

Н. Н. РУДЕНКО, В. О. ДОРЕНИНА (Восточноукраинский национальный университет им. Владимира Даля, Луганск)

## ОСОБЕННОСТИ УХОДА ЗА ДОРОЖНЫМ ЦЕМЕНТОБЕТОНОМ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД СТРОИТЕЛЬСТВА

У статті представлений аналіз ефективності методів догляду за дорожнім бетоном у літній період укладання. Технологія догляду за свіжоукладеним дорожнім цементобетоном пов'язана з комплексом заходів, спрямованих на одержання у 28-добовому віці міцності, рівної міцності бетону при його твердненні у нормально-вологісних умовах. Описано методи витримування свіжоукладеного бетону із застосуванням різноманітних захисних покриттів, основним призначенням яких є створення сприятливих температурно-вологісних умов для тверднення бетону й наростання його міцності, а також одержання якісного й довговічного в експлуатації дорожнього покриття.

В статье представлен анализ эффективности методов ухода за дорожным бетоном в летний период укладки. Технология ухода за свежееуложенным дорожным цементобетоном связана с комплексом мероприятий, направленных на получение в 28-суточном возрасте прочности, равной или превышающей прочность бетона при его твердении в нормально-влажностных условиях. Описаны методы выдерживания свежееуложенного бетона с применением различных защитных покрытий, основным назначением которых является создание благоприятных температурно-влажностных условий для твердения бетона и нарастания его прочности, а также получение качественного и долговечного в эксплуатации дорожного покрытия.

In the article the analysis of efficiency of methods of maintenance of road concrete in a summer period of placing is presented. The technology of maintenance of fresh-placed road cement-concrete is related to the complex of measures aimed at obtaining the 28-day's strength, which would be equal or exceeding the strength of concrete at hardening in normal moisturizing conditions. There are described the methods of curing the fresh-placed concrete with the use of different protective covers, the of which is of favorable temperature-moisture conditions for hardening of concrete and growth of strength, as well as obtaining of the and long-operable pavement.

Под уходом за бетоном понимается комплекс мероприятий, направленных на защиту от неблагоприятного влияния на него внешней среды, а также создание оптимальных температурно-влажностных условий твердения. Решающая роль в предотвращении трещинообразования в начальный период твердения бетона принадлежит условиям его выдерживания. От качественного проведения ухода за дорожным бетоном зависят его эксплуатационные характеристики. При производстве дорожных бетонных работ в летний период учитываются высокая температура окружающей среды, увеличение водопотребности составляющих при приготовлении бетонной смеси, быстрая потеря бетонной смесью подвижности в процессе транспортирования и укладки, интенсивное обезвоживание свежееуложенного бетона, значительная пластическая усадка твердеющего бетона, формирование неравномерного температурного поля в бетонном массиве под действием солнечной радиации, снижение прочности бетона, ускоренное твердение бетона под влиянием солнечной радиации и высокой температуры воздуха [1].

Технология ухода за свежееуложенным дорожным цементобетоном в летний период года связана с комплексом мероприятий, направленных на получение в 28-суточном возрасте прочности, равной или превышающей прочность бетона при его твердении в нормально-влажностных условиях. Существуют различные методы выдерживания свежееуложенного бетона, когда применяются различные защитные покрытия, основным назначением которых является создание благоприятных температурно-влажностных условий для твердения бетона и нарастания его прочности, а также получение качественного и долговечного в эксплуатации дорожного покрытия [2].

К одному из наиболее перспективных методов ухода за дорожным бетоном в летний период года можно отнести обработку поверхности бетонного покрытия пленкообразующими жидкостями. Основным преимуществом этого метода является возможность механизировать процесс нанесения жидкости, подобрать композиции с заданными теплоотражающими свойствами, одновременно осуществлять пропитку поверхностного слоя бетона, снизить затраты

труда на обработку поверхности свежееуложенного бетона.

В последние годы при строительстве автодорог получила широкое применение полимерная саморазрушающаяся пена – новый теплоизоляционный материал для защиты поверхности свежееуложенного дорожного бетона. Она приготавливается непосредственно на месте строительства в пеногенерирующей установке и состоит из связующего (смола), вспенивающего-отверждающего реагента и пластификатора. Для создания благоприятного режима твердения слой пены на бетонной поверхности должен быть равен 2...4 см.

Под влиянием солнечной радиации и высокой температуры воздуха в начальный период твердения бетона могут одновременно ускоряться процессы структурообразования и деструкции, влияющие на физико-механические свойства и долговечность дорожного покрытия. Интенсификация физико-химических процессов в твердеющем бетоне под влиянием погодных условий (гидратация клинкерных минералов, теплообмен с окружающим пространством) в ряде случаев негативно влияет на структуру бетона, вызывая повышенную усадку цементной матрицы. Быстрое обезвоживание сказывается на химических процессах твердеющей системы бетона. При повторном насыщении обезвоженного бетона водой процессы структурообразования в цементной матрице возобновляется, однако сроки набора проектной прочности дорожного бетона увеличиваются.

