

УДК 625.7

**Т. В. Скрыпник, канд. тех. наук, Р. А. Пилипенко****Автомобильно-дорожный институт****ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка****ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ УСТРОЙСТВА УКАТЫВАЕМЫХ  
ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ ЖЕСТКОЙ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ**

*Проанализированы расчетные характеристики цементобетонных укатываемых смесей, позволяющие обосновать толщину конструктивного слоя и параметры виброуплотнения с оценкой надежности (безотказной работы в течение заданного срока эксплуатации) полученного покрытия.*

*Рассмотрена технология устройства покрытий из укатываемых цементобетонных смесей; подобрана ведущая машина; установлены оптимальные расчетные характеристики асфальтобетонных и цементобетонных смесей и выбраны рекомендуемые толщины конструктивных слоев для покрытий и оснований из укатываемых цементобетонных смесей.*

**Ключевые слова:** асфальтоукладчик, каток дорожный, укатываемые цементобетонные покрытия, прочность цементобетонных покрытий, бетонная смесь, долговечность цементобетонных покрытий

**Введение**

Одним из критериев уровня развития стран современного мира является состояние сети автомобильных дорог. Транспортно-эксплуатационные характеристики большинства отечественных автомобильных дорог отстают от мирового уровня. На некоторых из них интенсивность движения в 1,5–3 раза превышает допустимую для данной категории дороги. Возрастающим требованиям к увеличению межремонтных сроков работы покрытий автомобильных дорог в наибольшей степени отвечают дорожные одежды жесткого типа.

Снижение себестоимости устройства укатываемых цементобетонных покрытий и оснований возможно за счет применения асфальтоукладчиков для укладки бетонной смеси.

**Постановка проблемы**

Существующие технологии устройства нежесткой дорожной одежды не могут в полной мере удовлетворить возрастающие требования, предъявляемые к увеличению межремонтных сроков работы дорог. Поэтому своевременным и актуальным вопросом является повышение прочности и жесткости дорожной одежды путем устройства покрытий и оснований из укатываемых цементобетонных смесей [1].

**Анализ публикаций**

Технология устройства оснований и покрытий из литых цементобетонных смесей получила широкое распространение в 40–50-х годах прошлого века, а применение в дорожном строительстве укатываемых цементобетонных смесей было крайне ограничено.

Основания и покрытия, выполненные из укатываемых цементобетонных смесей, впервые были построены в Канаде, США, Швеции, Германии, Франции и др. Одним из основных направлений применения покрытий из укатываемых цементобетонных смесей является строительство дорог местного и сельскохозяйственного назначения.

Существует также практика применения аналогичных жестких цементобетонных смесей под различными наименованиями, применяемых при строительстве покрытий дорог местного значения и внутрихозяйственных дорог [1–5].

Укатываемые цементобетонные смеси, применяемые в дорожном строительстве, чаще всего представлены очень сухими бетонами, состоящими из:

- вяжущих материалов – шлакопортландцементов либо портландцементов марок М300 и выше;
- мелкозернистых или крупнозернистых заполнителей с фракциями 5–40 мм;
- воды с жесткостью 4,00–12,50 единиц рН, не имеющей примесей в виде: жиров, нефтепродуктов, масел, с содержанием фенолов, поверхностноактивных веществ и солей.

### **Цель исследования**

Целью исследования является совершенствование технологии устройства укатываемых цементобетонных покрытий и оснований жесткой дорожной одежды из тяжелых цементобетонных смесей.

### **Основной материал**

Исходя из нормативных требований [2], установлены оптимальные расчетные характеристики укатываемых цементобетонных смесей и подобраны рекомендуемые толщины конструктивных слоев для покрытий и оснований из укатываемых цементобетонных смесей, которые приведены в таблицах 1 и 2.

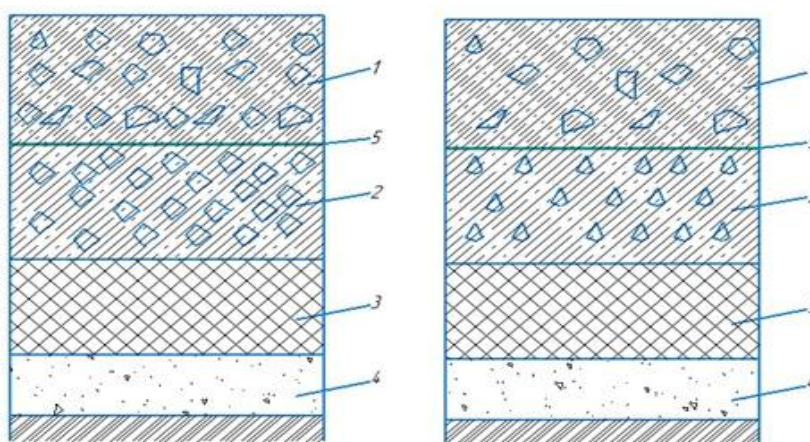
Таблица 1 – Рекомендуемые толщины конструктивных слоев для покрытий и оснований из укатываемых цементобетонных смесей

