

УДК 691.327:621.892

**ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК И ПРОМЫШЛЕННЫХ СМАЗОК
НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ ПЛИТ БЕЗОПАЛУБОЧНОГО ФОРМОВАНИЯ****В.И. ПОЛИВКО, Р.Ю. МОРОЗ, А.А. ЛЮБИНСКАЯ***(Представлено: Л.М. Парфенова)*

В статье представлены результаты исследований качества поверхности плит пустотного настила безопалубочного формования. Показано, что на качество поверхности влияет комбинация «пластифицирующая добавка - смазка». Установлено, что получение категории А2 бетонной поверхности плит безопалубочного формования обеспечивает применение добавки Master Cast 765 и обработка металлической поверхности стенда разделительной смазкой V20 SAWD.

Введение. В Республике Беларусь технология безопалубочного формования «Мах Roth» впервые была внедрена в 80-х годах прошлого века в Минской области. Так же схожие технологии и их модернизации, внедрили в Минске на ОАО «Минскстройконструкция», Барановичах, в Ивацевичах на ОАО «Ивацевичский завод ЖБИ», в Молодечне на ОАО «Завод железобетонных конструкций», Гомеле на ОАО «Гомельжелезобетон», в Новополоцке на ПРУП «Новополоцкжелезобетон», в филиале «Завод сборного железобетона №3 г.Витебска» ОАО «Кричевцементношифер» [1].

В Республике Беларусь, как и Российской Федерации, наибольшее распространение получила технология безопалубочного формования плит пустотного настила методами экструзии и виброформования на технологических линиях производства «Weiler Italia» и "Тенсиланд" [2].

В 2007 году ОАО «Завод железобетонных конструкций» в г. Молодечно ввел в эксплуатацию итальянскую линию безопалубочного формования производства «Weiler Italia» с пустотообразователями и вибрацией. Длина сплошного настила полотна плиты 85 м. Скорость формовочной машины от 1 до 3 м/мин, обеспечивает суточную производительность до 45 м³, линию обслуживает 8-10 чел. В ОАО «Гомельжелезобетон» технологическая линия «Weiler Italia» была установлена 2008 году. Реализация этого проекта позволила предприятию увеличить выпуск плит пустотного настила на 5% сократить потребление энергоресурсов. В филиале «Завод сборного железобетона №3 г.Витебска» ОАО «Кричевцементношифер» выпуск железобетонных многопустотных плит перекрытия по технологии безопалубочного формования на линии «Weiler Italia» начался в 2021 году [1].

В филиале «Новополоцкжелезобетон» ОАО «Кричевцементношифер» организован выпуск конструкций методом безопалубочного формования на технологической линии "Тенсиланд", в состав которой входят: машины для чистки дорожек, машина для раскладки проволоки, формующая машина, машина для резки, технологический ухват для сбора и вывоза готовой продукции [3]. По технологии безопалубочного формования в филиале «Новополоцкжелезобетон» ОАО «Кричевцементношифер» изготавливаются плиты железобетонные многопустотные предварительно напряженные безопалубочного формования для перекрытий и покрытий жилых, общественных и производственных зданий высотой 220 мм и шириной 1200 мм по серии рабочих чертежей Б1.041.1-5.10 в.1 согласно требованиям СТБ 1383-2003.

Бетонные смеси для плит безопалубочного формования содержат в своем составе пластифицирующие добавки: суперпластификаторы или гиперпластификаторы (добавки на поликарбоксилатной основе), которые оказывают разное влияние на гидрофильность бетонной смеси, на величину поверхностной пористости, и, как следствие, на качество поверхности изделий.

Практический опыт использования химических добавок на филиале «Новополоцкжелезобетон» ОАО «Кричевцементношифер» и экспериментальные исследования, представленные в работе [4], показали, что за счет правильного подбора дозировки добавки можно повысить не только физико-механические характеристики бетона, но и повысить качество поверхности изделий. Установлено [4], что увеличение процента ввода добавки Полипласт СП-1 с 1 % до 1,2 % от массы цемента приводит к уменьшению количества раковин размером 1 мм, соответственно с 3,2% до 12,9% по сравнению с поверхностью бетона базового состава. При использовании добавки Стахемент-2000МЖ30, с увеличением процента ввода с 0,3% до 0,5% от массы цемента, количество раковин размером 1 мм уменьшилось соответственно с 35,5% до 48,4% по сравнению с поверхностью бетона базового состава.

П.И. Юхневским [5] установлен разный механизм действия добавок на гидрофильность бетонной смеси: если при адсорбции суперпластификаторов не изменяется гидрофильность бетонной смеси, то за счет адсорбции гиперпластификаторов и упорядоченной ориентации углеводородных частей молекулы гидрофильность поверхностного слоя бетонной смеси снижается. Также отмечается, что адсорбированные молекулы химдобавок препятствуют взаимодействию частиц цементного теста с поверхностью формы [5].

Также в работе П.И. Юхневского и Н.П. Димитриади [6], показано, что молекулы добавок поликарбоксилатов могут диффундировать из диффузного слоя бетонной смеси и заполнять капилляры в смазочной пленке, тем самым снижать ее вязкость, и по сути, играть роль присадок, регулирующих процесс растекания смазки и облегчающих удаление пузырьков воздуха в поверхностном слое.

