



BRAER

АЛЬБОМ
ТЕХНИЧЕСКИХ
РЕШЕНИЙ

2024



АЛЬБОМ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПЛИТЫ БЕТОННЫЕ ТРОТУАРНЫЕ BRAER

ООО «ТД БРАЕР»
Адрес: 117186, Россия, Москва,
ул. Нагорная, дом 18, кор. 4

Тел.: + 7(495) 645-71-20
E-mail: td@braer.ru

Адрес производства «БРАЕР»:
301132, Тульская обл.,
Ленинский р-н, пос. Обидимо,
Кирпичная, д. 1А
Тел./факс: + 7 (4872) 25-24-52
E-mail: td@braer.ru

Содержание

Введение	6
Общие сведения о компании и продукции	7
Преимущества мощения вибропрессованной тротуарной плиткой BRAER..	16
Термины и определения	17
1 Дорожные покрытия с применением мелкоштучных бетонных изделий марки «BRAER II»	21
1.1 Алгоритм подбора конструкций с применением плит бетонных тротуарных.....	21
1.2 Технические характеристики продукции BRAER II	23
1.3 Требования к качеству поверхности и внешнему виду.....	25
1.4 Слои основания и покрытия	26
1.5 Несвязанные дорожные покрытия из плит бетонных тротуарных.....	27
1.6 Классификация конструкций для дорожных покрытий с применением плит бетонных тротуарных в зависимости от области применения	29
2 Проектирование дорожных покрытий из плит бетонных тротуарных.....	34
2.1 Основные факторы и требования, влияющие на конструкцию покрытия из плит бетонных тротуарных	34
2.2 Определение жесткости дорожной плиты	35
3 Конструктивные решения из плит бетонных тротуарных.....	37
3.1 Конструкции группы AI - Тротуары улиц местного значения, пешеходные и садово-парковые дорожки, газоны, придомовые территории частных строений (без заезда легкового и грузового автотранспорта).....	37
3.2 Конструкции группы AII - Эксплуатируемые кровли зданий и сооружений.....	39
3.3 Конструкции группы AIII - Покрытия лестниц, железнодорожных перронов.....	41
3.4 Конструкции группы Б – Тротуары магистральных улиц, пешеходные площади и посадочные площадки общественного транспорта, велосипедные дорожки	42
3.5 Конструкции группы BI - Дороги с малоинтенсивным движением (внутриквартальные проезды) и площади, территории стоянок легкого автотранспорта, территории АЗС, наземные пешеходные переходы, трамвайные пути ..	45
3.6 Конструкции группы BII - Пожарные проезды и площадки..	47
3.7 Конструкции группы BI - Покрытия портовых территорий, логистических центров, контейнерных терминалов, аэродромов	50
3.8 Применение геосинтетических материалов при устройстве покрытий мощения	52

4	Рекомендации по укладке плит бетонных тротуарных.....	55
4.1	Подготовка земляного полотна	55
4.2	Устройство слоев основания под вибропрессованную тротуарную плитку BRAER	57
4.3	Уплотнение грунтовых оснований, слоев из песка и щебеночно-песчаных смесей	58
4.4	Уплотнение щебеночных оснований	62
4.5	Контроль качества уплотнения	64
4.6	Устройство дренажных оснований и элементов водоотведения.....	65
4.7	Устройство дренажа мелкого заложения.....	66
4.8	Устройство водоотводных лотков	66
4.9	Устройство покрытий с применением растворов на основе вяжущих.	68
4.10	Устройство упора мощения	70
4.11	Устройство затирки швов песком.....	75
4.12	Устройство деформационных и температурных швов	77
4.13	Устройство конструкций отмостки.....	79
4.14	Особенности работ по мощению в зимнее время.....	82
5	Рекомендации по эксплуатации дорожных покрытий из плит бетонных тротуарных BRAER	85
5.1	Начало эксплуатации дорожного покрытия из вибропрессованной тротуарной плитки BRAER	85
5.2	Устранение высолов и белых налетов с вибропрессованной тротуарной плитки	86
5.3	Ремонт и восстановление дорожных покрытий после вскрытий.....	87
5.4	Защита поверхности дорожного покрытия из тротуарных плит гидрофобизаторами	89
5.5	Мероприятия по содержанию дорожного покрытия	91
6	Гарантийные обязательства.....	94
	Библиография.....	94

Введение

На сегодняшний день в процессе строительства и организации благоустройства прилегающих территорий активное внимание уделяется мощению площадей и дорожек различного назначения. С каждым годом объемы мощения возрастают. Однако, методических пособий и нормативных документов по применению мелкоштучных бетонных изделий в дорожном строительстве практически не имеется.

Настоящие Рекомендации разработаны в соответствии с действующей нормативно-технической документацией и регламентируют применение материалов, разработанных и выпускаемых заводом Группы компаний «БРАЕР» в соответствии с государственными стандартами и техническими условиями, утвержденными в установленном порядке.

Настоящий документ разработан с целью создания практического руководства по вопросам проектирования и строительства покрытий из мелкоштучных бетонных изделий для мощения на территориях жилой и общественной застройки с учетом природно-климатических особенностей федеральных округов европейской части РФ.

В данных Рекомендациях содержатся положения по применению, проектированию, монтажу и эксплуатации мелкоштучных бетонных изделий для мощения при устройстве покрытий территорий жилой и общественной застройки.

Работа выполнена в соответствии с Договорами № 1701-03 от «28» марта 2017 г и № 1901-03 от 26.03.2019 г.

При участии Технического отдела ГК «БРАЕР», ООО «ГеоДорПроект», АО «НИЦ» «Строительство»

ООО «ТД БРАЕР»

Адрес: 117186, Россия, Москва,
ул. Нагорная, дом 18, кор.4
Кирпичная, д. 1

Тел.: +7(495) 645-71-20

E-mail: td@braer.ru

Адрес производства «БРАЕР»:

301132, Тульская обл., Ленинский
р-н, пос. Обидимо, ул.

Тел./факс: +7 (4872) 25-24-52

E-mail: td@braer.ru

Общие сведения о компании и продукции

Завод по производству мелкоштучных бетонных изделий BRAER II – крупнейший отечественный производитель тротуарной плитки и элементов благоустройства территории. Сейчас традиционные дорожные покрытия повсеместно замещаются тротуарной плиткой. Этот опыт давно существует в развитых странах и уверенно приходит в Россию.

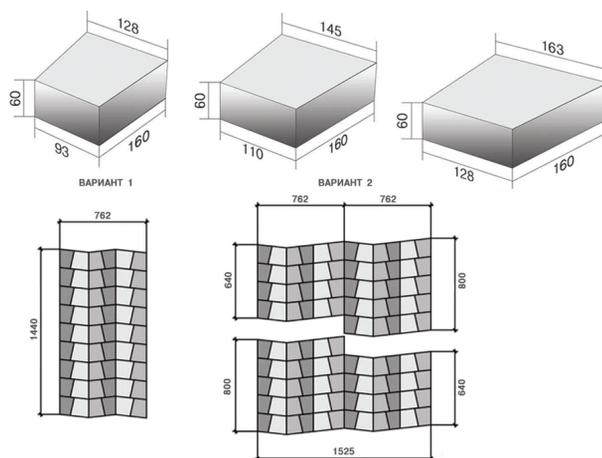
Предприятие выпускает мелкоштучные бетонные изделия, в том числе тротуарные плиты, бордюрные камни, лотки, газонные решетки и дорожные плиты. Весь процесс производства тротуарной плитки осуществляется на инновационной технике немецкой компании «HESS GROUP». Это всемирный поставщик и лидер в сфере оборудования для изготовления тротуарной плитки. Автоматизированная линия позволяет изготавливать вибропрессованную бетонную плитку различных размеров, цветовых решений и способов обработки поверхности.

Одно из ключевых инновационных решений – технология «Колормикс». Технология позволяет производить многоцветные тротуарные плиты путем смешивания бетонной смеси двух и более цветов. На производстве идет постоянное расширение номенклатуры бетонных изделий, на данный момент номенклатура насчитывает более ста наименований.

Виды вибропрессованных бетонных изделий

Старый город Веймар

Вид плитки на поддоне

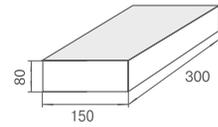


Варианты раскладки плитки:

РАЗМЕРЫ ПЛИТКИ	ВЫСОТА ПЛИТКИ, ММ	КОЛИЧЕСТВО НА ПОДДОНЕ, М ²	ВЕС ПЛИТКИ НА ПОДДОНЕ, КГ	НОРМА ЗАГРУЗКИ В АВТО Г/П 20Т, ПОДДОН
 128x93x160 145x110x160 163x128x160	 60	 13.18	 1 815	 11

Тротуарная плитка «Сити»

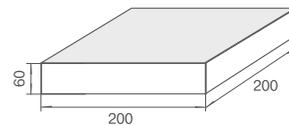
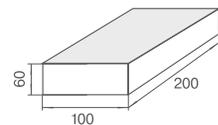
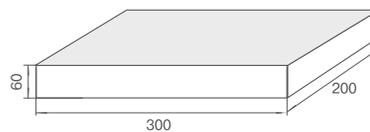
Вид плитки на поддоне



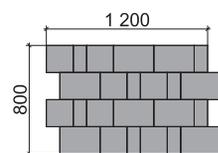
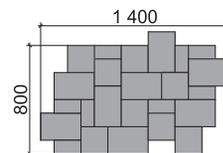
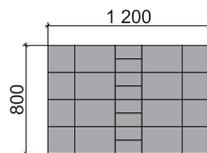
РАЗМЕРЫ ПЛИТКИ 	ВЫСОТА ПЛИТКИ, ММ 	КОЛИЧЕСТВО НА ПОДДОНЕ, М² 	ВЕС ПЛИТКИ НА ПОДДОНЕ, КГ 	НОРМА ЗАГРУЗКИ В АВТО Г/П 20Т, ПОДДОН
600x300 150x300	80	10.8	2 024	10

Тротуарная плитка «Мозаика»

Вид плитки на поддоне



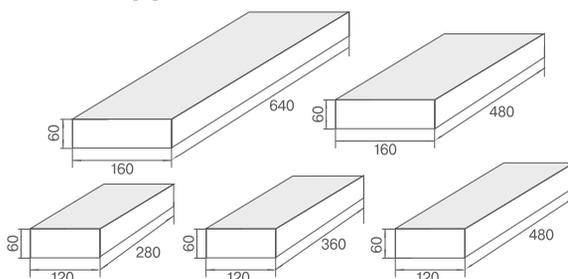
Варианты раскладки плитки:



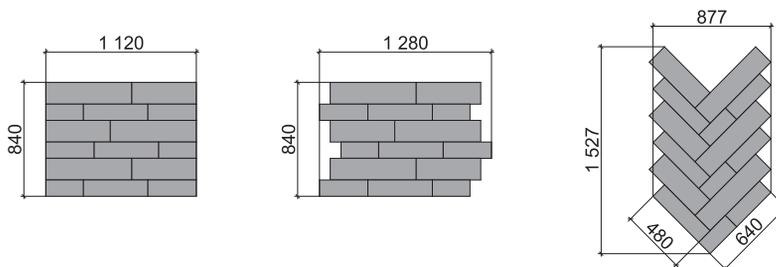
РАЗМЕРЫ ПЛИТКИ 	ВЫСОТА ПЛИТКИ, ММ 	КОЛИЧЕСТВО НА ПОДДОНЕ, М² 	ВЕС ПЛИТКИ НА ПОДДОНЕ, КГ 	НОРМА ЗАГРУЗКИ В АВТО Г/П 20Т, ПОДДОН
300x200 / 200x200 100x200	60	11.52	1 635	12

Тротуарная плитка «Домино»

Вид плитки на поддоне



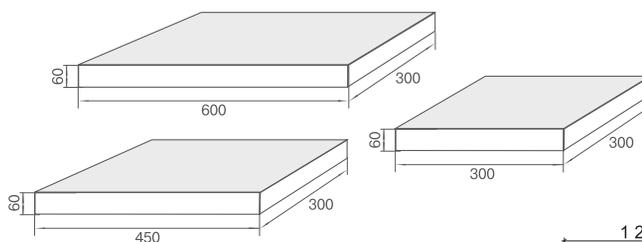
Варианты раскладки плитки:



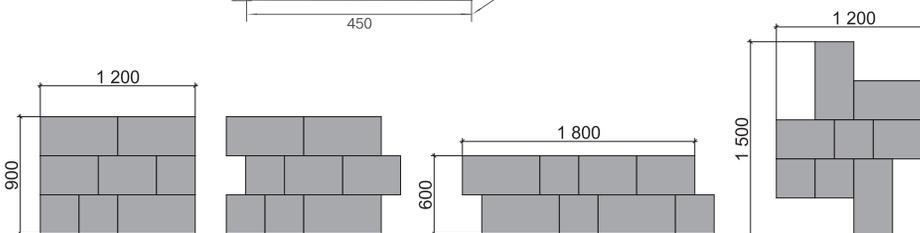
РАЗМЕРЫ ПЛИТКИ 	ВЫСОТА ПЛИТКИ, ММ 	КОЛИЧЕСТВО НА ПОДДОНЕ, М² 	ВЕС ПЛИТКИ НА ПОДДОНЕ, КГ 	НОРМА ЗАГРУЗКИ В АВТО Г/П 20Т, ПОДДОН
640X160 / 480X160 280X120 / 360X120 / 480X120	60	11.29	1 606	12

Тротуарная плитка «Триада»

Вид плитки на поддоне



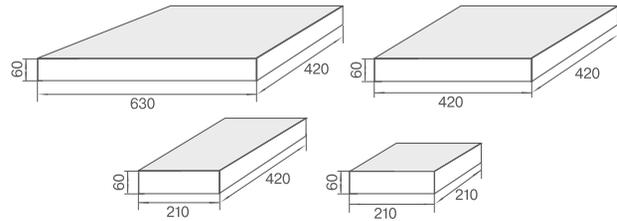
Варианты раскладки плитки:



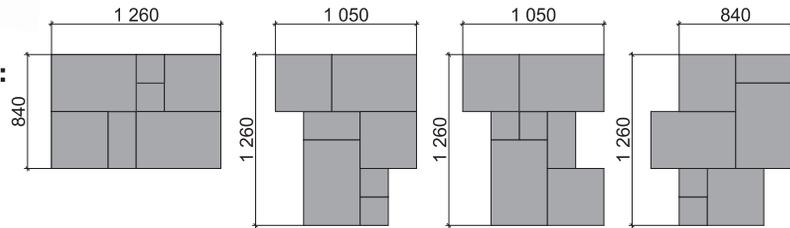
РАЗМЕРЫ ПЛИТКИ 	ВЫСОТА ПЛИТКИ, ММ 	КОЛИЧЕСТВО НА ПОДДОНЕ, М² 	ВЕС ПЛИТКИ НА ПОДДОНЕ, КГ 	НОРМА ЗАГРУЗКИ В АВТО Г/П 20Т, ПОДДОН
600X300 / 450X300 300X300	60	12.96	1 850	11

Тротуарная плитка «Патю»

Вид плитки на поддоне



Варианты раскладки плитки:



РАЗМЕРЫ ПЛИТКИ 	ВЫСОТА ПЛИТКИ, ММ 	КОЛИЧЕСТВО НА ПОДДОНЕ, М ² 	ВЕС ПЛИТКИ НА ПОДДОНЕ, КГ 	НОРМА ЗАГРУЗКИ В АВТО Г/П 20Т, ПОДДОН
630X420 / 420X420 420X210 / 210X210	60	11.29	1 606	12

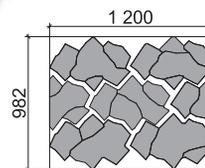
Тротуарная плитка «Триада»

Вид плитки на поддоне



Изделие не имеет определенной формы в горизонтальной плоскости

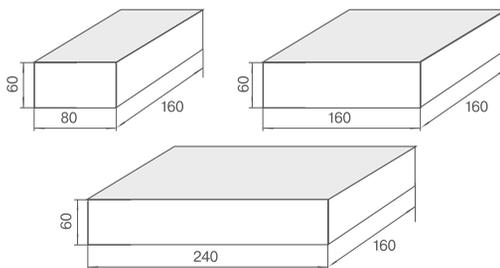
Варианты раскладки плитки:



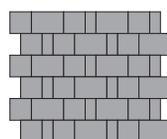
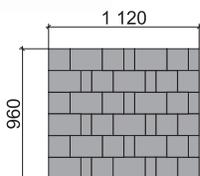
РАЗМЕРЫ ПЛИТКИ 	ВЫСОТА ПЛИТКИ, ММ 	КОЛИЧЕСТВО НА ПОДДОНЕ, М ² 	ВЕС ПЛИТКИ НА ПОДДОНЕ, КГ 	НОРМА ЗАГРУЗКИ В АВТО Г/П 20Т, ПОДДОН
-	70	9.42	1 499	13

Тротуарная плитка «Старый город Ландхаус»

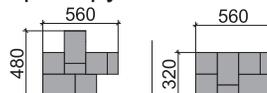
Вид плитки на поддоне



Варианты раскладки плитки:



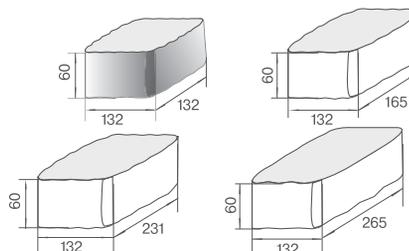
тиражируемый элемент



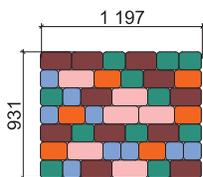
РАЗМЕРЫ ПЛИТКИ 	ВЫСОТА ПЛИТКИ, ММ 	КОЛИЧЕСТВО НА ПОДДОНЕ, М ² 	ВЕС ПЛИТКИ НА ПОДДОНЕ, КГ 	НОРМА ЗАГРУЗКИ В АВТО Г/П 20Т, ПОДДОН
80X160 / 160X160 / 240X160	60	12.9	1 777	11
	80	10.75	1 977	10

Тротуарная плитка «Ривьера»

Вид плитки на поддоне



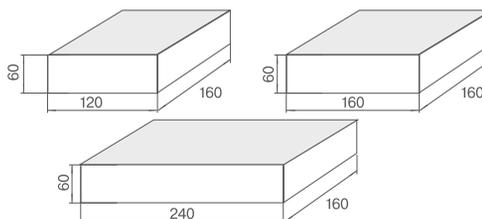
Варианты раскладки плитки:



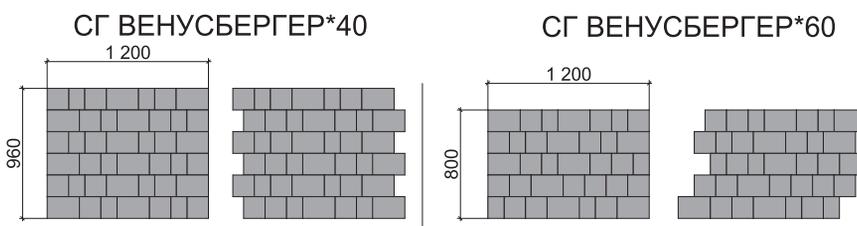
РАЗМЕРЫ ПЛИТКИ 	ВЫСОТА ПЛИТКИ, ММ 	КОЛИЧЕСТВО НА ПОДДОНЕ, М ² 	ВЕС ПЛИТКИ НА ПОДДОНЕ, КГ 	НОРМА ЗАГРУЗКИ В АВТО Г/П 20Т, ПОДДОН
132X132 / 132X165 / 132X231 / 132X265	60	13.39	1 713	11

Тротуарная плитка «Старый город Венусбергер»

Вид плитки на поддоне



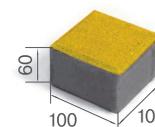
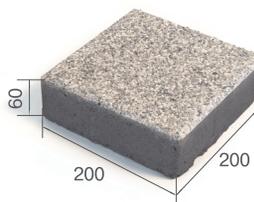
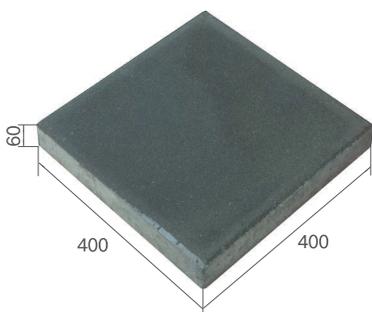
Варианты раскладки плитки:



РАЗМЕРЫ ПЛИТКИ	ВЫСОТА ПЛИТКИ, ММ	КОЛИЧЕСТВО НА ПОДДОНЕ, М ²	ВЕС ПЛИТКИ НА ПОДДОНЕ, КГ	НОРМА ЗАГРУЗКИ В АВТО Г/П 20Т, ПОДДОН
120X160 / 160X160 240X160	60	11,52	1 591	11