№ п/п	Материалы конструктивных слоев	Толщины конструктивных слоев, см				
		Магистральные дороги		Магистральные улицы		
		Скоростные с регулируемым движением		Общегородского значения		Районного значения
		Покрытия из цементобетона класса				
		В30	В27,5	В27,5	В30	В27,5
1	Покрытия на основаниях: – из малоцементного укатываемого бетона класса В7,5 с добавлением материала от переработки	22,00	23,00	22,00	20,00	21,00
	– из малоцементного укатываемого бетона класса В15 с добавлением материала от переработки	21,00	22,00	21,00	19,00	20,00
	– из щебня с добавлением материала от переработки	24,00	25,00	24,00	22,00	23,00
2	Основания: – из малоцементного укатываемого бетона	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
3	Подстилающий слой – из природного песка	Толщина назначается в зависимости от вида грунтов земляного полотна, в соответствии с нормативными требованиями [2]				

Исходя из нормативных требований и конструктивных особенностей предлагается применение следующих схем конструкций дорожной одежды автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями и основаниями из малоцементных укатываемых цементобетонных смесей (рисунок 1) [2].

Таблица 2 – Расчетные характеристики укатываемых цементобетонных смесей

Марка укатываемого бетона (класс бетона по прочности на сжатие)	Предел прочности, (мПа)		Назначение
	при сжатии	на растяжение при изгибе	
1 (В5)	75	10	Для тротуаров, технологического слоя
2 (В7,5)	100	16	Для улиц и дорог общегородского и районного значения (в том числе скоростных дорог, магистральных улиц)
3 (В15)	200	24	Для двухстадийного строительства улиц и дорог в районах массовой жилой застройки



1 – покрытие из цементобетона класса В25 – В30; 2 – основание из укатываемого цементобетона; 3 – основание из щебня; 4 – подстилающий слой из песка; 5 – полиэтиленовая пленка, пергамин

Рисунок 1 – Принципиальные схемы конструкций дорожных одежд с цементобетонными покрытиями и основаниями из малоцементных укатываемых цементобетонных смесей

Жесткий литой цементобетон успешно применяется в дорожном строительстве:

- как материал оснований под дорожные покрытия;
- как материал для обустройства цементобетонных стяжек;
- при строительстве покрытий и оснований, автомобильных дорог при помощи одностадийной технологии (на 1-й стадии) и при двухстадийном строительстве проезжей части автомобильных дорог, а также для пешеходных тротуаров и бетонных площадок различного типа и назначения.

Одной из самых важных и сложных проблем при устройстве оснований из цементобетонных смесей является подбор и укомплектование машинно-дорожного отряда, состоящего из большого количества машин.

Строительство литых цементобетонных покрытий и оснований ранее выполнялось комплектами бетоноукладочных машин двумя способами:

- комплектом машин ДС-100, со скользящей опалубкой;
- комплектом машин ДС-110, на рельс-формах [3–5].

Комплект машин ДС-100 состоит из: бетоноукладчика со скользящей опалубкой, профилировщика, распределителя, бетоноотделочной машины (трубный финишер), нарезчика поперечных швов, нарезчика продольных швов, машины для розлива пленкообразующих материалов, конвейер-перегрузателя, тележки арматурной, перегружателя арматуры, бункера и виброб-

руса, нарезчика контрольных швов, заливщика швов. Таким образом, традиционный способ устройства цементобетонных покрытий подразумевает собой применение целого комплекта машин, из-за чего и высокие соответствующие затраты на его эксплуатацию и содержание.

Подбор нового состава машинно-дорожного отряда по устройству цементобетонных покрытий позволит значительно упростить технологию устройства оснований и покрытий из укатываемых цементобетонных смесей, сократив временные и стоимостные показатели без снижения качества производимых работ. Для устройства оснований и покрытий из укатываемой цементобетонной смеси, предлагается применить: асфальтоукладчик – для укладки цементобетонной смеси; виброкаток – для уплотнения цементобетонной смеси.

