

**Т.П. Литвиненко, Л.В. Смилянец**

Полтавский национальный технический  
университет им. Юрия Кондратюка, Полтава, Украина

## **ДОРОЖНЫЕ ПОКРЫТИЯ, КОТОРЫЕ МОГУТ ПРИМЕНЯТЬСЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВЕЛОСИПЕДНЫХ ДОРОЖЕК**

Рассмотрены типы покрытия велосипедных дорожек и способы их устройства. Проанализирован зарубежный опыт строительства и реконструкции велосипедных дорожек. Выявлены основные типы дорожных покрытий, которые могут применяться для создания велосипедных дорожек. Сформулированы факторы, влияющие на выбор типа покрытия.

**Ключевые слова:** велосипедная инфраструктура, индивидуальные экологичные транспортные средства, дорожное покрытие, велосипедная дорожка.

**T.P. Litvinenko, L.V. Smilyanets**

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava, Ukraine

## **ROAD SURFACES THAT MAY APPLY FOR BIKE LANES**

This article is devoted to types of coverage bicycle lanes and a process for their devices. Analyzed the international experience of construction and reconstruction of bicycle paths. The basic types of road surfaces, which can be used to build bike paths. Formulated factors influencing the choice of the type of coverage.

**Keywords:** cycling infrastructure, personal eco-friendly vehicles, pavement, cycle track.

Анализ истории планировки населенных пунктов в контексте развития транспортных средств [1] показывает, что закономерным этапом развития после периода автомобилизации является период поиска новых, индивидуальных экологически чистых видов транспорта [2] и перепланировки улично-дорожной сети [3] для обеспечения комфортных условий движения таких транспортных средств.

Наиболее распространенным видом индивидуального экологичного транспорта является велосипед. Создание велосипедной инфраструктуры решает многие проблемы современного населенного пункта [4, 5] и обеспечивает его готовность к будущему прогрессу в сфере транспортных средств [6]. Одним из важнейших средств обеспечения комфортного движения на велосипеде является качественное покрытие велосипедных дорожек и полос движения. Рассмотрим, какие материалы используются для покрытия велосипедных дорожек.

**Асфальтобетон.** Является распространенным типом покрытия велодорожек. Его применяют как удобный, проверенный материал, технология покрытия которым удобна и привычна для дорожников. Процесс изготовления асфальтобетона налажен почти во всех странах мира, поскольку именно из него создаются покрытия большинства автомобильных дорог.

В странах Европы все чаще применяются покрытия из *цветного асфальтобетона*, которые во многих случаях повышают безопасность движения велосипедистов и улучшают внешний вид велодорожек (рис. 1).



Рис. 1. Велодорожки с покрытием из цветного асфальтобетона

Цветной асфальтобетон является разновидностью горячего асфальтобетона и имеет разнообразную окраску. Для его изготовления применяют цветной щебень и различные пигменты. При получении цветных асфальтобетонов используют *минимальное содержание битума*, поскольку толстые слои битума на минеральных частицах придают смеси темный цвет. Для получения цветных асфальтобетонов применяют проясненные или синтетические битумы. Содержание компонентов в составе смеси определяется лабораторным путем.

В различных странах используют разные способы приготовления цветного асфальтобетона с применением разнообразных материалов.

В Китае, например, в качестве вяжущего для асфальтобетона, который укладывают на велодорожки, используют *смолу* – остаток от перегонки смолистых веществ. К смоле добавляют *тунговое масло* – вещество, получаемое при нагревании тунговой древесины. Смола в сочетании с тунговым маслом представляет собой прозрачное вязкое вещество, которое хорошо поддается окраске.