Тротуарная плитка «Лувр»

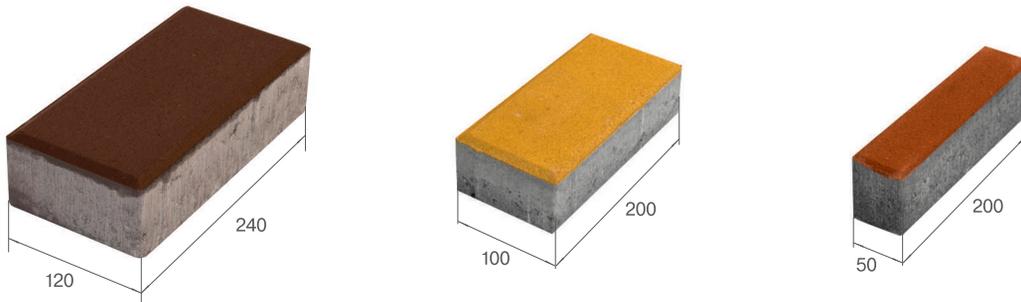
Вид плитки на поддоне



РАЗМЕРЫ ПЛИТКИ	ВЫСОТА ПЛИТКИ, ММ	КОЛИЧЕСТВО НА ПОДДОНЕ, М ²	ВЕС ПЛИТКИ НА ПОДДОНЕ, КГ	НОРМА ЗАГРУЗКИ В АВТО Г/П 20Т, ПОДДОН
100X100	60	11,88	1 590	12
200X200	60	14,4	1 988	10
400X400	60	11,52	1 641	12

Тротуарная плитка «Прямоугольник»

Вид плитки на поддоне



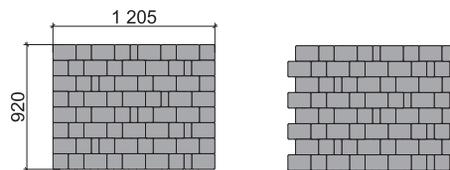
РАЗМЕРЫ ПЛИТКИ 	ВЫСОТА ПЛИТКИ, ММ 	КОЛИЧЕСТВО НА ПОДДОНЕ, М ² 	ВЕС ПЛИТКИ НА ПОДДОНЕ, КГ 	НОРМА ЗАГРУЗКИ В АВТО Г/П 20Т, ПОДДОН
200X50	60	12.24	1 650	12
200X100	40	19.44	1 781	11
	60	12.96	1 785	11
	80	10.8	1 982	10
240X120	70	12.67	2 046	9

Тротуарная плитка «Классико»

Вид плитки на поддоне



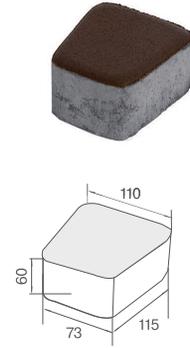
Варианты раскладки плитки:



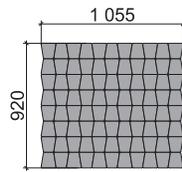
РАЗМЕРЫ ПЛИТКИ 	ВЫСОТА ПЛИТКИ, ММ 	КОЛИЧЕСТВО НА ПОДДОНЕ, М ² 	ВЕС ПЛИТКИ НА ПОДДОНЕ, КГ 	НОРМА ЗАГРУЗКИ В АВТО Г/П 20Т, ПОДДОН
57X115 115X115 172X115	60	13.44	1 880	10

Тротуарная плитка «Классико круговая»

Вид плитки на поддоне



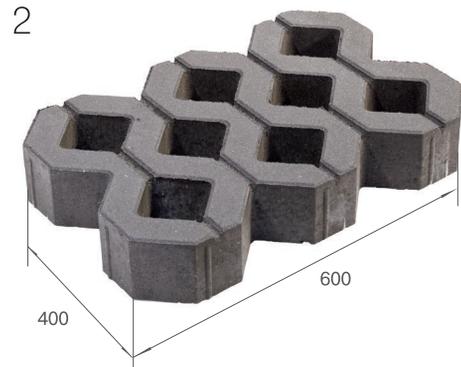
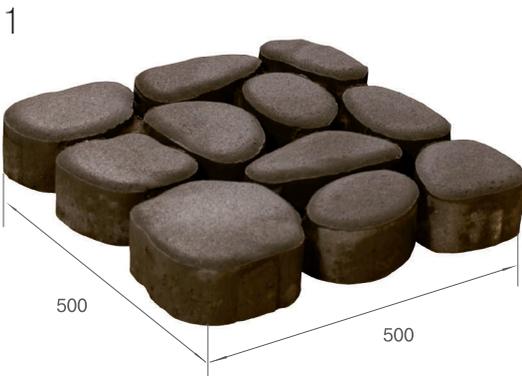
Варианты раскладки плитки:



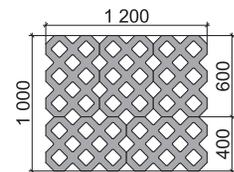
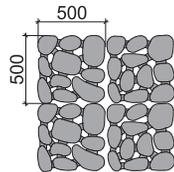
РАЗМЕРЫ ПЛИТКИ	ВЫСОТА ПЛИТКИ, ММ	КОЛИЧЕСТВО НА ПОДДОНЕ, М ²	ВЕС ПЛИТКИ НА ПОДДОНЕ, КГ	НОРМА ЗАГРУЗКИ В АВТО Г/П 20Т, ПОДДОН
73X110X115	60	11.4	1 606	13

Газонные решетки «Грин галет» и «Меба»

Вид плитки на поддоне



Варианты раскладки плитки:



	РАЗМЕРЫ ПЛИТКИ	ВЫСОТА ПЛИТКИ, ММ	КОЛИЧЕСТВО НА ПОДДОНЕ, М ²	ВЕС ПЛИТКИ НА ПОДДОНЕ, КГ	НОРМА ЗАГРУЗКИ В АВТО Г/П 20Т, ПОДДОН
1	500×500	80	10	1 506	13
2	600×400	100	10,8	1 552	12

	РАЗМЕРЫ, ММ 	КОЛИЧЕСТВО НА ПОДДОНЕ, ШТ. / П.М. / М² 	ВЕС ПЛИТКИ НА ПОДДОНЕ, КГ 	НОРМА ЗАГРУЗКИ В АВТО Г/П 20Т, ПОДДОН 
Лоток водосборный				
	1000×500×230	8	1702	11
Лоток водоотводной				
	500×200×60	60	1498	13
Бордюр тротуарный				
	1000×80×200	48	1759	11
Бордюр дорожный				
	1000×150×300	18	1818	11
Палисад круглый				
	100×250	264	1363	14
Камень перегородочный				
	390×90×188	18	1818	11
Дорожные плиты «Голливуд»				
	1000×1000×160	5	1887	10

Преимущества мощения вибропрессованной тротуарной плиткой BRAER

Искусственные вибропрессованные тротуарные плитки BRAER применяются для устройства дорожных покрытий дорожек и площадок для пешеходного движения; участков автомобильных дорог с различной интенсивностью движения автотранспорта, автостоянок, эксплуатируемых кровлей, портов и логистических комплексов.

Камни мощения, по сравнению с асфальтобетонным покрытием, обладают рядом преимуществ по ремонтпригодности, экологичности и декоративным свойствам (таблица 1).

Таблица 1. Сравнительный анализ дорожных покрытий

ПОКАЗАТЕЛИ	ДОРОЖНЫЕ ПОКРЫТИЯ	
	ИЗ ИСКУССТВЕННЫХ КАМНЕЙ МОЩЕНИЯ	АСФАЛЬТОБЕТОННЫЕ
Ремонтпригодность	Камни мощения многократно используются. Покрытие разбирается и восстанавливается обратно при прокладке и обслуживании подземных коммуникаций (рисунок 1). При ремонте не требуются специальные машины.	Покрытие после вскрытия повторно не используется. Для ремонта требуется специальная техника и оборудование (асфальтоукладчик, дорожные катки, фрезы).
Экологичность	Бетон не выделяет в атмосферу вредных веществ. Так как в процессе производства плитки используют только натуральные компоненты, изделие даже при высокой температуре не выделяет токсичного запаха. Также в отличие от асфальта, летом под раскалёнными солнечными лучами тротуары мощёные плиткой не плавятся, не размягчаются, не издают запаха битума, нефти.	Асфальтобетон – строительный материал, содержащий битум. Основные компоненты нефтяного битума – асфальтены, смолы и нефтяные масла, вредные пары которых испаряются особенно интенсивно в процессе укладки смеси, а также в течение всего срока эксплуатации дорожного покрытия.
Декоративные свойства	Архитектурная свобода выбора. У тротуарной плитки большой набор цветов и оттенков. Также производитель предлагает изделия с самыми разными поверхностями, формами и фактурами.	Цветные асфальтобетоны не получили широкого распространения.
Технологичность строительства	Имеется возможность механизированной укладки. Производительность укладчика до 1500 кв. м. в смену.	Для устройства покрытия требуется целый комплект машин: асфальтоукладчик, дорожные катки.

Данные по периодичности ремонта дорожных покрытий из искусственных камней мощения в нормативно-методической литературе отсутствуют. Капитальный ремонт - комплекс работ, при котором производится полное восстановление и повышение работоспособности дорожной одежды и покрытия. Ремонт покрытия - комплекс работ по воспроизводству первоначальных транспортно-эксплуатационных характеристик, при котором производится возмещение износа покрытия, восстановление и улучшение его ровности и сцепных качеств, устранение всех деформаций и повреждений дорожного покрытия.

Ремонт дорожных покрытий тротуаров, пешеходных зон и участков дорог из искусственных камней мощения, где не предусматривается систематическое движение автотранспорта, должен осуществляться через 9 лет, а капитальный через 25 лет. Данный вывод основан на анализе сроков ремонтных работ цементобетонных и мелкоштучных дорожных покрытий из булыжного или колотого камня (таблица 2).

Таблица 2. Периодичность ремонтных работ дорожных покрытий из искусственных камней мощения

ПОКРЫТИЯ	СРЕДНИЕ МЕЖРЕМОНТНЫЕ СРОКИ СЛУЖБЫ, ЛЕТ	
	РЕМОНТ	КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ
Цементобетонные	10	30
Из булыжного или колотого камня	8	16
Дорожные покрытия из бетонных искусственных камней мощения (прогноз)	9	25

Термины и определения

Армирование – усиление дорожных конструкций и материалов с целью улучшения их механических характеристик.

Выцветы (высолы) - отложение на поверхности плит кристаллов растворимых соединений из состава бетона.

Дополнительные слои основания - слои между несущим основанием и подстилающим грунтом, предусматриваемые для обеспечения требуемой морозостойкости и дренирования конструкции, позволяющие снижать толщину вышележащих слоев из дорогостоящих материалов. В зависимости от функции дополнительный слой бывает морозозащитным, теплоизолирующим, дренирующим. Дополнительные слои устраивают из песка и других местных материалов в естественном состоянии, в том числе с применением геосинтетических материалов; из местных грунтов, обработанных различного вида вяжущими или стабилизаторами, а также из смесей с добавками пористых заполнителей.

Дополнительная обработка - обработка, выполняемая на всем изделии или на одной из его поверхностей до или после твердения бетона с целью придания поверхности декоративных и/или защитных свойств.

Дорожная одежда с покрытием из плит/камней мощения - многослойная конструкция, воспринимающая внешнюю нагрузку и передающая ее на подстилающий массив грунта - земляного полотна. Дорожная одежда состоит из покрытия, выполненного из камней мощения (плит), несущего и (при необходимости) дополнительного слоя основания.

Дорожная одежда - конструктивный элемент автомобильной дороги, воспринимающий нагрузку от транспортных средств и передающий ее на земляное полотно.

Дренирование – ускорение отвода воды в плоскости полотна и нормальном ей направлении.

Газонная решетка - плита бетонная тротуарная с открытыми ячейками.

Геомембрана - геосинтетический материал, предназначенный для полной или частичной гидроизоляции;

Геополотно нетканое – геополотно, образованное из ориентированных или хаотично расположенных волокон или нитей, скрепленных механическим, физико-химическим, термическим или комбинированным способом.

Георешетка – плоский геосинтетический материал, имеющий сквозные ячейки правильной стабильной формы, размеры которых превышают наибольший размер поперечного сечения ребер, образованный путем экструзии, склеивания, термоскрепления или переплетения ребер, противостоящий растяжению (внешним нагрузкам) и выполняющим роль усиления конструкции.

Геосинтетический материал – материал из синтетических или природных полимеров, неорганических веществ, контактирующий с грунтом или другими средами, применяемый в дорожном строительстве.

Геотекстиль нетканый – геотекстиль, полученный по технологии нетканых текстильных материалов.

Гидроизоляция - предотвращение или ограничение перемещения жидкостей.

Горизонтальный дренаж - система трубчатых дрен, канав, лотков.

Грунт земляного полотна (подстилающий грунт, «рабочий слой» земляного полотна) – тщательно уплотненные и сбалансированные верхние слои земляного полотна, на которые укладываются слои дорожной одежды. На подстилающий грунт передается все давление от транспортных нагрузок, поэтому он является весьма ответственным элементом конструкции дорожной одежды. Прочность дорожной одежды

может быть обеспечена лишь на однородном, хорошо уплотненном, не подверженном пучению земляном полотне при обеспеченном водоотводе.

Защита – предохранение поверхности объекта от возможных повреждений.

Колормикс - технология производства многоцветных плит путем смешивания бетонной смеси двух и более цветов.

Лицевая поверхность - видимая при эксплуатации поверхность плиты, подвергающаяся воздействию факторов внешней среды, в том числе действию противогололёдных реагентов и предназначенная для образования поверхности дорожного покрытия.

Лицевой слой - слой лицевой поверхности плиты, который может изготавливаться из обычного, цветного и (или) декоративного бетона.

Мощение – устройство покрытия территории земельного участка способом укладки бетонных вибропрессованных изделий. Мощение является составляющей частью внешнего благоустройства городских территорий. В понятие мощения городских территорий входят: устройство твердого покрытия проезжей части, пешеходных тротуаров, дорожек, площадок, автостоянок и мест парковки и т. п.; устройство отмостки, водостоков, поребриков, подпорных и ограждающих стенок, защитных ограждений деревьев; устройство ступеней и пандусов для пешеходного движения.

Нелицевая поверхность - поверхность плиты, невидимая при эксплуатации (боковые поверхности, сторона плиты, обращённая в сторону основания дорожного покрытия).

Основание - часть дорожной одежды, обеспечивающая совместно с покрытием перераспределение и снижение давления на расположенные ниже дополнительные слои или грунт земляного полотна.

Основание дорожной одежды - несущая прочная часть дорожной одежды, обеспечивающая совместно с покрытием перераспределение и снижение давления на расположенные ниже дополнительные слои основания или грунт земляного полотна.

Основание насыпи - массив грунта в условиях естественного залегания, располагающийся ниже насыпного слоя.

Откос - боковая наклонная поверхность, ограничивающая искусственное земляное ограждение.

Плита бетонная тротуарная - изделие, изготовленное из бетона, и применяемое в качестве покрытия дорожных и других поверхностей.

Покрытие из плит бетонных тротуарных мощения – верхняя часть дорожной одежды, воспринимающая воздействие от автомобильного и/или пешеходного движения (истирающие, ударные и сдвигающие нагрузки), и

подвергающаяся непосредственному воздействию атмосферных факторов. Покрытие включает собственно покрытие из камней мощения или плит высотой сечения 40-160 мм, заполнение швов между искусственными камнями, подстилающий слой толщиной 3-5 см в уплотненном состоянии.

Разделение – предотвращение взаимного проникновения частиц материалов смежных слоев дорожных конструкций.

Ребро - пересечение двух поверхностей плиты. Ребро может быть ломаным, закруглённым, с фаской, полукруглым или скошенным.

Рабочий слой земляного полотна (подстилающего грунта) - верхняя часть полотна в пределах от низа дорожной одежды до 2/3 глубины промерзания, но не менее 1,5м от поверхности покрытия.

Слабое основание - основание, в пределах активной зоны которого имеются слои слабых грунтов мощностью не менее 0,5м.

Смешанная коллекция - плиты нескольких типоразмеров и/или цветов в одной упаковочной единице.

Трещина - нарушение сплошности материала с разрывом изделия без разделения на части.

Толщина - расстояние между верхней (лицевой) и нижней (нелицевой) стороной плиты.

Улицы с малоинтенсивным движением - улицы с расчётной интенсивностью движения до 200 ед/сут по действующим нормативно-техническим документам.

Упаковка - совокупность материалов (транспортный поддон, полиэтиленовая пленка, стретч-пленка, лента из полиэстера и пр.), обеспечивающая целостность и сохранность изделий при транспортировке и хранении.

Фактический размер - размер, полученный в результате измерения геометрических параметров плиты.

Фильтрация – предотвращение выноса грунтовых частиц в результате волнового воздействия, водного течения, давления воды из выклинивающихся водоносных горизонтов, предотвращение загрязнения традиционных дренажей.

Шелушение - отделение от лицевой поверхности плиты частиц, потерявших сцепление с бетоном в результате воздействия циклов попеременного замораживания и оттаивания.

Ширина - наименьшая сторона изделия в рабочем положении, с учётом шовообразователей.

Шовообразователь - выступающий профиль на боковой поверхности плиты для создания зазора при укладке смежных изделий.

1. Дорожные покрытия с применением мелкоштучных бетонных изделий марки «BRAER II»

1.1 Алгоритм подбора конструкций с применением плит бетонных тротуарных

Альбом конструктивных решений позволяет самостоятельно подобрать необходимую группу для конструкций с покрытием из плит бетонных тротуарных в зависимости от области применения, воспринимаемых осевых нагрузок, минимальной толщины плиты по данным таблицы 7. Далее в последней колонке подбирается марка по подходящей номенклатуре производимых изделий BRAER II. По каждой марке имеется широкий ассортимент по цветовой гамме и форме.

На следующем этапе на основании дорожно-климатической зоны района проектирования, требуемых коэффициентов $K_{пр}$ и K_n с учетом типа грунтов основания и уровня грунтовых вод по разделу 3 подбираются оптимизированные конструктивы. Толщины данных конструкций определены путем ручных расчетов и автоматизированных в программе IndorPavement Expert компанией ООО «ГеоДорПроект».

По подобранным конструкциям можно выполнять технико-экономическое сравнение различных вариантов, разрабатывать проектную и рабочую документацию.

Общий алгоритм работы с альбомом конструктивных решений представлен на рисунке 2.

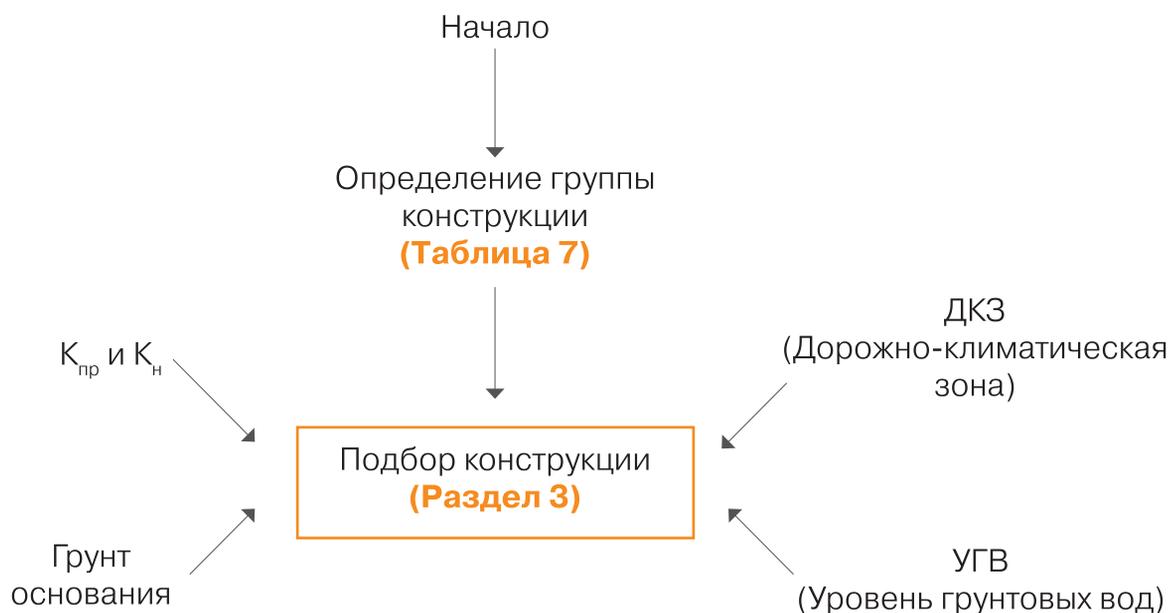


Рисунок 2. Блок-схема по использованию альбома технических решений

Пример 1

Требуется подобрать конструкцию покрытия с применением плит бетонных тротуарных для территории крупного торгового центра в московской области. Предполагается проезд по покрытию легкового и грузового транспорта с максимальной нагрузкой на ось до 10 т. Расчетная интенсивность движения составляет 1500 авт./сут. По данным геологии в основании покрытия будут суглинки тяжелые твердые, грунтовые воды не обнаружены при бурении до 5 м.

