

## ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДОРОЖНЫХ БЕТОНОВ

Г. С. Меренцова

Алтайский государственный технический университет  
им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

*Изложены основные факторы, влияющие на эксплуатационную надежность дорожных бетонов. Установлено, что состояние дорожных покрытий определяется комплексом свойств дорожных бетонов: прочностью, трещиностойкостью и морозостойкостью. Знание механизма процессов структурообразования дорожных бетонов позволяет управлять этими процессами так, чтобы в итоге получить бетон с заданными механическими свойствами.*

**Ключевые слова:** дорожный бетон, цементобетон, асфальтобетон, эксплуатационная надежность, трещиностойкость, морозостойкость, контактная зона, долговечность.

Проблема долговечности дорожных бетонных покрытий носит комплексный характер, включающий влияние различных факторов: структуры бетона, его выносливости при действии знакопеременных растягивающих и сжимающих напряжений от движущегося транспорта и температурных перепадов окружающей среды. Для длительной работы бетонного покрытия большое значение имеет способность бетона при различных условиях эксплуатации сохранять свои строительно-технологические свойства и, в первую очередь, прочность, морозостойкость и трещиностойкость.

Надежность покрытий автомобильных дорог определяется комплексом показателей физико-механических свойств. Целый ряд характеристик бетонных покрытий, влияющих на их эксплуатационную надежность и долговечность, закладываются еще на стадии приготовления смеси. При выборе оптимальных составов и рациональных технологических параметров необходимо учитывать основные положения регулируемого структурообразования бетонов, определяющих повышение их прочности и долговечности [1].

Повышение эксплуатационной надежности цементобетонов в дорожных покрытиях возможно при учете многих составляющих факторов, среди которых доминирует прочность и долговечность. Выбор оптимальных составов и рациональных технологических параметров приготовления цементобетонных смесей должен исходить из положений регулируемого структурообразования бетонов, определяющих повышение их эксплуатационной надежности.

Одним из основных факторов, определяющих долговечность цементобетонов, эксплуатируемых в Западной Сибири является их морозостойкость. На скорость разрушения бетона при попеременном замораживании и оттаивании влияют различные факторы, в т.ч. адгезионная прочность заполнителя с растворной частью бетона. Зона контакта «гранитный заполнитель-раствор» является наиболее слабым местом, что связано с низкой интенсивностью физико-химических процессов, происходящих на границе раздела фаз, и поэтому может являться очагом дефектов при действии механических нагрузок, попеременного замораживания-оттаивания, увлажнения и высыхания и т.п.

Критериальной оценкой долговечности бетонов является механическая долговечность контактной зоны, зависящая от адгезионной прочности. Для объективной характеристики адгезионной прочности недостаточно знать напряжение, под действием которого происходит разрыв, а необходимо также учитывать длительность воздействия приложенной статической нагрузки, при условии одноосного растяжения. В основе предложенной методики положены принципы статического нагружения [2].

Общий вид зависимости и механической долговечности контактной зоны от напряжения ( $\sigma$ ) при действии статической нагрузки

$$\lg \tau = k\sigma + b,$$

где  $k$  и  $b$  – коэффициенты регрессии;

$$\lg \tau = -k,$$

$b$  – коэффициент характеризует структурное состояние контактной зоны.

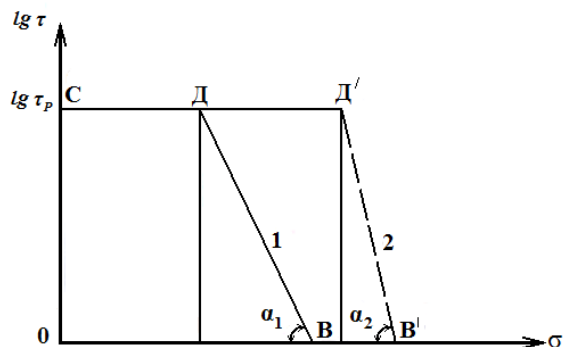
Увеличение адгезионной прочности заполнителя с растворной частью бетона соответствует повышению механической долговечности контактной зоны. Положительное влияние любого технологического фактора (изменения состава, введения добавок, изменения технологических параметров) на механическую долговечность зоны контакта растворной части бетона с заполнителем характеризуется смещением зависимости  $\lg \tau$  –  $\sigma$  в сторону больших значений  $\sigma$  (рисунок 1).