Технология работы с укатываемыми цементобетонными смесями обозначается в зарубежной литературе как RCC (Roller-compacted concrete – уплотненный катком бетон) и получила широкое распространение в тех случаях, когда требуется в сжатые сроки получить прочное и жесткое цементобетонное покрытие. Для этого применяют жесткие цементобетонные смеси с повышенной скоростью твердения. Уже через сутки после укладки жесткой цементобетонной смеси в соответствии с технологией RCC по новой дороге разрешается движение легкового транспорта, а уже через неделю дорога может использоваться без каких-либо ограничений на передвижение по ней.

Для укладки оснований и покрытий из укатываемых цементобетонных смесей целесообразно применять асфальтоукладчики Bomag BF 800C и Vögele SUPER 3000-2. Данные асфальтоукладчики способны укладывать как асфальтобетонные, так и цементобетонные смеси. При этом модели в классе 20 т могут быть задействованы как в работе на крупных проектах, так и при строительстве городских дорог и улиц.

Асфальтоукладчики Bomag BF 800C и Vögele SUPER 3000-2, оборудованные следящими системами, обеспечивают распределение цементобетонной смеси на заданную проектную высоту. Уплотнение осуществляется при помощи вибрационных катков [5, 6, 7].

В качестве главного привода на асфальтоукладчиках типа Bomag BF 800C установлен дизельный двигатель Deutz TCD 6.1 мощностью 140 кВт, позволяющий развивать скорость до 4,5 км/ч. Асфальтоукладчик оснащен двумя высокопроизводительными плитами типа S500 (2,5–5,0 м) и S600 (3,0–6,0 м). Снаряженная масса асфальтоукладчика составляет от 18,9 до 21,3 т в зависимости от исполнения. Большая масса асфальтоукладчика позволяет произвести максимально эффективное предварительное уплотнение укладываемой смеси (до 95 %). Двигаясь с постоянной скоростью до 1,5 км/ч, асфальтоукладчик одновременно может укладывать полосу цементобетона шириной до 10 м, базовая же ширина укладки – 2,5 м. Укладку цементобетонной смеси асфальтоукладчиком Bomag BF 800C при ширине дороги до 9 м следует вести отдельными захватками длиной от 40 до 50 м с расчетом на то, чтобы разрыв во времени укладки смежных полос не превышал 1 часа во избежание обезвоживания боковой кромки ранее уложенной полосы.

Асфальтоукладчики фирмы Vögele SUPER 3000-2, способны вести укладку цементобетонной смеси шириной до 12 м. В тех случаях, когда ширина дороги более 12 метров укладка смеси должна производиться двумя или тремя асфальтоукладчиками с опережением одного укладчика относительно другого на 10–15 метров.

Ходовая часть асфальтоукладчика Bomag BF 800C представлена в виде массивной гусеничной ленты с несколькими парами колес, что подразумевает собой их применение на масштабных строительных объектах. Самая длинная гусеница в этом классе машин обеспечивает хорошую устойчивость асфальтоукладчика [5, 6, 7]. При эксплуатации асфальтоукладчика Bomag BF 800C достигается крайне высокая производительность и хорошее качество укатываемого цементобетонного покрытия без дефектов и неровностей. Асфальтоукладчик марки Bomag BF 800C характеризуется высоким показателем динамичности и обладает хорошей маневренностью в условиях ограниченного пространства.

Асфальтоукладчик имеет бункер объемом 7,2 м<sup>3</sup>, вмещающий до 15 т смеси, что позволяет вести непрерывный процесс укладки даже в период смены грузовиков, загружающих бетонную смесь в бункер. В таких случаях укладка может производиться в непрерывном режиме, при этом производительность укладки достигает до 800 т/ч.

Асфальтоукладчик Bomag BF 800С оборудован функцией смены положения шнека, регулируемой по высоте посредством гидропривода, что позволяет быстро и легко изменить толщину укладки цементобетонной смеси при устройстве покрытия.

Применяемая в машинах марки Bomag система «Ecomode», согласует между собой уровень мощности двигателя с действующей конкретной нагрузкой. За счет работы системы снижается расход топлива, понижается шумовой фон работы двигателя. Система бокового обзора дает возможность оператору полностью контролировать процесс укладки бетона, а также вести наблюдение за загрузкой бункера.

Перед началом работ по устройству оснований из укатываемой цементобетонной смеси должны быть проверена исправность и готовность укладочных и уплотняющих машин и механизмов.