Дорожный научно-исследовательский институт в Софии (Болгария) разработал составы цветного асфальтобетона ярких расцветок: красного, розового, желтого и голубого. Мраморная часть такого бетона

состоит из белой *мраморной или известняковой крошки* размером до 5 мм и *мраморного или известнякового минерального порошка* – в случае недостатка этих фракций в мраморной крошке. Минеральные материалы по свойствам соответствуют требованиям, предъявляемым к подобным материалам для обычного асфальтобетона. Как вяжущее вещество применяется смесь *полиэфирной смолы* и минерального терпентина или петрола. Пигменты применяются сухие, тщательно измельченные: берлинская лазурь, цинковые белила, литопон, железооксидная красная или желтая краски. Цветную асфальтобетонную смесь укладывают в верхний слой дорожного покрытия толщиной 1,5–2,5 см в уплотненном состоянии на обычную асфальтобетонную смесь нижнего слоя покрытия дорожной одежды. Уплотняют цветную смесь по такой же технологии, как и обычные асфальтобетонные смеси. Длительное воздействие воды не вызывает изменения цвета асфальтобетона.

В ФРГ известны случаи приготовления цветного асфальтобетона с применением обычных битумов в минимально возможном количестве, при увеличенном количестве *порошкообразного пигмента*. Таким образом достигается возможность получения цветной смеси. Для обеспечения необходимой прочности недостаток битума компенсируют введением *поверхностно-активных веществ*. В ФРГ также применяется белый асфальтобетон из *белой термопластической массы* с объемным весом 2,35 г/см<sup>3</sup>, доставляемый на место укладки в виде рыхлой смеси, нагретой до температуры 175 °С. Такая смесь, состоящая из смол, известняковой крошки, минерального порошка и пигмента, в рыхлом состоянии отличается значительной подвижностью подобно холодному асфальтобетону, а по консистенции похожа на литой асфальтобетон. Дорожное покрытие, устроенное из белой асфальтобетонной смеси, имеет гладкую поверхность и хорошо очищается от пыли и грязи.

В Англии цветной литой асфальтобетон изготавливают из *искусственного песка, минерального порошка, пигментов и вяжущего*. Искусственный песок получают из крошки крепких каменных пород. В качестве минерального порошка применяется молотый известняк с содержанием частиц менее 0,075 мм в количестве 55–60 %. Используются пигменты красные и красно-коричневые, представляющие собой порошкообразные оксиды металлов. В качестве вяжущего применяют смесь очищенного тринидадского асфальта и светлого битума.

Группа Shall (США) разработала *синтетический битум Mexphalt*, при помощи которого можно получать асфальтобетонные дорожные покрытия желтого, синего, зеленого, красного, белого, оранжевого и многих

других цветов при добавлении 1 % красящего пигмента или без пигмента за счет использования естественного цвета заполнителей. В тонкой пленке синтетический битум является почти прозрачным. Он имеет такие же механические и реологические свойства, как обычный черный битум, и отличается высокой прочностью сцепления с минеральными материалами. Синтетический битум выпускается различных марок по вязкости от 180/200 до 20/30. На его основе разработаны эмульсии, мастики и асфальтобетонные смеси.

Другим способом сделать асфальт цветным является покрытие уже уложенного слоя асфальта *специальными эмульсиями*.

Например, в Европе широко применяют *акриловые эмульсии, усиленные специальными добавками*, пигментами и инертными веществами (рис. 2, 3). После тщательного уплотнения с такой эмульсией асфальтированная поверхность становится долговечной и нескользкой даже в мокром состоянии.



Рис. 2. Велосипедные дорожки стран Европы, покрытые специальными акриловыми эмульсиями

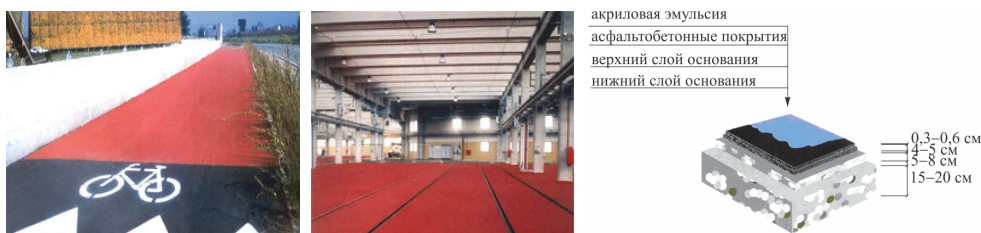


Рис. 3. Покрытие велосипедных дорожек и спортивных площадок компании Casali

**Сборные покрытия** велосипедных дорожек очень распространены в странах Европы (рис. 4). Разнообразные элементы мощения изго-

тавливаются индустриальным способом в заводских условиях и поэтому являются дешевым материалом для покрытия дорожек и площадок.