Таким образом, взаимодействие смазочных материалов с химическими добавками в бетонной смеси повышает требования к смазкам и делает процесс подбора смазочных материалов одним из опытно-экспериментальных этапов при реализации технологии безопалубочного формования.

Целью данной работы является исследование синергетического эффекта пластифицирующих добавок, используемых в составе бетонных смесей, и смазочных материалов, на качество поверхности плит пустотного настила безопалубочного формования.

Характеристика материалов и методы исследований. Для изготовления бетонных смесей использовался портландцемент марки ЦЕМ I 42,5Н производства ОАО «Кричевцементошифер» по ГОСТ 31108-2020. Нормальная плотность цементного теста 26,25%, сроки схватывания: начало 3 ч 10 мин, окончание 4 ч 50 мин, активность 51,3 МПа.

В качестве крупного заполнителя использовался щебень фракции 5-20 и фракции 5-10 производства РУПП «Гранит» по ГОСТ 8267-93. Физико-механические свойства щебня определялись по ГОСТ 8269.0-97: насыпная плотность 1410 кг/м³, плотность зёрен 2700 кг/м³, содержание пылеватых и глинистых частиц 0,97%, содержание пластинчатых и игольчатых зерен 12,9%, водопоглощение 0,45%, дробимость 7,5%, влажность 0,02%.

В качестве мелкого заполнителя использовался песок карьера «Боровое» по ГОСТ 8736-2014. Физико-механические характеристики определялись по ГОСТ 8735-88: насыпная плотность 1555 кг/м³, плотность зерен 2350 кг/м³, содержание пылеватых и глинистых частиц 2,12%, пустотность 33,45%, влажность 5,1%. Песок относится к группе средних, класс II, модуль крупности $M_{кр} = 2,23$.

Для затворения бетонных смесей использовалась вода по СТБ 1114-98.

В качестве пластифицирующих добавок применялись: химическая добавка Master Cast 765 производства ЗАО «Эмаком» г.Минск и химическая добавка Полипласт БФ производства ООО «ПолипластХИМ».

В качестве разделительных смазывающих средств использовались смазки АТ-5-Б фирмы ЧПТУП «Авилана-техно» по ТУ ВУ 690456792.002-2017 и V20 SAWD фирмы ИООО «ДВЧ-Менеджмент» по ТУ ВУ 690656219.001-2013. Характеристики смазок АТ-5-Б и V20 SAWD приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Характеристика смазочных материалов АТ-5-Б и V20 SAWD

№ пп	Наименование параметра	Нормативное значение смазки	Фактическое значение смазки АТ-5-Б	Фактическое значение смазки V20 SAWD
1	Внешний вид	Однородная жидкость от светло до темно коричневого цвета	Соответствует	Однородная маслянистая жидкость от светло коричневого до коричневого цвета
2	Вязкость условная по ВЗ-4 при 20 °С	10-20	12,6	13,46
3	Температура застывания °С, не выше	Минус 20	Минус 20	Минус 30
4	Концентрация водородных ионов рН	5-9	6,6	8,8
5	Массовая доля воды, % не более	0,01	Соответствует	0,01

Подвижность бетонной смеси по осадке конуса определялась по ГОСТ 10181-2014, плотность бетона - по ГОСТ 12730.1-2020, прочность бетона на сжатие - по ГОСТ 10180-2012. Прочность бетона на сжатие определялась путем испытания 4 образцов-кубов с ребром 100 мм. Оценка качества бетонной поверхности выполнялась по количеству раковин различного диаметра по ГОСТ 13015.0-83.

Экспериментальная часть. Для проведения исследований принят состав бетонной смеси, который используется для изготовления плит пустотного настила безопалубочного формования на технологической линии «Тенсиланд» на филиале «Новополоцкжелезобетон» ОАО «Кричевцементошифер». Для обеспечения требуемых показателей удобоукладываемости по осадке конуса 1-3 см в состав бетонных смесей вводились добавки Полипласт БФ, в количестве 0,2% от массы цемента, и Master Cast 765, в количестве 0,2% от массы цемента. Характеристика модифицированных бетонных смесей и бетона представлена в таблице 2.

Таблица 2. – Характеристика модифицированных бетонных смесей и бетона

Номер состава	Пластифицирующая добавка, % от массы цемента		В/Ц	Проектный класс бетона	Плотность фактическая, кг/м ³	Подвижность		Прочность на сжатие, Рсж, МПа, после ТВО	
	Полипласт БФ	Master Cast 765				ОК, см	Марка	24 часа	28 суток
1	0,2	-	0,36	C25/30	2515	3	П1	26,7	39,4
2	-	0,2	0,36	C25/30	2489	2	П1	27,1	39,6

Из представленных в таблице 2 составов бетонных смесей выполнялось изготовление плит пустотного настила безопалубочного формования. Технологический процесс по производству плит начинался с очистки формовочных дорожек и нанесения на одну дорожку разделяющей смазки АТ-5-Б, а на вторую дорожку разделяющей смазки V20 SAWD. Смазки наносились равномерным слоем при помощи опрыскивателя (распылителя) Gloria ранцевого типа, оснащенный латунным насосом, резервуаром из нержавеющей стали.