При проведении лабораторных исследований установлен непрерывный рост прочности бетонных образцов, твердеющих в климатической камере до 7-суточного возраста, что свидетельствует о присутствии необходимого количества влаги в бетоне для гидратации клинкерных минералов. Прекращение гидратации приостанавливает дальнейший рост прочности бетона на определенной стадии формирования его структуры. В более поздние сроки твердения бетона в летний период суточные колебания температуры, вызывая монотонные циклически повторяющиеся температурные напряжения, расшатывают структуру, что приводит к деструктивным процессам, необратимо снижающим прочностные характеристики бетона. В результате в возрасте 28 сут. прочность бетона составляет около 44 % от прочности образцов, твердевших в нормальных условиях.

При твердении на открытом воздухе прочность бетона в возрасте 7 сут. почти в 2 раза

ниже прочности контрольных образцов нормального твердения. Следует отметить, что в дальнейшем прочность почти не увеличивается и в 28-суточном возрасте составляет 51...53 % от прочности контрольных образцов. При этом наиболее подвержены климатическим воздействиям поверхностные слои дорожного покрытия.

При исследовании послойного изменения прочности дорожного покрытия установлено, что при постоянном водоцементном отношении, но при различном начальном водосодержании зона деструктивных процессов в бетоне распространяется практически на всю толщину бетонного покрытия. Установлено, что послойная прочность дорожного бетона зависит от различных факторов, в частности, водоцементного отношения, вида цемента, начальной температуры бетонной смеси, но наиболее очевидным из них является начальное водосодержание бетонной смеси.

Существенное влияние на недобор прочности оказывает модуль открытой поверхности бетона, с увеличением которого при отсутствии покрытия возрастает влияние на твердеющий бетон высокой температуры [3].

Таким образом, уход за дорожным бетоном на стадии формирования его структуры в летний период является важной технологической операцией, от которой во многом зависит качество и долговечность покрытия.

Для летнего периода уход за дорожным бетоном подразумевает создание такого температурного режима, который обеспечивает получение проектной прочности. При формировании температурного режима в естественных условиях на твердеющий бетон одновременно воздействуют следующие факторы:

- передача тепловой энергии излучением из окружающего пространства;
- выделение теплоты вследствие экзотермии цемента;
- аккумуляция тепла бетоном за световой день;
- выделение тепла с поверхности бетона в окружающую среду посредством конвективной передачи, включающей отраженное и собственное излучение;
- затраты тепла на испарение из бетона воды затворения.

В зависимости от метода выдерживания дорожного бетона и материала, используемого для ухода за ним, на его поверхности протекают различные тепло- и массообменные процес-

сы, и вследствие этого в бетонном массиве создается различный температурный режим.

Наиболее благоприятные температурно-влажностные условия для структурообразования дорожного бетона и снижения термонапряженного состояния по сечению полотна в летний период создаются при укрытии его поверхности пленкой с функциональным защитным покрытием, обладающей коэффициентом отражения лучистой энергии до 80 %. При этом максимальная скорость подъема температуры в поверхностном слое составляет около 3 °С/ч, что почти в 4 раза меньше, чем под этой же пленкой без функционального защитного покрытия. Наиболее интенсивные теплофизические процессы происходят на глубине около 10 см в слое твердеющего бетона.

Благоприятные условия для протекания теплофизических процессов в твердеющем дорожном бетоне возможны при укладке бетонной смеси в вечернее время или при дополнительной защите поверхности бетона слоем гидрофильного материала в случае укрытия бетона пленками, имеющими коэффициент прозрачности в видимой области свыше 55 %. Полимерные пленки с коэффициентом прозрачности менее 55 % и совершенно непрозрачные обеспечивают нормальные температурно-влажностные условия твердеющему бетону и без укрытия гидрофильными материалами.

При обработке поверхности бетона пленкообразующими или полимеризующимися гидрофобными жидкостями температурный режим в бетоне зависит от их оптических характеристик. В частности, нанесение на свежееуложенный бетон битума, имеющего высокую поглощательную способность, приводит к нагреву бетона в результате солнечного излучения до 67 °С. После распыления этиноля сформировавшаяся из него пленка прозрачна для тепловых лучей, благодаря чему на вторые сутки температура в поверхностном слое бетона достигает 63 °С. Как правило, эти жидкости наносятся на относительно сухую поверхность свежееуложенного бетона, т.е. через несколько часов после укладки бетона. За это время верхние слои бетона теряют часть воды затворения. После обработки поверхности бетон начинает быстро прогреться.

