

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>

Russian journal of transport engineering

2019, №1, Том 6 / 2019, No 1, Vol 6 <https://t-s.today/issue-1-2019.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/06SATS119.pdf>

DOI: 10.15862/06SATS119 (<http://dx.doi.org/10.15862/06SATS119>)

Статья поступила в редакцию 15.01.2019; опубликована 05.03.2019

Ссылка для цитирования этой статьи:

Левкович Т.И., Мевлидинов З.А., Федин Н.А., Миренков П.С. Об основных причинах возникновения трещин в монолитных цементобетонных покрытиях у деформационных швов // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2019 №1, <https://t-s.today/PDF/06SATS119.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/06SATS119

For citation:

Levkovich T.I., Mevlidinov Z.A., Fedin N.A., Mirenkov P.S. (2019). About the main causes of cracks in-situ cement concrete pavements in joints. *Russian journal of transport engineering*, [online] 1(6). Available at: <https://t-s.today/PDF/06SATS119.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/06SATS119

УДК 625.855

Левкович Татьяна Ивановна

ФГБОУ «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия
Доцент
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: tilevkovich@mail.ru

Мевлидинов Зелгедин Алаудинович

ФГБОУ «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия
Доцент
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: zelgedinm@yandex.ru

Федин Никита Андреевич

ФГБОУ «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия
Студент

Миренков Павел Сергеевич

ФГБОУ «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия
Студент
E-mail: pasha23xx@mail.ru

**Об основных причинах возникновения
трещин в монолитных цементобетонных покрытиях
у деформационных швов**

Аннотация. В последние годы в дорожном строительстве начало возрождаться применение бетонных (цементобетонных) оснований и покрытий автомобильных дорог и промышленных площадок.

Сотрудниками кафедры «Автомобильные дороги» БГИТУ совместно со студентами уже в течение нескольких лет ведется наблюдение за возникновением трещин в монолитных цементобетонных слоях покрытий.

В статье приведены результаты натурных обследований цементобетонных покрытий автомобильных дорог Брянской области и промышленных площадок с целью выявления причин появления трещин у деформационных швов.

Нами при обследовании участков автомобильных дорог с цементобетонным покрытием на некоторых плитах около шва были обнаружены образовавшиеся поперечные трещины. Они были расположены в основном вдоль шва, максимальная ширина раскрытия достигала 5 мм. Максимальное расстояние от шва 30 см. Трещины вдоль шва располагались неравномерно и имели разнообразную форму.

Также нами были рассчитаны несколько вариантов дорожных одежд с цементобетонным покрытием на разных основаниях.

В результате обследования были проверены: коэффициент уплотнения материала оснований, предел прочности бетона при сжатии в плитах покрытия, технология производства работ по устройству покрытий и деформационных швов в них, а также был проведен контроль представленных проектной организацией проектных материалов, в том числе проект производства работ.

В заключение можно выделить следующие основные причины возникновения трещин в монолитных цементобетонных покрытиях автомобильных дорог и промышленных площадок:

- ошибки, допущенные при расчете и проектировании конструкции дорожной одежды;
- ошибки, допущенные при расчете длин плит, назначении арматурных стержней в швах;
- ошибки, допущенные при строительстве цементобетонного покрытия строительной организацией (при устройстве поперечных контрольных швов, а также швов расширения, сжатия, коробления и продольных).

Исследуемый материал обобщен, дорожным и строительным организациям даны рекомендации по устранению возникших трещин, указаны некоторые меры по предотвращению их появления.

Вклад авторов.

Левкович Татьяна Ивановна – автор приняла участие в обследовании цементобетонных покрытий автомобильных дорог и промышленных площадок Брянской области, в проведении испытаний, проанализировала и интерпретировала собранный материал по обследованию, осуществила написание статьи.

Мевлидинов Зелгедин Алаудинович – автор принял участие в проведении обследований и одобрил окончательную версию статьи перед её подачей для публикации.

Федин Никита Андреевич – автор внес существенный вклад в проведении обследований покрытий, в статистической обработке результатов.

Миренков Павел Сергеевич – автор внес существенный вклад в проведении обследований покрытий в статистической обработке результатов, в подготовке презентации.

Ключевые слова: цементобетонное покрытие; прочность; основание; коэффициент уплотнения; деформационные швы; стыковые соединения; трещины; арматура; напряженно-деформированное состояние; разрушение; расчет; обследование; исследование

Введение

В настоящее время наиболее прочными покрытиями автомобильных дорог являются бетонные (в дорожном строительстве цементобетонные) покрытия.

