

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА

УДК 626.8:666.97.033.3

Д. С. Дубяго

ВЛИЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАННОГО ПОЛИМЕРНОГО РАСТВОРА НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНОЙ КОМПОЗИЦИИ «КЛЕЙ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ «БУСТИЛАТ-М» ПРИ ПРИКЛЕИВАНИИ ПЛЕНКИ К ПОВЕРХНОСТИ БЕТОНА НА ЕГО СВОЙСТВА

Уход за бетоном путем приклеивания полиэтиленовой пленки к поверхности бетона с использованием полимерного раствора на основе полимерной композиции «Клей универсальный «Бустилат-М» имеет ряд преимуществ и достоинств в сравнении с общепринятым способом путем укрытия бетона пленкой, прижимая ее края. Основное достоинство этого способа – обеспечение плотного прилегания приклеенных краев или всей поверхности пленки к поверхности бетона или раствора. Это принципиально обеспечит герметичность поверхности уложенного бетона или раствора и не допустит вентиляции их поверхности.

Для проведения ремонтно-восстановительных работ на бетонных и железобетонных конструктивных элементах гидротехнических сооружений потенциально возможно использовать ряд строительных материалов. Их можно условно разделить на три основные группы:

- 1) полимерцементные бетоны и растворы;
- 2) полимербетоны;
- 3) гидротехнический бетон различных марок и составов.

В настоящее время основной строительный материал – гидротехнический бетон различных марок и составов. Основная причина этого – доступность компонентов бетона, разработанность и освоенность технологии ремонта с его применением, относительно невысокая удельная стоимость, приемлемые физико-механические свойства получаемого конечного продукта. Значительная часть объемов бетонных работ производится в теплый период года. Причина этого – отсутствие необходимости обогрева свежеложенного бетона или использование «теплых опалубок». Без качественного и полного ухода за бетоном невозможно достижение им всех физико-механи-

ческих показателей в проектные сроки, заложенных в бетонную смесь при ее приготовлении. Уход за свежеложенным бетоном заключается в создании наиболее благоприятных температурно-влажностных условий для его твердения и нарастания прочности, а также предотвращения значительных температурно-усадочных деформаций и образования трещин.

Обследование гидротехнических сооружений выявило, что повреждения бетонных и железобетонных конструктивных элементов имеют место на различно ориентированных в пространстве поверхностях (горизонтальной, вертикальной и т. д.) и носят, как правило, локальный характер. Производство ремонтно-восстановительных работ будет иметь свою специфику – удаленность рассредоточенного по большой территории небольшого объема бетонных работ с использованием гидротехнического бетона различных марок и составов. Использование традиционных методов ухода за бетоном при его твердении практически невозможно или затруднено (рис. 1).

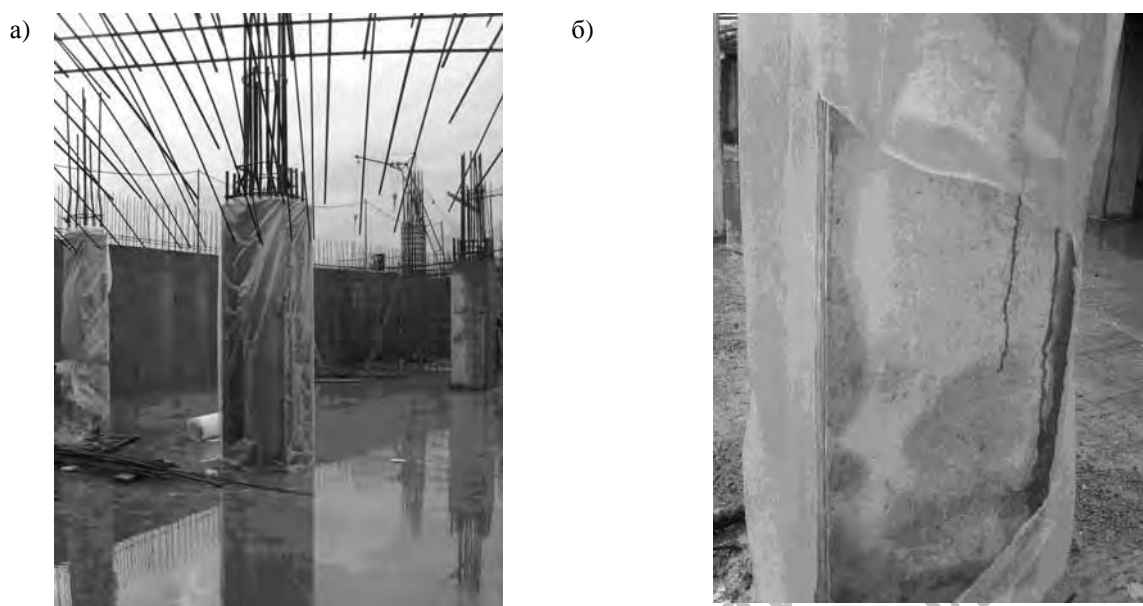


Рис. 1. Уход за бетоном колонн путем укрытия ее полиэтиленовой пленкой: а – укрытие пленкой бетона в возрасте 2 сут после распалубливания; б – из-за воздействия ветра пленка порвалась, визуально открытые углы колонны имеют признаки обезвоживания бетона