Укатка ведется с перекрытием следа на 15–25 см. Она должна начинаться от обочин к оси проезда при двухскатном профиле и навстречу поперечному уклону при односкатном. Уплотнение можно считать достаточным, когда при проходе тяжелого катка на поверхности покрытия или основания не остается следа от его прохода. Основание толщиной более 20 см рекомендуется устраивать в 2 слоя с послойным уплотнением. Катки следует выбирать из условия того, что уплотнение смеси ведется в один слой (таблица 3) [7, 8].

Толщина распределенного слоя должна быть на 15–20 % больше толщины уплотненного слоя и уточняется по ходу проведения работ по укатке цементобетонного покрытия [7, 8, 9].

Укладка цементобетонной смеси при устройстве площадок ведется от бортового камня к оси проезда. Движение укладочных машин в продольном направлении должно происходить под уклон, если он больше 30 %.

Дефекты поверхности основания, такие как впадины или разрывы на свежееуложенной цементобетонной смеси должны устраняться по ходу работы путем подсыпки смеси.

Для уплотнения цементобетонной смеси в слоях основания рекомендуется применять самоходные комбинированные вибрационные катки с пневматическими ведущими вальцами. Для уплотнения слоев покрытия, устроенных из укатываемой цементобетонной смеси, следует применять виброкаток ДУ-52.

Таблица 3 – Характеристика катков и режимов уплотнения укатываемых цементобетонных смесей

Тип катка	Марка катка	Масса, т	Жесткость бетонной смеси, с	Наибольшая толщина уплотняемого слоя, см	Число проходов по одному следу
Комбинированный, самоходный, вибрационный	ДУ-52	16	90–120	30	6–8
	ДУ-62	13	90–120	30	6–8
	ДУ-57	14	90–120	30	6–8
	ДУ-47Б	6–8	90–120	25	6–8
	Райле-120РМ	14, 25	90–120	35	6–8
	МС-1"	9 (10, 15)	90–120	30	6–8
	Райле-212(Д) СА-25"	9,3	90–120	30	6–8
Самоходный на пневматических шинах, самоходный, гладковальцовый	Д2-29	15–30	100–110	25	8–10
	ДУ-31А	8–16	100–110	15	8–10

Применение данного типа катка обусловлено тем, что каток имеет подходящую массу для уплотнения слоя покрытия с наиболее распространенной толщиной уплотняемого слоя в 30 см из укатываемой цементобетонной смеси.

### **Выводы**

На основании анализа расчетных характеристик цементобетонных укатываемых смесей в слоях покрытия была обоснована оптимальная толщина конструктивного слоя и параметры виброуплотнения с оценкой надежности 0,98 для полученного покрытия.

Усовершенствование технологии устройства покрытий из укатываемых цементобетонных смесей заключается в подборе ведущей машины для их устройства (асфальтоукладчики Bomag BF 800C и Vögele SUPER 3000-2). Применение этих асфальтоукладчиков позволяет сократить сроки устройства и улучшить качество изготовления слоя, повысить производительность труда и снизить себестоимость выполняемых работ.

### **Список литературы**

1. Ушаков, В. В. Современные методы строительства, ремонта и содержания цементобетонных покрытий автомобильных дорог / В. В. Ушаков // Новости в дорожном деле: Научно-технический информационный сборник. – 2003. – Вып. 6. – С. 57–64.
2. ГОСТ 8736–93. Песок для строительных работ. Технические условия : межгосударственный стандарт : издание официальное : введен в действие Постановлением Минстроя России от 28 ноября 1994 г. № 18–29 : взамен ГОСТ 8736–85, ГОСТ 26193–84 : дата введения 1995-07-01. – Москва : Издательство стандартов, 1995. – 7 с.
3. Носов, В. П. Цементобетон в дорожном строительстве / В. П. Носов // Новости в дорожном деле: Научно-технический информационный сборник. – 2003. – Вып. 6. – С. 51–57.
4. ВСН 16–95. Инструкция по применению укатываемого малоцементного бетона в конструкциях дорожных одежд : департамент строительства : дата введения 1995-10-01. – Департамент строительства Москвы. – Москва, 1995. – 31 с.
5. Бетоны тяжелые укатываемые из смесей жестких для дорожного строительства. Технические условия: Проект ОСТ / ГП Росдорнии. – Москва : 2002. – 21 с.
6. Методические рекомендации по строительству оснований и покрытий из виброукатанного цементобетона / разработан Союздорнии Минтранстроя. – Москва : Союздорнии. – 1991. – 7 с.
7. Басурманова, И. В. Исследование свойств укатанного бетона для строительства покрытий / И. В. Басурманова, Л. М. Кириллова, В. И. Коршунов // Вопросы проектирования и строительства автомобильных дорог. – Москва : Союздорнии. – 1993. – С. 44–51.
8. Методические рекомендации по устройству оснований дорожных одежд из «тощего» бетона : отраслевой дорожный методический документ : издание официальное : принят и введен в действие от 23.05.2003 г. № ОС-459-р. / разработан Государственным унитарным институтом Росдорнии. – Москва : ФГУП ИНФОРМАВТОДОР, 2003. – 35 с.
9. ГОСТ 7473–94. Смеси бетонные. Технические условия : межгосударственный стандарт : введен в действие Постановлением Минстроя России от 26.06.95 № 18–61, в качестве государственного стандарта Российской Федерации взамен ГОСТ 7473–85 : дата введения 1996-01-01 / разработан НИИЖБ. – Москва : Издательский стандарт, 1996. – 14 с.