По таблице 7 согласно области применения, нагрузки на ось и интенсивности определяем группу покрытия **VI** с минимальной толщиной плитки 80 мм. По рисунку 10 для московской области определяем ДКЗ – II₂.

Далее в разделе 3, согласно известным параметрам, пошагово подбираем оптимальную конструкцию по таблице 12 для группы VI (подбор конструкции представлен на рисунке 3):

- 1) Находим строку с ДКЗ – II;
- 2) Находим тип местности по УГВ – 1 (известно, что УГВ нет на глубине 5м>3м);
- 3) Принимаем для конструкции на основании пояснительной записки $K_{пр}=0,94$ ($K_H=0,94$).
- 4) По грунту основания принимаем группу – Гл (согласно примечанию к таблице 12).

1 ДКЗ	2 ТИП МЕСТНОСТИ ПО УГВ	3 $K_{пр}(K_H)$ /ГРУНТ ОСНОВАНИЯ/ ТОЛЩИНЫ СЛОЕВ ЩЕБЕНЬ/ПЕСОК, СМ												
		0,87 (0,8)				0,9 (0,85)				0,94 (0,9)				
		п	сп п	сг п	гл	п	сп п	сг п	гл	п	сп п	сг п	гл	
II	1 ($h \geq 3$)	21р4/40	18р4/50т	18р4/55т	18р4/40т	22р4/40	20р4/50т	20р4/55т	20р4/45т	24р4/40	23р4/50т	23р4/55т	22р4/50т	26р4/45
	2 ($2,0 \leq h < 3$)	21р4/50	19р4/70т	19р4/70т	18р4/60т	22р4/50	21р4/70т	21р4/70т	20р4/60т	24р4/50	23р4/70т	23р4/70т	22р4/60т	26р4/55
	3 ($1,0 \leq h < 2$)	22р4/60т	19р4/90т	20р4/80т	19р4/70т	23р4/60	21р4/90т	21р4/80т	21р4/70т	25р4/60т	23р4/90т	23р4/80т	23р4/70т	27р4/65т
III	1 ($h \geq 3$)	21р4/30	19р4/45т	19р4/50т	18р4/30т	22р4/30	21р4/50т	21р4/50т	20р4/35т	24р4/30	23р4/45т	23р4/50т	23р4/40т	26р4/40
	2 ($2,0 \leq h < 3$)	21р4/40	19р4/65т	20р4/80т	18р4/40т	22р4/35	21р4/65т	21р4/80т	21р4/40т	24р4/40	23р4/65т	23р4/80т	24р4/45т	27р4/45
	3 ($1,0 \leq h < 2$)	22р4/55т	19р4/85т	21р4/95т	19р4/50т	23р4/55т	22р4/85т	22р4/95т	21р4/50т	25р4/55	24р4/85т	24р4/95т	24р4/50т	28р4/60т
IV	1 ($h \geq 3$)	21р4/30	20р4/40т	20р4/50т	19р4/35т	22р4/80	21р4/40т	21р4/50т	21р4/35т	24р4/30	23р4/40т	23р4/50т	24р4/35т	27р4/40
	2 ($2,0 \leq h < 3$)	21р4/35	20р4/60т	20р4/75т	19р4/40т	23р4/35	22р4/60т	22р4/75т	21р4/40т	25р4/35	24р4/60т	24р4/75т	24р4/40т	28р4/45
	3 ($1,0 \leq h < 2$)	22р4/55т	21р4/80т	21р4/90т	20р4/50т	23р4/55т	23р4/80т	23р4/90т	22р4/50т	25р4/50т	25р4/80т	25р4/90т	25р4/60т	28р4/60т

Примечание:
 Грунты были сломпонованы в группы с наиболее близкими характеристиками, расчет выполнялся по наилучшему грунту группы:
 П - Песок пылеватый; Супесь легкая; Супесь легкая крупная;
 Сп п - Супесь пылеватая; Супесь тяжелая пылеватая;
 Сг п - Суглинок тяжелый пылеватый; Суглинок легкий пылеватый;
 Гл - Глина; Суглинок легкий; Суглинок тяжелый;
 Р4 - георешетка полимерная марки РКГ СД-45;
 т - Геотекстиль нетканый иглопробивной полиэфирный РКГ ПЛ-200

Рисунок 3. Подбор оптимальной конструкции по исходным данным

На пересечении выбранных строки и столбца определяем оптимальную конструкцию **22р4/50т**. Данная конструкция согласно рисунка 3 для группы ВІ состоит из плитки бетонной тротуарной BRAER - 8 см, подстилающего слоя из пескоцементной смеси М500 – 5 см, слоя щебня фр. 40-70 мм с заклиной 5-20 мм – 22 см на армирующем слое (георешетка марки «РГК СД-45»), слоя песка средней крупности – 50 см на разделяющем слое (геотекстиль марки «РГК ПЛ-200»).

Далее в разделе «Виды вибропрессованных бетонных изделий» подбирается необходимая по цвету и размеру плитка толщиной 80 мм.

1.2 Технические характеристики продукции BRAER II

Искусственные камни мощения производятся на немецком оборудовании компании «HESS Group» методом полусухого вибропрессования. Производственный процесс характеризуется высокой технологичностью и производительностью. Этим достигается, минимальная зависимость качества продукции от человеческого фактора.

Плиты бетонные тротуарные изготавливаются из бетона, физико-механические параметры которого соответствуют значениям, указанным в таблице 3.

Таблица 3. Технические характеристики плит бетонных

НАИМЕНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ	ЗНАЧЕНИЕ БЕТОННЫХ ТРОТУАРНЫХ ПЛИТ ДЛЯ ГРУПП			
	А	Б	В	Г
Класс бетона по прочности на сжатие, не менее	B22,5	B25	B30	B40
Класс бетона по прочности на растяжение при изгибе, не менее	Btb 3,2	Btb 3,6	Btb 4,0	Btb 4,4
Марка по истираемости, не более	G3	G2	G1	G1
Минимальная толщина, мм	40	60	80	100
Морозостойкость	F 200 - 300			

Искусственные камни мощения выпускаются двухслойными. Нижний слой изделий изготавливается из тяжелого бетона. Верхний слой (лицевая поверхность) – из мелкозернистого износостойкого обычного или цветного бетона (однотонных цветов - белого, красного, желтого, коричневого, зеленого и цветов Колормикс) толщиной не менее 10% от толщины изделия.

Лицевая поверхность может быть гладкой или фактурной (размытой). В первом варианте лицевой слой выполняется только из песчано-цементной смеси (рисунок 4, а), а во втором – с включением заполнителя (рисунок 4, б).

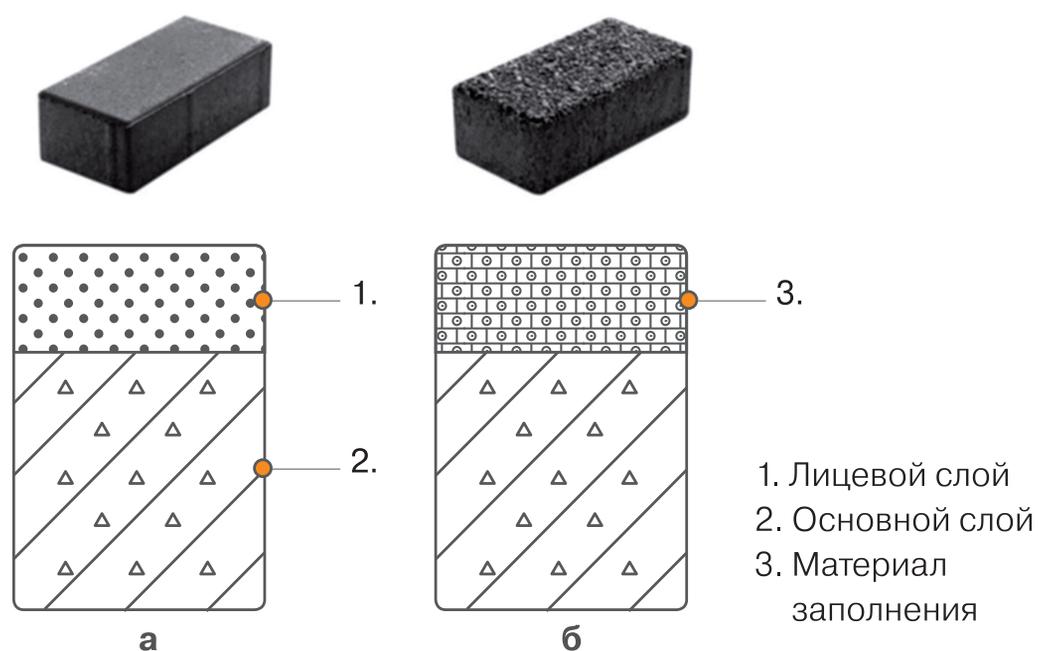


Рисунок 4. Общий вид и поперечный разрез плит бетонных тротуарных с гладкой (а) и размытой (фактурной) лицевой поверхностью (б)

Фактурная (размытая) лицевая поверхность формируется путем воздействия факела воды под высоким давлением на декоративный наполнитель лицевого слоя, с целью освобождения его от цементной оболочки, на заключительной стадии производства камней мощения. В качестве наполнителя могут быть использованы: гранитная крошка, кварцит и другие материалы, наибольший размер которых не превышает 5 мм.

За счет включения в лицевой слой фактурных камней мощения различных твердых природных наполнителей, они обладают лучшими прочностными и декоративными свойствами по сравнению с камнями с гладкой лицевой поверхностью. Варианты фактурной и гладкой лицевой поверхности представлены на Рисунках 5-8:



Рисунок 5. Фактурная поверхность

Рисунок 6. Гладкая поверхность



Рисунок 7. Обычная поверхность

Рисунок 8. Поверхность Колормикс

К качеству гладкой лицевой поверхности предъявляются требования по категории лицевой поверхности, что соответствует предельным значениям диаметра или размера раковин, высоте местного наплыва (выступа) или глубине впадины, глубине околос ребер (таблица 2). Качество фактурной поверхности должно соответствовать эталону (в виде поверхности целого изделия или его фрагмента), утверждённому предприятием (ГОСТ 17608-2017 «Плиты бетонные тротуарные. Технические условия»).

Лицевая поверхность камня мощения обеспечивает комфортное движение пешеходов по дорожному покрытию, то есть, обладает определенными сцепными свойствами с подошвой обуви пешеходов. В осеннее-зимний период лицевая поверхность камня под воздействием атмосферных осадков увлажняется и становится более скользкой и травма опасной. Действующими стандартами сцепные свойства лицевой поверхности не нормируются, что дополнительно способствует увеличению уличного травматизма.

1.3 Требования к качеству поверхности и внешнему виду

Требования к качеству камней мощения оговариваются в ГОСТ 17608-2017 «Плиты бетонные тротуарные. Технические условия». Основные положения к качеству:

- Для плит фактические размеры раковин, местных наплывов, впадин и околос ребер на бетонных поверхностях изделий не должны превышать значений, указанных в таблице 4.
- Лицевые поверхности плит могут быть гладкими, рельефными, с дополнительной декоративной обработкой, с обнажением заполнителя. Вид обработки для получения различных поверхностей устанавливается изготовителем.
- Внешний вид, цвет и рельеф лицевых поверхностей плит должны соответствовать эталонам предприятия-изготовителя. Плиты с многоцветным фактурным слоем «Колормикс» могут быть чистых цветов, смешанных оттенков и с переходом цвета. Количество продукции каждого цвета в пределах поддона (транспортного пакета) не нормируется.

Таблица 4. Размеры допустимых дефектов на бетонных поверхностях плит

ПОВЕРХНОСТЬ ИЗДЕЛИЯ	ДИАМЕТР ИЛИ НАИБОЛЬШИЙ РАЗМЕР РАКОВИН, ММ	ВЫСОТА МЕСТНОГО НАПЛЫВА (ВЫСТУПА) ИЛИ ГЛУБИНА ВПАДИНЫ, ММ*	КОЛИЧЕСТВО РАКОВИН ИЛИ НАПЛЫВОВ НА 1 М ² ИЗДЕЛИЙ, НЕ БОЛЕЕ	ГЛУБИНА ОКОЛА БЕТОНА НА РЕБРЕ ИЛИ НА ПОВЕРХНОСТИ ИЗДЕЛИЯ, ММ	СУММАРНАЯ ДЛИНА ОКОЛОВ РЕБЕР НЕ БОЛЕЕ, ММ/М
Лицевая	10	5	5	5	30
Нелицевая	15	10	Не регламентируется	10	Не регламентируется

* Для плит с дополнительной обработкой фактурного слоя высота местного напыла (выступа) или глубина впадины не регламентируется

- Внешний вид, цвет и рельеф лицевых поверхностей плит должны соответствовать эталонам предприятия-изготовителя. Плиты с многоцветным фактурным слоем «Колормикс» могут быть чистых цветов, смешанных оттенков и с переходом цвета. Количество продукции каждого цвета в пределах поддона (транспортного пакета) не нормируется.
- На лицевой поверхности плит не допускаются жировые пятна и пятна ржавчины. Допускаются на поверхности плит выцветы (высолы), не влияющие на физико-механические свойства (прочность, морозостойкость, истираемость) изделия.
- Цвет и вид лицевой поверхности устанавливаются по согласованию между изготовителем и потребителем и оговариваются в документе на поставку.

1.4 Слои основания и покрытия

Дорожная одежда с покрытием из плит бетонных тротуарных состоит из слоев основания и покрытия (рисунок 9). Минимальные толщины слоев основания приведены в таблице 5. Дорожное покрытие из плит бетонных тротуарных мощения включает:

- Плиты бетонные тротуарные;
- Материал заполнения швов между плитами;
- Подстилающий слой;
- Несущий слой основания;
- Дополнительный слой основания

* Армирующие, разделяющие, гидроизолирующие и дренирующие геосинтетические материалы могут быть включены в конструкцию для повышения различных свойств в сложных гидрогеологических и эксплуатационных условиях (большие нагрузки или высокая интенсивность движения).

1. Плиты бетонные тротуарные
2. Материал заполнения швов
3. Дорожное покрытие
4. Несущий слой основания
5. Дополнительный слой основания
6. Земляное полотно (Грунт основания)
7. Подстилающий слой на геотекстильном полотне, выполняющий функцию разделения и препятствия проникания песка в нижний слой под действием воды

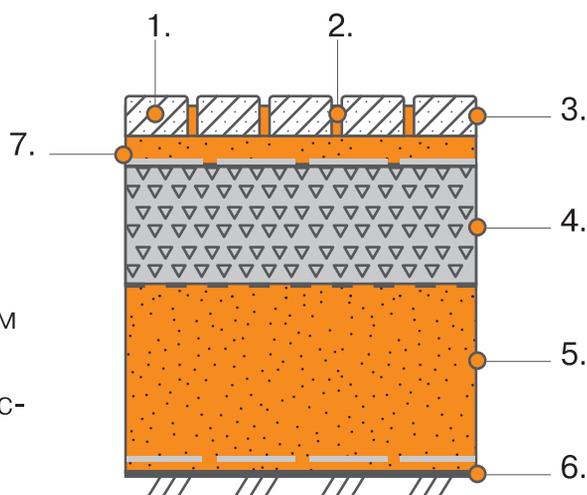


Рисунок 9. Принципиальная схема дорожной одежды с покрытием из плит бетонных тротуарных.

Таблица 5. Минимальные толщины слоев основания

НАИМЕНОВАНИЕ МАТЕРИАЛА СЛОЯ	МИНИМАЛЬНАЯ ТОЛЩИНА СЛОЯ, СМ
Щебень и гравий, не обработанные вяжущим и уложенные:	
-на песчаное основание	15
-на укрепленное каменное основание	8...10
Песок	20

Примечания:

1. Большие из значений толщины даны для тротуаров магистральных дорог и улиц.
2. Толщина слоя должна превышать размер наиболее крупных частиц каменных материалов не менее, чем в 1,5 раза (кроме щебня с пропиткой).
3. Толщина слоя из песка может быть уменьшена для дорожных одежд со связанными покрытиями с заполнением швов водонепроницаемыми растворами (см. таблицу 6) до 10-15 см.

Особенность мощения и его отличие от других видов дорожных покрытий - наличие большого количества мелкоштучных элементов, заполненных между собой песком (песком со стабилизатором). От исполнения и состояния швов зависит работоспособность, долговечность и эстетический вид всего покрытия. Это следует учитывать при проектировании, строительстве и эксплуатации мощеных покрытий.

1.5 Несвязанные дорожные покрытия из плит бетонных тротуарных

Дорожные покрытия из плит бетонных тротуарных в зависимости от применяемых для их устройства материалов, могут быть связанными и

несвязанными. **Связанные покрытия** рекомендуется применять с плитами из натуральных каменных материалов, а также клинкером при мощении, поэтому данный вид покрытий с плиткой бетонной тротуарной марки «BRAER II» в данном альбоме не будут рассмотрены. В несвязанных дорожных покрытиях (рисунок 10) плиты бетонные тротуарные укладываются на подстилающий слой, выполненный из песка или песка из отсевов дробления (гранитного отсева). Для заполнения швов в мощении из плит бетонных тротуарных применяется песок. Песок в швах может быть обработан стабилизатором песка, который предотвращает его эрозию (выветривание, вымывание), рост сорняков в швах, уменьшает водопроницаемость. Применение стабилизатора песка значительно улучшает показатели дорожных покрытий. При применении различных стабилизаторов песка, необходимо удостовериться, что стабилизатор не оставит белого или серого налёта на лицевой поверхности плит.

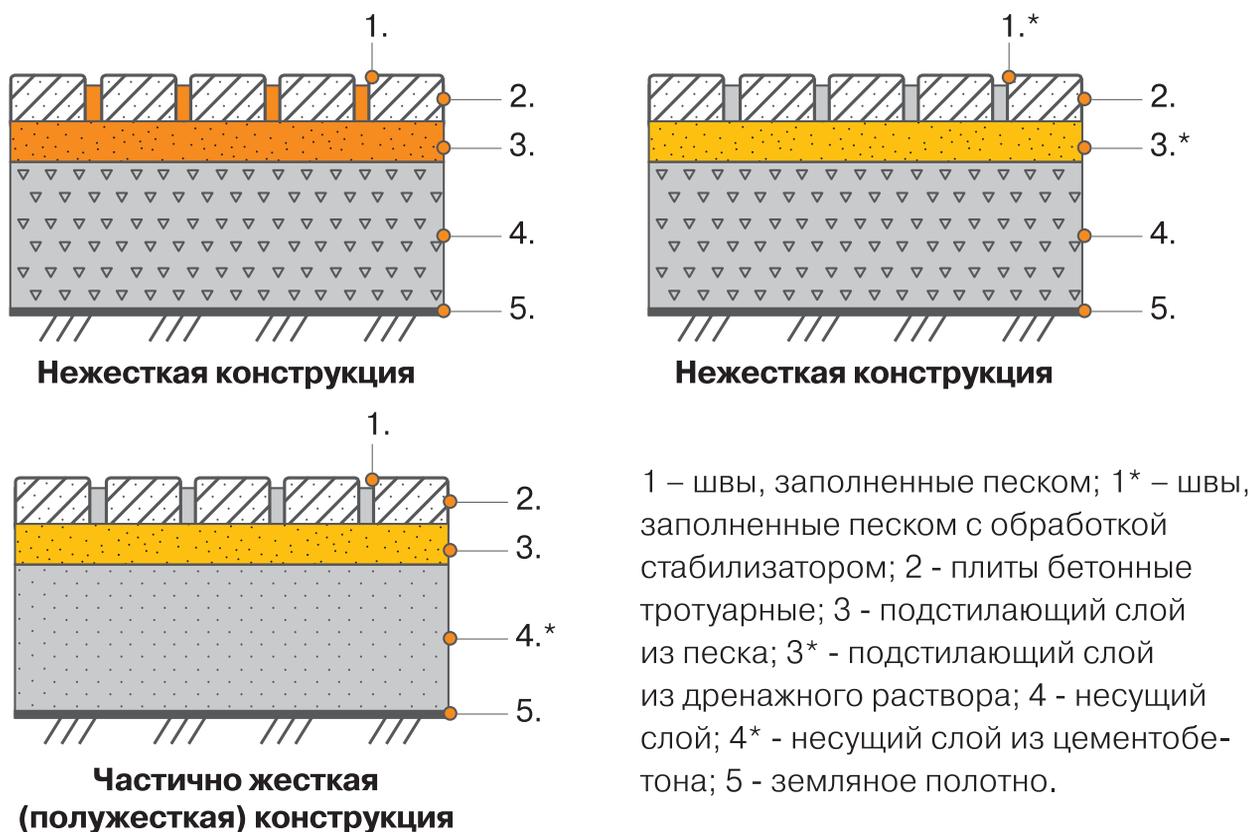


Рисунок 10. Схемы конструкций дорожных покрытий с несвязанными покрытиями.