Анализ значительного количества экспериментальных данных, учитывающих соответствующее изменение площадей ( $S$ ), ограниченных полученными графиками зависимостей, позволил установить обобщающий критерий, характеризующий соответствующий технологический эффект

$$K\varepsilon = \frac{S_{CD'B'O}}{S_{CDBO}} = \frac{K_1(\lg \tau_p - 2b_2)}{K_2(\lg \tau_p - 2b_1)};$$

где  $K_1$ ,  $b_1$  и  $K_2$ ,  $b_2$  – коэффициенты регрессии зависимости (1) соответственно для составов контрольного и исследуемого;  $\tau_p$  – установленный фиксированный уровень времени разрыва, соответствующий  $\lg \tau_p = 4,5$ .

С позиции кинетической теории прочности рассмотрены процессы контактных взаимодействий на границе заполнитель-раствор с учетом комплексных факторов воздействия внешней среды (попеременного увлажнения и высушивания, замораживания и оттаивания, воздействия влаги), что позволяет прогнозировать стойкость формирующейся структуры в условиях влияния атмосферных факторов, оказывающих действие на деструктивные процессы дорожных конструктивных слоев.



1 – контрольный состав; 2 – исследуемый состав

Рисунок 1 – Общий вид зависимости механической долговечности контактной зоны (заполнитель – раствор) от напряжений

При этом установлен критерий, учитывающий увеличение механической долговечности контактной зоны цементобетонных различных составов, что дает возможность установить оптимальный состав с повышенными показателями морозостойкости для конкретных условий эксплуатации.

Используя вышеописанную методику, создается возможность выбора различных химических добавок, позволивших повысить морозостойкость и улучшить деформативные характеристики цементобетонных конструктивных слоев.

Выявлены оптимальные дозировки химических добавок, определяющие увеличение адгезионной прочности заполнителя с растворной частью бетона и соответствующее повышение морозостойкости цементобетонных. Выбор этих добавок осуществлялся с учетом оптимизации контактных взаимодействий растворной части бетона с заполнителем, обуславливающих повышение адгезионной прочности и механической долговечности контактной зоны, а также оптимизации поровой структуры, улучшении деформативных характеристик бетонов и повышение прочности бетона на растяжение и растяжение при изгибе. При этом решающее значение имеет установленная активность фазового состава – гидросиликатных и кристаллических образований растворной части бетонов.

Наличие цементобетона или укрепленных цементом слоев под асфальтобетонным покрытием предопределяет быстрое появление отраженных трещин, то есть перенос и распространение существующих трещин из нижнего в верхний слой. Появление отраженных трещин является результатом горизонтальных и вертикальных перемещений в слоях асфальтобетона, лежащего на цементобетонном основании или слое, укрепленном цементом. Горизонтальные перемещения в асфальтобетонном слое в значительной степени связаны с деформациями цементобетонных плит. Такие деформации возникают в результате сезонных перепадов температуры.

При реконструкции автомобильных дорог комбинация горизонтальных и вертикальных воздействий (температурных и механических) в асфальтобетонном слое приводит к развитию микротрещин над швами и трещинами старого цементобетонного покрытия. Из-за циклического изменения температуры и повторяющихся комплексных нагрузок микротрещины подвержены дальнейшему развитию, в результате чего они выходят на по-

верхность слоя асфальтобетона. При продолжении воздействия нагрузок в зоне отраженных трещин происходит разрушение асфальтобетона.