Стоимость конструкций с покрытиями из цементобетона в настоящее время сопоставима со стоимостью конструкций с асфальтобетонными покрытиями [1].

Срок службы цементобетонных покрытий до капитального ремонта составляет по нормам 25...30 лет, а в Брянской области некоторым дорогам из таких покрытий уже 35...40 лет. Например, автомобильные дороги местного значения: Выгоничи – Жирятино (протяженность около 18 км), Выгоничи – Малфа (протяженность около 20 км), а также автомобильные дороги улиц поселков Толмачево и Кузьмино, улиц г. Жуковка и др. Эти дороги до сих пор служат для проезда транспорта без капитального ремонта и без надлежащего ухода за деформационными швами. На некоторых участках из-за отсутствия в швах мастики (швах сжатия, расширения, коробления, продольных) происходит выплескивание песка, произрастает растительность, появляются трещины возле швов. С каждым годом количество трещин увеличивается, также увеличивается длина существующих трещин.

Плиты постоянно при движении транспорта подвергаются сдвигающим нагрузкам, под действием сдвигающих сил плиты перемещаются, наезжают друг на друга [2]. В этих местах образуются крупные неровности («домики»), которые при низкой скорости автомобиля легко преодолеваются, но при повышенной скорости превращаются в препятствия – «трамплины». Местное население обычно знает их расположение и сбавляет скорость, поэтому аварии на этих дорогах бывают редко.

В Брянской области также много было построено и строится в настоящее время различных промышленных площадок из монолитного бетона (цементобетона). У конструкций с цементобетонным покрытием на промышленных площадках также проблемным вопросом является наличие на покрытиях деформационных швов и осуществление ухода за ними.

В Брянской области в последние два-три года неоднократно вставал вопрос о возрождении строительства покрытий автомобильных дорог из цементобетонных смесей.

Если рассматривать возрождение строительства покрытий автомобильных дорог из цементобетонных смесей с точки зрения используемых материалов (песка, щебня, цемента, добавок и воды для затворения смеси), можно сделать вывод, что их достаточно (кроме щебня). Щебень дорожные организации города Брянска и Брянской области закупают в Ростовской области и в республике Беларусь.

Портландцемент и другие виды цемента выпускает местный Фокинский цементный завод.

В связи с модернизацией производственного предприятия – Фокинского цементного завода, в нашей Брянской области также возможно возрождение строительства цементобетонных покрытий автомобильных дорог, как и в других областях нашей страны.

Ежегодно в нашей стране и за рубежом возрастает и разнообразие видов бетонов, вяжущих композиций, технологических приемов производства по изготовлению монолитных цементобетонных конструкций, в том числе и дорожных покрытий [3].

Также в Брянской области помимо нехватки щебня сдерживает строительство цементобетонных покрытий автомобильных дорог отсутствие в дорожных организациях соответствующей дорожной строительной техники и цементобетонных заводов для приготовления смеси, нет подготовленных кадров.

Забыт опыт по правильной эксплуатации цементобетонных покрытий в весенне-летний, осенний и зимний периоды.

Существующие в России технические нормативно-правовые акты позволяют проектировать, строить и эксплуатировать автомобильные дороги с использованием цементобетонной смеси в качестве покрытия. В нормативных документах указаны: виды используемых материалов, требования к используемым материалам, толщина монолитных цементобетонных слоев, исходя из технических категорий автомобильных дорог, конструкции деформационных швов, способы строительства, реконструкции и эксплуатации таких покрытий.

Например, при эксплуатации цементобетонных покрытий из цементобетонной смеси с воздухововлекающими добавками в зимний период запрещено применение химических веществ для борьбы с зимней скользкостью в течение 1,5 лет с момента окончания строительства и в течение 3-х лет – без них. Не рекомендуется применять хлориды на цементобетонных покрытиях с воздухововлекающими добавками в возрасте до 1 года. Такие же требования в соседней республике Беларусь [4].

Химические вещества и хлориды могут отрицательно повлиять на поверхность из цементобетонной смеси с воздухововлекающими добавками: уменьшить цементацию бетонной поверхности и увеличить ее пористость.

Это в дальней эксплуатации скажется и на прочности конструкции дорожной одежды, особенно в верхней части цементобетонного покрытия, приведет к образованию открытых мелких пор и шелушению.