В таблице 6 представлена классификация несвязанных дорожных покрытий из плит бетонных тротуарных.

Таблица 6. Классификация несвязанных дорожных покрытий из плит бетонных тротуарных

ЭЛЕМЕНТ КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ/ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ	ДОРОЖНЫЕ ПОКРЫТИЯ ИЗ ПЛИТ БЕТОННЫХ ТРОТУАРНЫХ	
	НЕСВЯЗАННЫЕ	
	ПОЛУЖЕСТКИЕ	НЕЖЕСТКИЕ
Заполнение швов	Песок; песок, обработанный стабилизатором	Песок; песок, обработанный стабилизатором
Подстилающий слой	Песок; песок из отсевов дробления; дренажный раствор	Песок; песок из отсевов дробления; дренажный раствор
Несущий слой	Крупнофракционные материалы, обработанные вяжущими; цементобетон	Щебень или гравий

Преимуществом полужестких и нежестких дорожных покрытий являются:

- высокая ремонтпригодность (элемент мощения может быть легко извлечен из покрытия, установлен обратно или заменен на новый);
- небольшая стоимость первоначального устройства (по сравнению со связанными покрытиями).

В полужестких конструкциях элементы мощения укладываются на песчаный подстилающий слой, а несущий слой выполняют из материалов повышенной прочности (крупнофракционные материалы, обработанные вяжущими; цементобетоны). Данный вид конструкций устраивается на бетонных (железобетонных) эксплуатируемых перекрытиях подземных сооружений, а также при значительных нагрузках на покрытие, когда нежесткие конструкции невозможно устроить из-за ограничения общей толщины «пирога». Для полужестких конструкций особое внимание следует уделять обеспечению морозоустойчивости при наличии в основании пучинистых грунтов.

1.6 Классификация конструкций для дорожных покрытий с применением плит бетонных тротуарных в зависимости от области применения

Подбор плит бетонных тротуарных для конструкций дорожного покрытия должен в первую очередь опираться на четкую постановку задачи, описывающей в полной мере действующие на покрытие нагрузки и их интенсивность, а также область применения покрытия. В таблице 7 приведена расширенная классификация конструкций по группам с применением плит бетонных тротуарных производства компании «BRAER II» в соответствии с [6].

Таблица 7. Классификация конструкций по группам

ГРУППА	ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ	НАГРУЗКИ НА ОСЬ, кН (т)	РАСЧЕТНАЯ ИНТЕНСИВНОСТЬ, АВТ./СУТ.	МИНИМАЛЬНАЯ ТОЛЩИНА ПЛИТЫ БЕТОННОЙ ТРОТУАРНОЙ, мм, НЕ МЕНЕЕ	МАРКА ПЛИТ БЕТОННЫХ ТРОТУАРНЫХ
AI	Тротуары улиц местного значения, пешеходные и садово-парковые дорожки, газоны, придомовые территории частных строений (без заезда легкового и грузового автотранспорта)	Уборочная техника 38 кН (3,8 т)	20	40	Престиж, Сити, Меба, Патио, Домино, Волна Мозаика, Триада, Ривьера, Классико, Старый город, Прямоугольник, Лувр, Голливуд
AII	Эксплуатируемые кровли зданий и сооружений	60 кН (6 т)	4,5	40; 60	Сити, Меба, Патио, Домино, Волна Мозаика, Триада, Ривьера, Классико, Старый город, Прямоугольник, Лувр, Голливуд
AIII	Покрытия лестниц, железнодорожных перронов	60 кН (6 т)	10	40; 60	Сити, Меба, Патио, Домино, Волна Мозаика, Триада, Ривьера, Классико, Старый город, Прямоугольник, Лувр, Голливуд
Б	Тротуары магистральных улиц, пешеходные площади и посадочные площадки общественного транспорта, велосипедные дорожки	100 кН (10 т)	<200	60	Сити, Меба, Патио, Домино, Волна Мозаика, Триада, Ривьера, Классико, Старый город, Прямоугольник, Лувр, Голливуд
BI	Дороги с малоинтенсивным движением (внутриквартальные проезды) и площади, территории АЗС, наземные пешеходные переходы, трамвайные пути	100 кН (10 т)	200- 2000	80	Старый город, Прямоугольник, Меба, Голливуд

ГРУППА	ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ	НАГРУЗКИ НА ОСЬ, кН (Т)	РАСЧЕТНАЯ ИНТЕНСИВНОСТЬ, АВТ./СУТ.	МИНИМАЛЬНАЯ ТОЛЩИНА ПЛИТЫ БЕТОННОЙ ТРОТУАРНОЙ, ММ, НЕ МЕНЕЕ	МАРКА ПЛИТ БЕТОННЫХ ТРОТУАРНЫХ
ВII	Пожарные проезды и площадки	160 кН (16 т)	200-2000	80	Старый город, Прямоугольник, Меба, Голливуд
Г	Покрытия портовых территорий, логистических центров, контейнерных терминалов, аэродромом	до 1100 кН (110 т)	-	120 (100)1	Голливуд

Примечания:

1 Рекомендуемая толщина плиты не менее 120 мм, допускается на основании расчетов – 100 мм

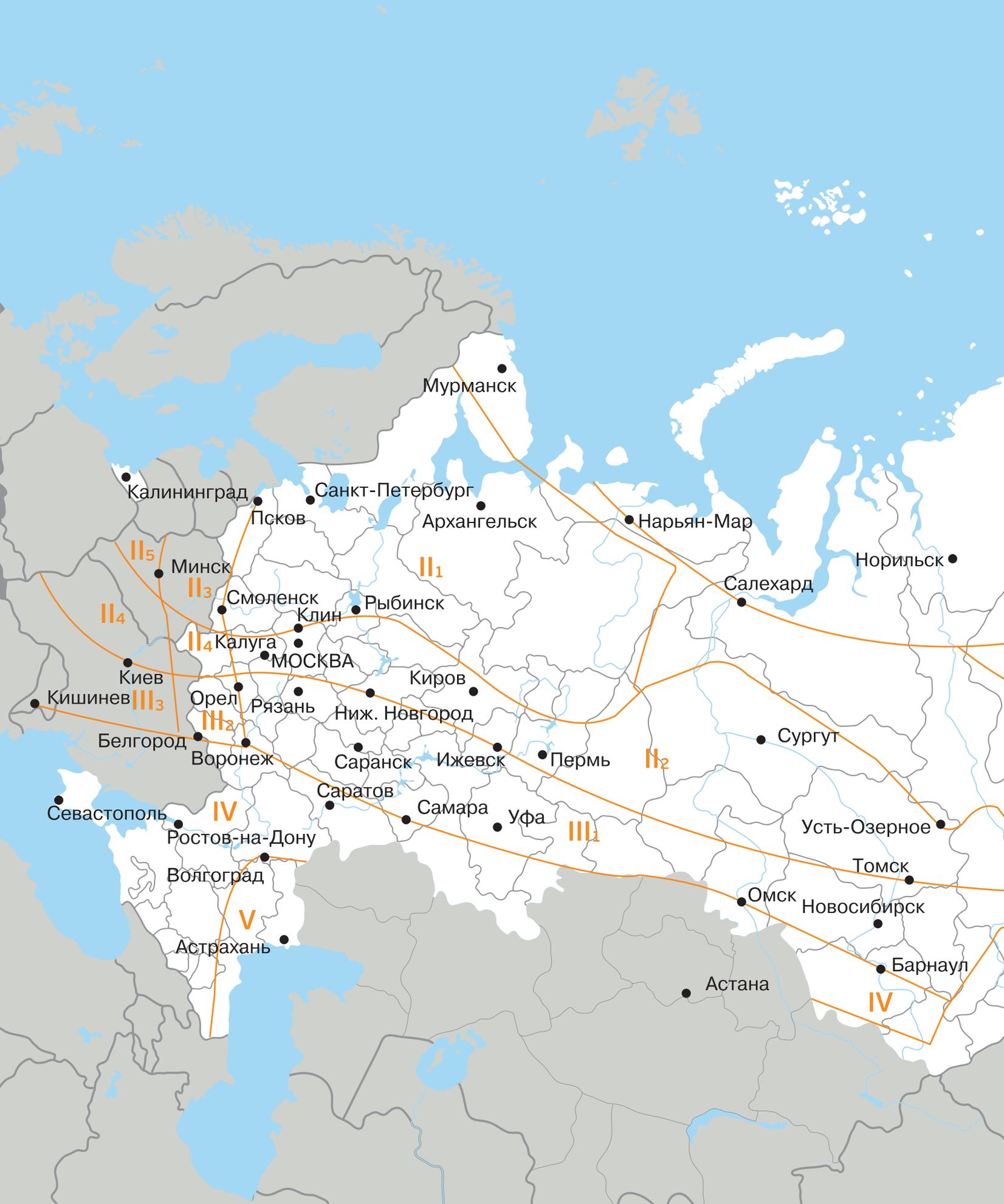


Рисунок 11. Дорожно-климатическое районирование территории Российской Федерации



2. Проектирование дорожных покрытий из плит бетонных тротуарных

2.1 Основные факторы и требования, влияющие на конструкцию покрытия из плит бетонных тротуарных

Конструкция дорожного покрытия назначается исходя из применяемого для мощения материала (вид, форма и размеры), нагрузок, основания и функциональной задачи мощения.

Расчет конструкции дорожной одежды на прочность осуществляют с учетом нагрузок (например, транспортной).

Дорожную одежду следует проектировать в соответствии с требуемыми коэффициентами прочности ($K_{пр}$) и надежности (K_n), которые определяют вероятность безотказной работы в течение межремонтного периода с учетом характеристики конструктивных слоев и действующих воздействий на конструкцию в целом. Отказ конструкции по прочности физически может характеризоваться образованием продольных и поперечных неровностей поверхности покрытия, а также колееобразования с последующим развитием других видов деформаций и разрушений (выбоины, просадки, проломы и т.д.).

По каждой группе конструкций со значительными нагрузками выполняются расчёты для различных типов местности по увлажнению, грунтов основания, морозоустойчивости и коэффициентов $K_{пр}$ и K_n . Требуемые коэффициенты для групп рассматриваемых конструкций приведены в таблице 8.

ГРУППА КОНСТРУКЦИЙ	АI	АII, АIII	Б	ВI			ВII	Г	
$K_{пр}$	0,63	0,84	0,87	0,87	0,9	0,94	1,0	0,94	1,0
K_n	0,7	0,8	0,85	0,8	0,85	0,9	0,95	0,9	0,95

Природные условия района строительства характеризуются комплексом погодно-климатических, инженерно-геологических (включая геоморфологические) факторов. Для первоначальной оценки природных условий района строительства следует использовать дорожно-климатическое районирование территории строительства в соответствии с рисунком 11.

На рисунке 12 представлена схема основных и дополнительных факторов, определяющие выбор конечной конструкции с уточнением требуемых толщин слоев для обеспечения надежной работы на протяжении всего срока службы.



Рисунок 12. Факторы, определяющие вид конструкции

2.2 Определение жесткости дорожной плиты

Категория плит бетонных тротуарных (абсолютно жесткие или конечной жесткости) определяется в зависимости от показателя жесткости S согласно [1]:

- при $S \leq 0,5$ или при $r / h_{пл} \leq 2,5$ плиты относят к категории абсолютно жестких и на прочность, т.е. на сопротивление растяжению при изгибе (предельный изгибающий момент) их не рассчитывают;
- при $0,5 < S \leq 10$ плиты относят к категории плит конечной жесткости и их рассчитывают на прочность т.е. на сопротивление растяжению при изгибе (предельный изгибающий момент).

Показатель жесткости S плиты определяют по формуле:

$$S = \frac{3 \cdot E_0^3}{E} \cdot \left(\frac{r}{h_{пл}} \right)^3 \quad (1)$$

где r - радиус круглой плиты; радиус равновеликой по площади многоугольной плиты, половина стороны квадратной или полудлина прямоугольной, м;

$h_{пл}$ - толщина плиты, м;

E - расчетный модуль упругости бетона или природного камня плиты, МПа, принимаемый по таблице 9 или по формуле:

$$E = 3300 \cdot R_{pu} + 1670 \quad (2)$$

Таблица 9. Расчетный модуль упругости бетона

КЛАСС БЕТОНА ПО ПРОЧНОСТИ НА РАСТЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ	СРЕДНЯЯ ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА НА РАСТЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ R_{pu} , МПА	РАСЧЕТНЫЙ (НАЧАЛЬНЫЙ) МОДУЛЬ УПРУГОСТИ БЕТОНА E , МПА	
		ТЯЖЕЛОГО	МЕЛКОЗЕРНИСТОГО
Bтв 4,4	5,5	36 000	28 000
Bтв 4,0	5,0	33 000	26 500
Bтв 3,6	4,5	32 000	25 500
Bтв 3,2	4,0	30 000	24 000
Bтв 2,8	3,5	28 000	22 500

Примечание: Для определения расчетного модуля упругости мелкозернистого бетона, приготовленного из песков с модулем крупности менее 2,0 следует соответствующие табличные значения умножить на 0,9.

$E_0^э$ - эквивалентный модуль упругости основания, МПа, определяемый по формуле:

$$E_0^э = \frac{E_H}{1 - \frac{2}{\pi} \cdot \left[1 - \left(\frac{E_H}{E_B} \right)^{\frac{4}{3}} \right] \cdot \arctg \left[1,1 \cdot \left(\frac{E_B}{E_H} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{h}{D} \right]}$$

где E_H – модуль упругости нижнего слоя дорожной конструкции, МПа;

E_B – модуль упругости вышележащего слоя дорожной конструкции, МПа;

h – толщина верхнего слоя, м;

D – диаметр круга, равновеликого площади отпечатка пневмоколеса, м, согласно таблице П 1.1 ОДН 218.046-01 или по формуле:

$$D = 2 \cdot R = 2 \cdot \sqrt{\frac{F_d}{\pi \cdot p}}$$

где R – радиус круга, равновеликого площади отпечатка пневмоколеса, м;

F_d – расчетная величина нагрузки на колесо, кН;

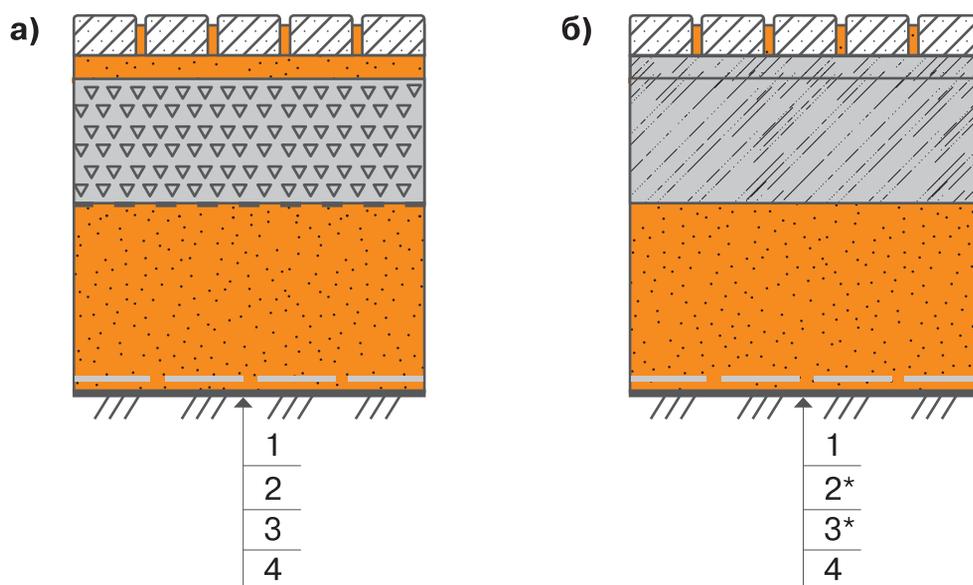
p – внутреннее давление воздуха в пневмоколесах, кПа;

3. Конструктивные решения из плит бетонных тротуарных

3.1 Конструкции группы АI - Тротуары улиц местного значения, пешеходные и садово-парковые дорожки, газоны, придомовые территории частных строений (без заезда легкового и грузового автотранспорта)

Дорожные одежды с покрытием из плит бетонных тротуарных Группы АI – это дорожные одежды с покрытием шириной 2-3 метра, рассчитанные на нагрузки от пешеходов и от легкой уборочной техники с нагрузкой до 3,8 тонн (38 кН) на ось и интенсивностью движения до 20 авт./сут.

Конструктивные схемы дорожной одежды Группы АI представлена на рисунке 13.



а) Конструктивная схема дорожной одежды нежесткого типа;

б) Конструктивная схема дорожной одежды жесткого типа;

1 - покрытие (плиты бетонные тротуарные) с заполнением швов песком;

2 - подстилающий слой (песок/песок из отсевов дробления); 2* - подстилающий слой из дренажного раствора; 3 - несущий слой основания (щебень, гравийно-песчаные смеси, щебень с расклинцовкой, щебеночные смеси, отсевы дробления горных пород, побочные продукты промышленного производства);

3* - несущий слой основания (цементобетон, «тощий» цементобетон) 4 - дополнительный слой основания (песок, гравийно-песчаные смеси) на слое геотекстиля при наличии в основании глинистых грунтов и высокого уровня грунтовых вод.

Рисунок 13. Конструктивная схема дорожной одежды с покрытием из плит бетонных тротуарных Группы АI

По результатам расчетов толщины конструктивных слоев нежестких типов ДО приведены в таблице 10.

Таблица 10. Толщины конструктивных слоев по результатам расчетов ($K_{пр}=0,63$, $K_n=0,7$)

ДКЗ	ТИП МЕСТНОСТИ ПО УГВ	ГРУНТ ОСНОВАНИЯ/ ТОЛЩИНЫ СЛОЕВ ЩЕБЕНЬ/ПЕСОК, СМ			
		П	СП П	СГ П	ГЛ
II	1 ($h \geq 3$)	16/20	16/20	16/20	16/20
	2 ($2,0 \leq h < 3$)	16/30	16/40	16/40	16/35
	3 ($1,0 \leq h < 2$)	16/40	16/55т	16/60т	16/50т
III	1 ($h \geq 3$)	16/20	16/20	16/20	16/20
	2 ($2,0 \leq h < 3$)	16/30	16/35	16/40	16/30
	3 ($1,0 \leq h < 2$)	16/40	16/50т	16/60т	16/40т
IV	1 ($h \geq 3$)	16/20	16/20	16/20	16/20
	2 ($2,0 \leq h < 3$)	16/25	16/30	16/40	16/25
	3 ($1,0 \leq h < 2$)	16/35	16/45т	16/60т	16/30т

Примечание:

Грунты были скомпонованы в группы с наиболее близкими характеристиками, расчет выполнялся по наихудшему грунту группы:

П - Песок пылеватый; Супесь легкая; Супесь легкая крупная;

СП п - Супесь пылеватая; Супесь тяжелая пылеватая;

СГ п – Суглинок тяжелый пылеватый; Суглинок легкий пылеватый;

Гл – Глина; Суглинок легкий; Суглинок тяжелый;

т – Геотекстиль нетканый иглопробивной полиэфирный РГК ПЛ-200

Конструкции покрытий жесткого типа по своим прочностным характеристикам превышают конструкции нежесткого типа за счет применения цементобетонных слоев, обладающих повышенными модулями упругости. Данные конструкции устраиваются, когда нежесткие конструкции невозможно устроить из-за ограничения общей толщины «пирога» (наличие в основании коммуникаций и т.д.). Для жестких конструкций особое внимание следует уделять обеспечению морозоустойчивости при наличии в основании пучинистых грунтов.

При этом жесткие конструкции (конструкции с бетонным основанием) характеризуются более высокой стоимостью и повышенными трудозатратами, связанными с устройством бетонных оснований и проведением ремонтных работ (потребность в механизации труда по проведению демонтажа тротуарной плитки и инженерно-технических работ под основанием). Так же, при производстве ремонтных работ, повторное использование извлеченных элементов покрытия, как правило, невозможно из-за их разрушения при демонтаже (рисунок 14). Дополнительным недостатком может являться появление высолов, которые будут выступать на поверхности покрытия.