Для поддержания надлежащего транспортно-эксплуатационного состояния существующих дорог, а также обеспечения непрерывного круглогодичного и безопасного движения автомобилей, с учетом возрастания нагрузок и интенсивности движения, необходимо решать вопросы по повышению трещиностойкости покрытий путем внедрения эффективных технологий реконструкции и ремонта автомобильных дорог.

Одним из способов замедления развития отраженных трещин в асфальтобетонном слое является использование геосинтетических материалов. Поэтому при реконструкции автомобильных дорог целесообразно использование геосинтетических материалов. Устранение отраженных трещин на покрытиях дорожных одежд может быть достигнуто при помощи их армирования геосетками.

Проведены исследования по повышению трещиностойкости асфальтобетонных покрытий с внедрением технологии армирования асфальтобетона. При этом достигается усиление покрытия, устраняются температурные трещины, осуществляется консервация отраженных трещин, предотвращается колейность.

Номенклатура применяющихся материалов геосеток широка. Основным фактором, влияющим на выбор конкретного материала, является его термостойкость. Прочность на растяжение, наряду с плотностью материала армирующей прослойки, должна обеспечивать надежную работу геосетки в составе дорожной конструкции. Работая совместно с асфальтобетоном, сетка, принимая на себя часть горизонтальных усилий, которые возникают при температурных и механических воздействиях, сдерживает развитие отраженных трещин в верхнем слое, что способствует улучшению его свойств и увеличению долговечности покрытия.

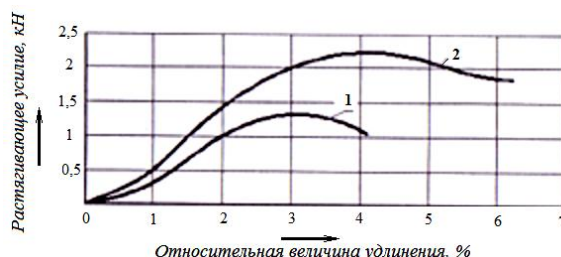
Осуществлен выбор армирующих геосеток с учетом их физико-механических свойств и преимуществ по показателям высокой прочности, отсутствию ползучести, совместимости работы с асфальтобетоном и химической стойкости. Вследствие малого предела прочности при растяжении даже небольшое расширение приводит к образованию трещин и снижению долговечности асфальтобетонных покрытий.

Используемая технология армирования асфальтобетонов позволяет предотвратить основные деформации и разрушения асфальтобетонных покрытий. За счет распределяющей способности геосеток увеличивается рабочая зона нижних слоев покрытия и основания, что устраняет в них пиковые (разрушающие) напряжения.

Сочетание физико-механических свойств геосеток из стекловолокна и асфальтобетонов делает эффективным их совместное применение. Высокая прочность на растяжение, низкая деформативность (удлинение менее 4%), отсутствие ползучести (0%) и неизменяемость свойств в широком диапазоне температур (от  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+800^{\circ}\text{C}$ ) стекловолокна. Этот комплекс свойств геосетки из стекловолокна позволяет эффективно компенсировать такие негативные свойства асфальтобетона, как чувствительность к растяжению и зависимость свойств от температуры и времени приложения нагрузки.

Установлено, что армирующие геосетки повышают прочность асфальтобетонного покрытия при растяжении. При этом происходит равномерное распределение основных горизонтальных напряжений по большей площади покрытия. Об увеличении растягивающих усилий свидетельствуют экспериментальные данные, приведенные на рисунке 2.

При обследовании автомобильной дороги Бийск-Белокуриха было установлено наличие большого количества отраженных трещин в асфальтобетонном покрытии. Обычно трещинообразование асфальтобетонов начинается при удлинении 0,5%, что делает неэффективным применение для армирования покрытий полимерных материалов с удлинением до 12% и ползучестью до 5%. К тому же при повышении температуры такие геосетки теряют упругие свойства, а при  $-20^{\circ}\text{C}$  становятся хрупкими.