В настоящее время сложилась острая необходимость в обеспечении проведения качественного ухода за бетоном без принципиального изменения состава технологических мероприятий по ремонту и восстановлению бетонных и железобетонных конструктивных элементов, без привлечения дополнительных машин и механизмов, с использованием доступных материалов. Всем вышеуказанным требованиям удовлетворяют разработанные и исследованные методы ухода за бетоном, объединенные общим принципом «приклеивание полиэтиленовой пленки». Разработанные методы ухода имеют ряд преимуществ и достоинств в сравнении с общепринятым методом ухода за бетоном путем укрытия его пленкой, прижимая ее края. Основное достоинство разработанных методов – обеспечение плотного прилегания приклеенных краев или всей поверхности полиэтиленовой пленки к поверхности бетона или раствора. Это принципиально обеспечит герметичность поверхности уложенного бетона или раствора и не допустит вентиляции их поверхно-

сти. Разработанные методы ухода можно принципиально разделить на две группы: уход, при котором пленка приклеивается к прилегающей поверхности, и уход, при котором пленка приклеивается к прилегающей поверхности и к поверхности уложенного бетона.

Целью ухода по методу «приклеивание полиэтиленовой пленки к прилегающей поверхности» (рис. 2, а) является обеспечение первичного и вторичного безвлажностного ухода за бетоном. При уходе за бетоном по этому методу полиэтиленовая пленка приклеивается к поверхности прилегающего к ремонтному участку нормального, не требующего ремонта бетона. После достижения возраста, при котором деструктивное воздействие влагопотерь не оказывает влияния на свойства бетона, пленка удаляется.

Целью ухода по методу «приклеивание полиэтиленовой пленки всей поверхностью» (рис. 2, б) является обеспечение вторичного безвлажностного ухода за гидротехническим бетоном, за

поверхностью которого уже производился первичный уход (кроме случая покрытия полимерными пленкообразующими веществами). Сущность этого метода заключается в приклеивании пленки всей поверхностью к поверхности уложенного бетона

(ремонтируемого участка) и к прилегающей бетонной поверхности. После достижения возраста, при котором деструктивное воздействие влагопотерь не оказывает влияния на свойства бетона, пленка удаляется.

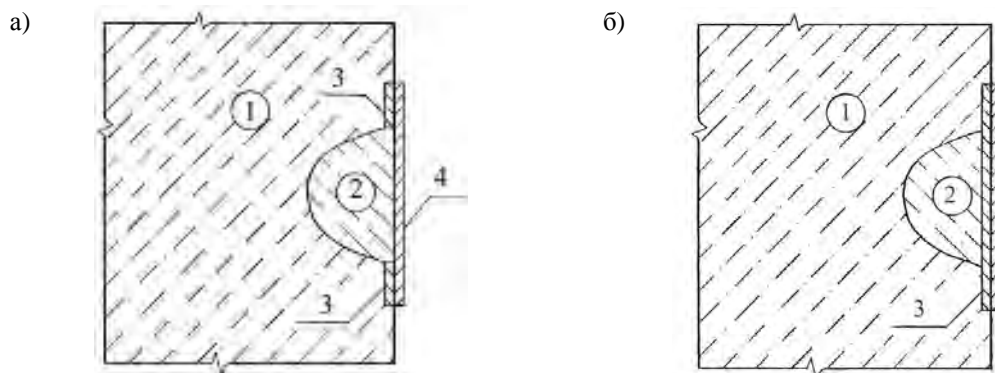


Рис. 2. Принципиальная схема ухода за бетоном по методу: а – по методу «приклеивание полиэтиленовой пленки к прилегающей поверхности»; б – по методу «приклеивание полиэтиленовой пленки всей поверхностью»; 1 – существующий «нормальный» бетон; 2 – уложенный бетон; 3 – поверхность приклеивания; 4 – полиэтиленовая пленка

Возможна также последующая засыпка пленки грунтом, т. е. уход за бетоном по методам «приклеивание полиэтиленовой пленки к прилегающей поверхности на весь срок эксплуатации» и «приклеивание полиэтиленовой пленки всей поверхностью на весь срок эксплуатации».