Внешний вид поверхности плит в зависимости от вида смазки представлен на рисунках 1 - 2.



а)



б)

а) Полипласт БФ; б) Master Cast 765

Рисунок 1. – Поверхность плиты пустотного настила, при применении смазки АТ-5-Б, изготовленных из бетона, модифицированного добавкой



а)



б)

а) Полипласт БФ; б) Master Cast 765

Рисунок 2. – Поверхность плиты пустотного настила, при применении смазки V20 SAWD, изготовленных из бетона, модифицированного добавкой

Результаты определения количества пор на поверхности плит пустотного настила безопалубочного формования приведены в таблице 3.

Таблица 3. – Влияния смазки на качество поверхности модифицированного бетона

№ состава	Пластификатор	Смазка	Количество раковин, шт			
			1 мм	1-2 мм	2-4 мм	4-6 мм
1	Полипласт БФ	АТ-5-Б	23	8	5	-
2	Master Cast 765	АТ-5-Б	17	4	2	-
1	Полипласт БФ	V20 SAWD	15	6	2	-
2	Master Cast 765	V20 SAWD	10	3	-	-

Анализ полученных результатов показал, что применение в бетонной смеси пластифицирующей добавки Полипласт БФ и обработка металлической поверхности смазкой V20 SAWD в комплексе приводит к уменьшению пор размером 1 мм на 35%, пор размером 2-4 на 25% по сравнению с применением пластифицирующей добавки Полипласт БФ и обработки металлической поверхности смазкой АТ-5-Б.

Также следует отметить, что применение в составе бетона пластифицирующей добавки Master Cast 765 и обработка металлической поверхности смазкой V20 SAWD в комплексе приводит к уменьшению пор размером 1 мм на 41%, пор размером 1-2 мм на 25%, поры размером 2-4 отсутствуют по сравнению с технологической комбинацией: пластифицирующая добавка Master Cast 765 и обработка металлической поверхности смазкой АТ-5-Б.

Заключение. Технология безопалубочного формования позволяет выпускать широкую номенклатуру железобетонных изделий. Одним из наиболее востребованных видов изделий, выполняемых по технологии безопалубочного формования, являются плиты пустотного настила. Точность изготовления, качество поверхностей и внешний вид плиты пустотного настила безопалубочного формования должен соответствовать ГОСТ 13015-0.83 и не должен превышать предельных, установленных стандартами или техническими условиями на конструкции конкретных видов. По технологии безопалубочного формования основной объем бетонных смесей укладывается с применением пластифицирующих добавок. Величина поверхностной пористости бетонных изделий зависит от их химического состава и механизма пластификации смеси.

Наименьшее количество пор на поверхности бетона, соответствующее категории А2 по ГОСТ 13015.0-83, обеспечивает применение состава бетона с пластифицирующей добавкой Master Cast 765, в количестве 0,2% от массы цемента, и обработка металлической поверхности стнда разделительной смазкой V20 SAWD. При обработке металлической поверхности стнда разделительной смазкой V20 SAWD не образуются поры размером 2-4 см, а количество пор размером 1-2 мм сокращается на 30% по сравнению с разделительной смазкой АТ-5-Б.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булавко Д.М., Иванцова Е.И. Безопалубочное формование ЖБК и его развитие в Республике Беларусь // Сборник материалов 73-й студенческой научно-технической конференции «Современные методы расчетов и обследований железобетонных и каменных конструкций», 23 мая 2017 г. – БНТУ, 2017. – С. 11-18.
2. Вагнер Е.С., Супруненко Е.Ю. Безопалубочное формование как перспективная технология производства ЖБИ // Достижения Вузовской Науки. – 2007. – С.108-113.
3. Шляхтина Т.Ф. Технологические особенности изготовления железобетонных конструкций для жилищного и гражданского строительства: учеб. пособие. – Братск: БрГУ, 2010. – 129 с.
4. Разува Е. А., Бозылев В. В., Парфёнова Л. М. К вопросу получения беспоровой поверхности плитных конструкций, изготовленных по кассетной технологии // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2016. – 8. – С.47-52. <https://journals.psu.by/constructions/article/view/1377>
5. Юхневский П.И. Влияние химической природы добавок на свойства бетонов / П.И. Юхневский. – Минск: БНТУ, 2013. – 310 с.
6. Юхневский П. И. Смазки для форм: анализ свойств в связи со структурой компонентов / П. И. Юхневский, Н. П. Дмитриади // Инновации в бетоноведении, строительном производстве и подготовке инженерных кадров: сборник статей по материалам Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения И.Н. Ахвердова и С.С. Атаева, Минск, 9–10 июня 2016 г.: в 2 ч. / Белорусский национальный технический университет; редкол.: Э. И. Батяновский, В. В. Бабицкий. – Минск, 2016. – Ч. 1. – С. 253-258.