Рисунок 14. Ремонт покрытия на пескоцементном подстилающем слое

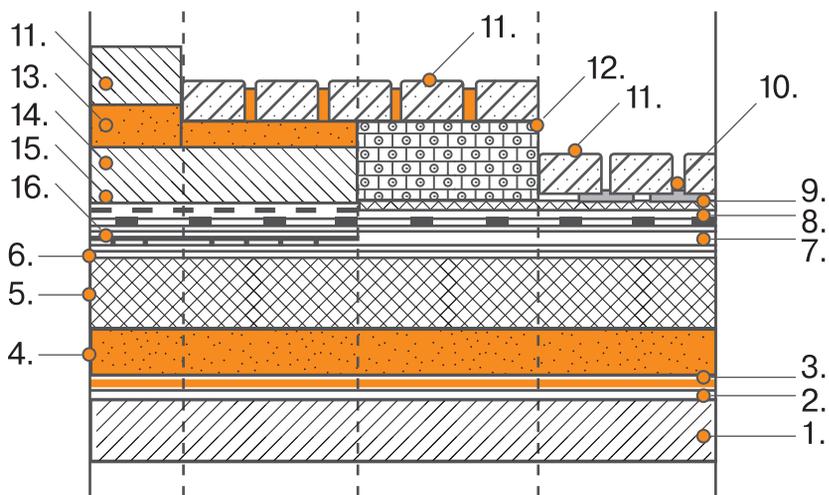
3.2 Конструкции группы АII - Эксплуатируемые кровли зданий и сооружений

Плоские эксплуатируемые кровли дают возможность освоения дополнительных площадей зданий под автостоянки, пешеходные зоны и озеленение. В современных проектах часто встречается комбинация зелёной кровли и кровли-террасы, с возможностью движения по ней пешеходов и автомобилей (рисунок 15). Как правило, в качестве дорожных покрытий эксплуатируемых кровель применяется искусственный камень мощения (тротуарная плитка).

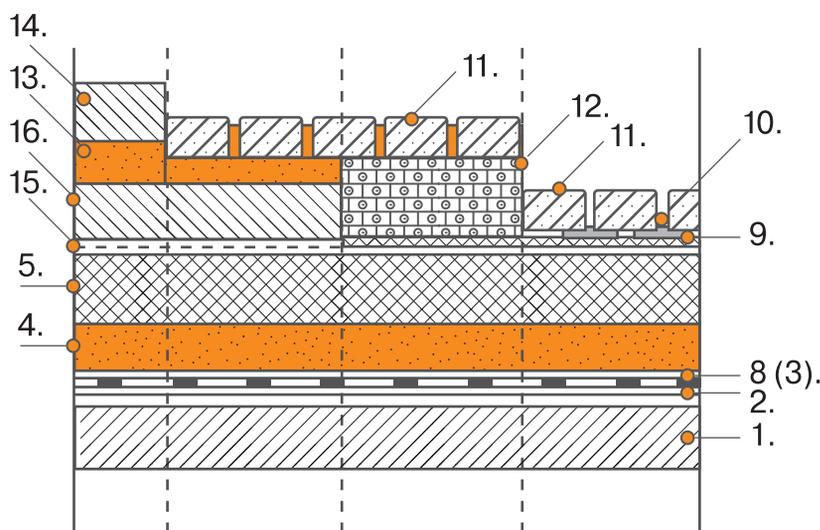


Рисунок 15. Эксплуатируемые кровли

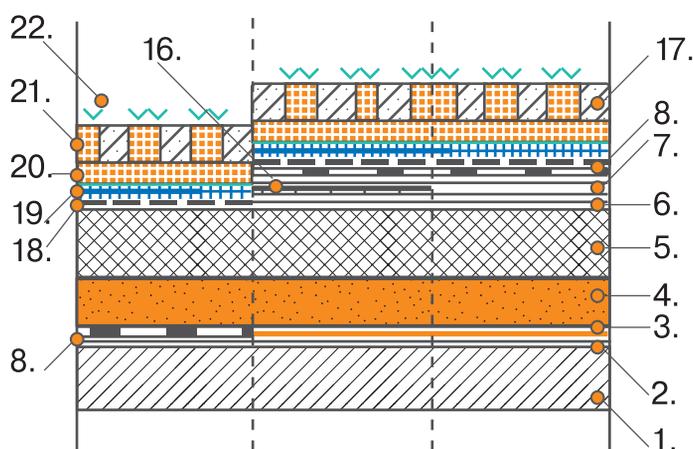
Плоские эксплуатируемые кровли различают на традиционные и инверсионные. Инверсионная (перевернутая) кровля, отличается от традиционной плоской кровли тем, что теплоизоляционный слой находится не под гидроизоляционным слоем, а по верх его. Таким образом, гидроизоляционный слой предохраняется от воздействия внешних факторов, таких как температурные колебания, ультрафиолетовые лучи, механические повреждения и т. д., тем самым увеличивается срок службы кровли. В зелёных кровлях применяют специальные гидроизоляционные и дренирующие материалы (например, дренажные мембраны), которые стойки к повреждениям от корневых систем растений, обеспечивают поддержание влажности грунта и отвод излишков влаги. Конструкции эксплуатируемых кровель представлены на рисунке 15 в соответствии с [2].



Эксплуатируемые кровли



Инверсионные кровли



Озелененные кровли

- 1 – сборные или монолитные железобетонные плиты;
- 2 – выравнивающая затирка из цементно-песчаного раствора или слой асфальтобетона толщиной 1-2 см;
- 3 – пароизоляция;
- 4 – уклонообразующий слой (песок);
- 5 – теплоизоляция (пенополистирол);
- 6 – разделительный слой (пленка);
- 7 – цементно-песчаная стяжка;
- 8 – гидроизоляция (геомембрана);
- 9 – дренажный мат;
- 10 – опора под тротуарную плитку;
- 11 – бетонная тротуарная плитка BRAER;
- 12 – дренажный слой из гравия;
- 13 – подстилающий слой (песок);
- 14 – армированная бетонная плита;
- 15 – предохранительный слой (геотекстиль);
- 16 – армированная цементно-песчаная стяжка
- 17 – газонная решетка BRAER;
- 18 – противокорневой слой;
- 19 – дренажный композит;
- 20 – фильтрующий слой (нетканый геотекстиль);
- 21 – плодородный слой;
- 22 – растительный слой (озеленение)

Рисунок 16. Конструкции кровель с применением бетонных тротуарных плит и газонных решеток

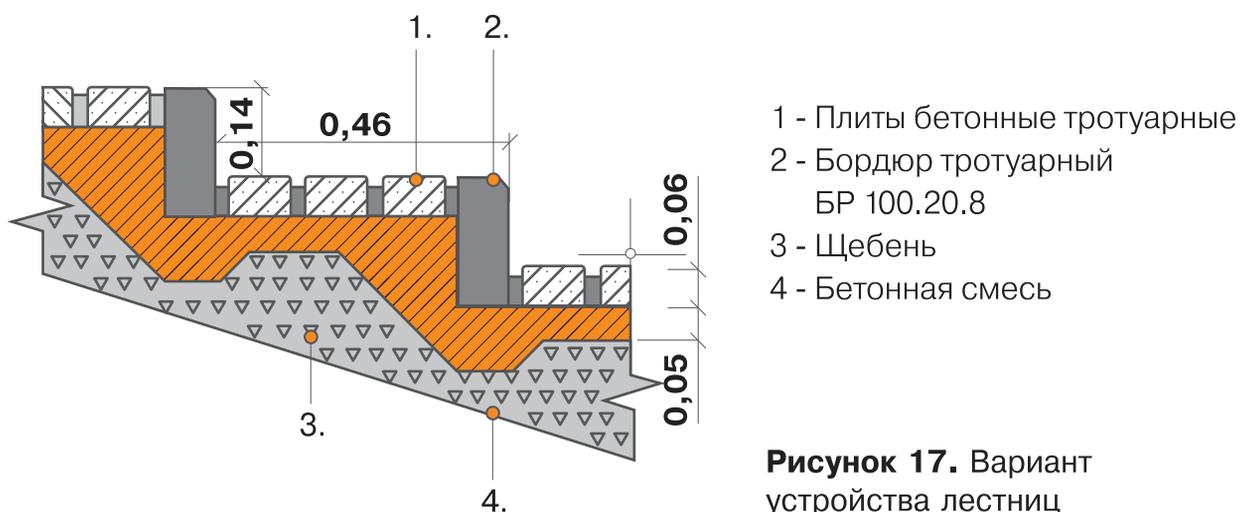
Защитный слой кровли, предусмотренный для ремонта расположенного на них оборудования, а также для размещения спортивных площадок, кафе, автостоянок, соляриев и т.п., должны быть плитными или монолитными из негорючего материала НГ с маркой по морозостойкости не ниже F150 и прочностью, определяемой на нагрузки в соответствии с СП 20.13330.2016 (цементно-песчаный раствор, монолитные бетон или железобетон, мелкогабаритные тротуарные плитки фигурного очертания толщиной не менее 60 мм, брусчатка толщиной не менее 80 мм, бетонные или каменные плиты толщиной не менее 40 мм на пескоцементном растворе или на специальных подставках либо уложенных на дренажный слой).

На рисунке 16 представлены различные варианты конструкций кровель в соответствии с СП 17.13330.2016. Толщины конструктивных слоев разрабатываются индивидуально для проектов с учетом рабочих отметок, климатических и инженерно-геологических условий, а также сопрягаемых конструктивных решений.

3.3 Конструкции группы АIII - Покрытия лестниц, железнодорожных перронов

Плиты бетонные тротуарные успешно применяются при устройстве железнодорожных перронов и лестниц на входах в здания.

На рисунке 17 представлен вариант устройства лестниц с высотой проступи не менее 25 см и высотой подъема не более 22 см согласно СП 1.13130.2009.



На рисунках 18 и 19 представлены фотография и схема конструкции железнодорожного перрона с применением бетонной тротуарной плитки.

Толщины конструктивных слоев подбираются в соответствии с требованиями к минимальной толщине слоев или с учетом конструктивов сопряжения, разработанные архитекторами. Минимальные толщины бетонных тротуарных плит группы АIII не менее 40 мм, толщина подстилающего слоя 30 - 50 мм.

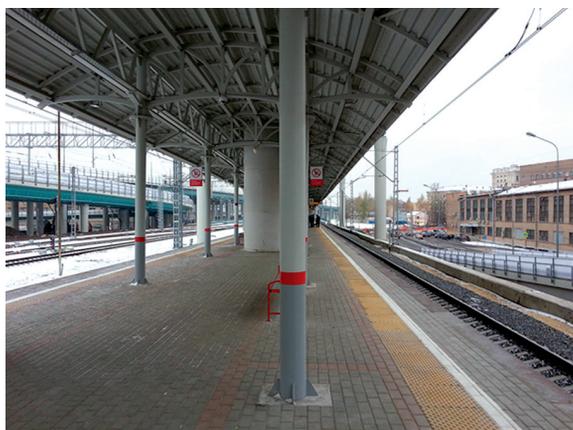
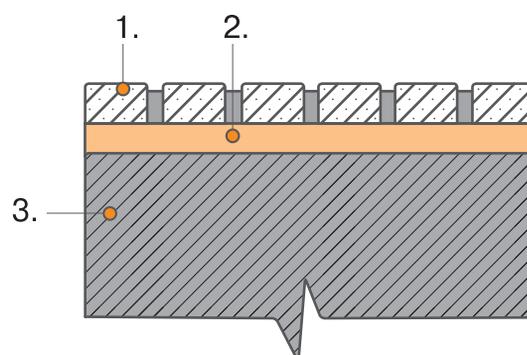


Рисунок 18. Покрытие железнодорожного перрона



1 - Плиты бетонные тротуарные
2 - Пескоцементная смесь
3 - Бетон или железобетонная плита

Рисунок 19. Схема покрытия железнодорожного перрона

3.4 Конструкции группы Б – Тротуары магистральных улиц, пешеходные площади и посадочные площадки общественного транспорта, велосипедные дорожки

Дорожные одежды с покрытием из плит бетонных тротуарных Группы Б – это дорожные одежды, рассчитанные на нагрузки от транспортных средств с нагрузкой до 10 тонн (100 кН) на ось и интенсивностью движения 200 авт./сут.

Конструктивная схема дорожной одежды Группы Б представлена на рисунке 20.

По результатам расчетов толщины конструктивных слоев нежестких типов ДО приведены в таблице 11.

Таблица 11. Толщины конструктивных слоев по результатам расчетов
($K_{пр}=0,87$, $K_H=0,80$)

ДКЗ	ТИП МЕСТНОСТИ ПО УГВ	ГРУНТ ОСНОВАНИЯ/ ТОЛЩИНЫ СЛОЕВ ЩЕБЕНЬ/ПЕСОК, СМ			
		П	СП П	СГ П	ГЛ
II	1 ($h \geq 3$)	18р2/35	16р2/50т	16р2/55т	16р2/40т
	2 ($2,0 \leq h < 3$)	18р2/50	18р2/70т	16р2/70т	16р2/50т
	3 ($1,0 \leq h < 2$)	19р2/65	18р2/95т	17р2/85т	17р2/60т
III	1 ($h \geq 3$)	18р2/35	17р2/40т	17р2/55т	16р2/25т
	2 ($2,0 \leq h < 3$)	18р2/45	17р2/65т	18р2/80т	16р2/35т
	3 ($1,0 \leq h < 2$)	19р2/55	18р2/85т	18р2/95т	17р2/55т
IV	1 ($h \geq 3$)	18р2/35	17р2/40т	18р2/50т	16р2/30т
	2 ($2,0 \leq h < 3$)	18р2/45	18р2/60т	18р2/80т	17р2/40т
	3 ($1,0 \leq h < 2$)	19р2/55	19р2/80т	18р2/95т	17р2/50т

Примечание:

Грунты были скомпонованы в группы с наиболее близкими характеристиками, расчет выполнялся по наихудшему грунту группы:

П - Песок пылеватый; Супесь легкая; Супесь легкая крупная;

СП п - Супесь пылеватая; Супесь тяжелая пылеватая;

СГ п – Суглинок тяжелый пылеватый; Суглинок легкий пылеватый;

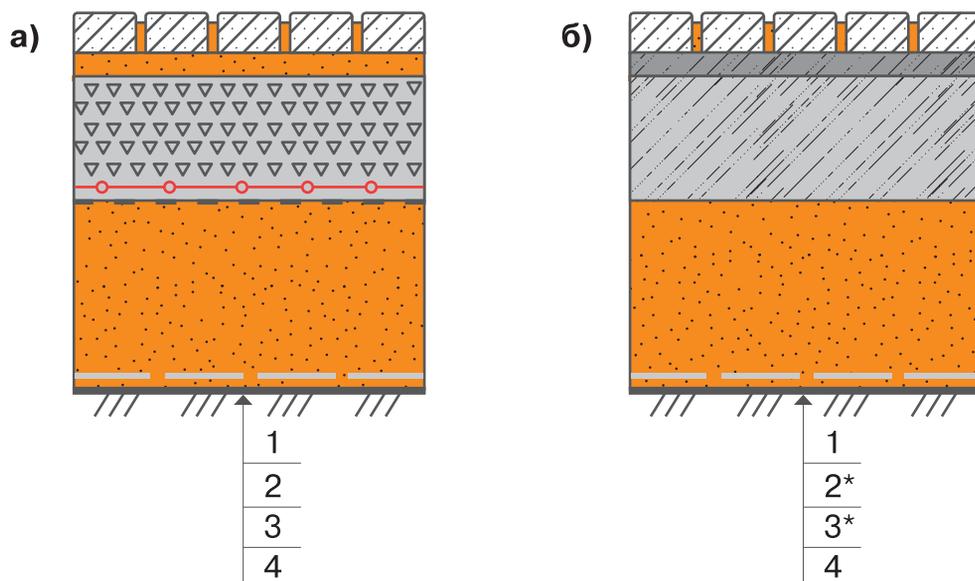
Гл – Глина; Суглинок легкий; Суглинок тяжелый;

р2 - Георешетка полимерная марки РГК СД -20;

т – Геотекстиль нетканый иглопробивной полиэфирный РГК ПЛ-200

Конструкция дорожной одежды жесткого типа по своим прочностным характеристикам превышает конструкции нежесткого типа за счет применения цементобетонных слоев, обладающих повышенными модулями упругости. Данные конструкции устраиваются, когда нежесткие конструкции невозможно устроить из-за ограничения общей толщины «пирога» (наличие в основании коммуникаций и т.д.). Для жестких конструкций особое внимание следует уделять обеспечению морозостойчивости при наличии в основании пучинистых грунтов.

При этом жёсткие конструкции (конструкции с бетонным основанием) характеризуются более высокой стоимостью и повышенными трудозатратами, связанными с устройством бетонных оснований и проведением ремонтных работ (потребность в механизации труда по



а) Конструктивная схема дорожной одежды нежесткого типа;

б) Конструктивная схема дорожной одежды жесткого типа;

1 - покрытие (плиты бетонные тротуарные BRAER) с заполнением швов песком (возможно с обработкой стабилизаторами); 2 - подстилающий слой (песок/песок из отсевов дробления) рекомендуется укладывать на слое геотекстиля, выполняющего функцию разделения и препятствия проникания песка в нижний слой из крупнофракционных материалов без обработки вяжущими под действием воды; 2* - подстилающий слой из дренажного раствора; 3 - несущий слой основания (щебень, гравийно-песчаные смеси, щебень с расклинцовкой, щебеночные смеси, щебень обработанный органическими и неорганическими вяжущими, отсеvy дробления горных пород, побочные продукты промышленного производства обработанные и необработанные вяжущими, тощий (малоцементный) укатываемый и ячеистые бетоны с прочностью на растяжение при изгибе менее 0,8 МПа, грунт обработанный вяжущими; 3* - несущий слой основания (цементобетон, «тощий» цементобетон); 4 - дополнительный слой основания (песок, гравийно-песчаные смеси, щебень однофракционный (открытая смесь), гравий) на слое геотекстиля при наличии в основании глинистых грунтов и высокого уровня грунтовых вод.

Рисунок 20. Конструктивная схема дорожной одежды с покрытием из плит бетонных тротуарных Группы Б

проведению демонтажа тротуарной плитки и инженерно-технических работ под основанием). Так же, при производстве ремонтных работ, повторное использование извлеченных элементов покрытия, как правило, невозможно из-за их разрушения при демонтаже (рисунок 14). Дополнительным недостатком может являться появление высолов, которые будут выступать на поверхности покрытия.

3.5 Конструкции группы VI - Дороги с малоинтенсивным движением (внутриквартальные проезды) и площади, территории стоянок легкого автотранспорта, территории АЗС, наземные пешеходные переходы, трамвайные пути

Дорожные одежды с покрытием из плит бетонных тротуарных Группы VI – это дорожные одежды, рассчитанные на воздействия от транспортных средств с нагрузкой на ось до 10 тонн (100 кН) и интенсивностью движения 2 000 авт./сут.

Конструктивная схема дорожной одежды Группы VI представлена на рисунке 21. Толщины конструктивных слоев по результатам расчетов приведены в таблице 12.

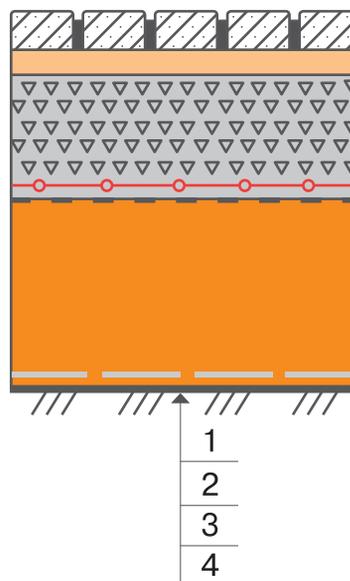


Рисунок 21. Конструктивная схема дорожной одежды с покрытием из плит бетонных тротуарных BRAER Группы VI

1 - покрытие (плиты бетонные тротуарные BRAER) с заполнением швов песком, обработанным стабилизаторами; 2 - подстилающий слой (песок/песок из отсевов дробления; трассовый дренажный раствор); 3 - несущий слой основания (щебень, гравийно-песчаные смеси, щебень с расклинцовкой, щебеночные смеси, щебень обработанный органическими и неорганическими вяжущими, отсевы дробления горных пород, побочные продукты промышленного производства обработанные и необработанные вяжущими, тощий (малоцементный) укатываемый и ячеистые бетоны с прочностью на растяжение при изгибе не менее 0,8 МПа, грунт обработанный вяжущими; 4 - дополнительный слой основания (песок гравийно-песчаные смеси, щебень однофракционный (открытая смесь), гравий)

На рисунке 22 представлена конструкция покрытия трамвайных путей с применением плит бетонных тротуарных BRAER с заполнением швов песком, обработанным стабилизаторами. В качестве подстилающего слоя применяется песчаный слой для обеспечения высокой ремонтпригодности, толщина которого варьируется в зависимости от вида верхнего строения пути.