Методы

Проблема создания надежных цементобетонных покрытий с высокими эксплуатационными качествами остается актуальной и в настоящее время, несмотря на множество теоретических и экспериментальных исследований, касающихся работы цементобетонных покрытий при эксплуатации [5–7].

Анализ исследований белорусских ученых по защите цементобетонных покрытий от агрессивного воздействия влаги и растворов солей в зимний период позволяет объединить способы понижения водопроницаемости бетонов в три основные группы [4; 8; 9]:

1. Пропитка цементобетона мономерами или растительными маслами. Пропитка приводит к коагуляции порового пространства, что значительно увеличивает стоимость пропитанного цементобетона.
2. Нанесение на поверхность водонепроницаемого материала, например, эпоксидно-минеральной смеси. Но высокая стоимость эпоксидных вяжущих материалов, сложность и трудоемкость их осуществления ограничивает их использование, вдобавок эти материалы токсичны.
3. Физико-химическая и химическая обработка поверхностного слоя обеспечивает улучшение свойств цементобетона в верхней части покрытия, но значительным недостатком этого метода является сложность технологии производства работ.

Актуальной задачей при исследовании причин появления трещин на цементобетонном покрытии является не только пооперационный контроль качества выполненных работ дорожными строительными организациями, но и контроль качества материалов, используемых для строительства, то есть входной контроль. При входном контроле необходимо контролировать материалы, из которых приготовлена цементобетонная смесь (песок, щебень,

цемент, добавки), технологический процесс приготовления смеси, а также проводить контроль материалов слоев оснований, материалы для устройства деформационных швов и т. д.).

Основную роль имеет контроль прочности бетонного покрытия. Для этих целей заводская и дорожная лаборатории закладывают образцы (кубики – для определения предела прочности при сжатии; балочки – для определения предела прочности при растяжении).

На начальной стадии строительства необходима проверка данных проектирования цементобетонного покрытия и деформационных швов [10–13].

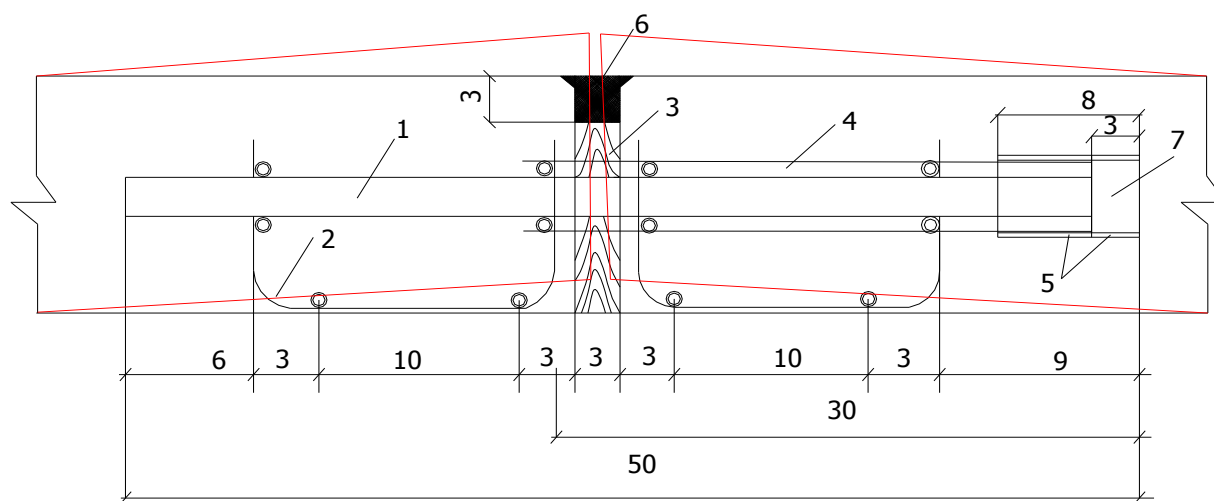
Цементобетонные покрытия – жесткие покрытия. Модуль упругости у них находится в пределах 25000...35000 МПа.

При высоких положительных температурах воздуха дорожные одежды с цементобетонным покрытием имеют особенность расширяться, при пониженных положительных и отрицательных температурах, особенно в зимнее время, – сужаться.

Поэтому в цементобетонных покрытиях устраивают деформационные швы (расширения, сжатия, коробления). Эти швы разрезают цементобетонное покрытие дорожной одежды на отдельно работающие плиты.

Для климата Брянской области расстояния между швами сжатия у дорог III-ей технической категории составляет 6–8 м, между швами расширения около 25–30 м. Толщина цементобетонного слоя на щебеночном основании – 22 см.

