV, L. PARFENOVA

The article discusses the main ways ensuring improving the quality of the surface of concrete products. In particular, it is done by selecting lubricants, the use of cast and self-compacting concrete, the selection of a concrete mixture compaction modes. Effect of cast and self-compacting concrete on the surface quality of the concrete products is investigated. Study of the effect of preparation forms on the surface quality of the concrete products is carried out. Data from certain categories of concrete products surfaces made with the use of self-compacting concrete are analyzed. The microfiller on the basis of dolomite and hyperplasticizer Stahement-2000-M ZH30 are used for self-compacting concrete. These results allow one to conclude that the use of self-compacting concrete enables the production of high-quality concrete products from the surface of categories not lower than the A2.

Keywords: *type technology, cast concrete, self-compacting concrete, the quality of the surface, lubricants, microfiller, plasticizer.*