Для устройства сборных покрытий велосипедных дорожек и тротуаров в больших и малых городах стран Европы и Северной Америки применяется целый ряд элементов, различных по форме, размерам и цвету. Такие элементы могут изготавливаться из *цементного и силикатного бетонов, стеклошлакобетона, керамики и литых шлаков*.

В Голландии налажено производство плиток желтого, красного, синего и белого цветов, применяемых именно для устройства велосипедных дорожек. Важной особенностью таких плиток является то, что они изготавливаются *двухслойными*. Верхний слой выполняется из *бетона с базальтовым заполнителем*, нижний – из *цементного бетона с менее прочным заполнителем*. Плитки изготавливаются способом прессования на гидравлических прессах.



Рис. 4. Сборные покрытия из различных элементов мощения

Широкое распространение сборные покрытия велосипедных дорожек получили в Германии. Применяются *бетонные плитки* четырех основных типоразмеров: 30×30, 35×35, 40×40, 50×50 см. Толщина плит колеблется от 4,5 до 7 см. Плиты укладывают на уплотненную и выровненную основу из гравия или щебня толщиной 8–10 см и выравнивающий слой известкового раствора толщиной 1–3 см.

Большое распространение получили сборные покрытия в городах Болгарии. Основным конструктивным элементом здесь является *цементобетонная плитка* размером 30×30×5 см. Плитки укладываются на тощий бетон толщиной 2–3 см.

Наряду с описанными и широко применяемыми элементами устройства сборных покрытий строительными и дорожными фирмами стран Европы и США предлагается устраивать также покрытия дорожек и тротуаров:

1) из предварительно отштампованных типовых наборов элементов различных форм: квадратов, многоугольников, кругов и других геометрических фигур, объединенных перемычками. В этом случае упрощаются перевозка материалов и производство работ по укладке таких типовых наборов в покрытие. Рисунок тротуаров отвечает современным требованиям архитектуры и эстетики;

2) фигурных бетонных камней, которые представляют собой в плане прямоугольник, одна сторона которого в два раза длиннее другой. Верхняя и нижняя плоскости камня параллельны и не имеют выступов. На боковых гранях камней расположены *фигурные гребни*, с помощью которых осуществляется взаимное сцепление камней при укладке их в дорожное покрытие. Каждый гребень имеет ступенчатый вид без прямых углов, края выступлений скошены под углом 135 или 45°;

3) плиток, выполненных из цементобетона, искусственного камня и других материалов, имеющих на нижней поверхности один или несколько углублений для образования *ребер жесткости* по контуру плитки. При большом количестве углублений нижняя поверхность плитки представляет собой чередование углублений и ребер жесткости, причем толщина внутренних ребер меньше толщины контурных опорных ребер. Углубления достигают  $1/2$ – $2/3$  высоты плитки. Такая конструкция позволяет, не уменьшая прочности плитки, снизить ее массу, облегчить укладываемость дорожного покрытия и перевозку плиток на строительную площадку;

4) плитки *синусоидальной формы*, в основу очертания которой положены два квадрата со стороной 10–12 см. Применение такой плитки повышает устойчивость сборных покрытий и улучшает их внешний вид. Чтобы укладка осуществлялось безошибочно, на короткой стороне плитки впадины и выступы сделаны в два раза меньше, чем на длинной. Кроме того, форма ее такова, что рабочему удобно ее укладывать;

5) облегченных бетонных плиток, в конструкции которых предусмотрены *отверстия*, сквозь которые прорастает трава. Это позволяет снизить массу плит и повысить их устойчивость.