Летом (при максимальном нагреве цементобетонной поверхности и слоя бетона) швы расширения (рисунок 1) повышают продольную устойчивость дорожной одежды. Швы должны быть постоянно заполнены мастикой. Но при отсутствии правильного ухода за швами (отсутствия мастики в швах) возле швов могут образоваться трещины из-за напряженного состояния плит. Может также произойти разрушение упругой деревянной прокладки, выполненной из мягкой древесины (обычно сосны). Деревянная упругая прокладка в процессе эксплуатации, под воздействием многократных приложений сдвигающих и сжимающих нагрузок от проезда транспорта, уменьшается в размерах – истирается, при открытом шве, не заполненном мастикой, происходит ее гниение.



1 – штыри; 2 – каркас-корзинка; 3 – деревянная доска-прокладка; 4 – битумная обмазка; 5 – колпачок из резины или полиэтилена; 6 – мастика; 7 – воздушный зазор в колпачке (размеры даны в см). Примечание: Черным цветом указаны проектные размеры; красным – сдвиг плит при эксплуатации

Рисунок 1. Вид деформированного поперечного шва расширения, устраиваемого в цементобетонном покрытии (разработан авторами)

В конструкции цементобетонного покрытия дорожных одежд деформационные швы обязательны, так как не дают ей разрушаться при смене температур и изменении климата.

Согласно нормам, деформационные швы расширения в цементобетонных покрытиях в условиях континентального климата должны быть устроены на расстоянии 25 м друг от друга при температуре воздуха ниже «плюс» 5 °С и толщине покрытия равной 20 см.

При более высокой температуре от «плюс» 5 °С до «плюс» 10 °С это расстояние увеличивают до 35...42 м; если температура изменяется от «плюс» 10 °С до «плюс» 25 °С, то расстояние между плитами уже достигает 50...54 м. При температуре наружного воздуха выше «плюс» 25 °С расстояние между швами расширения может достигнуть 80...90 м [11].

Деревянная упругая деревянная доска-прокладка, защищенная слоем мастики, служит компенсатором напряжений. Но, как указывалось выше, постепенно истирается при сжимающих напряжениях и ударной нагрузке.

Пыль и каменная мелочь, засорившие шов, препятствуют свободному расширению цементобетонных плит и это приводит уже к разрушению краев шва (рисунок 2).



Рисунок 2. Внешний вид старого цементобетонного покрытия и шов расширения, не заполненный мастикой, с фрагментами разрушения на улице города Жуковка Брянской области (разработан авторами)

Для того, чтобы предотвратить или свести к минимуму попадание воды и пыли в шов, его верхнюю часть при строительстве (эксплуатации) на глубину $\frac{1}{3}$ или $\frac{1}{4}$ толщины покрытия заливают мастикой.

При отсутствии мастики при эксплуатации цементобетонного покрытия истирание деревянной прокладки происходит еще интенсивнее и быстрее. Также воздействие осадков, температурных изменений приводит деревянную прокладку к разрушению, происходит перемещение плит, они напозают друг на друга и образуются крупные неровности на поверхности («домики»).

К мастикам для изоляции швов предъявляют ряд требований, в частности, они должны обладать хорошим сцеплением с цементобетоном, расширяемостью без образования трещин, устойчивостью против просачивания вглубь и растекания вдоль шва при высокой температуре, а также достаточной прочностью.

В настоящее время для заливки швов можно использовать хорошо зарекомендовавшие себя мастики: ПМБ-1, ПМБ-2, МБГР, БРИТ-ЭРА, БРИТ дорожная, битумо-полимерная мастика МПБ-Г/шм75, а также герметик битумо-полимерный БП25, БП35, БП Г50 и другие.

Экспериментальные исследования работы штыревых соединений на цементобетонных образцах и моделях из прозрачных материалов были проведены профессором В.С. Порожняковым (МАДИ), а также некоторыми учеными нашей страны и других стран [7; 11; 14].

Изучение напряженно-деформированного состояния существующих стыковых соединений до сих пор остается сложной проблемой. При исследовании поведения стыковых соединений необходимо учитывать их реальную работу в конструкции дорожных цементобетонных покрытий.

Исследования носят сложный математический характер, сопряжены с большими трудностями при постановке эксперимента. Не многие исследовательские, учебные и дорожные лаборатории нашей страны имеют необходимое оборудование для проведения таких конкретных экспериментальных работ.

Результаты обследования автомобильных дорог и промышленных площадок

Нами – сотрудниками кафедры «Автомобильные дороги» Брянского государственного инженерно-технологического университета, совместно со студентами, уже в течение нескольких лет ведется наблюдение за возникновением трещин в монолитных цементобетонных слоях покрытий, как на вновь построенных производственных площадках, так и на старых покрытиях автомобильных дорог, уже прослуживших десятки лет.

В лаборатории по технологии строительства транспортных сооружений кафедры «Автомобильные дороги» Брянского государственного инженерно-технологического университета преподаватели со студентами проводят исследовательскую работу по подбору составов цементобетонной смеси с разными компонентами, определяют пределы прочности на сжатие и растяжение с изгибом, проверяют морозоустойчивость и т. п.

Обследование промышленных площадок и покрытий автомобильных дорог дает обширный материал для размышления.

При обследовании промышленных площадок с цементобетонным покрытием в 2018 году было обнаружено, что на некоторых плитах около шва образовались поперечные трещины, на одной из площадок произошло продавливание песчаного основания и появление продольных трещин. Трещины на этой площадке появились и у швов сжатия.

Расположение большинства поперечных трещин шло параллельно шву расширения, иногда параллельно шву сжатия. При измерении максимальная ширина раскрытия трещин не превышала 5 мм, максимальное расстояние от шва – 30 см. Некоторые трещины переходили с одной стороны шва на другую.

В 2018 году нами были рассмотрены многие случаи, когда устраиваемые в новом цементобетонном покрытии деформационные швы «не срабатывали», то есть на некотором расстоянии от устроенных швов появились поперечные трещины.

Помимо монолитных цементобетонных покрытий были обследованы: построенные основания, применяемые дорожные машины, технология устройства швов, материал для швов и т. д.

Например, при обследовании промышленной площадки для стоянки большегрузных машин в городе Брянске, были проверены: песчаное основание, бетонное покрытие и деформационные швы в монолитном цементобетонном покрытии, такой же методике обследования были подвержены и построенные дорожные цементобетонные покрытия других площадок и автомобильных дорог.

При обследовании промышленной площадки для выявления причин образования трещин прежде всего был определен коэффициент уплотнения песчаного основания.

Песчаное основание под цементобетонное покрытие имело общую толщину всего 0,25 м. По нему укладывался слой геотекстиля. Сверху на геотекстиль укладывалась геосетка, затем по сетке слой цементобетонной смеси толщиной 0,18 м.

Определение коэффициента уплотнения песчаного основания проводили статическим плотномером СГП – 1М, получили $K_{уп} \geq 0,99$. Повторные испытания показали аналогичные значения.

Затем произвели проверку прочности бетона в покрытии электронным измерителем прочности бетона ИПС-МГ4.03.

Выборочно были проверены десятки плит монолитного цементобетонного покрытия площадки. Они были построены в летних условиях и к моменту испытаний имели возраст более 28 суток.

После проведения измерений прочности и проведения статистической обработки результатов измерений, нами был сделан вывод: марка (прочность) уложенного в покрытие бетона при возрасте 28 суток, была равна 36,82 МПа, что соответствовало требуемой – 35 МПа.

Также нами были рассчитаны несколько вариантов дорожных одежд с цементобетонным покрытием на разных основаниях.

Вначале мы проверили конструкцию дорожной одежды, предложенную проектной организацией и взятую строительной организацией за основу.

После расчета жесткой конструкции по требуемым СП и СНиП показателям, пришли к выводу, что такая конструкция явно недостаточна для промышленной площадки, на которую должны заезжать тяжелые транспортные машины и располагаться на ней длительное время.

По нашей просьбе строительство площадки было приостановлено. Строительная организация приняла во внимание разработанные преподавателями варианты. Окончательно был принят вариант следующей конструкции: песчаное основание 0,30 м, на нем слой щебня 0,25 м, затем геотекстиль, обработанный битумом (для лучшего скольжения цементобетонных плит при расширении и сжатии) и окончательно слой из цементобетонной смеси толщиной 0,22 м.

Проверили устройство швов на участке промышленной площадки, где еще не успели строители уложить цементобетонную смесь.

Более тщательно проверяли швы расширения, так больше всего трещин было возле них. Арматурный стержень обычно обмазывают битумом или мастикой слоем 0,2...0,3 мм на длину 30 см. Затем на обмазанный стержень одевают резиновый или полиэтиленовый колпачок с зазором на конце колпачка около 7 мм.

По технологии строительства цементобетонных покрытий помимо швов расширения необходимо устраивать швы сжатия, коробления. Швы коробления обычно устраивают за швами расширения, затем между ними швы сжатия.

Чтобы швы расширения и сжатия работали, то есть плиты цементобетонного покрытия дорожной одежды свободно перемещались по поверхности основания, штыри изготавливают из гладкой арматуры.

По проекту были заложены штыри периодического профиля. При периодическом профиле битум не сможет полностью покрывать штырь. При жаркой погоде и нагреве арматуры, битум может стечь в углубления профиля. В то же время на выпуклой поверхности стержня будут создаваться напряженные участки с повышенным трением-сцеплением, что в свою очередь может разорвать плиту у швов и вызвать появление трещин.

Как указывалось раньше, проектировщиками была допущена грубая ошибка, так как по проекту были приняты штыри арматуры класса АIII периодического профиля, такие штыри и были использованы строительной организацией. Полиэтиленовый колпачок также имел длину всего 4 см (вместо требуемых 8 см), а зазор в колпачке был равен всего 1 см (рисунок 3).

Согласно требованиям нормативного документа ВСН 139-80 [п.3.15] при устройстве швов в цементобетонных плитах штыри следует изготавливать из стержневой горячекатаной арматурной стали класса АI (то гладкого профиля).

Такие же требования предъявляет СТО НОСТРОЙ 2.25.41-2011 [п.6.7].

ГОСТ 5781 также указывает, что для изготовления штыревых соединений следует применять стержневую горячекатаную гладкую арматурную сталь класса А-I.



Рисунок 3. Внешний вид трещины возле шва расширения в цементобетонном покрытии и арматурного стержня периодического профиля с полиэтиленовым колпачком (разработан авторами)

Строительной организации было предложено следующее. Для того, чтобы сработали деформационные швы, устраиваемые в цементобетонных покрытиях, необходимо проектировщикам исправить свою ошибку и в проектной документации заменить штыри периодического профиля класса АIII на штыри из гладкой арматуры класса АI. Строителям использовать стержневую горячекатаную гладкую арматурную сталь класса А-I их при устройстве деформационных швов.

При использовании в дальнейшем строительстве промышленных площадок наших рекомендаций, появление трещин в цементобетонных покрытиях прекратилось.

Также для того, чтобы на цементобетонной поверхности покрытия не возникало пористости и шелушения, дорожной строительной организации было предложено производить розлив пленкообразующего материала – помароли, гидрофобной кремнийорганической жидкости или произвести нанесение практически водонепроницаемого материала, например, эпоксидно-минеральной смеси.

В настоящее время исследуемый материал обобщен, дорожным строительным организациям даны рекомендации по устранению возникших трещин. Также разработаны мероприятия по предотвращению появления трещин возле швов и на цементобетонном покрытии автомобильных дорог и промышленных площадок.

Заключение

1. Обследование состояния цементобетонных покрытий автомобильных дорог и промышленных площадок выявило наличие трещин у швов расширения, на некоторых дорогах и швов сжатия.

2. Обобщая изученный теоретический материал и полученный практический при обследовании цементобетонных покрытий автомобильных дорог и промышленных площадок, можно выделить следующие основные причины возникновения трещин в монолитных цементобетонных покрытиях автомобильных дорог и промышленных площадок:

- ошибки, допущенные при расчете и проектировании конструкции дорожной одежды;
- ошибки, допущенные при расчете длин плит, назначении арматурных стержней в швах;
- ошибки, допущенные при строительстве цементобетонного покрытия строительной организацией (при устройстве поперечных контрольных швов, а также швов расширения, сжатия, коробления и продольных).

ЛИТЕРАТУРА

1. Попова Е.С. Повышение качества дорожного покрытия путем применения цементобетона [Текст] // Современные тенденции технических наук: материалы IV Междунар. науч. конф. (г. Казань, октябрь 2015 г.). – Казань: Бук, 2015. – С. 76–79. – URL <https://moluch.ru/conf/tech/archive/163/8886>.
2. Битнев П.А. Напряженно-деформированное состояние жестких покрытий в зоне штыревых соединений: Дис. ... канд. техн. наук. – М., 2006.
3. Артемова Л.Ю. Несущая способность плит жестких аэродромных покрытий при неполном контакте с упругим основанием: Дис. ... канд. техн. наук. – М., 2002.
4. Зизюк О.С., Божик К.В., Масловская И.А. К вопросу о зимнем содержании цементобетонных покрытий / «Строительство-2016»: материалы II Брянского междунар. инновац. молод. форума (Брянск, 29–30 нояб. 2016 г. Т.1 / Брян. гос. инженер.-технол. ун-т; ред. кол.: Н.П. Лукутцова, М.Ю. Прокуров, М.А. Сенющенко – Брянск, 2016. – 420 с. – С. 185–188.

5. Коровяков В.Ф. Предпосылки для развития строительства дорог с применением цементных бетонов / В.Ф. Коровяков // Технологии бетонов. – 2014. – № 3. – С. 25–29.
6. Ушаков В.В. Магистралям России – долговечные покрытия / В.В. Ушаков // Дороги Евразии. – 2014. – № 1. – С. 23–25.
7. Носов В.П. Цементобетонные покрытия автомобильных дорог. Прогнозирование повреждений на основе математического моделирования. – М.: МАДИ, 2013. – 228 с.
8. Исаков А.Л. Экспериментальное исследование влияния гидрофобизирующих пропиток на прочность дорожных цементобетонов // Вестник ТГАСУ. – 2016. – №4. – С. 144–152.
9. Оленников В.Д. Защита цементобетонных конструкций на автомобильных дорогах в условиях Сибири // Политранспортные системы.: СГУПС. – 2017. – С. 122–125.
10. Левкович Т.И., Хверенец И.С. Обследование состояния стыковых соединений цементобетонных покрытий автомобильных дорог и площадок Брянской области / «Строительство-2016»: материалы II Брянского междунар. инновац. молод. форума (Брянск, 29–30 нояб. 2016 г. Т.1 / Брян. гос. инженер.-технол. ун-т; ред. кол.: Н.П. Лукутцова, М.Ю. Прокуров, М.А. Сенющенков – Брянск, 2016. – 420 с. – С. 209–214.
11. Левкович Т.И., Мевлидинов З.А., Макеенко К.В. Исследование причин возникновения трещин в монолитных бетонных покрытиях / Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – Курск: 2015. – №4 (12). – С. 28–35.
12. Левкович Т.И., Хверенец И.С. Обследование состояния цементобетонных покрытий автомобильных дорог и площадок Брянской области / Научный альманах. – Тамбов: ООО Консалдинговая компания Юком, 2016. – №6–2 (20). – С. 90–95.
13. Левкович Т.И., Мевлидинов З.А., Гуськов К.И., Синявский Т.С. О новых бетонных смесях для покрытий автомобильных дорог / Европейские научные исследования: сборник статей III междунар. науч.-практ. конф. / Под общ. Ред. Г.Ю. Гуляева: Пенза (23 сентября 2017) МЦНС «Наука и просвещение», 2017. – 208 с. – С. 45–48.
14. Носов В.П. Основные проблемы применения цементобетонных покрытий на автомобильных дорогах России. URL: <http://docplayer.ru/39809189Osnovnyue-problemy-primeneniya-cementobetonny>.

Levkovich Tatiana Ivanovna

Bryansk state engineering-technological university, Bryansk, Russia
E-mail: tilevkovich@mail.ru

Mevlidinov Zelgedin Alaudinovich

Bryansk state engineering-technological university, Bryansk, Russia
E-mail: zelgedinm@yandex.ru

Fedin Nikita Andreevich

Bryansk state engineering-technological university, Bryansk, Russia

Mirenkov Pavel Sergeevich

Bryansk state engineering-technological university, Bryansk, Russia
E-mail: pasha23xx@mail.ru

About the main causes of cracks in-situ cement concrete pavements in joints

Abstract. In recent years, the use of concrete (cement concrete) bases and coatings of roads and industrial sites has begun to revive in road construction. Employees of the Department of "roads" BGIT together with students for several years under surveillance for cracks in the monolithic cement concrete layers of coatings. The article presents the results of field surveys of cement concrete coatings of highways of the Bryansk region and industrial sites in order to identify the causes of cracks in the expansion joints.

We have examined the sections of roads with cement concrete coating on some plates near the seam and found the formed transverse cracks. They were located mainly along the seam, the maximum opening width reached 5 mm. the Maximum distance from the seam 30 cm. Cracks along the seam were located unevenly and had a diverse shape.

We have also calculated several variants of pavement with cement concrete coating on different bases. As a result of the survey were tested: the coefficient of compaction of the base material, the compressive strength of concrete in the coating plates, the technology of works on the device of coatings and expansion joints in them, as well as the control of the project materials submitted by the design organization, including the project of works.

