

УДК 624.011.78:620.178;3

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ
ЭЛЕМЕНТОВ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ ГОРОДСКИХ
ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ Г. ЛИПЕЦКА

¹Стородубцева Т.Н., ²Бондарев Б.А., ¹Арапов К.В.

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Воронежский государственный
лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»

²Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Липецкий
государственный технический университет»

Email: tamara-tns@yandex.ru

Аннотация: В статье рассмотрена работа дорожных покрытий на городских мостах и путепроводах, поэтому остановимся подробнее на этом конструктивном элементе проезжей части городских транспортных сооружений; дефекты конструкций проезжей части, возникающие в наиболее уязвимых местах: в покрытии проезжей части, системе гидроизоляции – водоотводе, деформационных швах, въездных приспособлениях, плите проезжей части, тротуарах, ограждениях.

Ключевые слова: дорожные покрытия, транспортные сооружения, мосты, путепроводы.

RESEARCH OF STRUCTURAL FEATURES OF ELEMENTS OF
ROADS OF CITY TRANSPORT STRUCTURES OF LIPETSK

¹Storodubtseva T.N., ²Bondarev B.A., ¹Arapov K.V.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

¹«Voronezh State Forestry University. G.F. Morozova»

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

²«Lipetsk State Technical University»

Email: tamara-tns@yandex.ru

Summary: The article discusses the work of road surfaces on city bridges and overpasses, so we dwell in more detail on this structural element of the roadway of urban transport structures; structural defects of the carriageway that occur in the most vulnerable places: in the coating of the carriageway, the waterproofing system – drainage, expansion joints, entry devices, the carriageway slab, sidewalks, fences.

Keywords: road surfaces, transport facilities, bridges, overpasses.

Мост, путепровод и другие городские транспортные сооружения состоят из трех основных частей: опор, пролетных строений и проезжей части. Проезжую часть составляют конструкции, служащие для размещения на мосту движущихся транспортных средств, безопасного плавного их проезда, передвижения пешеходов и защищающие все сооружения от воздействия внешней среды, а именно: плиту проезжей части, систему гидроизоляции – водоотвод, деформационные швы, въездные приспособления, дорожную одежду, тротуары и перила, барьеры безопасности, конструкции освещения и контактной сети автотранспорта, приспособления для укладки и сохранности инженерных коммуникаций, конструкции распределения полос движения, дорожные знаки [1-4].

Конструктивные и эксплуатационные особенности элементов проезжей части городских транспортных сооружений недостаточно исследованы. Кроме того, значительное количество мостов и путепроводов г. Липецка, построенных в 50-80 гг., имеет практически полностью изношенную проезжую часть.

Дефекты конструкций проезжей части в большинстве случаев носят типичный характер и возникают в наиболее уязвимых местах: в покрытии проезжей части, системе гидроизоляции – водоотводе, деформационных швах, въездных приспособлениях, плите проезжей части, тротуарах, ограждениях [5-8].

Рассматривая эту тему, нас в первую очередь интересовала работа дорожных покрытий на городских мостах и путепроводах, поэтому остановимся подробнее на этом конструктивном элементе проезжей части городских транспортных сооружений.

Требования к конструкции дорожной одежды на мостах и путепроводах.

Покрытие автодорожного моста и путепровода должно обеспечить плавный безопасный проезд автомобиля по сооружению.

Воспринимая непосредственное воздействие нагрузки, верхний слой дорожной одежды является рабочим органом сооружения и подвергается наибольшему механическому износу и старению. Кроме того, покрытие моста подвергается воздействию атмосферных осадков. От своевременной уборки и герметичности одежды зависят эксплуатационные свойства всего сооружения и его долговечность. Этими функциями и условиями среды, в которой работает дорожная одежда, определяются эксплуатационно-конструктивные требования, предъявляемые к ней.

В действующих нормах проектирования вид покрытия на мосту обуславливается типом дорожной одежды, принятым на дороге (на подходах), что

является, пожалуй, единственной рекомендацией в регламентирующей проектирование литературе [1]. В основном требования к покрытию на мосту совпадают с требованиями для автомобильных дорог [1, 9, 10]. Прежде чем приступить к выяснению специфических условий работы дорожной одежды на мостах, рассмотрим требования к покрытиям вообще. Покрытия должны обладать следующими свойствами: а) достаточной ровностью и плавностью продольного и поперечного профиля; б) высокой износостойкостью, достаточной шероховатостью и стойкостью к погодным условиям; в) долговечностью, равной сроку службы всего комплекса проезжей части; г) оптимальными оптическими свойствами.