***Т. В. Скрыпник, Р. А. Пилипенко***  
***Автомобильно-дорожный институт***

***ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка***  
***Особенности технологии устройства укатываемых цементобетонных покрытий***  
***жесткой дорожной одежды***

Увеличение транспортной нагрузки ведет к быстрому износу покрытия, следовательно вопрос о повышении прочностных свойств покрытий из асфальтобетонной смеси является своевременным и актуальным.

Для повышения прочностных свойств асфальтобетонного покрытия возможно дополнительное устройство слоя покрытия или основания из укатываемых цементобетонных смесей. Предложенные слои устраивают при помощи асфальтоукладчика, что влечет за собой уменьшение комплекта машин для выполнения таких работ и снижение эксплуатационных затрат на содержание машинно-дорожного отряда.

В данной статье рассмотрены особенности технологии устройства покрытий и оснований из укатываемых цементобетонных смесей, выполнен подбор ведущей машины, установлены оптимальные расчетные характеристики цементобетонных смесей и выбраны рекомендуемые толщины конструктивных слоев для оснований из укатываемых цементобетонных смесей. Применение асфальтоукладчиков Bomag BF 800C и Vogele SUPER 3000-2 позволяет сократить сроки устройства и улучшить качество изготовления слоя, повысить производительность труда и снизить себестоимость выполняемых работ.

**АСФАЛЬТОУКЛАДЧИК, КАТОК ДОРОЖНЫЙ, УКАТЫВАЕМЫЕ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫЕ ПОКРЫТИЯ, ПРОЧНОСТЬ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ, БЕТОННАЯ СМЕСЬ, ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ**

*T. V. Skrypnik, R. A. Pilipenko*

*Automobile and Road Institute of Donetsk National Technical University, Gorlovka*

**Features of the Arrangement Technology for Rolled Cement Concrete Surfaces of the Hard Road Pavement**

An increase of the transport load leads to rapid wear of the surface, so the question of improving the strength properties of pavements made of asphalt concrete mix is timely and relevant.

To improve the strength properties of the asphalt concrete pavement, it is possible to add an additional arrangement of the coating layer or base from rolled cement-concrete mixtures. The proposed layers are arranged with the asphalt paver, which entails reducing the set of machines for execution of such works and reducing operating costs for the maintenance of the road detachment.

This article considers the features of the arrangement technologies of pavements and bases from rolled cement-concrete mixtures. The selection of leading machine is carried out, the optimal design characteristics of cement-concrete mixtures are set and recommended thicknesses of structural layers for bases from rolled cement-concrete mixtures are selected. The use of the Bomag BF 800C and Vogele SUPER 3000-2 asphalt pavers allow you to reduce the time of the arrangement and to improve the quality of the layer making, to increase productivity and reduce the cost of work performed.

**ASPHALT PAVER, ROLLER, ROLLED CEMENT CONCRETE PAVEMENTS, STRENGTH OF CEMENT CONCRETE PAVEMENTS, CONCRETE MIX, DURABILITY**

**Сведения об авторах:**

**Т. В. Скрыпник**

SPIN-код 2966-5060  
Телефон: +38 (06242) 4-40-39  
Researcher ID: G -5121-2016  
Эл. почта: skrypnik\_tv@rambler.ru

**Р. А. Пилипенко**

Телефон: +38 (06242) 4-40-39  
Эл. почта: pilipenko\_ra@mail.ru

*Статья поступила 07.04.2020*

*© Т. В. Скрыпник, Р. А. Пилипенко, 2020*

*Рецензент: Л. Н. Морозова, канд. техн. наук, доц., АДИ ГОУВПО «ДОННТУ»*