**Покрывтия из монолитного бетона.** Применяют в строительстве в меньшей степени, чем плиточные покрытия. Криволинейные дорожки в садах и парках на небольших участках удобно устраивать из монолитного покрытия такого типа. Из бетона легко создать криволинейные очертания дорожки, изменить ее ширину, добавить необходимую

масштабность пространству путем нанесения по поверхности рисунка. Благодаря этому монолитный бетон нашел широкое применение в комбинированных покрытиях дорожек и площадок. Покрытие из монолита зачастую является связующим элементом между поверхностями с покрытиями из других материалов. Основными недостатками являются трудоемкость производства работ на месте строительства, а также то, что покрытие из монолита, подвергаясь разрушению, сложно ремонтируется, в то время как плиточные, искусственные покрытия легко могут быть заменены и восстановлены.

Однако в России, например, изготавливают *декоративные покрытия, наносимые на бетон*. Полученный декоративный бетон помимо эстетических (рис. 5) обладает еще и прекрасными утилитарными качествами.



Рис. 5. Покрытия из декоративного бетона

В отличие от асфальта и бетонной плитки он устойчив к агрессивной среде, выдерживает перепады температур от  $-50$  до  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , более 300 циклов замораживания-оттаивания, не скользит под колесами, не выцветает со временем. Декоративный бетон представляет собой смесь устойчивых пигментов, вяжущего и молотого наполнителя из кварцевого песка или гранита. Благодаря дисперсности смеси повышается плотность бетона. Такие бетоны используют для устройства садово-парковых и велосипедных дорожек, спортивных площадок и т.п.

***Покрытия на основе полимеров.*** Разные фирмы по всей Европе предлагают устройства полимербетонных декоративно-защитных дорожных покрытий *Imprint* по технологии патентообладателя фирмы Prismo (Англия). *Imprint* – материал горячего применения, выполняет функции декоративного износостойкого дорожного покрытия. Он представляет собой модифицированную полимерами *синтетическую битумную основу, армированную металлической и стеклянной фиброй* с включением резиновых и гранитных заполнителей.



С помощью специально разработанных пресс-форм после нанесения покрытия ему можно придать вид кирпичной кладки, кругляка, плитки, гранита и т.п. (рис. 6).



Рис. 6. Технология устройства покрытия Imprint

Технология устройства такого покрытия предусматривает:

1) очистку рабочей поверхности и сушку газовой горелкой под высоким давлением;

2) нагрев материала до температуры 190–220 °С;

3) нанесение покрытия на рабочую поверхность. Разогретая смесь заливается в заранее подготовленную опалубку и разравнивается с обеспечением заданной толщины слоя (1–2,5 см);

4) нанесение рисунка. Перед тем как материал окончательно полимеризуется и затвердеет, на нанесенный слой наносят кварцевый песок (расход 8–10 кг/м<sup>2</sup>) и сразу после этого на поверхности покрытия делаются различные отпечатки с помощью специально изготовленных пресс-форм. После затвердевания покрытия лишний песок сметается.

Открытие движения транспорта и пешеходов по устроенному покрытию возможно через 45 мин после укладки (после застывания смеси).

Покрытие можно наносить на любую поверхность из металла, дерева, бетона без удаления старого покрытия, и оно практически не требует специальной подготовки рабочей поверхности, сглаживает все неровности основания и не требует нанесения дополнительного выравнивающего слоя.

Фирма CRAFCO (США) разрабатывает *цветные антискользящие покрытия* HFS, в состав которых входит модифицированная эпоксидная смола с отвердителем, колорирующий компонент и высокопрочный каменный материал определенной фракции различной цветовой гаммы.

Вяжущее наносится вручную или механическим способом на различные виды поверхностей: асфальтобетонные или цементобетон-



ные покрытия, деревянные или металлические поверхности. Нанесенное покрытие HFS (рис. 7) создает уникальный слой или подслоя, обеспечивающий цветовое выделение определенных зон и участков на дорожных покрытиях. При движении транспорта и других механических воздействиях каменный материал не подвергается разрушению и почти не изнашивается. Покрытие HFS устойчиво к воздействию антигололедных реагентов, топлива и масел.