1 – без армирующей геосетки; 2 – с армирующей геосеткой

Рисунок 2 – Взаимосвязь между растягивающим усилием и относительным удлинением асфальтобетонов

Поэтому при реконструкции этой дороги, с целью устранения отраженных трещин, была использована в качестве армирующей прослойки геосетка.

Проведенные разработки по снижению образования трещин в асфальтобетонном покрытии применены при реконструкции автомобильной дороги Бийск-Белокуриха. На опытных участках использовалась геосетка «Армосет» СЗЗ при ширине полотна 155 мм и разрывной нагрузке 30-40 кН/м. После розлива битума БНД 90/130 на нижний слой асфальтобетонного покрытия укладывалась сетка с перекрытием слоев на 0,15 м.

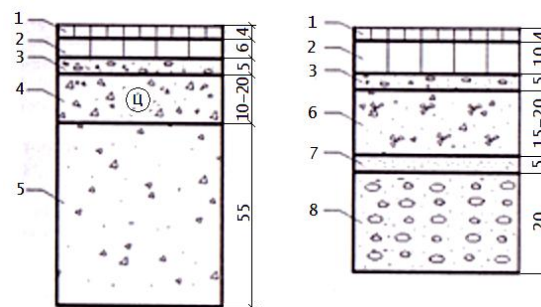
В ходе экспериментальной апробации ведутся наблюдения за опытными участками с учетом времени их эксплуатации.

В настоящее время разрабатываются оптимальные лабораторные методы контроля работоспособности трещинопрерывающих прослоек, позволяющие оценить пригодность использования армирующей прослойки в дорожном строительстве через отношение прочностных показателей армированного покрытия к неармированному.

Основным недостатком дорожных одежд с цементобетонными основаниями и основаниями из материалов, укрепленных цементом, является копирование трещин в асфальтобетонном покрытии. Так, при укреплении грунтов или каменных материалов цементом наиболее действенной и простой технологической мерой снижения концентрации напряжений в покрытии над трещинами в жестких или полужестких основаниях является устройство между покрытием и основанием трещинопрерывающих прослоек. Их рационально использовать при строительстве новых дорожных одежд или при реконструкции существующих.

В частности, для автомобильных дорог в Алтайском крае «Бийск-Белокуриха» и «Бийск-Мартыново-Кузедеево», соответственно при наличии существующего цементобетонного основания и основания из щебня укрепленного цементом.

В качестве трещинопрерывающих прослоек рекомендуем использование несвязных материалов (щебень, гравий, гранитный отсев, крупнозернистый песок), а также связных материалов (щебень расклинцованный битумно-песчаной смесью, песчано-гравийная смесь, щебень или гравий, обработанные органическим вяжущим – битумом, битумной эмульсией), приведенных на рисунке 3.



1 – горячий плотный асфальтобетон; 2 – горячий пористый асфальтобетон; 3 – трещинопрерывающая прослойка; 4 – щебеночная смесь, обработанная цементом; 5 – щебеночный грунт; 6 – цементобетон; 7 – песок; 8 – гравийно-песчаная смесь

Рисунок 3 – Конструкция дорожной одежды с трещинопрерывающей прослойкой

Толщина прослойки назначается в соответствии с расчетом, в зависимости от категории дороги и материала трещинопрерывающей прослойки. При этом необходимо толщину прослойки из обработанного материала суммировать с толщиной нижележащего слоя основания из укрепленного материала.

При использовании для прослойки несвязных материалов к толщине нижележащего слоя из укрепленного грунта прибавляют  $\frac{1}{2}$  толщины прослойки, и расчет конструкции ведут традиционным способом.