Таблица 12. Толщины конструктивных слоев по результатам расчетов

ДКЗ	ТИП МЕСТНОСТИ ПО УГВ	K _{np} (K _n)/ГРУНТ ОСНОВАНИЯ/ ТОЛЩИНЫ СЛОЕВ ЩЕБЕНЬ/ПЕСОК, СМ			
		0,87 (0,8)			
		П	СП П	СГ П	ГЛ
II	1 (h≥3)	21р4/40	18р4/50т	18р4/55т	18р4/40т
	2 (2,0≤h<3)	21р4/50	19р4/70т	19р4/70т	18р4/60т
	3 (1,0≤h<2)	22р4/60т	20р4/90т	20р4/80т	19р4/70т
III	1 (h≥3)	21р4/30	19р4/45т	19р4/50т	18р4/30т
	2 (2,0≤h<3)	21р4/40	19р4/65т	20р4/80т	18р4/40т
	3 (1,0≤h<2)	22р4/55т	21р4/85т	21р4/95т	19р4/50т
IV	1 (h≥3)	21р4/30	20р4/40т	20р4/50т	19р4/35т
	2 (2,0≤h<3)	21р4/35	20р4/60т	20р4/75т	19р4/40т
	3 (1,0≤h<2)	22р4/55т	21р4/80т	21р4/90т	20р4/50т

ДКЗ	ТИП МЕСТНОСТИ ПО УГВ	K _{np} (K _n)/ГРУНТ ОСНОВАНИЯ/ ТОЛЩИНЫ СЛОЕВ ЩЕБЕНЬ/ПЕСОК, СМ			
		0,9 (0,85)			
		П	СП П	СГ П	ГЛ
II	1 (h≥3)	22р4/40	20р4/50т	20р4/55т	20р4/45т
	2 (2,0≤h<3)	22р4/50	21р4/70т	21р4/70т	20р4/60т
	3 (1,0≤h<2)	23р4/60т	21р4/90т	21р4/80т	21р4/70т
III	1 (h≥3)	22р4/30	21р4/50т	21р4/50т	20р4/35т
	2 (2,0≤h<3)	22р4/35	21р4/65т	21р4/80т	21р4/40т
	3 (1,0≤h<2)	23р4/55т	22р4/85т	22р4/95т	21р4/50т
IV	1 (h≥3)	22р4/30	21р4/40т	21р4/50т	21р4/35т
	2 (2,0≤h<3)	23р4/35	22р4/60т	22р4/75т	21р4/40т
	3 (1,0≤h<2)	23р4/55т	23р4/80т	23р4/90т	22р4/50т

ДКЗ	ТИП МЕСТНОСТИ ПО УГВ	K _{np} (K _n)/ГРУНТ ОСНОВАНИЯ/ ТОЛЩИНЫ СЛОЕВ ЩЕБЕНЬ/ПЕСОК, СМ			
		0,94 (0,9)			
		П	СП П	СГ П	ГЛ
II	1 (h≥3)	24р4/40	23р4/50т	23р4/55т	22р4/50т
	2 (2,0≤h<3)	24р4/50	23р4/70т	23р4/70т	22р4/60т
	3 (1,0≤h<2)	25р4/60т	23р4/90т	23р4/80т	23р4/70т
III	1 (h≥3)	24р4/30	23р4/45т	23р4/50т	23р4/40т
	2 (2,0≤h<3)	24р4/40	23р4/65т	23р4/80т	24р4/45т
	3 (1,0≤h<2)	25р4/55т	24р4/85т	24р4/95т	24р4/50т
IV	1 (h≥3)	24р4/30	23р4/40т	23р4/50т	24р4/35т
	2 (2,0≤h<3)	25р4/35	24р4/60т	24р4/75т	24р4/40т
	3 (1,0≤h<2)	25р4/50т	25р4/80т	25р4/90т	25р4/60т

ДКЗ	ТИП МЕСТНОСТИ ПО УГВ	K _{пр} (K _н)/ГРУНТ ОСНОВАНИЯ/ ТОЛЩИНЫ СЛОЕВ ЩЕБЕНЬ/ПЕСОК, СМ			
		1,0 (0,95)			
		П	СП П	СГ П	ГЛ
II	1 (h≥3)	26р4/45	26р4/60т	26р4/60т	25р4/50т
	2 (2,0≤h<3)	26р4/55	26р4/70т	26р4/70т	25р4/60т
	3 (1,0≤h<2)	27р4/65т	26р4/90т	26р4/80т	26р4/70т
III	1 (h≥3)	26р4/40	26р4/50т	26р4/50т	26р4/40т
	2 (2,0≤h<3)	27р4/45	26р4/65т	26р4/80т	27р4/45т
	3 (1,0≤h<2)	28р4/60т	27р4/85т	27р4/95т	27р4/50т
IV	1 (h≥3)	27р4/40	26р4/40т	26р4/50т	27р4/40т
	2 (2,0≤h<3)	28р4/45	27р4/60т	27р4/75т	27р4/45т
	3 (1,0≤h<2)	28р4/60т	28р4/80т	28р4/90т	28р4/55т

Примечание:

Грунты были спомпнованы в группы с наиболее близкими характеристиками, расчет выполнялся по наихудшему грунту группы:

П - Песок пылеватый; Супесь легкая; Супесь легкая крупная;

СП п - Супесь пылеватая; Супесь тяжелая пылеватая;

СГ п - Суглинок тяжелый пылеватый; Суглинок легкий пылеватый;

Гл - Глина; Суглинок легкий; Суглинок тяжелый;

Р4 - георешетка полимерная марки РКГ СД-45;

т - Геотекстиль нетканый иглопробивной полиэфирный РКГ ПЛ-200

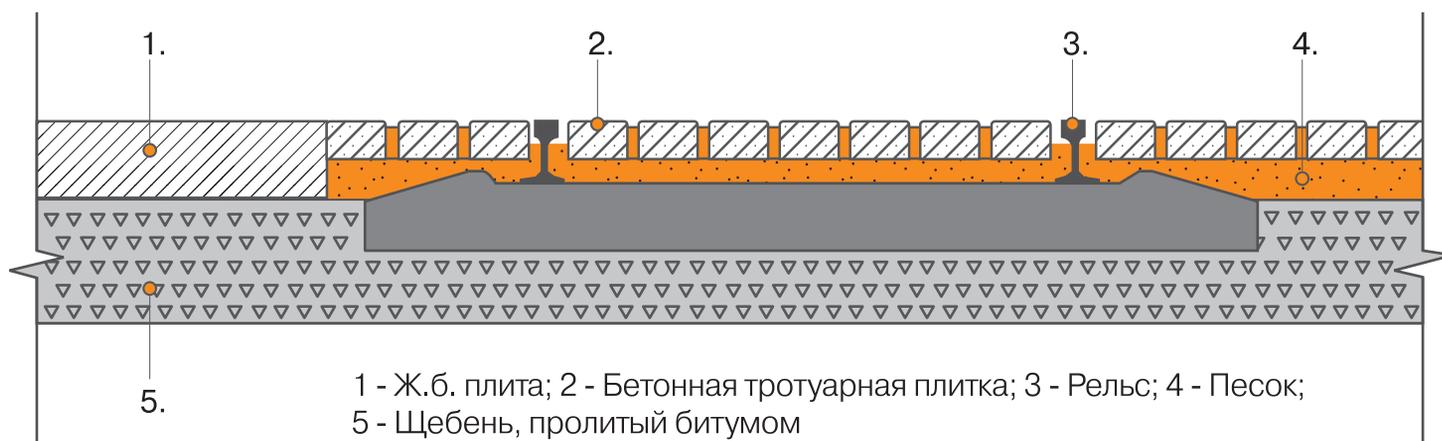


Рисунок 22. Конструктивная схема трамвайных путей с покрытием из плит бетонных тротуарных Группы VI

3.6 Конструкции группы VII - Пожарные проезды и площадки

Дорожные одежды с покрытием из плит бетонных тротуарных Группы VII – это дорожные одежды, рассчитанные на воздействия от транспортных средств с нагрузкой на ось до 16 тонн (160 кН) и интенсивностью движения 500 авт./сут.

Конструктивная схема дорожной одежды Группы VII представлена на рисунке 23. Толщины конструктивных слоев по результатам расчетов приведены в таблице 13.

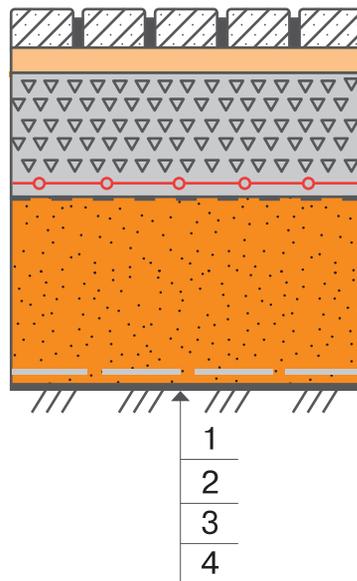


Рисунок 23. Конструктивная схема дорожной одежды с покрытием из плит бетонных тротуарных BRAER Группы ВII

1 - покрытие (плиты бетонные тротуарные BRAER) с заполнением швов песком, обработанным стабилизаторами; 2 - подстилающий слой (песок/песок из отсева дробления; трассовый дренажный раствор); 3 - несущий слой основания (щебень, гравийно-песчаные смеси, щебень с расклинцовкой, щебеночные смеси, щебень обработанный органическими и неорганическими вяжущими, отсева дробления горных пород, побочные продукты промышленного производства обработанные и необработанные вяжущими, тощий (малоцементный) укатываемый и ячеистые бетоны с прочностью на растяжение при изгибе не менее 0,8 МПа, грунт обработанный вяжущими; 4 - дополнительный слой основания (песок, гравийно-песчаные смеси, щебень однофракционный (открытая смесь), гравий)

Таблица 13. Толщины конструктивных слоев по результатам расчетов

ДКЗ	ТИП МЕСТНОСТИ ПО УГВ	K _{пр} (K _н)/ГРУНТ ОСНОВАНИЯ/ ТОЛЩИНЫ СЛОЕВ ЩЕБЕНЬ/ПЕСОК, СМ			
		0,87 (0,8)			
		п	сп п	сг п	гл
II	1 (h ≥ 3)	21р4/40	18р4/50т	18р4/55т	18р4/40т
	2 (2,0 ≤ h < 3)	21р4/50	19р4/70т	19р4/70т	18р4/60т
	3 (1,0 ≤ h < 2)	22р4/60т	20р4/90т	20р4/80т	19р4/70т
III	1 (h ≥ 3)	21р4/30	19р4/45т	19р4/50т	18р4/30т
	2 (2,0 ≤ h < 3)	21р4/40	19р4/65т	20р4/80т	18р4/40т
	3 (1,0 ≤ h < 2)	22р4/55т	21р4/85т	21р4/95т	19р4/50т
IV	1 (h ≥ 3)	21р4/30	20р4/40т	20р4/50т	19р4/35т
	2 (2,0 ≤ h < 3)	21р4/35	20р4/60т	20р4/75т	19р4/40т
	3 (1,0 ≤ h < 2)	22р4/55т	21р4/80т	21р4/90т	20р4/50т

ДКЗ	ТИП МЕСТНОСТИ ПО УГВ	K _{пр} (K _н)/ГРУНТ ОСНОВАНИЯ/ ТОЛЩИНЫ СЛОЕВ ЩЕБЕНЬ/ПЕСОК, СМ			
		0,9 (0,85)			
		п	сп п	сг п	гл
II	1 (h ≥ 3)	22р4/40	20р4/50т	20р4/55т	20р4/45т
	2 (2,0 ≤ h < 3)	22р4/50	21р4/70т	21р4/70т	20р4/60т
	3 (1,0 ≤ h < 2)	23р4/60т	21р4/90т	21р4/80т	21р4/70т

ДКЗ	ТИП МЕСТНОСТИ ПО УГВ	К _{пр} (К _н)/ГРУНТ ОСНОВАНИЯ/ ТОЛЩИНЫ СЛОЕВ ЩЕБЕНЬ/ПЕСОК, СМ			
		0,9 (0,85)			
		П	СП П	СГ П	ГЛ
IV	1 (h≥3)	22р4/30	21р4/50т	21р4/50т	20р4/35т
	2 (2,0≤h<3)	22р4/35	21р4/65т	21р4/80т	21р4/40т
	3 (1,0≤h<2)	23р4/55т	22р4/85т	22р4/95т	21р4/50т
III	1 (h≥3)	22р4/30	21р4/40т	21р4/50т	21р4/35т
	2 (2,0≤h<3)	23р4/35	22р4/60т	22р4/75т	21р4/40т
	3 (1,0≤h<2)	23р4/55т	23р4/80т	23р4/90т	22р4/50т

ДКЗ	ТИП МЕСТНОСТИ ПО УГВ	К _{пр} (К _н)/ГРУНТ ОСНОВАНИЯ/ ТОЛЩИНЫ СЛОЕВ ЩЕБЕНЬ/ПЕСОК, СМ			
		0,94 (0,9)			
		П	СП П	СГ П	ГЛ
II	1 (h≥3)	24р4/40	23р4/50т	23р4/55т	22р4/50т
	2 (2,0≤h<3)	24р4/50	23р4/70т	23р4/70т	22р4/60т
	3 (1,0≤h<2)	25р4/60т	23р4/90т	23р4/80т	23р4/70т
III	1 (h≥3)	24р4/30	23р4/45т	23р4/50т	23р4/40т
	2 (2,0≤h<3)	24р4/40	23р4/65т	23р4/80т	24р4/45т
	3 (1,0≤h<2)	25р4/55т	24р4/85т	24р4/95т	24р4/50т
IV	1 (h≥3)	24р4/30	23р4/40т	23р4/50т	24р4/35т
	2 (2,0≤h<3)	25р4/35	24р4/60т	24р4/75т	24р4/40т
	3 (1,0≤h<2)	25р4/50т	25р4/80т	25р4/90т	25р4/60т

ДКЗ	ТИП МЕСТНОСТИ ПО УГВ	К _{пр} (К _н)/ГРУНТ ОСНОВАНИЯ/ ТОЛЩИНЫ СЛОЕВ ЩЕБЕНЬ/ПЕСОК, СМ			
		1,0 (0,95)			
		П	СП П	СГ П	ГЛ
II	1 (h≥3)	26р4/45	26р4/60т	26р4/60т	25р4/50т
	2 (2,0≤h<3)	26р4/55	26р4/70т	26р4/70т	25р4/60т
	3 (1,0≤h<2)	27р4/65т	26р4/90т	26р4/80т	26р4/70т
III	1 (h≥3)	26р4/40	26р4/50т	26р4/50т	26р4/40т
	2 (2,0≤h<3)	27р4/45	26р4/65т	26р4/80т	27р4/45т
	3 (1,0≤h<2)	28р4/60т	27р4/85т	27р4/95т	27р4/50т
IV	1 (h≥3)	27р4/40	26р4/40т	26р4/50т	27р4/40т
	2 (2,0≤h<3)	28р4/45	27р4/60т	27р4/75т	27р4/45т
	3 (1,0≤h<2)	28р4/60т	28р4/80т	28р4/90т	28р4/55т

Примечание:

Грунты были спомпонованы в группы с наиболее близкими характеристиками, расчет выполнялся по наихудшему грунту группы:

П - Песок пылеватый; Супесь легкая; Супесь легкая крупная;

СП п - Супесь пылеватая; Супесь тяжелая пылеватая;

Сг п - Суглинок тяжелый пылеватый; Суглинок легкий пылеватый;

Гл - Глина; Суглинок легкий; Суглинок тяжелый;

Р4 - георешетка полимерная марки РКГ СД-45;

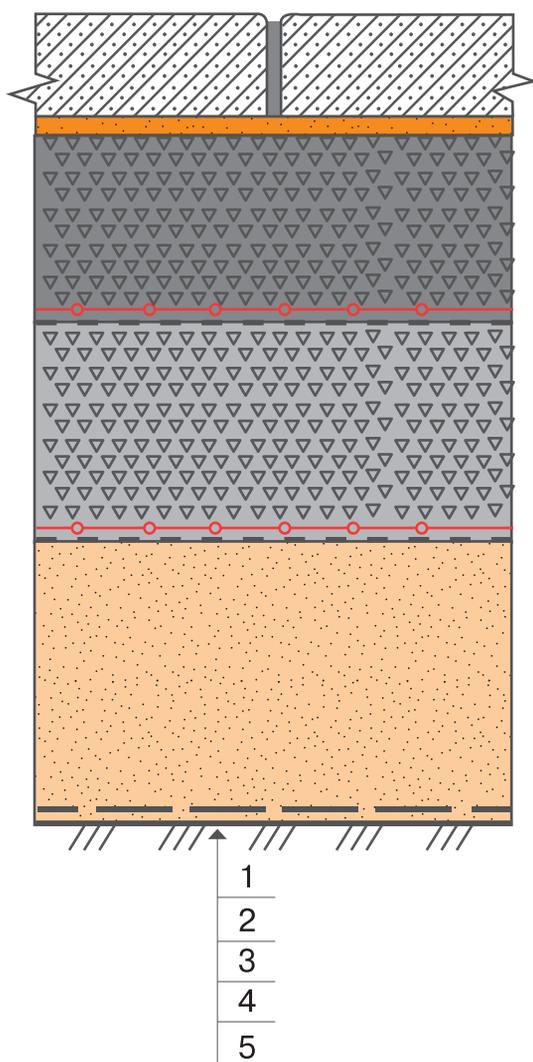
т - Геотекстиль нетканый иглопробивной полиэфирный РКГ ПЛ-200

3.7 Конструкции группы Г - Покрытия портовых территорий, логистических центров, контейнерных терминалов, аэродромов

Территории с покрытием из плит бетонных тротуарных Группы Г – это территории, рассчитанные на основные нагрузки от угловых фитингов контейнеров и колесной многотонной техники - ричстакеров.

На территориях логистических центров с особо высокими нагрузками в качестве основной расчетной нагрузки примем воздействие от передней (самой нагруженной оси) ричстакера на покрытие – 122,28 тонн (1222,8 кН)

Конструктивная схема, рассчитанная на нагрузки от ричстакера, представлена на рисунке 24. Толщины конструктивных слоев по результатам расчетов приведены в таблице 14.



1 - покрытие (плиты бетонные тротуарные BRAER с заполнением швов песком, обработанным стабилизаторами); 2 - подстилающий слой (песок/песок из отсева дробления); 3, 4 - несущий слой и второй несущий слой основания с армированием георешетками марки «РГК СД-45» (щебень, щебень с расклинцовкой, щебеночные смеси, щебень обработанный органическими и неорганическими вяжущими, отсева дробления горных пород, побочные продукты промышленного производства обработанные и необработанные вяжущими, тощий (малоцементный) укатываемый и ячеистые бетоны с прочностью на растяжение при изгибе не менее 0,8 МПа; 5 - дополнительный слой основания с применением разделяющей прослойки из геотекстиля марки «РГК ПЛ-200» (песок, гравийно-песчаные смеси, гравий)

Рисунок 24. Конструктивная схема, рассчитанная на нагрузки от ричстакера

Таблица 14. Толщины конструктивных слоев по результатам расчетов

ТИП МЕСТНОСТИ ПО УГВ	К _{пр} (К _н)/ГРУНТ ОСНОВАНИЯ/ ТОЛЩИНЫ СЛОЕВ: ЩЕБЕНЬ С ЗАКЛИНКОЙ ЦПС М 75 ПРИ ГЛУБИНЕ ПРОПИТКИ 0,5 Н СЛОЯ/ЩЕБЕНЬ/ПЕСОК, СМ			
	1,0 (0,95)			
	п	сп п	сг п	гл
1 (h≥3)	25р4/25р4/40т	20р4/20р4/45т	25р4/30р4/45т	25р4/30р4/405т
2 (2,0≤h<3)	25р4/25р4/50т	20р4/22р4/65т	25р4/33р4/60т	25р4/30р4/60т
3 (1,0≤h<2)	25р4/25р4/60т	20р4/22р4/75т	25р4/33р4/70т	25р4/30р4/70т

Примечание:

Грунты были скомпонованы в группы с наиболее близкими характеристиками, расчет выполнялся по наихудшему грунту группы:

П - Песок пылеватый; Супесь легкая; Супесь легкая крупная;

Сп п - Супесь пылеватая; Супесь тяжелая пылеватая;

Сг п – Суглинок тяжелый пылеватый; Суглинок легкий пылеватый;

Гл – Глина; Суглинок легкий; Суглинок тяжелый;

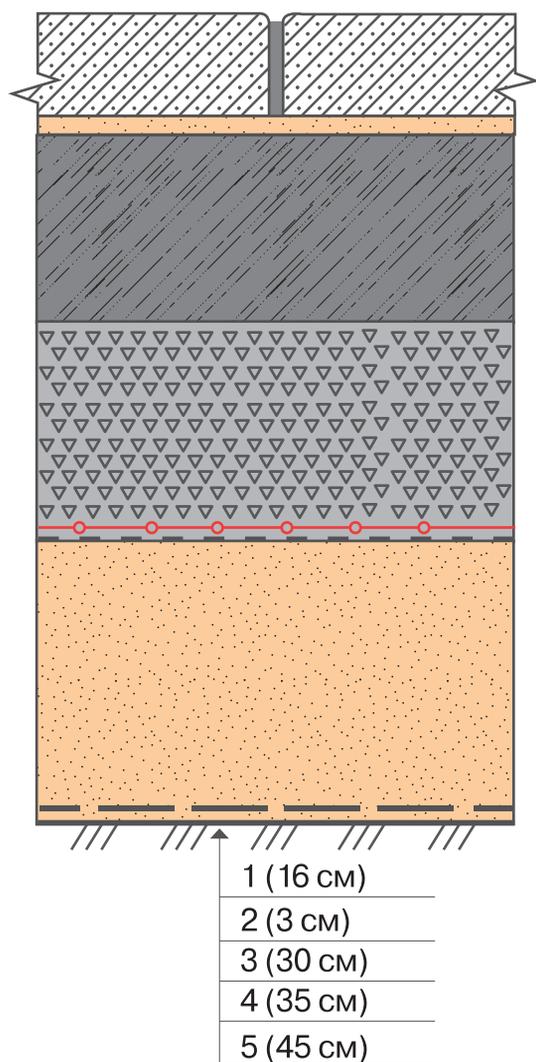
Р4 - Георешетка полимерная марки РГК СД -45;

т – Геотекстиль нетканый иглопробивной полиэфирный РГК ПЛ-200

При анализе расчетных воздействий на покрытие от колес самолета Боинг 747-400 (231,66 кН) и фитинга при многоярусном хранении контейнеров 5 ярусов контейнеров типа 1А (262,50 кН), расчетная нагрузка от фитинга получилась выше. Площадь опирания фитинга меньше площади контакта колеса самолета и это означает что величина давления от фитинга численно выше, чем от колеса самолета. Влиянием соседних колес в опоре самолета пренебрегали в данном случае из-за значительного их расположения (база и колея тележки более 1 м). Покрытие аэродромов с применением плитки бетонной тротуарной BRAER рассматривалось для группы участков – А (в зонах перед ангарами и стоянки самолетов).