Добиться совокупности этих свойств довольно сложно. Следует отметить, что срок службы покрытий за последнее десятилетие существенно снизился.

Неровность покрытия нормируется допустимым просветом под трехметровой рейкой. Отличной ровности соответствует ровность, когда в 95 % промеров просветы не превышают 3 мм и только в 1 % случаев могут быть 5-7 мм. Хорошая ровность, когда в 90 % промеров просвет – 3 мм, а в 2 % – 5-8 мм; удовлетворительная ровность 85 % промеров – просветы до 3 мм, а в 5 % – 5-10 мм. Количество промеров – 5.

Алгебраическая разность уклонов стыкуемых плоскостей покрытия с целью достижения необходимой плавности продольного профиля не должна превышать для покрытия мостов на дорогах I и II категорий – 6 %, для III категории – 9 % и для IV, V – 12 %. Приведенные значения разности уклонов вызывают в подрессорной массе автомобиля только допускаемое ускорение 2,9 м/с, если скорость ее движения не превышает расчетное значение для I-II, III, IV-V категорий соответственно 150; 120-100; 80-60 км/ч.

Этими значениями углов перелома продольного профиля с учетом значений конечных прогибов пролетных строений и осадок насыпи следует руководствоваться как при вертикальной планировке поверхности искусственного сооружения, так и при ее проектировании. Величины единичных неровностей длиной более 80-100 мм вызывают предельные ускорения кузова автомобиля уже тогда, когда в микрорельефе имеются неровности высотой более 10 мм при трапецидальном их очертании, 13 мм при треугольном выступе и трапецидальной впадине и 16 мм при треугольной впадине.

Этими показателями следует пользоваться при оценке ровности покры-

тия сооружения в зоне швов.

Износостойкость покрытия – сопротивление слоя образованию углублений в местах наиболее интенсивного прохода колес автомобиля – определяется различными факторами:

1) нагрузкой на ось автомобиля и количеством торможений и разгонов автомобилей, особенно на кривых участках;

2) свойствами асфальтобетонной смеси – величиной внутреннего трения, когезией и вязкостью;

3) устойчивостью покрытия, которая тем больше, чем выше содержание щебня, особенно крупных фракций, а его полируемость ниже. Следует также применять материал с низкой пористостью.

Если первая группа факторов может только учитываться при проектировании покрытия, то две остальные должны регулироваться при проектировании этих свойств в соответствии с требованиями первой группы. Последняя группа факторов является определяющей при решении вопросов, связанных с обеспечением надежной сцепляемости покрытия с колесами автомобиля, т. е. шероховатостью покрытия. Оценивается она коэффициентом сцепления, величина которого на мостах должна быть не ниже 0,6-0,5. Чем выше шероховатость, тем оптимальнее оптические свойства покрытия – меньше его светоотражающая способность.

Долговечность покрытия зависит от износостойкости, оптимального водно-теплового режима, работы всей дорожной одежды, от скорости сброса поверхностной влаги.

Величина поперечного уклона зависит от степени плотности покрытия, его пористости. Известно, что покрытие на мосту должно быть по возможности более плотным, что способствует повышению его долговечности. Однако есть утверждение о газоносности плотной смеси, в которой развивается высокое давление шаров заземленной воды. Этот вопрос, однако, решается постановкой пароотводных трубок.

Сложность заключается в другом. Практически всегда покрытие укладывается из пористых или микропористых материалов, укладка абсолютно плотного для проникновения воды материала невозможна. Эти поры растут, в них заземляется вода и пленочная влага, что при замораживании расшатывает структуру покрытия. Пористое покрытие, наоборот способствует дренированию воды к водосбросным приспособлениям. Но в этом случае необходимо

ускорить сброс воды с покрытия для предотвращения набухания материала дорожной одежды, что можно достичь устройством поверхностной обработки или увеличением поперечного уклона моста. Необходимо также тщательно следить за соблюдением технологии укладки покрытия [1].