In conclusion, the following main causes of cracks in monolithic cement concrete coatings of roads and industrial sites can be identified:

- errors made in the calculation and design of the pavement structure;
- errors made in the calculation of the length of the plates, the appointment of reinforcing bars in the seams;
- errors in the construction of cement concrete pavement construction organization (if device transverse control joints and expansion joints in compression, buckling and longitudinal).

The study material is generalized, road and construction organizations are given recommendations for the elimination of cracks, some measures to prevent their occurrence are indicated.

Keywords: cement concrete coating; strength; base; compaction coefficient; expansion joints; butt joints; cracks; reinforcement; stress-strain state; destruction; calculation; inspection; research

REFERENCES

1. Popova E.S. (2015). Povyshenie kachestva dorozhnogo pokrytiya putem primeneniya tsementobetona. [*Improving the quality of the road surface through the use of cement concrete.*] Kazan: Buk, pp. 76–79 [online] Available at: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/163/8886>.
2. Bitnew P.A. (2006). Napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie zhestkikh pokrytiy v zone shtyrevykh soedineniy. [*Stress-strain state of the hard surfaces in the area of the interdigital joints.*] Moscow.
3. Artemova L.Y. (2002). Nesushchaya sposobnost' plit zhestkikh aehrodromnykh pokrytiy pri nepolnom kontakte s uprugim osnovaniem. [*Bearing capacity of plates of rigid airfield coverings at incomplete contact with the elastic basis.*] Moscow.
4. Sisjuk O.S., Bogsik K.B., Maslovskaya I.A. (2016). *To the question about winter maintenance of concrete pavements.* [Russ. ed.: K voprosu o zimnem sodержanii tsementobetonnykh pokrytiy. Ed. by N.P. Lukutzova, M.Y. Prokurov, M.A. Senjushenkov. Bryansk, p. 420.]
5. Korovyakov V.F. (2014). Prerequisites for the development of the construction of roads with the use of cement concretes. *Concrete Technology*, 3, pp. 25–29 (in Russian).
6. Ushakov V.V. (2014). Highways of Russia-durable cover. *Roads of Eurasia*, 1, pp. 23–25 (in Russian).
7. Nosov V.P. (2013). Tsementobetonnye pokrytiya avtomobil'nykh dorog. Prognozirovaniye povrezhdeniy na osnove matematicheskogo modelirovaniya. [*Cement concrete pavement of highways. Damage prediction based on mathematical modeling.*] Moscow: Moscow administrative road inspection, p. 228.
8. Isakov A.L. (2016). Experimental study of the effect waterproofing impregnation on the durability of road concrete. *Bulletin of Tomsk University of Architecture and Construction*, 4, pp. 144–152 (in Russian).
9. Olennikov V.D. (2017). Protection of cement concrete structures on roads in Siberia. *Polytransport systems: The Siberian transport University*, pp. 122–125 (in Russian).
10. Levkovich T.I., Hwerenez I.S. (2016). *Inspection of butt joints of cement concrete pavements of motor roads and sites of the Bryansk region.* [Russ. ed.: Obsledovanie sostoyaniya stykovykh soedineniy tsementobetonnykh pokrytiy avtomobil'nykh dorog i ploshchadok Bryanskoy oblasti. Ed. by N.P. Lukutzova, M.Y. Prokurov, M.A. Senjushenkov. Bryansk, p. 420.]
11. Levkovich T.I., Mevlidinov Z.A., Makeenko K.V. (2015). Investigation of the causes of cracks in monolithic concrete coatings. *Biosphere compatibility: man, region, technology*, 4(12), pp. 28–35 (in Russian).
12. Levkovich T.I., Hwerenez I.S. (2016). Examination of the condition of cement concrete coatings of roads and sites of the Bryansk region / *Scientific almanac*, 6–2(20), pp. 90–95 (in Russian).
13. Levkovich T.I., Mevlidinov Z.A., Guskov K.I., Sinyavski T.S. (2017). *Of new concrete mixtures for pavement of highways.* [Russ. ed.: O novykh betonnykh smesyakh dlya pokrytiy avtomobil'nykh dorog. Ed. by G.Yu. Gulyaev. Penza, p. 208.]
14. docplayer. (n.d.). *Nosov V.P. The main problems of application of cement concrete coatings on the roads of Russia.* [online] Available at: <http://docplayer.ru/39809189Osnovnye-problemy-primeneniya-cementobetonny> (in Russian).