Рекомендуется также применение трещинопрерывающей прослойки из битумосодержащих материалов толщиной 10-18 см при реконструкции дорог с бетонной одеждой при большом количестве трещин и разрушений. При этом трещинопрерывающие прослойки должны быть устроены по обычной технологии.

Дорожная конструкция, при наличии трещинопрерывающих прослоек, менее жесткая, что создает благоприятные условия работы асфальтобетонного покрытия. При этом модуль упругости на поверхности покрытия может быть несколько ниже, чем в конструкции без прослоек, но в пределах требуемых значений. Одновременно улучшаются деформативные характеристики асфальтобетонных, что повышает трещиностойкость покрытий.

Повышению трещиностойкости асфальтобетонных покрытий также способствует использование тонкого слоя асфальтобетона, приготовленного на полимербитумном вяжущем.

Выявлена эффективная полимерная добавка, повышающая как сдвигоустойчивость асфальтобетона, так и водостойкость покрытия, которая способствует повышению трещиностойкости покрытия.

Применение апробированных способов предотвращает трещинообразование на покрытиях автомобильных дорог, дает значительный экономический эффект за счет сокращения затрат на ремонт. При этом улучшается ровность дорожных покрытий и увеличивается скорость перевозки грузов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меренцова, Г. С. Регулируемое структурообразование дорожных бетонов: монография / Г. С. Меренцова. – Алтайский государственный технический университет и. И.И. Ползунова. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2010. – 130 с.

2. Меренцова, Г. С. Дорожный цементобетон с применением отходов промышленности: учебное пособие / Г. С. Меренцова. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2005. – 131 с.

**Меренцова Г.С.** – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Строительство автомобильных дорог и аэродромов» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: adio-06@mail.ru.

УДК 625.74

## АНАЛИЗ ПРИЧИН ОБРАЗОВАНИЯ НАЛЕДЕЙ И РЕКОМЕНДУЕМЫЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НИМИ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ И ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЯХ

**Г. С. Меренцова, Н.В. Медведев**

Алтайский государственный технический университет  
им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

*С целью уменьшения переувлажнения грунта земляного полотна автомобильных дорог и, для повышения безопасности дорожного движения, в районах образования наледей был проведен анализ основных условий, при которых они образуются. Были рассмотрены наиболее частые места образования наледей в регионах Западной и Восточной Сибири, Дальнего Востока и Центральной России. Для решения этой проблемы предлагаются наиболее эффективные методы борьбы с наледями, которые дают положительный результат и улучшают дорожные условия.*

**Ключевые слова:** автомобильные дороги; искусственные сооружения; водопропускные трубы; наледь; наледь на автомобильных дорогах; методы борьбы с наледями.

### **Анализ природных факторов, влияющих на формирование наледей**

Существует несколько факторов, при которых происходит формирование наледей. К этим факторам относятся:

1) *Подземные межмерзлотные и подмерзлотные наледь.* Образование таких наледей происходит вследствие выхода на поверхность (через тектонические трещины и разломы) воды из подземных источников воды, замерзающей при отрицательных температурах и образующих наледь.

Наибольшее распространение данные наледь получили в регионах Якутии, где они образуются в долинах рек и могут достигать в длину до 100 км, шириной от 3 до 5 км и толщиной льда выше 10 м [1]. Чаще всего такие

наледь образуются вдали от автомобильных дорог, в связи с тем, что в районах севера слабо развитая дорожная сеть.

2) *Грунтовые наледь.* Чаще всего эти наледь возникают на северных склонах холмов, где водоносные слои находятся на небольшой глубине к поверхности земли. В результате того, что грунт промерзает на глубину залегания грунтовых вод, происходит перемерзание водоносного слоя, вследствие чего вода под давлением начинает просачиваться на поверхность, что способствует образованию наледей [1].

В Западной Сибири грунтовые наледь получили свое наибольшее распространение в Солонешенском районе Алтайского края, где они образуются, чаще всего, в выемках,

*ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ № 2 2017*