К расчету конструкции покрытия складских площадок многоярусного хранения контейнеров и аэропортов принимается наибольшая нагрузка от контейнеров в 5 ярусов.

Конструктивная схема, рассчитанная на нагрузки от угловых фитингов, представлена на рисунке 25.



1 - покрытие (плиты бетонные тротуарные BRAER с заполнением швов песком, обработанным стабилизаторами); 2 - подстилающий слой (песок из отсевов дробления); 3 - несущий слой (тощий цементобетон М 12,5 с прочностью на растяжение при изгибе не менее 2 МПа); 4 - второй несущий слой основания с армированием георешеткой марки «РГК СД-45» (щебень фракционированный с расклинцовкой); 5 - дополнительный слой основания основания с применением разделяющей прослойки из геотекстиля марки «РГК ПЛ-200» (песок средней крупности); Грунт основания – супесь пылеватая

Рисунок 25. Конструктивная схема, рассчитанная на нагрузки от фитинга при многоярусном хранении контейнеров в 5 ярусов

3.8 Применение геосинтетических материалов при устройстве покрытий мощения

При строительстве дорожных конструкций часто возникает необходимость уменьшения толщины слоев, или предъявляются повышенные требования к прочности, долговечности и несущей способности сооружения. Решить указанную задачу можно путем применения более дорогостоящих материалов или проведения дополнительных мероприятий, способствующих усилению конструкции в целом. Одним из наиболее действенных способов по усилению конструкции является применение различных типов геосинтетических материалов, которые отличаются по своему составу и назначению.

Наибольший эффект наблюдается при размещении под крупнофракционными слоями материалов, представляющих собой структуру, состоящую из ячеек различных размеров и форм. Геометрия ячеек позволяет удерживать зерна крупнофракционированного заполнителя, способствуя их заклинке, что предотвращает проникновение

частиц в нижележащие слои и ограничивает горизонтальные перемещения зернистого заполнителя. Благодаря этому образуется армированный слой, а воздействие нагрузок (например, транспортная) перераспределяется на значительно большую площадь, увеличивая общий модуль упругости конструкции в целом.

Армирование дорожной одежды с применением плоской георешетки марки «РГК СД» выполняется в соответствии с ОДМ 218.5.002-2008 «Методические рекомендации по применению полимерных геосеток (георешеток) для усиления слоев дорожной одежды из зернистых материалов».

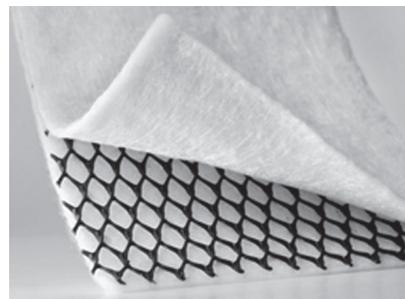


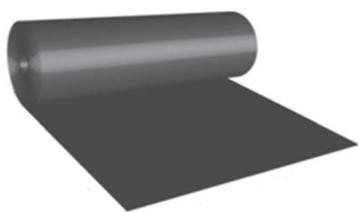
Применение двуслооориентированной георешетки «РГК СД» позволяет оптимизировать экономические затраты не ослабляя конструкцию. При этом повышается долговечность дорожной конструкции за счет повышения модуля упругости конструкции.



На границе грунта земляного полотна и нижнего песчаного слоя основания дорожной конструкции применяется нетканый геотекстиль, который выполняет функции разделения слоев, фильтрации, дренирования и защиты. Геотекстиль предотвращает перемешивание материалов на границе контакта и заиливание вышележащих слоев основания при переменном уровне грунтовых вод, а также увеличивает сдвигоустойчивость нижних слоев за счет особенностей работы конструкции на границе дополнительного слоя основания (песок) с грунтом основания при внедрении геотекстильной прослойки. Благодаря высокой пористости ускоряется отвод воды из вышележащих слоев путем ее пропускания через геоматериал и ограничивается подъем грунтовой воды (капиллярпрерывание), что позволяет снизить деформации вышележащего грунта от морозного пучения.

Повысить прочность конструкции за счет снижения влажности грунтов земляного полотна, а также сократить толщину дренирующих слоев можно путем применения объемных дренажных геокомпозитов, которые состоят из жесткого объемного каркаса и прикрепленного с двух сторон геотекстиля нетканого. Преимущественно дренажный геокомпозит размещают под песчаным слоем основания дорожных конструкций или под слоем щебня в дренажных конструкциях. Материал позволяет организовать ускоренный отвод воды, предотвратить увлажнение грунтов основания капиллярным способом, тем самым снизив





влажность грунтов земляного полотна, а наличие геотекстильной прослойки дополнительно ограничивает заиливание вышележащих слоев за счет выполнения функции фильтра.

В качестве гидроизоляции широко применяется рулонная экструдированная геомембрана, изготавливаемая из полиэтилена. Материал предназначен для гидрозащиты и гидроизоляции объектов различного назначения, таких как террасы, эксплуатируемые кровли и другие сооружения.

4 Рекомендации по укладке плит бетонных тротуарных

Дорожные одежды с покрытием из плит бетонных тротуарных BRAER по технической классификации ГОСТ Р 52399-2005 могут быть отнесены к дорогам обычного типа (нескоростная дорога), IV-V категории.

Технология строительства дорог, площадок, тротуаров, пешеходных дорожек включает согласно ТР 72-98: возведение земляного полотна, устройство дренажа, устройство дренирующего песчаного слоя (дополнительного слоя основания); установку упоров мощения; устройство основания; устройство покрытия.

Ниже приводится технологическая последовательность подготовки земляного полотна, устройства слоев основания, упоров мощения из бортовых камней, мощения в зимнее время, устройства дренажных оснований и элементов водоотведения, устройства покрытий с применением растворов на основе вяжущих, устройства деформационных и температурных швов.

4.1 Подготовка земляного полотна

Земляное полотно включает в себя следующие элементы:

- верхнюю часть земляного полотна (рабочий слой);
- тело насыпи (с откосными частями);
- основание насыпи/выемки;
- откосные части насыпи/выемки;
- устройство для поверхностного водоотвода;
- устройства для понижения или отвода грунтовых вод (дренаж);

Для начала производят разбивочные работы по закреплению положения будущего участка строительства в соответствии с ППР и ПОС.

Перед возведением грунтового несущего слоя выполняются работы по подготовке основания, которые включают различные виды работ, в том числе и работы по водоотводу из всей зоны производства работ. Водоотвод следует выполнить до начала основных работ по сооружению несущего слоя грунтового основания. Водоотвод начинают с пониженных мест

рельефа местности. При недренирующих грунтах основания поперечный уклон согласно РМД 32-18-2016 должен быть одно или двухскатный.

Снимают плодородный грунт и перегной (почву, содержащую органические остатки), выравнивают и уплотняют подстилающий слой до образования плотного, относительно ровного основания.

Поверхность естественного основания освобождается от камней, диаметр которых превышает $\frac{2}{3}$ высота грунтового несущего слоя. Ямы и другие местные неровности засыпаются недренирующим грунтом и уплотняются.

Отсыпку грунта в насыпи следует производить от краев к середине, слоями на всю ширину рабочей площадки, толщиной слоя, назначаемой в зависимости от имеющихся средств уплотнения.

Использование в одном слое насыпи разных видов грунтов не допускается. При изменении вида грунта или в случае необходимости дополнять слой другим грунтом – слои устраивать по типу выклинивания.

Последующая подсыпка краев или откосных частей не желательна.

Каждый слой следует разравнять, сделать уклон 20 - 40 ‰ и уплотнить.

Разновидности и состояния грунтов, отсыпаемых в несущий слой, нормы плотности слоя должны соответствовать требованиям, установленным СП для дорог категории II-IV. Особые разновидности и состояния грунтов не допускаемых, как правило, в конструктивный несущий слой: глинистые сильно засоленные; глинистые переувлажненные сверх нормы; торф, ил и связанные с применением органики торфа или ила; почвенно-растительный слой, черноземы; тальковые, меловые, сланцевые и грунты в переувлажненных местах.

Если нет качественных местных песков, а местные грунты существенно изменяют свои свойства под действием природных факторов (глинистые, засоленные грунты и т.п.), в этом случае надо их обрабатывать и укреплять в соответствии с ГОСТ 23558, то есть обрабатывать неорганическим вяжущими материалами. Возможно использовать улучшенный, обработанный материал – это искусственный материал, получаемый в карьерных смесителях, песчано-щебеночных, песчано-гравийных, песчано-щебеночно-гравийных смесей, золошлаковых смесей и песка с цементом и другими неорганическими вяжущими и водой и отвечающие нормируемым показателям качества по прочности и морозостойкости.

Использование в несущем слое грунтов, склонных к морозному пучению не допускается.

Плотность грунта после уплотнения слоя не должна быть менее установленной требованиями СП 34.13330.

Уплотнение основания насыпей и выемок на требуемую глубину следует проводить непосредственно перед устройством вышележащих слоев согласно СП 78.13330. Если требуемая глубина уплотнения превышает толщину слоя, эффективно уплотняемого имеющимися средствами, лишний слой грунта снимают, перемещают на другую захватку или во временный кавальер и уплотняют нижний слой, затем удаленный грунт возвращают на уплотненный нижний слой основания и уплотняют до требуемой плотности.

Уплотнение грунтов следует проводить при влажности, близкой к оптимальной. Выбор рациональной технологии уплотнения (толщина слоя, число проходов по следу, масса и тип катка) следует устанавливать пробным уплотнением.

При влажности менее оптимальной следует увеличивать число проходов катка, а при влажности менее допустимых значений, указанных в таблице 15, увлажнять грунт.

Таблица 15. Допустимые значения влажности грунтов при уплотнении

ВИД ГРУНТА	ВЛАЖНОСТЬ, В ДОЛЯХ ОТ ОПТИМАЛЬНОЙ, ПРИ ТРЕБУЕМОМ КОЭФФИЦИЕНТЕ УПЛОТНЕНИЯ		
	1 - 0,98	0,95	0,90
Пески пылеватые	Не более 1,35	Не более 1,6	Не нормируется
Супеси легкие	0,8 - 1,25	0,75 - 1,35	0,7 - 1,6
Супеси пылеватые, суглинки легкие	0,85 - 1,15	0,8 - 1,2	0,75 - 1,4
Суглинки тяжелые, глины	0,95 - 1,05	0,9 - 1,1	0,85 - 1,2

4.2 Устройство слоев основания под вибропрессованную тротуарную плитку BRAER

Работы по устройству щебеночных оснований методом заклинки следует производить в два этапа:

- распределение основной фракции щебня и его предварительное уплотнение;
- распределение расклинивающего щебня (расклинцовка двух-, одноразовая) с уплотнением каждой фракции. При применении щебня осадочных пород марки по прочности менее 600 при устройстве оснований работы можно выполнять в один этап.

При устройстве основания из щебня методом заклинки необходимо, чтобы расклинка была выполнена в строгом соответствии с требованиями СП 78.13330. В соответствии с РМД 32-18-2016 необходимо чтобы песок из подстилающего слоя не диффундировал в слой основания, что приведет к потере устойчивости плит бетонных тротуарных в покрытии.

Минимальная толщина распределяемого слоя согласно СП 34.13330 должна в 1,5 раза превышать размер наиболее крупных частиц и быть не менее 10 см при укладке на прочное основание и не менее 15 см - при укладке на песок или на рулонный геоматериал.

При устройстве оснований по способу заклинки применяют щебень, отвечающий требованиям ГОСТ 8267, ГОСТ 3344 и ГОСТ 25607. При этом в качестве основного материала используют щебень фракции 40 - 70 (80) мм или фракции 70 (80) - 120 мм, а в качестве расклинивающего - фракции 5 - 10, 10 - 20 и 20 - 40 мм. При устройстве оснований дорожных одежд согласно СП 34.13330 из щебня фракции 40 - 70 (80) мм для расклинки допускается применять щебеночно-песчаные смеси С10, С11 по ГОСТ 25607 вместо фракции 5 - 10 мм.

Расклинку следует выполнять в соответствии с РМД 32-18-2016 двухразовую фракциями размером 10-20 и 5-10 мм с соответствующим расходом 15 м³ и 10 м³ на 1000 м² основания для щебня основной фракции 40-70 мм или однократную расклинку смесью фракций 0-20 мм.

4.3 Уплотнение грунтовых оснований, слоев из песка и щебеночно-песчаных смесей

Уплотнение согласно СТО 58357155-002-2016 выполняется различными типами уплотняющих машин с режимами их работы, которые зависят от вида и состояния уплотняемого материала, а также конструктивных параметров уплотняемого слоя. С учетом возможности проникания влаги через швы между плитами, что может привести к снижению прочности подстилающих слоев и превышению допустимых деформаций поверхности покрытия, нормы плотности несущего слоя грунта предпочтительно иметь в пределах $(0,98-1,0) \delta_{\text{max}}$, где δ_{max} – максимальная стандартная плотность.

Выбор типа и режима работы уплотняющих машин следует назначать с максимальной эффективностью их применения в зависимости от размеров площади мощения, в соответствии с проектом производства работ.

Большие рабочие объемы по укладке плит мощения (более 50 м²) характеризуются тем, что здесь нет ограничений по типу и разновидности применяемой уплотняющей техники. Кроме того, эти объемы, как правило,

связаны с устройством водосливных люков, небольших траншей и других подобных сооружений, выполнение которых требует специальных методических указаний. Малые объемы работ, по укладке плит мощения (менее 50 м²), обуславливают типы и разновидности применяемой уплотняющей техники и, соответственно, технологии работ.

При больших объемах работ могут быть использованы вибрационные катки массой от 3 т. В таблице 16 представлены рекомендации по выбору типа и режимов работы вибрационных уплотняющих машин.

Для повышения производительности и качества работ по уплотнению рыхло отсыпанного слоя грунта, первые проходы следует производить легкими катками статического действия, пневмокатками или вибрационными катками массой до 6 тонн с выключенной вибрацией. Окончательное уплотнение слоя грунта, доведения его до высокой плотности, выполняется тяжелыми катками статического действия или вибрационными катками в соответствии с рекомендациями, представленными в таблице 17. На завершающем этапе – выполняют за 1-2 прохода статическим или пневмокатком для ликвидации разрушений верхней, тонкой части уплотняемого слоя.

Поверхность уплотняемого слоя должна иметь уклон в направлении стока воды и быть уплотнена до плотности, при которой не появляется отпечаток следа уплотняющего средства.

Земляное полотно необходимо уплотнять поэтапно. На первом и втором этапах основание уплотняют катками на пневматических шинах массой не менее 16 т с давлением воздуха в шинах 0,6 - 0,8 МПа, прицепными вибрационными катками массой не менее 6 т, решетчатыми массой не менее 15 т, самоходными гладковальцовыми массой не 10 т и комбинированными массой более 16 т. Общее число проходов катков статического типа должно быть не менее 30 (10 - на первом этапе и 20 - на втором), комбинированных типов - не менее 18 (6 и 12) и вибрационного типа - не менее 12 (4 и 8). При уплотнении песчаных грунтов виброкатками следует проверять возможность достижения требуемой плотности при их естественной влажности.

Достижение высокой плотности ($K_y \geq 0,98 \div 1,00$) обусловлено выбором рациональной толщины уплотняемого слоя, поддержанием влажности близкой к оптимальной, увеличением количества проходов катка по следу. Для этой цели толщину уплотняемого слоя следует уменьшить в 1,5÷2,0 раза относительно величины, рекомендуемой в таблице или увеличить в три раза количество проходов катков. Последний вариант менее эффективен.

При небольших объемах работ целесообразно использовать легкое уплотняющее оборудование: поверхностные вибрационные плиты массой до 150 кг, легкие вибротрамбовки (50-70 кг), а также малогабаритные катки различных типов массой до 1,5÷3 т.

Таблица 16. Рекомендации по выбору максимальной толщины уплотняемого слоя (см) и оптимального количества проходов при работе виброкатков

ВИД И СОСТОЯНИЕ ГРУНТА	ТРЕБУЕМАЯ СТЕПЕНЬ УПЛОТНЕНИЯ	МАССА ВИБРОВАЛЬЦОВОГО МОДУЛЯ ИЛИ ПРИЦЕПНОГО ВИБРОКАТКА, Т					КОЛ-ВО ПРОХОДОВ КАТКА ПО СЛЕДУ
		3-4	5-6	7-8	9-11	12-14	
Скальный крупнообломочный с несвязным заполнителем, валунно-галечный	0,95	-	55-65	75-85	95-120	130-150	8-10
Моренный несвязный и малосвязный	0,95	-	50-60	70-80	85-95	100-120	6-8
	0,98	-	30-35	40-45	50-55	60-70	8-10
Песок обычный, пылеватый, песчано-грав. смесь	0,95	30-40	45-55	60-70	80-90	100-120	6-8
	0,98	20-30	40	50	55-60	65-75	8-10
Песок однородный с влажностью: – 4% – 5% – 6% – 7%	0,95	35-40	45	55	60	65-70	3-4
	0,98	20	30	35	40	45	4-6
	0,95	30-40	50	60-70	70-80	80-90	4-6
	0,98	20-25	30-35	40-45	50	60	6-8
Супесь пылеватая оптимальной влажности*	0,95	20-30	35-40	45-50	55-60	65-75	6-8
	0,98	-	20-25	25-30	30-40	40-45	8-10
Суглинок с влажностью близкой к оптимальной*	0,95	-	20-25	25-35	30-35	40-45	10-12

Примечание: * - для кулачковых катков.

Основными параметрами вибрационных плит являются: масса плиты – M (или сила тяжести $Q=M \cdot g$), минимальный размер площадки контакта плиты с грунтом – $V \text{ min}$ и величина вынуждающей силы - P . Эффективность вибрационных плит определяется их удельными параметрами: P/Q и Q/F , где F - площадь контакта плиты со слоем уплотняемого грунта. Значения вынуждающих сил (в относительных единицах- P/Q), которые необходимы для достижения максимальной стандартной плотности супесчаного грунта оптимальной влажности при разных значениях удельной массы плиты для частоты колебаний равно 40-50 Гц, представлены в таблице 17.

Таблица 17. Значения вынуждающих сил виброплит для достижения максимальной стандартной плотности.