Рис. 7. Покрытия HFS

Интересно изобретение российских дорожников, которые решили использовать резиновую крошку, не нашедшую применения для строительства автодорог, при строительстве велодорожек. Введение ее в асфальтобетон, во-первых, повышает устойчивость покрытия к резким колебаниям температуры в осенне-весенний период и обеспечивает хорошее сцепление, а во-вторых, значительно снижает стоимость прокладывания велодорожки и помогает рационально утилизировать отходы резины и автошин.

**Природные покрытия.** Покрытие велодорожек в садах и парках, на городских улицах и площадях из природного камня (рис. 8) – один из древнейших видов покрытий. Этот декоративный и недорогой тип покрытий применяется в городах и поселках Европы и Америки, особенно в местностях, где ведутся разработки каменной породы.

Покрытия *из камня* могут быть чрезвычайно разнообразны по фактуре поверхности, рисунку, цвету и форме.

Самым дешевым остается устройство велосипедных дорожек с *грунтовым покрытием*. Применение *мягкого гравия, щебня, песка* и других почвенных материалов требует особенно тщательного уплотнения и профилирования [7]. Для обеспечения своевременного водоотвода нужно увеличивать значение продольных и поперечных уклонов на таких дорожках.



Рис. 8. Грунтовые велодорожки в парковых зонах

Итак, наиболее распространенными типами покрытия велосипедных дорожек являются: асфальтобетоны, цветные асфальтобетоны и асфальтобетоны, покрытые специальными эмульсиями; сборные покрытия; покрытия из монолитного бетона; покрытия на основе полимеров и покрытия из природных материалов.

Выбор типа покрытия в каждом конкретном случае должен быть индивидуальным. При выборе типа покрытия следует учитывать целый ряд факторов:

- факторы, влияющие на выбор типа покрытия велосипедной дорожки;
- месторасположение дорожки;
- ее функциональное назначение;
- архитектурно-художественные требования к данной среде;
- прогнозируемая интенсивность движения;
- требования к прочности, сцеплению и шероховатости покрытия;
- наличие производственной базы.

Особого внимания требуют такие особенности индивидуальных экологических видов транспорта, как невысокая (по сравнению с автомобилями) скорость движения и небольшая площадь соприкосновения транспортного средства с дорожным покрытием.

Методы расчета оптимальных покрытий для велосипедных дорожек требуют последующих исследований, что и составляет перспективу дальнейшей работы.

### Список литературы

1. Литвиненко Т.П., Смилянец Л.В. Анализ истории планировки населенных пунктов в контексте развития транспортных средств // Строительство: проблемы и перспективы: сб. ст. по материалам междунар. науч.-практ. конф., 29–30 марта 2013 г. / Дагестан. гос. ин-т народного хозяйства. – Махачкала, 2013. – С. 136–139.

2. Литвиненко Т.П., Смилянец Л.В. Использование индивидуальных экологических транспортных средств в улично-дорожной структуре населенного пункта // Новые идеи нового века – 2013: материалы 13-й Междунар. науч. конф. / Тихоокеан. гос. ун-т. – Хабаровск, 2013. – Т. 2. – С. 428–433.

3. Сушков Ю.С. Транспортная инфраструктура стран Центральной Европы как ориентир для прогнозирования развития транспорта в регионах России // Архитектура и строительство. – 2011. – № 2. – С. 85–90.

4. Третьякова П.А., Клевеко В.И. Современные методы повышения эффективности транспортных систем городов // Вестник Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. Строительство и архитектура. – 2012. – № 1. – С. 101–107.

5. Шауфлер В.Г. Транспортные проблемы – две причины и два инструмента решения // Архитектон: известия вузов (Уральская гос. арх.-худ. акад.). – 2012. – № 38. – С. 1–18.