Для приклеивания пленки рекомендуется использовать полимерную композицию, имеющую торговую марку «Клей универсальный «Бустилат-М» или ее водные растворы. В настоящее время в оптоворозничной торговле широко распространен клей универсальный «Бустилат-М» производства ОАО «Брестбытхим» ((БЗБХ) Республика Беларусь, г. Брест). По данным завода в 1998–2007 гг. объем производства композиции колебался в диапазоне 262–625 т в год. Основное назначение клея универсального «Бустилат-М» – наклеивание синтетических ворсовых ковров, обоев, линолеума и нитролинолеума (как безосновного, так и на тканевой и войлочной основах), полимерных облицовочных плиток, пленочных материалов на бумажной и тканевой основах на бетон, асбесто-

цементные и древесноволокнистые плиты, деревянную основу, штукатурку. Клей универсальный «Бустилат-М» представляет собой водный раствор связующих и модифицирующих добавок. В его состав входит [5]: натрий карбометилцеллюлоза технической марки 75/400, латекс синтетический СКС–65 ГП, мелкодисперсный, соль поваренная пищевая «Экстра», вода питьевая. Он является не горючим продуктом, относится к малоопасным веществам (класс 4).

При приклеивании пленки к поверхности уложенного бетона происходит взаимодействие бетона и полимерной композиции, поэтому были проведены опыты по определению влияния на бетон использованной для приклеивания пленки полимерной композиции производства ОАО БЗБХ и ее водных растворов. Согласно данным рецептуры [5] вес всех твердых компонентов полимерной композиции «Клей универсальный «Бустилат-М» соответствует 0,374 кг/л, что соответствует концентрации 37,4 %. Вод-

ные растворы полимерной композиции (полимерные растворы) получались путем добавления в полимерную композицию требуемого количества воды и последующего перемешивания. В опытах использовался мелкозернистый гидротехнический бетон, приготовленный из бетонной смеси БСГМЗ П1 В25 F200 W4 (СТБ 1035–96). Использовался портландцемент производства ПО «Кричевцементношифер» с паспортной маркой М400Д20 (вид добавок – шлак, количество добавок – 20 %). Полиэтиленовая пленка приклеивалась ко всем поверхностям бетонного образца размером 10×10×10 см. Образцы помещались в отдельные плотнооблегающие полиэтиленовые герметичные пакеты. В качестве контрольных образцов использовались образцы бетона, твердевшие до момента испытаний в условиях, полностью исключавших потери влаги в плотнооблегающих герметично закрытых полиэтиленовых пакетах. Эти условия имитировали оптимальный безвлажностный уход, их средняя прочность принималась за 100 %. Относительная средняя прочность образцов определялась путем деления средней прочности испытуемых образцов на прочность контрольных образцов. Для сравнения, серии контрольных образцов твердели в воздушно-сухих условиях в той же лаборатории, что и испытуемые образцы.

Первоначально были проведены опыты по определению влияния полимерной композиции и ее водных растворов на прочность бетона при малых сроках их взаимодействия – 11–13 сут, т. е. при уходе за бетоном по методу «приклеивание полиэтиленовой пленки ко всей поверхности». При проведении экспериментов дискретно изменялись: прочность бетона, при которой пленка приклеивалась к поверхности образцов бетона через изменение возраста образцов при распалубливании в диапазоне 1–3 сут; концентрация полимерных растворов – 37,4; 24,9; 18,7; 15; 12,5 %. Для достижения высоких значений сил адгезии и сцепления возможно однократное

или двукратное нанесение на склеиваемые поверхности полимерного раствора. Поэтому изменялось также и количество повторных покрытий (нуль или одно покрытие). Повторное покрытие было той же концентрации, что и концентрация первого. Для исключения деструктивного воздействия испарения воды с поверхности бетона образцы бетона извлекались из полиэтиленовых пакетов в возрасте 14 сут с момента изготовления образцов, т. е. после гарантированного достижения бетоном критической прочности относительно деструктивного воздействия влагопотерь. Результаты испытаний образцов на осевое сжатие в возрасте 28 сут приведены на рис. 3.

Анализ полученных результатов выявил обеспечение прочности образцов, за которыми производился уход с применением любых из использованных концентраций полимерного раствора и любого из примененных количеств покрытий (одно или два) в возрасте 1–3 сут, выше прочности образцов, твердевших в воздушно-сухих условиях независимо от времени распалубливания. Прочность 100 % от прочности образцов, твердевших в условиях, имитирующих оптимальный безвлажностный уход, обеспечивается только при однократном применении покрытия полимерным раствором.

Были проведены опыты по определению длительного влияния (27–89 сут) вышеуказанной полимерной композиции и ее водных растворов на бетон, т. е. при уходе за бетоном по методу «приклеивание полиэтиленовой пленки всей поверхностью на весь срок эксплуатации». В отличие от предыдущей серии экспериментов образцы до момента испытаний на осевое сжатие твердели в плотнооблегающих полиэтиленовых пакетах. Испытания образцов бетона на осевое сжатие производилось в возрасте 28 и 90 сут. Полученные результаты испытаний при осевом сжатии приведены на рис. 4 и 5 соответственно.

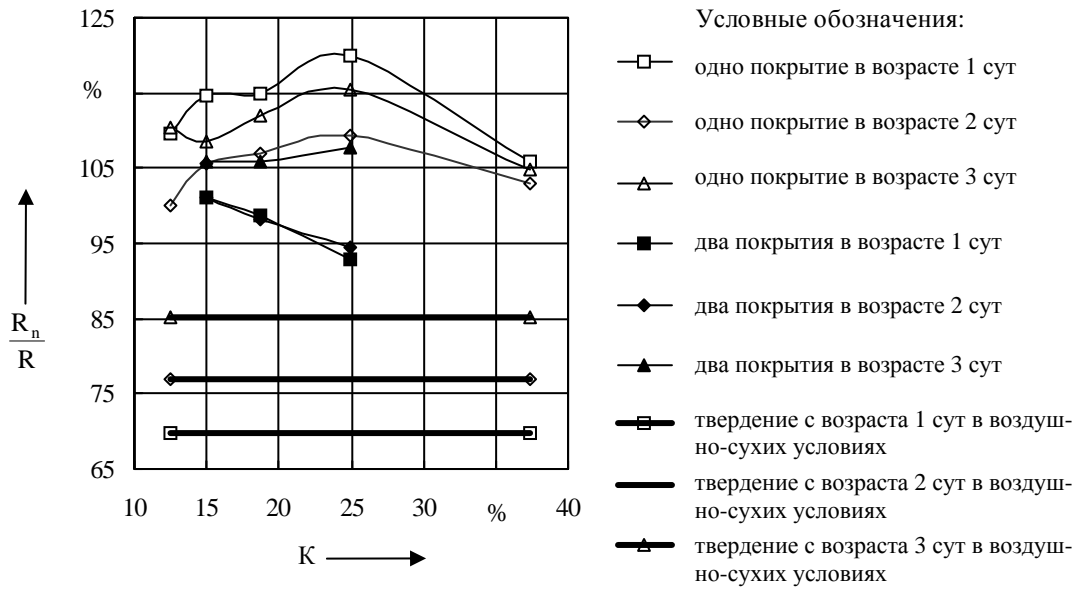


Рис. 3. Влияние в течение 11–13 сут полимерных растворов на среднюю относительную прочность образцов бетона при осевом сжатии: R_n/R – процент от прочности образцов, твердевших в нормальных влажностных условиях; K – концентрация полимерного раствора

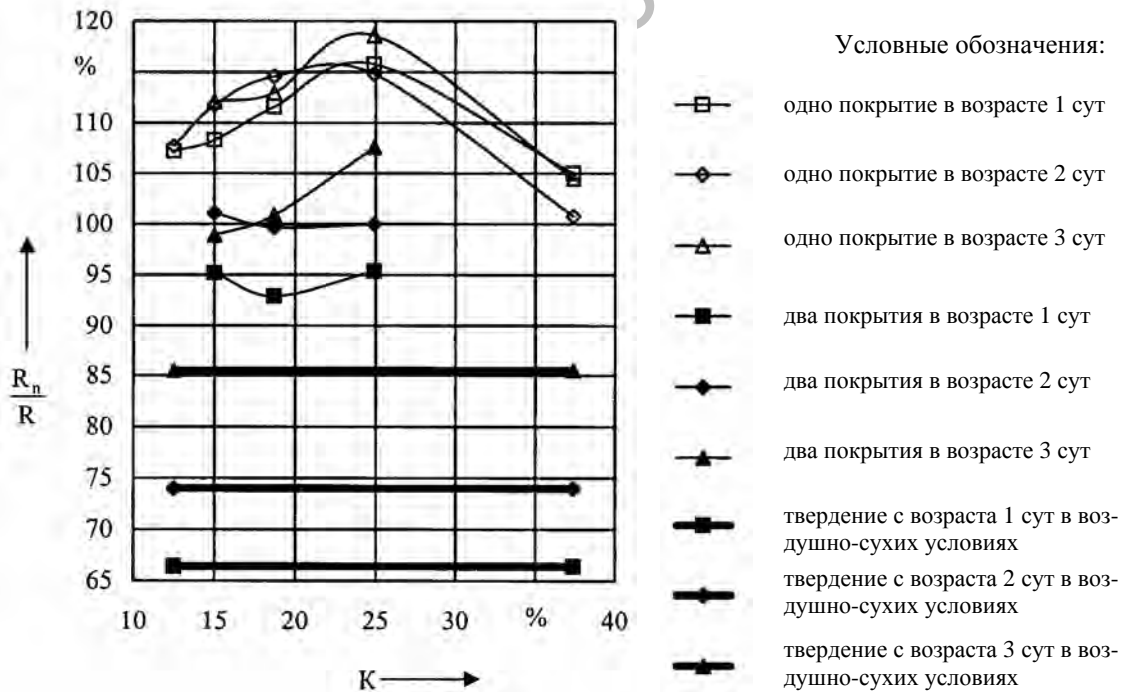


Рис. 4. Влияние в течение 23–25 сут полимерного раствора на среднюю относительную прочность образцов бетона при осевом сжатии

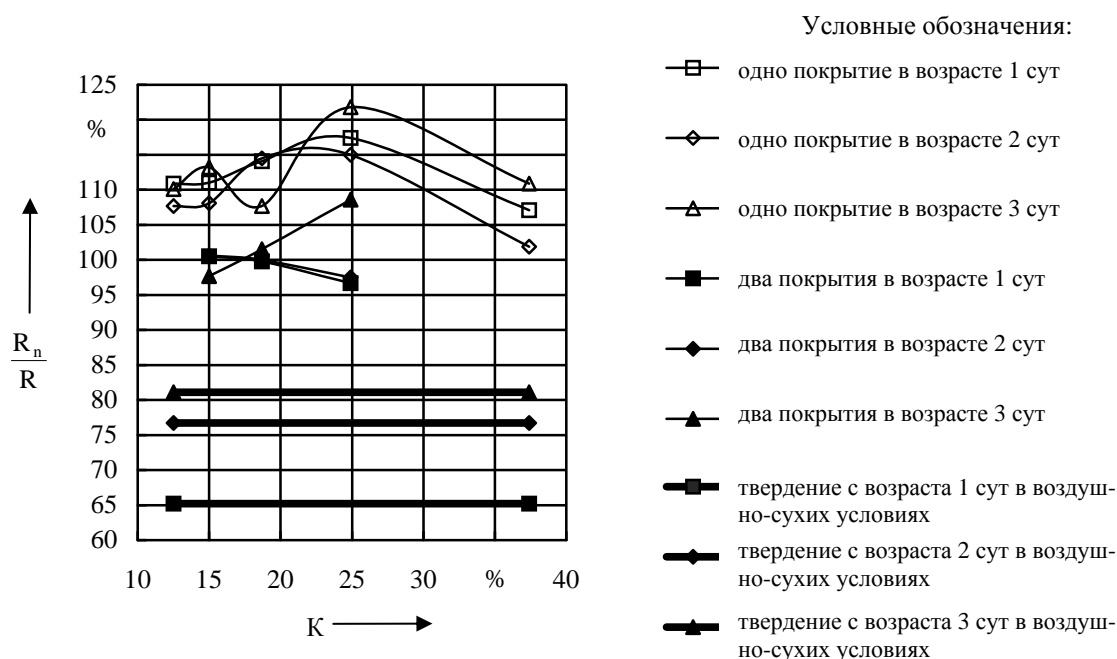


Рис. 5. Влияние в течение 85–87 сут полимерного раствора на среднюю относительную прочность образцов бетона при осевом сжатии

Анализ полученных результатов испытаний на осевое сжатие выявил повышение прочности образцов, за которыми производился уход с применением любых из использованных концентраций полимерного раствора при нанесении на поверхность бетона в возрасте 1–3 сут, в сравнении с прочностью образцов, твердевших в воздушно-сухих условиях при их испытаниях в возрасте 28 или 90 сут. Полученные результаты испытаний на осевое сжатие образцов в возрасте 28 или 90 сут – практически идентичные для одинаковых условий. Второе покрытие полимерным раствором не повышает прочность, а для отдельных концентраций полимерного раствора – снижает в сравнении с прочностью образцов, твердевших в условиях, имитирующих оптимальный безвлажностный уход.

В оптово-розничной сети продается не только клей универсальный «Бустилат-М» производства ОАО БЗБХ, но и клей производства ОАО «Энергия» (Россия, г. Моск-

ва). Поэтому были проведены опыты по сравнению влияния вышеуказанных полимерных композиций на бетон при их использовании для приклеивания пленки к поверхности бетона.

При сравнении влияния полимерных композиций и их водных растворов имитировался уход за бетоном по методу «приклеивание полиэтиленовой пленки всей поверхностью». При проведении экспериментов дискретно изменялись: прочность бетона, при которой пленка приклеивалась к поверхности образцов бетона через изменение возраста образцов в диапазоне 1–3 сут, концентрация полимерного раствора – 37,4; 24,9; 18,7 %. Для исключения деструктивного воздействия испарения воды с поверхности бетона образцы бетона извлекались из полиэтиленовых пакетов в возрасте 14 сут с момента изготовления образцов, т. е. после гарантированного достижения бетоном критической прочности относительно дест-

руктивного воздействия влагопотерь. Образцы испытывались в возрасте 28 сут (рис. 6). Также были проведены опыты по сравнению влияния полимерного раствора при уходе за бетоном по методу «приклеивание полиэтиленовой пленки всей поверхностью на весь срок эксплуатации». В отличие от предыдущей серии экспериментов образцы до момента испытаний на осевое сжатие твердели в плотнооблегающих

полиэтиленовых пакетах. Образцы испытывались в возрасте 90 сут (рис. 7).

Анализ полученных результатов испытаний образцов на сжатие (см. рис. 6 и 7) не выявил значительного или принципиального различия при применении одинаковых концентраций полимерных растворов на основе полимерных композиций вышеуказанных производителей.

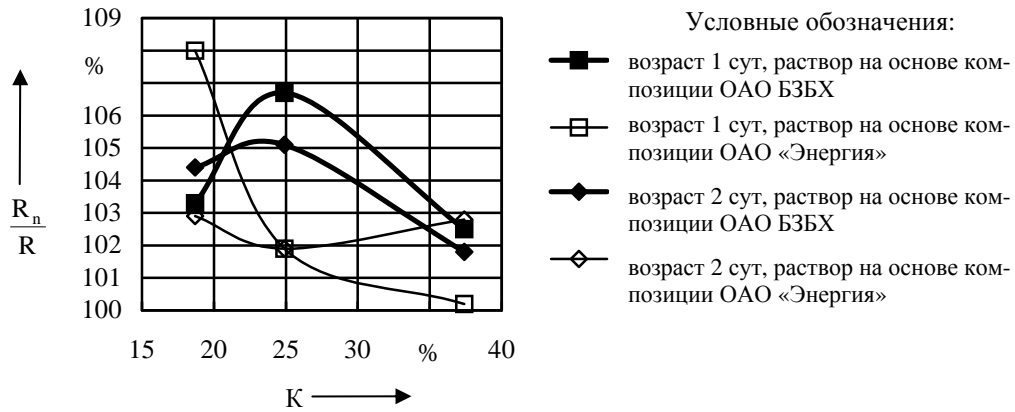


Рис. 6. Влияние в течение 11–13 сут полимерных растворов производства ОАО БЗБХ и ОАО «Энергия» на среднюю относительную прочность образцов бетона при осевом сжатии

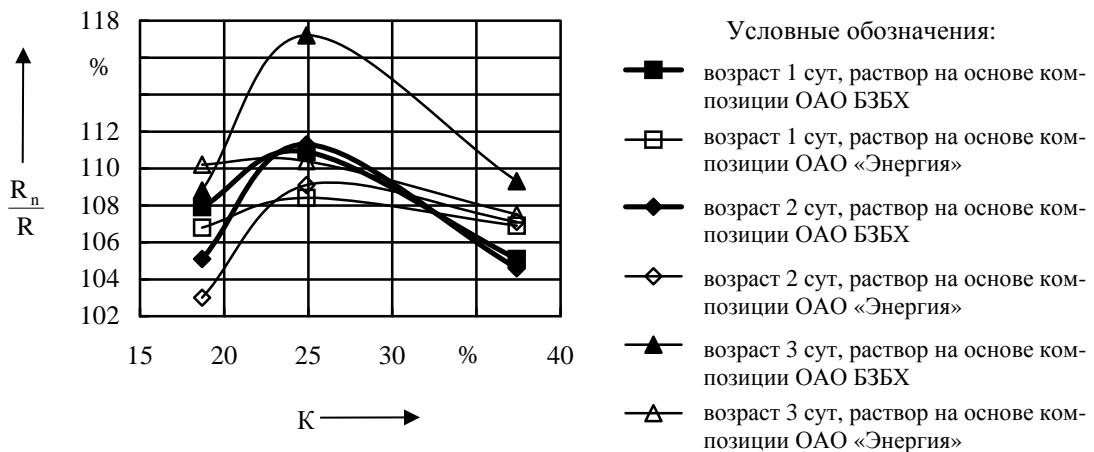


Рис. 7. Влияние в течение 85–87 сут полимерного раствора производства ОАО БЗБХ и ОАО «Энергия» на среднюю относительную прочность образцов бетона при осевом сжатии

На основании данных испытаний образцов на осевое сжатие были определены корреляционные зависимости предела прочности образцов от концентрации полимерного раствора. Ниже приведены только корреляционные зависимости предела абсолютной прочности образцов бетона от концентрации раствора полимерной композиции при их извлечении из полиэтиленовых пакетов в возрасте 14 сут и испытаниях на осевое сжатие в возрасте 28 сут (см. рис. 3):

– при $r = 0,86$, $S^2 = 1,07$

$$R_1 = -0,0005 \cdot K^3 + 0,0176 \cdot K^2 - 0,08 \cdot K + 26,83; \quad (1)$$

– при $r = 0,71$, $S^2 = 1,23$

$$R_2 = -0,0005 \cdot K^3 + 0,024 \cdot K^2 - 0,18 \cdot K + 27; \quad (2)$$

– при $r = 0,75$, $S^2 = 1,23$

$$R_3 = -0,0003 \cdot K^3 + 0,011 \cdot K^2 - 0,1 \cdot K + 26,7, \quad (3)$$

где R_1 , R_2 , R_3 – осредненный предел прочности образцов, к которым была приклеена пленка в возрасте 1, 2 и 3 сут соответственно, МПа; K – концентрация полимерного раствора, %; r – коэффициент корреляции; S^2 – среднеквадратическое отклонение.