По условиям обеспечения водосброса с покрытия величина поперечного уклона должна быть 1,5-2,0 % для покрытия из цементобетона и мелкозернистого асфальтобетона и 2,0-3,5 % для крупнозернистого асфальтобетона, щебеночных покрытий.

К требованиям, предъявляемым к ровности покрытий, следует отнести требование обеспечения быстрого стока воды с его поверхности. Обычно на покрытии моста после прохода поливочно-моечной машины остаются лужи воды, что недопустимо при наличии поперечных достаточных уклонов на мосту. Максимальное допустимое отклонение, т. е. глубина блюдца, должна быть такой, чтобы отметка нижнего края блюдца не была большей, чем дно блюдца. При укладке асфальтобетона следует также обеспечивать лотковый эффект по линии, проведенной между водосбросными трубками у бордюров локальными уклонами не менее 5 %.

Как уже отмечалось, условия сцепления колеса автомобиля с покрытием не допускают укладки верхнего слоя из мелкозернистого асфальтобетона, если не устраивается шероховатая поверхность обработки. Объясняется это также и тем, что в зимнее время снег и лед на мостах убираются только механически, т. е. не полностью, что может привести к образованию сплошной корки льда. Все это и обуславливает необходимость шероховатой поверхности дорожной одежды с выступающими надо льдом отдельными щебнями.

Особенности работы покрытий на городских транспортных сооружениях.

Работа покрытий на мостах и путепроводах отличается рядом особенностей, отличающих их работу от покрытий улиц и дорог. Приведем специфические условия работы покрытия мостов:

- 1) более высокая интенсивность движения, обуславливаемая сходимостью транспортных потоков к мосту;
- 2) концентрация тяжелого грузового движения на расстоянии 0,8-2,5 м от кромки проезжей части (в связи с запрещением обгона для грузового транспорта на мостах), что приводит к образованию колеи в пределах указанных полос;
- 3) высокая плотность движения, вызывающая возможность более частых опасных ситуаций, частых торможений и ускорений многих автомобилей. Это

приводит к образованию больших сдвиговых деформаций;

4) более интенсивное изменение температуры асфальтобетонного слоя. Это обусловлено большей обдуваемостью моста и тем, что этот слой укладывается непосредственно на металлические или бетонные конструкции, менее теплоемкие и более теплопроводные. Таким образом, ввиду отсутствия демпфирующего эффекта земляного полотна температура слоя асфальтобетона будет практически тесно связана с температурой воздуха, т. е. скорость изменения этой температуры будет больше и интенсивность образования температурных напряжений выше. Летом асфальтобетонное покрытие на мостах может иметь температуру в два раза и более превышающую температуру воздуха. Наблюдаемое при этом размягчение покрытия будет тем больше, чем выше содержание свободного битума в асфальтобетоне.

При наличии тормозных усилий от транспорта это приводит к интенсивному образованию деформаций в виде волн, сдвигов, наплывов;

5) работа асфальтобетона переменна то на сжатие, то на растяжение с изгибом вызывается колебаниями моста со значительной амплитудой, достигающей иногда до 15 см, или вибрацией покрытия от одновременного прохода различных транспортных нагрузок по обеим полосам движения; все эти факторы могут ускорить разрушение покрытия;

6) ускоренное старение асфальтобетонного покрытия, вызванное частым и интенсивным его нагревом и охлаждением, усугубляется значительным проветриванием моста, что приводит к более интенсивным окислительным процессам битума, к его старению и повышению вязкости;

7) ухудшение условий стока воды с поверхности покрытия, так как зачастую вода должна удаляться только в продольном направлении (из-за наличия бордюра), чему иногда препятствуют имеющиеся деформации покрытия и неисправности системы водоотвода. Это способствует инфильтрации воды в толщу асфальтобетона, разрушению его структуры и отслоению слоя от основания;

8) ударные нагрузки в швах, расположенных над стыками пролетных строений;

9) наличие зон с различной жесткостью по длине моста – опорные и пролетные участки и стык моста с подходами;

10) покрытие на мостах располагается на водоупорном слое гидроизоляции или на лежащем над ним защитном слое железобетона. Поскольку свобод-

ный уход воды из-под покрытия затруднен, происходит ее накопление под покрытием. Эта многослойность приводит к увеличению веса покрытия и к большей степени уязвимости дорожной одежды в целом;

11) покрытие на мосту располагается на плите проезжей части, изготовленной чаще всего из материала с другими свойствами. В первую очередь, отрицательно сказывается на работе покрытия меньший коэффициент линейного расширения плиты. Так, для асфальтобетона при отрицательных температурах α принимает $3,5 \cdot 10^{-5}$, а для металла или железобетона $\alpha = 1 \cdot 10^{-5}$. На цементобетонное покрытие отрицательно влияет также неравномерность прогрева дорожной одежды и плиты пролетного строения. Этими факторами обусловлено растрескивание покрытия, особенно в осенне-весенний период;

12) еще более усложняется работа покрытия, расположенного на металлической ортотропной плите. Гладкая, скользкая поверхность плиты, имеющая неодинаковую деформативность над ребрами и в панели, обладает меньшей теплоемкостью, чем другие плиты, и более других подвержена коррозии. Поперечная деформативность плиты больше, чем у железобетонных;

13) вибрация трамвайного пути приводит к растрескиванию асфальтобетонного слоя, примыкающего к рельсам.

Весь опыт обследований мостов и путепроводов свидетельствует о том, что одним из наиболее уязвимых элементов в конструкции проезжей части является система «гидроизоляция – водоотвод», выполненная в ряде случаев со значительными отступлениями от проекта, с нарушением технологии производства работ и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Лившиц, Я. Д. Автодорожные мосты (проезжая часть) [Текст] / Я. Д. Лившиц, Д. Ю. Виноградский, Ю. Д. Руденко. – Киев : Будивельник, 1980. – 159 с.

2 Набоков В. Д., Бондарев Б. А., Осокина В. В., Татаринев А. Б., Чермашенцев А. П. Исследование работы мостовых конструкций после длительной эксплуатации [Текст] // Автомобильные дороги. – 1986. – № 10. – С. 8-10.

3 Стородубцева, Т. Н. Анализ верхнего покрытия автомобильных дорог Воронежа и Воронежской области [Текст] / Т. Н. Стородубцева, А. А.

Аксомитный, К. Е. Брускова // Современные инновации в науке и технике : материалы 3 международной научно-практической конференции, 17 апреля 2013 года / отв. ред. А. А. Горохов ; Юго-Западный государственный университет. – Курск, 2013. – С. 181-185.

4 Бондарев Б. А., Борков П. В., Сапрыкин Р. Ю., Бондарев А. Б. Древесно-стекловолокнистый композитный материал для элементов конструкций трамвайных путей [Текст] // Фундаментальные поисковые и прикладные исследование РААСИ по научному обеспечению развитию архитектуры, градостроительства и строит. Российской Федерации в 2015 г. Сб. научных трудов. – М. : Изд-во в АСВ, 2016. – С. 450-454.

5 Микульский, В. Г. Строительные материалы : (Материаловедение. Строительные материалы) [Текст] : учеб. издание / В. Г. Микульский, В. Н. Куприянов, Г. П. Сахаров и др. – М. : Изд-во АСВ, 2004.– 536 с.

6 Рыбьев, И. А. Общий курс строительных материалов [Текст] : учеб. пособие для строит. спец. вузов / И. А. Рыбьев [и др.] – М. : Высш. шк., 1987. – 584 с.

7 Справочник конструктора-строителя [Текст] / Н. А. Рохлин [и др.]. – Киев, 1963 – 816 с.

8 Гук, Г. В. Полимерцементный бетон в автодорожном строительстве / Г. В. Гук. – Львов : Свит, 1990. – 96 с.

9 Беляев, В. Е. Прочность и деформативность сталепластбетонных балок и плит при длительном действии постоянной нагрузки [Текст] / В. Е. Беляев, М. И. Кобелев, В. А. Ломухин // Бетон и железобетон. – 1968. – № 7. – С. 23-24.

10 Москвитин, В. В. Циклические нагрузки элементов конструкций [Текст] / В. В. Москвитин. – М. : Наука, 1981. – 344 с.