УДЕЛЬНАЯ МАССА, (М) Н/М ² * 10 ³	МИНИМАЛЬНОЕ ОТНОШЕНИЕ Р/Q ПРИ ТОЛЩИНЕ СЛОЯ*	
	ТОЛЩИНА СЛОЯ: V _{MIN}	ТОЛЩИНА СЛОЯ: 0,5 V _{MIN}
4,5	-	10
5,0	-	7
6,0	-	4
15,0	-	2
20,0	10	-
24,0	7	-
40,0	5	-

* Вибрационные плиты эффективны для несвязных грунтов с содержанием глинистых частиц менее 6%. При большем содержании глинистых частиц в грунте соотношение Р/Q должно быть 10.

Для достижения максимальной стандартной плотности значения удельной массы виброплит должны быть не ниже значений, представленных в таблице 18.

Таблица 18. Значения удельной массы виброплит

ВИД ГРУНТА	УДЕЛЬНАЯ МАССА, Н/М ² * 10 ³
Переувлажненные пески	3-4
Пески оптимальной влажности	6 - 10
Супесчаные грунты оптимальной влажности	15 - 20
Тяжелые супеси оптимальной влажности	25 - 30
Несвязные грунты, укрепленные цементом (5), оптимальной влажности - W ₀	15-20

Рекомендованные значения параметров уплотняющих поверхностных плит, представленные в таблицах 17 и 18 указаны для получения плотностей равных $0,95\delta_{\text{max}}$. Если требуемая плотность грунта велика и составляет $(0,98-1,0)\delta_{\text{max}}$, то оптимальная толщина слоя равна половине указанной толщины слоя. Либо число проходов машины по следу должно быть увеличено в три раза.

Необходимое количество проходов плиты по следу, определяется при скорости укатки $0,5\div 1,0$ км/ч. Необходимое количество проходов вибрационной плиты по следу «n» можно определить по скорости перемещения вибрационной плиты и продольному размеру площадки контакта её с грунтом «V_{min}». Ориентировочные значения количества проходов плиты по следу должно составлять 6 – 8.

Толщина уплотняемого слоя гладковальцовым малогабаритным виброкатком конструктивного слоя дорожной одежды (при влажности грунта близкой к оптимальной) может быть примерно определена по таблице 19.

Таблица 19. Толщина уплотняемого слоя

РАЗНОВИДНОСТИ ГРУНТА ИЛИ КОНСТРУКТИВНЫЙ СЛОЙ	ТОЛЩИНА СЛОЯ УПЛОТНЕННОГО ГРУНТА, ПРИХОДЯЩАЯСЯ НА 1 Т МАССЫ ВИБРОВАЛЬЦОВОГО МОДУЛЯ
пески крупные, средние, ПГС	9–10 см
пески мелкие, в том числе и пылеватые	6–7 см
супеси легкие и средние	4–5 см
легкие суглинки	2–3 см
щебень с расклинцовкой (при максимальном диаметре камня D_{max} 40 мм)	10-12 см

4.4 Уплотнение щебеночных оснований

Для больших площадок в соответствии с СТО 58357155-002-2016 уплотнение следует выполнять поэтапно: катками на пневматических шинах массой не менее 15 т с давлением воздуха в шинах до 0.6-0.8 МПа, или самоходными гладковальцовыми катками массой не менее 10 т, или вибрационными катками с возмущающей силой более 60 кН.

Для небольших площадок с малым объемом работ, уплотнение щебеночного слоя следует выполнять ручными виброплитами с возмущающей силой более 50 кН и массой не более 150 кг. На первом этапе производится - предварительное уплотнение основной фракции щебня (0-40) за 4-10 проходов (первая цифра для малогабаритных вибрационных катков, вторая – для виброплит). На втором этапе производится уплотнение после россыпи расклинивающей фракции (0-10) Общее количество проходов составляет 8-20 (первая цифра для виброуплотняющих машин). Приведенные типы машин относятся к уплотнению слоя минимальной толщины 15 см.

При толщине отсыпаемого слоя более 15 см в соответствии с ППР – целесообразна укладка и уплотнение в два слоя.

При уплотнении трудно уплотняемого гранитного щебеночного материала укатку статическими катками следует производить, поливая щебень водой (ориентировочно 15-25 л/м²); перед россыпью расклинивающей фракции целесообразно проливать битумную эмульсию из расчета 2-3 л/м².

Для уменьшения трения между щебнем и ускорения уплотнения на первом этапе согласно СП 34.13330.2012 укатку следует проводить, поливая щебень водой, ориентировочно 15 - 25 л/м² (при уплотнении шлакового щебня - 25 - 35 л/м²) и 10 - 12 л/м² по расклинивающей фракции.

Для конструкций, выполняемых без геотекстильной прослойки, после окончания уплотнения щебеночного основания по его поверхности следует рассыпать гранитный отсеv в количестве 10 м³ на 1000 м² и уплотнить ориентировочно за 4-6 проходов уплотняющей машины.

То же относится к основаниям из известнякового щебня марки по прочности менее 600, но в этом случае расход отсева следует увеличить до 15 м³ на 1000 м².

При устройстве щебеночного основания с пропиткой пескоцементной смесью, слой щебня следует отсыпать на суммарную толщину щебеночного слоя и слоя с пропиткой.

Пескоцементная смесь в воздушно сухом или текучем состоянии распределяется по щебеночному основанию толщиной слоя 2,5 см в плотном состоянии. Щебень прикатывается легким катком за 1-2 прохода по одному следу. Пропитка (вдавливание) пескоцементной смеси производится катком на пневматических шинах за 2-4 прохода по одному следу или ручной виброплитой массой до 150 кг.

При устройстве основания из пескоцементной смеси работы следует выполнять при среднесуточной температуре воздуха не ниже 5 °С в сухую погоду. Уплотнение слоев до 22 см включительно следует производить или катками с гладкими вальцами (10 т), или виброкатками (возмущающая сила 10 т), либо ручными виброплитами (возмущающая сила не менее 50 кН, вес более 500 кг). Уплотнение слоев до 30 см включительно следует производить катками на пневмошинах (15 т), или виброкатками (возмущающая сила 160 кН), либо ручными виброплитами (возмущающая сила не менее 75 кН, вес более 750 кг). Количество проходов по одному месту ориентировочно составляет: 10 - для виброкатков и 16 - для катков статического типа. По окончании уплотнения следует произвести отделку поверхности грейдером или профилировщиком с последующим уплотнением гладковальцовым катком массой 6-8 т за 2-4 прохода по одному следу.

При малых объемах работ, когда рабочая площадка не позволяет использовать габаритную уплотняющую технику, проектную толщину слоев следует отсыпать и уплотнять за два приема: два раза по половине проектной толщины. Для уплотнения каждого слоя используется

малогабаритная техника: поверхностные вибрационные плиты массой до 150 кг и $P/Q \geq 10-12$, а также вибрационные катки самоходные или управляемые пешим оператором массой 1,5-3,0 т.

Щебень и гравий в слое следует уплотнять за три раза. В первую укатку должна быть достигнута обжимка россыпи и обеспечено устойчивое положение щебня или гравия. Во вторую укатку должна быть достигнута жесткость основания или покрытия за счет взаимозаклинивания фракций. В третью укатку должно быть достигнуто образование плотной коры в верхней части слоя путем расклинивания поверхности мелкими фракциями. Признаками окончания уплотнения во второй и третий периоды согласно СНиП III-10-75 служат отсутствие подвижности щебня или гравия, прекращение образования волны перед катком, отсутствие следа от катка, а также раздавливание отдельных щебенки или зерен гравия вальцами катка, но не вдавливание их в верхний слой.

4.5 Контроль качества уплотнения

В процессе строительства должен осуществляться контроль качества материалов и устраиваемого слоя, который подразделяется на входной, операционный и приемочный в соответствии с СТО 58357155-002-2016. При входном контроле качество материала (щебня) оценивается по паспортам или собственными испытаниями на соответствие требованиям ГОСТа и проекта. Особое внимание уделяется прочности, морозостойкости, зерновому составу и загрязненности материала.

Качество уплотнения слоев щебеночных оснований контролируют методом лунок. Остаточная пористость сформированного щебеночного слоя должна быть не более 10 % при его укладке по способу заклинки и не более 12 % по способу самозаклинки.

Качество уплотнения слоев грунтовых оснований осуществляется методом режущего кольца с последующим определением плотности скелета грунта, либо полевыми экспресс методами типа: прибор Ковалева, поверхностные приборы неразрушающего действия, основанные на изменении диэлектрической проницаемости контролируемого слоя грунта от его плотности, различные индикаторы статического или динамического действия.

Контроль плотности грунта следует производить по ГОСТ 5180-84 по пробам, отобранным по продольной оси рабочей площадки не реже, чем через каждые 25 м. При ширине площадки – не более 5 м дополнительно следует отбирать пробы в тех же поперечниках на расстоянии 1.5 м от краев площадки. Отклонения (в меньшую сторону) от требуемого значения коэффициента уплотнения допускаются не более чем в 10% общего числа определений и не более чем на 0.04. Отклонения в большую сторону не нормируются. Для оперативного контроля допускается использовать экспресс-методы и приборы.

В настоящее время для контроля качества уплотнения грунтовых и щебеночных слоев, нашли широкое распространение приборы по определению динамического модуля упругости слоя (типа УДН), которые коррелируются со статическим модулем упругости.

Ориентировочные значения модулей упругости для грунтовых и щебеночных оснований, определяемых с помощью этих приборов приведены в таблице 20 в соответствии с РМД 32-18-2016.

Таблица 20. Значения модулей упругости для различных оснований

МАТЕРИАЛ УПЛОТНЕННОГО СЛОЯ	ТОЛЩИНА СЛОЯ, СМ	СТАТИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ УПРУГОСТИ, E_0 , МПА	ДИНАМИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ УПРУГОСТИ, E_{0D} , МПА
Щебень известняк	30	350	80
Песок	28-30	100-120	62-65
Песок средней крупности	10	120	65
Супесь легкая	30	50-70	58-60
Цементогрунт	25	80-150	60-65
ПГС укрепленная цементом	25-27	280-350	75-80
Гравийный материал	18	170-190	68-70
Щебень трудно уплотняемых пород	30	350-450	80-90

* Значения модулей упругости, представленные в таблице, даны для операционного ориентировочного контроля качества уплотнения. На показания приборов, измеряющих модули упругости слоев, как статическим, так и динамическим методом, оказывают влияние плотность (K_u), влажность (W) материала, жесткость основания на котором расположен слой и т.п.

4.6 Устройство дренажных оснований и элементов водоотведения

К устройству дополнительного слоя из песка приступают после приемки земляного полотна.

Дренажные основания устраиваются из песка, коэффициент фильтрации которого должен быть не менее 3 м/сутки.

Разравнивание песка производится бульдозерами (автогрейдером) или вручную по способу «от себя» с соблюдением проектных уклонов.

Уплотнение песка зависит от вида песка и толщины уплотняемого слоя в соответствии с таблицей 15.

Коэффициент уплотнения должен быть не менее 0,98.

4.7 Устройство дренажа мелкого заложения

Дренаж мелкого заложения предназначен для осушения дорожной одежды и верхней части земляного полотна.

Конструкция дренажа в соответствии с ТР 72-98 состоит из дренирующего слоя и трубчатых дрен, уложенных на спланированное дно ровика.

В качестве дрены могут использоваться керамзитобетонные трубофильтры, перфорированные асбестоцементные, керамические и полимерные дренажные трубы. Стыки и водоприемные отверстия дрен защищают от запыления муфтами и фильтрами, в качестве которых могут быть использованы каменные материалы, нетканые синтетические материалы, а также стеклохолсты.

Подстилающий слой устраивается из песка, коэффициент фильтрации которого должен быть не менее 3 м/сутки.

Работы по устройству дренажа из трубофильтров выполняются непосредственно перед распределением песчаного подстилающего слоя. Траншеи под дренаж следует отрывать до наступления заморозков. Укладка труб в траншею производится вручную или при помощи автокранов.

Технологический процесс устройства дренажей мелкого заложения включает: рытье ровика; устройство в нем подушки под трубы; укладку труб с фильтрами, сопряжение трубчатых дрен с водоприемниками, заполнение ровика песком и его уплотнение. Трубы с раструбами или трубофильтрами обращают против уклона раструбами и пазами. Особое внимание должно уделяться уплотнению дна ровика.

При устройстве дренажей проверяют: уклон подушки; качество фильтров обсыпки; плотность соединения звеньев труб в стыках; гранулометрический состав и коэффициент фильтрации; толщину слоя песка; влажность и степень уплотнения песка.

4.8 Устройство водоотводных лотков

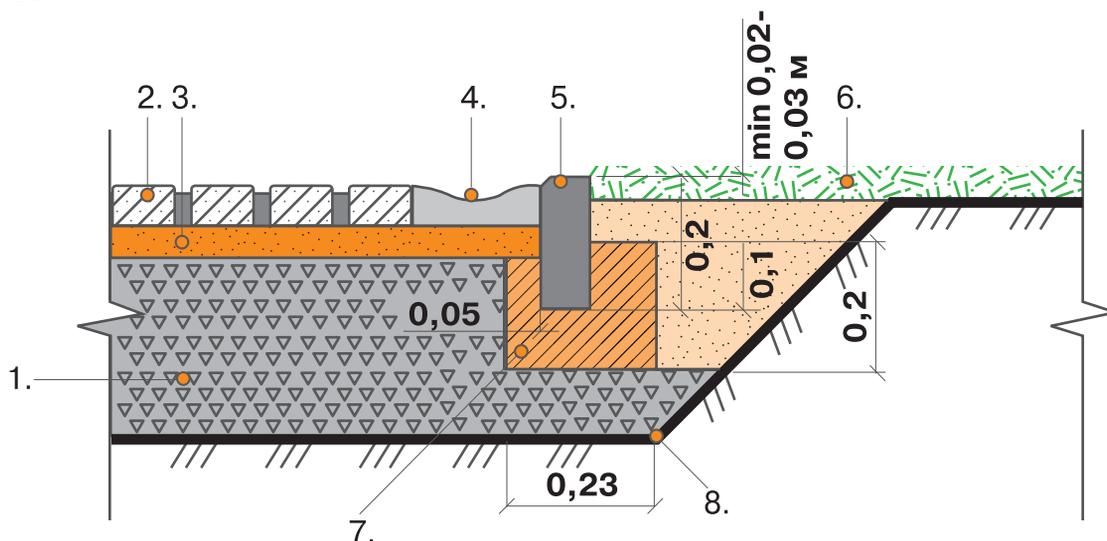
Чтобы исключить присутствие луж, грязи, защитить здания, сооружения от подтопления, фундаменты от пагубного воздействия воды во время

сильных осадков или интенсивного таяния снега, требуется обеспечить надежное водоотведение. Необходимо на стадии обустройства участка, его застройки, грамотно проложить лотки водоотводные бетонные.

Наибольшую востребованность, при выполнении этих работ, получили лотки водоотводные бетонные. Их использование гарантирует долговечность и надежность системы поверхностного водоотведения в процессе эксплуатации. Они повсеместно применяются при устройстве поверхностного дренажа, что обеспечивает надежный водоотвод во время сильных дождей, в период паводка и т.п. Потоки воды не задерживаются на прилегающей территории, участок остается свободным от воды. Без дренажной системы не могут обойтись аэропорты и ЖД вокзалы, АЗС и станции техобслуживания, городские улицы и автомагистрали.

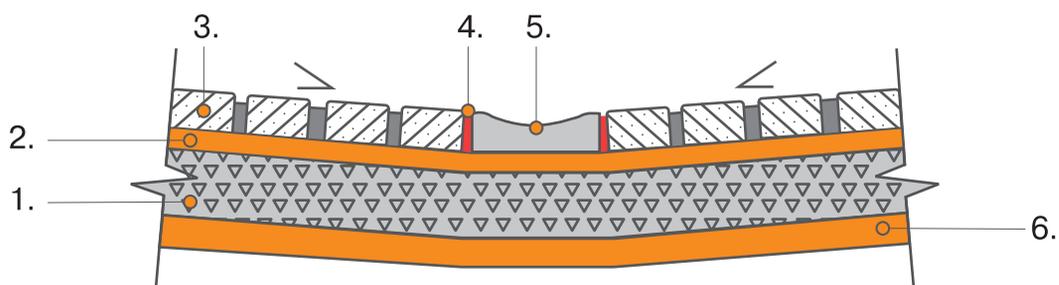
Работоспособность водоотводных лотков оказывает прямое влияние на транспортно-эксплуатационные показатели автодорог, тротуаров или пешеходных дорожек. Неудовлетворительная работа водоотводных сооружений как правило приводит к скоплению воды на поверхности покрытия, ее проникновению в грунт земляного полотна, а это в свою очередь приводит к появлению трещин и швов в покрытии.

Устройство водоотводного лотка в покрытие тротуара из плит бетонных тротуарных представлено на рисунке 26. Варианты устройства водоотводных лотков показаны на рисунке 27 с применением водоотводного лотка и без него.

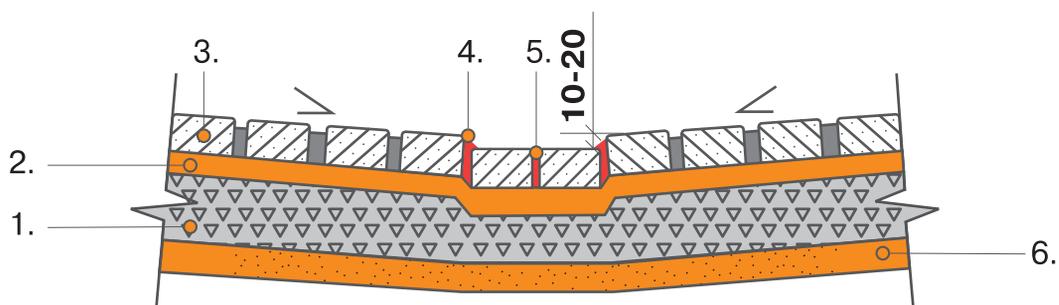


1 - Основание; 2 - Плиты бетонные тротуарные; 3 - Подстилающий слой; 4 - Водоотводной лоток Б1.18.50; 5 - Бордюр тротуарный БР100.20.8; 6 - Плодородный слой почвы (газон); 7 - Бетон класса В15; F150 по ГОСТ 26633; 8 - Уплотненный грунт

Рисунок 26. Устройство водоотводного лотка в покрытие тротуара (пешеходной дорожки)



1 - Основание; 2 - Подстилающий слой; 3 - Пли бетонные тротуарные; 4 - Заполнение швов водонепроницаемыми растворами на основе трассово-цементного вяжущего; 5 - Водоотводной лоток Б1.18.50; 6 - Уплотненный грунт



1 - Основание; 2 - Подстилающий слой; 3 - Пли бетонные тротуарные; 4 - Заполнение швов водонепроницаемыми растворами на основе трассово-цементного вяжущего; 5 - Камни/плиты мощения; 6 - Уплотненный грунт

Рисунок 27. Варианты устройства водоотводных лотков в покрытии с подуклонкой

4.9 Устройство покрытий с применением растворов на основе вяжущих.

Данный вид покрытий применяется только для серых цветов тротуарных бетонных плит, т.к. поверхность мощения покрывается белыми инееобразными, кристаллическими солевыми налетами (высолами). Дополнительно, конструкции покрытий с применением пескоцементных растворов должны соответствовать требованиям на морозоустойчивость, в противном случае из-за морозного пучения подстилающий слой и заполнитель швов растрескиваются (рисунок 28).

На объект строительства растворы согласно РМД 32-18-2016 могут поставляться в мешках в виде сухой смеси, в мешках в комплекте с отвердителями или в готовом виде в вакуумных упаковках (банках) небольшой емкости. На объекты строительства, где площадь мощения достаточно большая, растворы доставляются в специальных емкостях - силосах. Использование силоса позволяет оптимизировать технологический процесс мощения, повысить экологическую культуру при



Рисунок 28. Покрытие с высолами на пескоцементном подстилающем слое.

производстве работ (отсутствует пыль и грязь, которые образуются при использовании бумажных мешков).

Для максимального эффекта сцепления между поверхностью несущего слоя и подстилающего слоя, выполненного с использованием вяжущих, а также с целью уменьшения деформируемости дорожного покрытия следует отказаться от нетканого геосинтетического полотна поверх несущего слоя.

Перед началом работ на всей площади мощения рекомендуется выполнить небольшие фрагменты покрытий (тестовые участки) для отработки технологии и уточнения ожидаемого эстетического эффекта от цвета раствора.

При устройстве подстилающего слоя из пескоцементной смеси М500 с оптимальным соотношением 1:4 или 1:5 должны быть выполнены следующие указания:

- 1) Смесь цемента с песком укладывается на основной несущий слой и утрамбовывается. Далее, на него подсыпается еще 5 мм смеси без уплотнения с выравниванием рейкой для компенсации возможного перепада высоты плитки. В итоге слой ЦПС должен быть на 5 мм выше требуемого уровня низа покрытия с применением тротуарной плитки перед уплотнением виброплитой.
- 2) