

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОПИТОЧНОГО СОСТАВА ДЛЯ ЗАЩИТЫ БЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Пшембаев М.К., Ковалев Я.Н., Бабицкий В.В.

Недостатки дорожных асфальтобетонных покрытий в основном обусловлены низким модулем упругости асфальтобетона и быстрым старением основного компонента асфальтобетона – битума. И это объясняет низкую долговечность таких покрытий, необходимость их частого ремонта. Цементобетонные покрытия существенно превосходят по этим показателям асфальтобетонные. Оптимизированный состав бетона, общее соблюдение технологии укладки бетонной смеси, всеобъемлющий контроль качества производства работ, достаточная квалификация инженерно-технического персонала и рядовых рабочих обеспечивают длительную бездефектную работу дорожного цементобетонного покрытия. Однако в процессе эксплуатации автомобильных дорог в жестких условиях замораживания-оттаивания, насыщения-высушивания, воздействия солей-антиобледенителей проявляются дефекты покрытия, снижается его долговечность. Создание бетона с минимально возможным на данных компонентах смеси водоцементным отношением обеспечивает получение материала с минимальной пористостью и, соответственно, с максимальной долговечностью, но, к сожалению не всегда. И тогда приходится прибегать к модификации поверхностных слоев уже готового затвердевшего бетона, иногда уже после длительного срока эксплуатации дороги, для чего применяются различные технологии, позволяющие резко изменять долговечность покрытия.

В качестве критериев оценки долговечности цементобетонного покрытия могут быть такие физико-механические свойства бетона, как прочность на сжатие, водопоглощение и истираемость. Прочность бетона на сжатие интегрально характеризует способность бетона противостоять внешней агрессии. И в технологии бетона именно этот параметр связывают, например, с деформативными свойствами бетона, его плотностью, проницаемостью для агрессивных флюидов. Водопоглощение бетона прямо связано с его капиллярной пористостью, а, следовательно с проницаемостью и глубиной пропитки материала уплотняющим раствором. Истираемость же бетона определяет твердость образующейся на поверхности бетона «уплотненной корочки» и, значит, долговечность покрытия.

В связи с тем, что дорожный бетон представляет собой пористый композиционный материал, возникает необходимость уменьшения или блокирования в нем части пор, которые определяют его коррозионную стойкость. С этой целью поверхностный слой дорожного бетонного покрытия подвергают пропитке различными органическими и неорганическими соединениями. В качестве органических соединений используют полимерные материалы на основе полиуретановых, эпоксидных и акриловых смол [1].

Примерами применения неорганических композиций является использование в качестве пропитки водных растворов соединений, приводящих к образованию в порах бетона трудно-растворимых фосфатов, фторидов, силикатов и других веществ [2].

С целью снижения водопоглощения бетона следует считать целесообразным использование промышленных гидрофобизаторов на основе кремнийорганических соединений [3]. Представляют также интерес композиционные составы пропиток на основе гидрофобизатора и веществ, образующих в порах бетона труднорастворимые соединения, которые кольматируют эти поры.

Продукты затвердевшего цементного камня представляют собой гидросиликаты, гидроалюминаты и гидроалюмоферриты кальция, а также гидроксид кальция, реакция которых с тонкодисперсным кремнеземом в пропиточном составе, например, золем кремнезема повышает прочность и долговечность бетона [4]. Вторичные мало- или вообще водонерастворимые гидросиликаты кальция кольматируют поры бетона и упрочняют его поверхностный слой за счет образования дополнительной твердой фазы, родственной первичным гидросиликатам кальция, образующимся при твердении цемента.

Таким образом, перспективной (по причине сравнительной простоты и высокой производительности) выглядит пропитка поверхности бетонного покрытия комплексным составом, содержащим несколько компонентов, в первую очередь гидрофобизатор, препятствующий проникновению жидкости в тело бетона, и тонкодисперсный кремнезем, в частности золь кремнезема, обеспечивающий снижение пористости поверхностных слоев бетона за счет взаимодействия со свободной гидроксидом кальция или иными продуктами гидратации цемента.

Для полноценного проектирования поверхностной защиты цементного дорожного покрытия необходима реализация двух этапов: во-первых, проектирование (либо подбор) состава бетона и, во-вторых, собственно оптимизация пропиточного состава.

Вначале реализуется стадия проектирования состава дорожного бетона (рис. 1).

Расход компонентов, кг/м куб:	
Цемент	392
Мелкий заполнитель	598
Крупный заполнитель	1229
Вода	188
Водоцементное отношение	0.48
Расчетная плотность бетонной смеси	2407

Оператор выбирает свойства компонентов бетонной смеси:

- марку цемента (в пределах от М300 до М600);

Рисунок 1 – Окно «Подбор состава бетона»

- нормальную густоту цемента (в пределах от 22 до 32 %), при этом нормальную густоту назначают с учетом введенной пластифицирующей добавки;

- плотность цемента (от 2800 до 3200 кг/м³);

- вид крупного заполнителя (щебень или гравий);
- наибольшую крупность зерен (от 10, 20 и 40 мм);
- качество заполнителей (высокое – мытые щебень и песок; среднее – щебень и песок с допустимыми нормативными документами включениями пыли, глины, ила; низкое – с включениями сверх допустимых нормативными документами);
- насыпную плотность крупного заполнителя (от 1200 до 1600 кг/м³);
- модуль крупности песка (от 0,5 до 5,0).

Далее выбираются: необходимая марка бетонной смеси (от Ж4 до П4) и класс бетона по прочности на сжатие (от С8/10 до С50/60).

Посредством слайдера выставляется коэффициент вариации прочности бетона (в пределах от 4 до 17 %).

Расчеты производятся автоматически параллельно с изменением выше указанных характеристик, в итоге чего получают расходы цемента, крупного и мелкого заполнителей, воды, водоцементного отношения и расчетной плотности бетонной смеси. Выбранные пределы варьирования влияющих факторов обеспечивают изменение параметров бетона в широких пределах, а, следовательно, и качество бетона дорожных покрытий в зависимости от численных величин факторов. Расчеты не ограничиваются только получением бетона с заданными прочностными характеристиками. Одновременно рассчитываются водопоглощение бетона по массе и его истираемость. Таким образом, оператор, варьируя влияющие факторы, но непосредственно не вмешиваясь в процесс вычислений, выбирает наиболее оптимальный вариант.

Параметры пропитанного бетона	
Прочность относительная, %	114.2
Прочность абсолютная, МПа	54.3
Водопоглощение относительное, %	40.4
Водопоглощение абсолютное, % по массе	1.6
Истираемость относительная, %	70.7
Истираемость абсолютная, г/см кв	0.59

Далее переходят к реализации второго этапа – непосредственного проектирования пропиточной композиции (рис. 2). Расчеты основываются на некоторых закономерностях.

Рисунок 2 – Окно «Проектирование защитной композиции»

Содержание гидрофобизатора (доля в общем объеме) практически не влияет на прочностные характеристики бетона (рис. 3), что, в принципе, естественно. А введение золя кремнезема экстремально воздействует на прочность бетона, причем существенно изменяя свойства материала. Такой характер воздействия может быть объяснен тем, что с ростом содержания кремнезема большее количество гидроксида кальция вовлекается в реакцию, что вызывает и рост прочности. Однако параллельно уменьшается и глубина пропитки цементного камня, снижая общую прочность материала. Взаимосвязь этих процессов и приводит к экстремальному характеру процесса.

На истираемость бетона (рис. 4) гидрофобизатор влияние практически не оказывает, а с ростом содержания геля кремнезема параметры истираемости снижаются. Экстремум (в выбранных пределах изменения факторов) отсутствует и это объяснимо, поскольку величина истираемости зависит от характеристик именно поверхностных слоев, практически не завися от их толщины. И при испытаниях абразивный материал, используемый в испытательной установке, не доходит до исходного непропитанного слоя.

Что касается водопоглощения бетона, а, следовательно, и водонепроницаемости, то содержание геля кремнезема мало влияет на полученные характеристики (рис. 5). В то же время с ростом содержания гидрофобизатора пропорционально снижается и водопоглощение бетона.

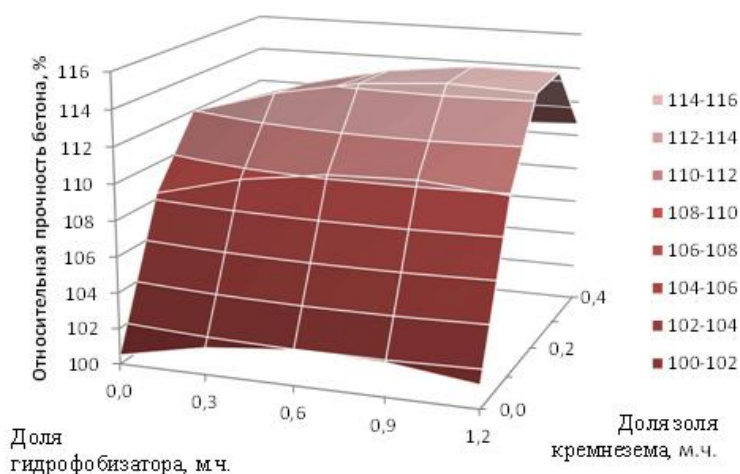


Рисунок 3 – Влияние гидрофобизатора и золя кремнезема на относительную прочность бетона

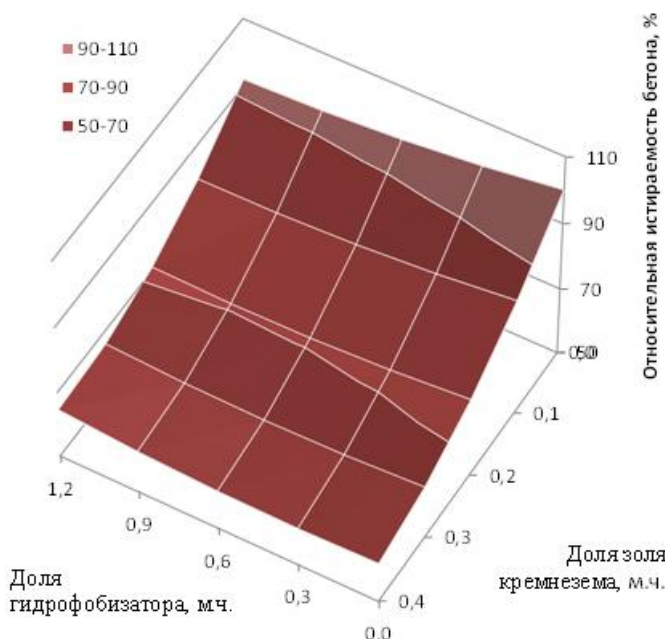


Рисунок 4 – Влияние гидрофобизатора и золя кремнезема на относительную истираемость бетона

Для оптимизации пропиточного состава оператор использует слайдеры изменения содержания и эффективности элементов пропиточной композиции, то есть золя кремнезема и гидрофобизатора. Эффективность обоих компонентов принималась за эталон – 0,5 (50 %) – для пропиточной композиции, включающей: ТЭОС – тетраэтоксисилан (ТУ 6-09-3687-79); софксил-60 (ТУ 2229-008-42942526-2001) – водный раствор гидратированного метилсиликона калия с массовой долей основного вещества 58...63 %, рН = 14; софксил-защита (ТУ 222-025-42942526-2001 с изм. 1-7) – раствор олигометил гидросилоксана в органическом растворителе, а также кремнезоль, полученный катионированием раствора натриевого жидкого стекла. При применении иных веществ экспериментальным путем (сравнением с эталоном) оценивается их эффективность.

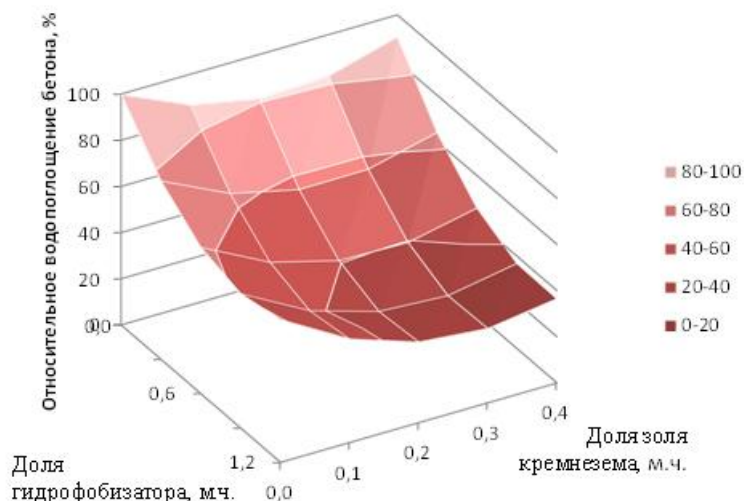


Рисунок 5 – Влияние гидрофобизатора и золя кремнезема на относительное водопоглощение бетона

Таким образом, представлен программный продукт для параллельного расчета состава исходного дорожного бетона и оптимизации пропиточной композиции с целью направленного модифицирования поверхностных слоев бетона. В последующем, по мере накопления экспериментальных результатов, программа будет дополнена элементами по количественному расчету технологии нанесения пропиточного раствора в зависимости от исходных структурных характеристик цементного камня и бетона.

Список источников

1. Бунин, М. В. Структура и механические свойства цементных бетонов / М. В. Бунин, И. М. Грушко, А. Г. Ильин // Структура и механические свойства цементных бетонов. Харьков: Харьк. ун-т, 1968. 199 с.
2. Шестоперов, С. В. Долговечность бетона транспортных сооружений / С. В. Шестоперов. М.: Транспорт, 1966. 500 с.
3. Лайдобон, Ч. С. Поверхностная модификация бетона высоковязкими составами / Ч. С. Лайдобон. Иркутск, 2005. 290 с.
4. Королев, А. С. О новом подходе в математическом прогнозировании водонепроницаемости цементных композитов / А. С. Королев // Вестник Южно-Уральского гос. ун-та. Сер. Строительство и архитектура. 2008. № 25. С. 31–36.