6. Литвиненко Т.П., Смилянец Л.В. Целесообразность включения велосипедной инфраструктуры в улично-дорожную сеть населенного пункта // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013. – Т. 2. – С. 254–261.

7. Чазов А.В., Шишмакова М.С. Шлакощелочные материалы в дорожном строительстве // Вестник Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. Строительство и архитектура. – 2012. – № 1. – С. 114–116.

## References

1. Litvinenko T.P., Smilyanets L.V. Analiz istorii planirovki naselennykh punktov v kontekste razvitiya transportnykh sredstv. [The analysis of the history of planning of settlements in the context of the development of vehicles]. *Sbornik statey po materialam mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Stroitelstvo: problemy i perspektivy"*. Makhachkala: Dagestansky gosudarstvenny institut narodnogo khozyajstva, 2013, pp. 136–139.

2. Litvinenko T.P., Smilyanets L.V. Ispolzovanie individualnykh ekologichnykh transportnykh sredstv v ulichno-dorozhnoy structure naselennogo punkta. [The use of individual ecological vehicles in the street and road structure of settlements]. *Novye idei novogo veka – 2013:*

materialy 13th mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. Khabarovsk: Tikhookeansky gosudarstvennyy universitet narodnogo khozyajstva, 2013, vol. 2, pp. 428–433.

3. Sushkov Yu.S. Transportnaya infrastruktura stran Tsentralnoy Evropy kak orientir dlya prognozirovaniya razvitiya transporta v regionach Rossii. [Transport infrastructure of the countries of central Europe as a guide to predicting the development of transport in the regions of Russia]. *Architektura i stroitelstvo*, 2011, no. 2, pp. 85–90.

4. Tretyakova P.A., Kleveko V.I. Sovremennye metody povysheniya effektivnosti transportnykh system gorodov [Modern methods of improving the efficiency of transport systems of cities]. *Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitelstvo i architectura*, 2012, no. 1, pp. 101–107.

5. Shaufler V.G. Transportnye problemy – dve prichiny I dva instrumenta resheniya. [Transport problems – two causes and two tools to resolve them]. *Architekton: izvestiya vuzov (Uralskaya gosudarstvennaya arkhitekturno-khudozhestvennaya akademiya)*, 2012, no. 38, pp. 1–18.

6. Litvinenko T.P., Smilyanets L.V. Tselesoobraznost vklucheniya velosipednoy infrastruktury v ulichno-dorozhnuyu set naselennogo punkta. [Appropriateness of including bicycle infrastructure in the road network of the community]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii “Modernizatsiya i nauchnye issledovaniya v transportnom komplekse”*. Perm: Permsky natsional'ny issledovatel'sky politekhnicheskyy universitet. 2013, vol. 2, pp. 254–261.

7. Chazov A.V., Shishmakova M.S. Shlakoschelochnye materialy v dorozhnom stroitelstve. [Slag-alkaline materials in road construction]. *Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitelstvo i architectura*, 2012, no. 1, pp. 114–116.

Получено 9.10.2013

### Об авторах

**Литвиненко Татьяна Петровна** (Полтава, Украина) – кандидат технических наук, доцент Полтавского национального технического университета им. Юрия Кондратюка, член-корреспондент Академии строительства Украины (36011, Украина, г. Полтава, пр. Первомайский, 24, e-mail: kpadisb@gmail.com).

**Смилянец Лина Владимировна** (Полтава, Украина) – аспирант Полтавского национального технического университета им. Юрия Кондратюка (36011, Украина, г. Полтава, пр. Первомайский, 24, e-mail: lin02011@meta.ua).

#### **About the authors**

**Litvinenko Tatiana Petrovna** (Poltava, Ukraine) – Ph.D., Associate Professor, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Corresponding member of the Ukrainian Academy of Construction (24, May Day Prospect, Poltava, 36011, Ukraine, e-mail: kpadisb@gmail.com).

**Smilyanets Lina Vladimirovna** (Poltava, Ukraine) – Graduate student, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University (24, May Day Prospect, Poltava, 36011, Ukraine, e-mail: lin02011@meta.ua).