УДК 625.7/.8

© А. В. Куликов, аспирант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: alkul91@mail.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2018-15-2-189-193

© A. V. Kulikov, post-graduate student
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: alkul91@mail.ru

СОСТОЯНИЕ И ЗАДАЧИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

CONDITION AND TASKS OF PROVIDING MAINTAINABILITY OF CEMENT CONCRETE PAVEMENT OF HIGHWAYS

В современных условиях тяжелого и интенсивного дорожного движения без использования дорожных покрытий цементобетонного типа не обойтись, так как их применение увеличивает срок службы покрытия. Отмечены проблемы, возникающие при эксплуатации конструкции цементобетонного покрытия, и возможные методы их решения.

Ключевые слова: автомобильные дороги, ремонтпригодность цементобетонного покрытия, однородность показателей напряженно-деформированного состояния.

In modern conditions of heavy and intensive traffic, it is impossible to do without the use of road pavement of cement concrete type, because the use of such road topping increases the service life of the pavement. The paper presents a study of the problems arising in the operation of the cement concrete pavement structure and offers possible methods of solving these problems.

Keywords: automobile roads, maintainability of cement-concrete pavement, homogeneity of stress-strain state indexes.

Современные конструкции автомобильных дорог и технологии их строительства основаны на двух альтернативных конкурирующих типах дорожного покрытия — асфальтобетонном и цементобетонном. При этом теория и практика убедительно показывают, что в любых климатических условиях, при любой интенсивности и любом составе движения рациональные цементобетонные покрытия могут являться наиболее долговечными.

Применяемые в настоящее время нормативные типы плит цементобетонного покрытия предназначены для работы на изгиб под действием повторных динамических транспортных нагрузок и переменных температурно-влажностных полей. При нагревании или охлаждении плит покрытие стремится изменить свои линейные размеры, но из-за сопротивления реализации свободного перемещения по основанию и короблению возникают температурные напряжения [1, 2].

При воздействии транспортных нагрузок условия работы цементобетонного покрытия в разных его зонах (в центре, на краю, на торце, на углу плиты, на полосе наката и т. д.) отличаются существенной неоднородностью. Кроме неоднородности напряженно-деформированного состояния в самом покрытии это создает также условия для накопления остаточных деформаций оснований под периферийной частью плит покрытия по всему периметру и для частичного нарушения контакта их нижней поверхности с основанием, особенно в зонах края и поперечных швов, в соответствии с чем возникает необходимость решения задач как повышения сроков их службы, так и снижения затрат и времени на ремонт покрытия, обусловленных степенью его фактической ремонтпригодности [3, 4].

Основными видами остаточных деформаций цементобетонных покрытий, обуславливающих снижение динамической устойчивости, ровности и геометрического положения плит покрытия, являются неравномерная коррозия и износ

поверхности, шелушение и выкрашивание верхнего слоя бетона, выбоины, трещины, уступы, отколы углов и краев плит, вертикальные смещения плит, коробление, разрушение стыковых соединений и заполнителей швов, снижение ровности.

Группы видов разрушения поверхности:

1. Шелушение и выкрашивание — механическое отделение частичек верхнего слоя покрытия, чаще от неудачной технологии ухода в период набора прочности. Основные причины шелушений и выкрашиваний покрытий — неоднородности, а также различная прочность сцепления цементного вяжущего и заполнителя в бетоне. Другой причиной шелушения и выкрашивания являются динамические воздействия тяжелых нагрузок (удары) в одних и тех же местах вместе с резкими перепадами температуры на поверхности в процессе колебаний температур.

Выбоины — местные разрушения, такие как каверны различных форм и размеров в плите глубиной до 8–10 см. Причина их образования — неоднородность прочностных показателей поверхностных слоев в различных участках покрытия.

Раковины — поверхностные разрушения покрытия, внешне они похожи на выбоины, отличием является размер. Они — результат развития процесса выкрашивания во время попадания на верхние слои неморозостойких крупных заполнителей или инородных материалов.

2. Трещины цементобетонного покрытия бывают разных видов и направлений, такие как поперечные, продольные, косые, волосные, поверхностные и сквозные. Причин их появления достаточно много, в том числе:

- недостаточная несущая способность покрытия, в том числе по растяжению;
- температурное деформирование;
- нарушение контакта с основанием;
- пучение грунта основания;
- усадка цементобетона во время его твердения в результате плохо подобранного состава смеси, а также неправильного ухода за свежесложенным цементобетоном.

3. Уступы, отколы углов, швов и краев плит — как результат ударов на уступы в швах и в результате недостаточной прочности различ-

ных участков плит. Причинами отколов могут служить недостаточное уплотнение цементобетонной смеси в зоне швов, некачественная установка штырей, снижение прочности основания при увлажнении под швами [5–7].

Одним из наиболее сложных мест данного типа покрытия является характеристика ремонтпригодности покрытия автомобильной дороги. Это возможность восстанавливать работоспособность с минимальными затратами в минимальное время благодаря проведению эффективных ремонтных работ.

Стратегия повышения ремонтпригодности цементобетонных покрытий строится на недопущении появления дефектов; улучшении качества строительства, уходе за покрытиями дорог; заблаговременной подготовке нужного оборудования, материалов, а также эффективных методов ремонта; использовании прочных и экономичных материалов; проведении экспериментальных исследований в сфере разработки новых конструкций цементобетонных покрытий и их ремонта.

Выбоины обычно обрабатываются выпиливанием или откалыванием ослабленного бетона. Места ремонта подготавливают в виде прямоугольных контуров с отсутствием острых углов. Бурильным молотком производится предварительная обработка участков с повреждением, окончательная — осуществляется обрубочным молотком.

Для осуществления оперативного текущего ремонта автомобильных дорожных покрытий управление автодорог в штате Калифорния (США) использует специальную бетонную смесь Percol на основе полиуретана. В основе технологии ее применения лежит отсутствие предварительной обработки при заполнении выбоины на покрытии однородным каменным материалом и подача его по специальному шлангу под давлением [8].

Анализ подобных решений при ремонте покрытий показал, что хотя существует их большое разнообразие, но систематизация методов использования разных синтетических материалов для разных видов разрушений и их оценка эффективности отсутствуют, следовательно являются одной из важнейших задач исследований.

Имеется также опыт заполнения пустот под покрытием с помощью нагнетания коллоидного цементного раствора, который состоит из цемента, золы-уноса и воды, сквозь пробуренные в дорожном покрытии отверстия диаметром 2,54 см. Для приготовления цементного раствора, а также заполнения им пустот применяется специальная передвижная установка. Отверстия дорожного покрытия высверливают с использованием дрели по обеим сторонам поперечного шва либо у кромки. Как только пустоты заполнены, отверстия заделывают песчано-цементным раствором.

Однако, как показал опыт эксплуатации цементобетонного покрытия на дороге Москва — Нижний Новгород, выполненный сотрудниками кафедры АДМТ СПбГАСУ, возникновение пустот под покрытием является следствием неудачного конструктивного решения, а заполнение пустот — временное мероприятие, так как пустоты вновь развиваются от недостаточной динамической устойчивости конструкции.

При ремонте швов в первую очередь осуществляется их очистка, которая производится специальными машинами, а также в швы вводятся жидкие заполнители либо заполнители, содержащие кремний. Еще выполняют ремонт кромок швов, подъем плит, нагнетание раствора под плиты, полную либо частичную замену плит. Кромки поврежденных швов ремонтируют обработанным органическим вяжущим материалом и модифицированной смесью бетона либо специальным материалом. Для заполнения швов разработаны материалы, обладающие упругими свойствами, с целью прочного присоединения к бетону, являющиеся достаточно тугоплавкими летом и нехрупкими зимой¹.

В Японии используется способ ремонта швов укладкой быстротвердеющего цементного раствора либо же бетонной смеси, содержащих стальную нить.

Компания Хурех Chemical France (Франция) разработала материал Хурех для ремонта швов, в состав которого входят портландцемент, известь, кремниевый песок, а также органические вещества [9].

¹ Методические рекомендации по ремонту цементобетонных покрытий автомобильных дорог. М., 2003. URL: <http://www.gosthelp.ru/text/Metodicheskierekomendacii27.html> (дата обращения: 25.11.2017).

Большинство специалистов-дорожников в настоящее время считают, что главный недостаток цементобетонных покрытий — их ремонт, а также особенность и сложность восстановления слоя поверхности, что и сдерживает широкое применение этого типа покрытий в строительстве дорог в России [10, 11].

Ремонтопригодность конструкции следует рассматривать с позиции надежности ее работы и оценивать по параметрам пригодности к эксплуатации, собственно надежности и сохранности ее основных составных частей.

Пригодность определяется качеством разработанного конструктивного решения дорожной одежды, потенциально обеспечивающего минимальное количество видов остаточных деформаций и их величин при минимальном количестве затрат времени на приведение покрытия в нормативное состояние.

Расчет собственно надежности должен обеспечить сохранение пригодности в течение проектного срока службы покрытия, ее долговечность; сохранность определяется минимальными затратами на ремонт в течение проектного срока службы.

Следует отметить, что применяемые конструктивно-технологические решения бетонных покрытий обладают недостаточной ремонтопригодностью и требуют совершенствования, поскольку:

- плиты покрытия работают на неблагоприятные для бетона растягивающие напряжения при изгибе, резко увеличивающие трещинообразование;
- в ходе эксплуатации покрытия меняется контакт подошвы плит с основанием, что снижает трещиностойкость и демпферные качества и увеличивает динамику колебаний;
- используемые швы на покрытии выполняют только часть функций — компенсацию удлинений от изменений температуры и передачу нагрузки с плиты на плиту и не предназначены для регулирования напряженно-деформированного состояния по площади покрытия;
- принятые размеры и формы плит не согласуются с характером воздействия транспортной нагрузки и природно-климатических факторов, создавая неоднородное (шов — плита — шов)

напряженно-деформированное состояние от прохождения колес автомобиля.

Вышеуказанные дефекты конструктивно-технологических решений применяемых типов бетонных покрытий способствуют возникновению и интенсивному развитию разнородных групп остаточных деформаций и разрушений, снижая ремонтпригодность покрытия [3].

Следует осуществлять детальное обследование бетонных дорог с целью своевременного исправления мелких дефектов, чему не уделяется достаточного внимания, как и уходу за швами, в связи с этим состояние дорог хуже, чем могло бы быть, а это влияет на срок их службы. Также есть мнение отдельных специалистов о том, что невозможно качественно ремонтировать, а также восстанавливать бетонное полотно.

В настоящее время накоплен положительный опыт длительной эксплуатации цементобетонных покрытий при различных климатических условиях благодаря проведению своевременных восстановительных ремонтов. Примерный срок службы этого типа покрытия в США, Германии а также других промышленно развитых странах около 26 лет. Мировая практика дает возможность широко применять высококачественные ремонтные и герметизирующие материалы, новые технологии ремонта, высокопроизводительные машины и механизмы [13].

Анализ многочисленных видов остаточных деформаций и разрушений во время эксплуатации цементобетонных покрытий показывает, что одной из причин их возникновения и развития являются конструктивно-технологические дефекты самого покрытия, разработанного почти сто лет назад и не учитывающего современные условия эксплуатации тяжелого, скоростного, динамичного, интенсивного движения в меняющихся природно-климатических условиях.

Сама расчетная модель игнорирует причины и характер возникновения дефектов, когда отдельно рассчитывается напряженно-деформированное состояние самой плиты без учета характеристик швов, являющихся регуляторами напряженно-деформированного состояния покрытия.

Возрождение широкого строительства и эффективного использования современных цементобетонных покрытий, по нашему мнению,

следует осуществлять на основе совершенствования методики расчета на вероятностной основе, предусматривающей учет характеристик обеспечения ремонтпригодности покрытия, обеспечивающих снижение видов и количества дефектов, влияющих на ровность и безопасность движения.

Внедрив современные способы ремонта, можно значительно увеличить срок службы цементобетонных покрытий, а также повысить эффективность их эксплуатации на дорогах России с достаточно тяжелым и интенсивным движением.

Библиографический список

1. Ремонт и содержание автомобильных дорог. Справочная энциклопедия дорожника / под ред. А. П. Васильева. М.: Информавтодор, 2004. 507 с.
2. Ушаков В. В. Ремонт цементобетонных покрытий автомобильных дорог. М.: Информавтодор, 2002. 40 с.
3. Смирнов А. В., Александров А. С. Механика дорожных конструкций. Омск: СибАДИ, 2009. 211 с.
4. Невский С. Д. Прогнозирование разрушений монолитных бетонных покрытий // Автомобильные дороги. 1988. № 7. С. 10–11.
5. Семенов В. А. Качество и однородность автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1989. 125 с.
6. General approach to assessing defective places and repair of rigid road clothes // Transp. Res. Rec. 1987. № 1109. Pp. 11–17.
7. Носов В. П. Цементобетонные покрытия автомобильных дорог. Прогнозирование повреждений на основе математического моделирования. М.: МАДИ, 2013. 228 с.
8. Ремонт цементобетонных покрытий // Автомобильные дороги: Зарубежный опыт: Экспресс-информация / ЦБНТИ Минавтодора РСФСР. 1987. Вып. 4. С. 4–5.
9. Маргайлик Е. Ремонт цементобетонных покрытий дорог в США и странах Европы // Строительство и недвижимость. URL: <http://www.nestor.minsk.by/sn/1998/23/sn82326.htm> (дата обращения: 25.11.2017).
10. Problems of restoration of concrete coatings // Public Works. 1987. Vol. 118. № 8. Pp. 75–77.
11. Носов В. П. Основные проблемы применения цементобетонных покрытий на автомобильных дорогах России. URL: <http://docplayer.ru/39809189-Osnovnye-problemy-primeneniya-cementobetonnyh-pokrytiy-na-avtomobilnyh-dorogah-rossii.html> (дата обращения: 25.11.2017).
12. Рвачев А. Н. Характерные дефекты цементобетонных покрытий автомобильных дорог и аэро-

дромов // Труды СоюзДорНИИ: Применение новых материалов и побочных продуктов промышленности в технологии применения дорожного бетона. М.: СоюзДорНИИ, 1989. С. 147–154.

13. Апестин В. К., Стрижевский А. М. Новые нормы межремонтных сроков службы дорожных одежд и покрытий // Наука и техника в дорожной отрасли. 2008. № 2. С. 6–9.

14. Ушаков В. В., Ольховиков В. М. Строительство автомобильных дорог. М.: КноРус, 2014. 572 с.

References

1. *Remont i sodержanie avtomobil'nykh dorog. Spravochnayaehntsiklopediya dorozhnika* [Repair and maintenance of highways. Reference encyclopedia for the road builder]. Ed. by Vasil'ev A. P. Moscow, Informavtodor Publ., 2004, 507 p.
2. Ushakov V. V. *Remont tsementobetonnykh pokrytiy avtomobil'nykh dorog* [Repair of cement-concrete coverings of highways]. Moscow, Informavtodor Publ., 2002, 40 p.
3. Smirnov A. V., Aleksandrov A. S. *Mekhanika dorozhnykh konstruksiy*. [Mechanics of road designs]. Omsk, SibADI Publ., 2009, 211 p.
4. Nevskiy S. D. *Prognozirovanie razrusheniy monolitnykh betonnykh pokrytiy* [Forecasting of destructions of monolithic concrete pavement]. *Avtomobil'nye dorogi – Highways*, 1988, no. 7, pp. 10–11.
5. Semenov V. A. *Kachestvo i odnorodnost' avtomobil'nykh dorog* [Quality and uniformity of highways]. Moscow, Transport Publ., 1989, 125 p.
6. *Obshchiy podkhod k opredeleniyu defektnykh mest i remontu zhestkikh dorozhnykh odezhd* [General approach to assessing defective places and repair of rigid road clothes]. *Transp. Res. Rec.*, 1987, 1109, pp. 11–17.
7. Nosov V. P. *Tsementobetonnye pokrytiya avtomobil'nykh dorog. Prognozirovanie povrezhdeniy na osnove matematicheskogomodelirovaniya*. [Cement-concrete coverings of highways. Forecasting of damages on the basis of mathematic simulation]. Moscow, MADI Publ., 2013, 228 p.
8. *Remont tsementobetonnykh pokrytiy* [Repair of cement-concrete coverings]. *Avtomobil'nye dorogi: Zarubezhnyy opyt: Ehkspress-informatsiya* [Highways: Foreign experience: Express information]. TsBNTI Minavtodora RSFSR Publ., 1987, iss. 4, pp. 4–5.
9. Margaylik E. *Remont tsementobetonnykh pokrytiy dorog v SShA i stranakh Evropy* [Repair of cement-concrete coverings of roads to the USA and countries of Europe]. *Stroitel'stvo i nedvizhimost* [Construction and real estate]. Available at: <http://www.nestor.minsk.by/sn/1998/23/sn82326.htm> (accessed: 25.11.2017).
10. *Problemy vosstanovleniya betonnykh pokrytiy* [Problems of concrete coverings repair]. *Public Works*, 1987, vol.118, no. 8, pp. 75–77.
11. Nosov V. P. *Osnovnye problemy primeneniya tsementobetonnykh pokrytiy na avtomobil'nykh dorogakh Rossii* [Major problems of application of cement-concrete coverings on the highways in the RF]. Available at: <http://docplayer.ru/39809189-Osnovnye-problemy-primeneniya-cementobetonnyh-pokrytiy-na-avtomobilnyh-dorogah-rossii.html> (accessed: 25.11.2017).
12. Rvachev A. N. *Kharakternye defekty tsementobetonnykh pokrytiy avtomobil'nykh dorog i aehrodromov* [Characteristic defects of cement-concrete road clothes of highways and airfields]. *Sb. trudov SoyuzDorNII «Primenenie novykh materialov i pobochnykh produktov promyshlennosti v tekhnologii primeneniya dorozhnogo betona»* [Coll. of works SoyuzDorNII "Application of new materials and by-products in technology of using concrete at road building"]. Moscow, SoyuzDorNII Publ., 1989, pp. 147–154.
13. Апестин В. К., Стрижевский А. М. *Novye normy mezhremontnykh srokov sluzhby dorozhnykh odezhd i pokrytiy* [New norms of reserve maintenance periods of service of road clothes and pavements]. *Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli – Science and technology in the road industry*, 2008, no. 2, pp. 6–9.
14. Ushakov V. V., Ol'khovikov V. M. *Stroitel'stvo avtomobil'nykh dorog*. [Construction of highways]. Moscow, KnoRus Publ., 2014, 572 p.