Нанесение кремнийорганической жидкости или гидрофобной композиции предопределяет равномерный температурный режим в бетоне на всех стадиях его твердения, т.к. отражательные способности этих жидкостей позволяют создать равномерное распределение температурных полей по сечению бетонного полотна.

Термоизоляционное покрытие увеличивает продолжительность изотермического выдерживания бетона, благодаря чему за одни сутки прочность бетона дополнительно увеличивается на 10...15 %.

Практический интерес представляет применение комбинированного метода теплового воздействия на твердеющий дорожный бетон, включающего предварительный разогрев бетонной смеси и дальнейшее изотермическое выдерживание под пленкой при воздействии солнечной радиации. Прошедшая через пленку солнечная энергия аккумулируется в бетоне, поддерживая в течение светового дня равномерный температурно-влажностный режим. При этом прочность бетона в возрасте 1 сут. составляет около 70 % проектной прочности (табл. 1).

Интенсивный набор прочности в первые 1...3 сут. характерен при всех методах выдерживания бетона. Поэтому необходимо организовать уход за ним в начальный период формирования структуры. При этом следует отметить, что методы ухода за бетоном влияют на рост послойной прочности: в первые сутки наиболее интенсивный рост прочности наблюдается в поверхностном слое, постепенно уменьшаясь по сечению образца. Разница в показателях по высоте находится в пределах 10...12 %. На вторые сутки прочность бетона выравнивается по высоте, и эта равномерность сохраняется в последующие сроки твердения. При предварительном разогреве бетонной смеси до 55 °С процесс формирования структуры цементного камня по сечению массива значительно более равномерен.

При постоянном уходе за дорожным бетоном с использованием для этих целей различных материалов прочность его в 28-суточном возрасте на 15...24% превышает марочную.

Прирост прочности объясняется температурными условиями твердения бетона. При исследовании температурного режима установлено, что в этих условиях температура нагрева составляет 50...60 °С. Область этих температур наиболее благоприятна для гидратации клинкерных минералов. Таким образом, в возрасте 28 сут. фактическая прочность дорожного бетона, твердевшего в естественных условиях в летний период при постоянном уходе за ним, составляет 1,15...1,30 марочной. В этом случае целесообразно снизить расход цемента или использовать вяжущий потенциал для набора большей прочности.

Продолжительность ухода за дорожным бетоном или тепловое воздействие на него осу-

ществуется до приобретения им определенной критической прочности, способной противостоять термовлажностным воздействиям окружающей среды без снижения потенциальной возможности набора прочности в возрасте 28 сут.

Таблица 1

**Зависимость прочности дорожного бетона от методов ухода**

Методы ухода	Прочность бетона при сжатии, % марочной, в возрасте, сут.			
	0,5*	1	2	3
Выдерживание под полимерной прозрачной пленкой	-	60/98	75/104	83/107
Обработка перед укрытием пленкой свежеуложенного бетона пленкообразующей композицией	-	61/97	75/102	-
Форсированный разогрев бетонной смеси до 50...55°C с последующим выдерживанием под прозрачной пленкой	51/108	74/109	-	-
Выдерживание под полимерной прозрачной пленкой днем и укрытие на ночь теплоизоляционным покрытием	-	72/105	84/106	-
Предварительный разогрев бетонной смеси до 50...55 °С, твердение днем под прозрачной пленкой, ночью – укрытие теплоизоляционным покрытием	-	88/106	-	-

*Примечания.* 1. В числителе приведена относительная (к марочной) прочность бетона в сроки испытаний, в знаменателе – то же, в возрасте 28 сут. при условии прекращения ухода за бетоном в сроки его испытания.

2. 0,5\* – твердение бетона в течение светового дня

**Вывод**

Установлено, что уход за дорожным бетоном с применением полимерных пленок, пен, полимеризующихся и гидрофобных композиций с соблюдением технологии выдерживания позволяет получить долговечное бетонное дорожное покрытие. Причем наиболее перспективным направлением является одновременное проведение ухода за бетоном и пропитка его поверхности гидрофобными и полимеризующимися жидкостями.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Руководство по производству бетонных работ в условиях сухого жаркого климата [Текст] / НИИЖБ Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1987. – 81 с.
2. Рекомендации по бетонированию в жаркую погоду [Текст]. – Специальный комитетет № 305 под председательством В. Ф. Вескота. – Американский Институт бетона, 1988. – 35 с.
3. Пунагин, В. Н. Бетон в условиях повышенных температур [Текст] / В. Н. Пунагин, А. Н. Пшинько, Н. Н. Руденко. – Д.: Арт-Пресс, 1999. – 292 с.

Поступила в редколлегию 25.03.2009.