В общем виде полученные корреляционные зависимости можно выразить (без учета статистических отклонений) в следующем виде:

$$R = A_1 K^3 + A_2 K^2 + A_3 K + R_{ГТБ}, \quad (4)$$

где R – осредненный предел прочности образцов, к которым была приклеена пленка, МПа; $R_{ГТБ}$ – предел прочности бетона при твердении в плотнооблегающих герметично закрытых полиэтиленовых пакетах, МПа; A_1 , A_2 , A_3 – коэффициенты для данной концентрации полимерного раствора.

В общем случае, без учета статистических отклонений полученные корреляционные зависимости можно выразить через составляющие

$$R = R_{ГТБ} \pm \Delta R, \quad (5)$$

где ΔR – прирост или уменьшение осредненного предела прочности бетона в сравнении с бетоном, твердевшим в таких же условиях, МПа.

Увеличение или уменьшение прочности зависит от выполнения следующих условий:

если $R_{ГТБ} < R_{КРИТ}$, то $-\Delta R$;

если $R_{ГТБ} > R_{КРИТ}$, то $+\Delta R$,

где $R_{КРИТ}$ – относительная критическая прочность, при которой бетон не воспринимает деструктивные воздействия отдельных компонентов полимерного раствора данной концентрации.

Проведены соответствующие опыты по определению влияния покрытия поверхности бетонных образцов в возрасте 1–6 сут различного состава полимерным раствором и последующем твердении в воздушно-сухих условиях или водяных банях. Анализ полученных результатов испытаний образцов на сжатие подтверждает приведенные выше зависимости. Установлено, что после нанесения полимерного раствора на поверхность бетона образовавшаяся на поверхности полимерная пленка и бетонополимер в поверхностном слое влагонепроницаемы.

После проведенных опытов было установлено, что для полимеризации полимерного раствора необходимо его частичное обезвоживание. При отсутствии свободной поверхности обезвоживание достигается путем влагопереноса в бетоне. Установлено, что до полной полимеризации полимерного раствора происходит интенсивное взаимодействие его компонентов с твердеющим бетоном. При испытании образцов бетона на осевое сжатие в совместной работе принимают участие три компонента:

- 1) неизменный бетон;
- 2) бетонополимер в поверхностном слое бетона;
- 3) полимерная пленка на поверхности образцов бетона на основе поли-

меризовавшихся компонентов клея универсального «Бустилат-М».

Объяснить прирост прочности возможно, используя ряд классических теорий прочности. Однако наиболее полно объясняет прирост прочности теория линейных деформаций [6, С. 91; 7, С. 128]. Эта теория базируется на гипотезе о том, что причиной разрушения материала являются наибольшие линейные деформации в наиболее опасной точке и схемы, моделирующие строение бетона как композиционного материала. Г. А. Бужевич [1, С. 135] приводит интерпретацию этой теории через предельную растяжимость бетона в направлении, перпендикулярном к действию внешней нагрузки. Теория увеличения прочности при совместной работе бетона и полимерного покрытия достаточно хорошо разработаны. Отдельные аспекты совместной работы полимерного покрытия и бетона разработаны Т. А. Красовской, Ю. В. Емельяновым и З. Н. Кузнецовой [3, 4]. Однако, в силу того, что полимерная композиция имела водную основу и проникала в поверхностные слои бетона с последующей полимеризацией и образованием бетонополимера в поверхностном слое бетона, разработанная теория дополняется совместным действием в работе бетонного образца тонкого слоя бетонополимера. Дж. Гордон [2] указывает на то, что для цементных бетонов (неоднородных хрупких материалов) характерно ветвление растущих трещин и дискретный характер их роста, объясняя их своей теорией механизма разрушения пористых и неоднородных хрупких материалов. Поэтому, исходя из положений феноменологической теории прочности (теории максимальных линейных деформаций), увеличение прочности образцов, покрытых полимерным раствором в сравнении с прочностью образцов, твердевших в аналогичных условиях, можно объяснить увеличением предельной растяжимости в направлении, нормальном к действию внешней силы, и увеличением возможности его структуры препятствовать слиянию отдельных микротрещин в одну быстрорастущую продольную трещину.

При уходе за уложенным бетоном по разработанным методам одним из основных требований является высокая адгезия и сцепление полиэтиленовой пленки с поверхностью бетона. Для определения условий достижения максимальных значений сил адгезии и сцепления были проведены соответствующие опыты. Были выполнены производственные проверки, которые показали, что осуществлять уход за бетоном по разработанным методам наиболее целесообразно при производстве небольшого объема бетонных работ и при небольших площадях ремонтируемых или восстанавливаемых бетонных или железобетонных участков (до 1–5 м²). Уход за бетоном по разработанным методам целесообразно применять при невозможности использования полимерных пленкообразующих покрытий из-за запрета применения по санитарно-гигиеническим или иным требованиям. Общая последовательность производства работ по подготовке поверхности ремонтируемого бетонного или железобетонного конструктивного элемента, укладка бетонной смеси или раствора, изготовление и устройство опалубки производятся по соответствующим общепринятым методам. При выборе концентрации полимерного раствора для приклеивания пленки к поверхности бетона необходимо придерживаться следующего правила: чем выше требуемые значения силы сцепления и адгезии, тем выше концентрация полимерного раствора – от 24,9 до 37,4 % (использование полимерной композиции «Клей универсальный «Бустилат-М»»). Наносить полимерный раствор необходимо в один слой на поверхность полиэтиленовой пленки с помощью фланцевой кисти. Затем пленку необходимо плотно прижать к поверхности бетона и разгладить возникшие складки. В течение первых суток необходимо прижимать края пленки для предотвращения ее отрыва при возможных сильных ветровых воздействиях. Производственные проверки показали, что наи-

больший экономический эффект достигается за счет относительно низкой стоимости производства работ по уходу за бетоном. Это достигается за счет относительно низкой стоимости используемых материалов (пленки, полимерной композиции «Клей универсальный «Бустилат-М», кисти фланцевой и т. д.), доступности материалов в оптовой розничной сети в районных центрах, относительно небольшого затрачиваемого времени на производство работ, отсутствие необходимости использования дополнительных материалов и оборудования, кроме общепринятых при производстве бетонных работ.

На основании полученных результатов экспериментов и их анализа были сделаны следующие заключения:

1) полимерная композиция «Клей универсальный «Бустилат-М» и ее водные растворы неоднозначно воздействуют на гидротехнический бетон. Установлено, что полимерная композиция и водные растворы на ее основе не оказывают отрицательного влияния на бетон после достижения ими критической прочности. Если гидротехнический бетон к моменту взаимодействия с полимерной композицией или полимерным раствором достиг критической прочности, то прочность бетона увеличивается за счет образования на поверхности полимерной пленки, а в поверхностном слое – бетонополимера, а если не достиг – то уменьшается;

2) уход за бетоном по методам, объединенным общим принципом «приклеива-

ние полиэтиленовой пленки» с однократным использованием для приклеивания пленки полимерного раствора на основе полимерной композиции «Клей универсальный «Бустилат-М» концентрации 37,4–24,9 %, обеспечивает достижение потенциально заложенной при приготовлении бетонной смеси прочности в проектные сроки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бужевич, Г. А. Влияние условий твердения на прочность бетона / Г. А. Бужевич. – М. : Стройиздат, 1984. – 147 с.
2. Гордон, Дж. Почему мы не проваливаемся сквозь пол? / Дж. Гордон. – М. : Наука, 1971. – 141 с.
3. Красовская, Т. А. Роль полимерных покрытий в работе бетонных и железобетонных конструкций / Т. А. Красовская // Применение полимерных материалов : сб. тр. МИИТ. – М., 1975. – Вып. 494. – С. 76–83.
4. Красовская, Т. А. Водостойкие покрытия из модифицированных эпоксидных композиций и их влияние на свойства бетона / Т. А. Красовская, Ю. В. Емельянов, З. Н. Кузнецова // Применение полимерных материалов в гидротехническом строительстве : сб. тр. НИИЖБ. – М., 1977. – С. 66–70.
5. ТУ РБ 00204331.087–97. Клей универсальный «Бустилат-М». Технические условия. – Брест : Брестбытхим, 1997. – 5 с.
6. Шейкин, А. Е. Структура, прочность и трещиностойкость цементного камня / А. Е. Шейкин. – М. : Стройиздат, 1974. – 192 с.
7. Шейкин, А. Е. Структура и свойства цементных бетонов / А. Е. Шейкин, Ю. В. Чеховский, М. И. Бруссер. – М. : Стройиздат, 1979. – 434 с.

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия
Материал поступил 08.05.2007

D. S. Dubiaha
Influence of the used polymeric solution on the basis of a polymeric composition «Universal Glue «Bustilat-M» at glueing a film to a surface of concrete on its properties
Belarusian State Agricultural Academy

Care of concrete by glueing a polyethylene film to the surface of concrete with use of a polymeric solution on the basis of polymeric composition «Universal Glue «Bustilat-M» has a number of advantages in comparison with standard way of covering concrete with a film pressing its edges. The main advantage is guaranteeing tight-fitting of glued edges and the whole surface of the film to concrete or solution. This will guarantee hermetism of the surface of concrete or solution.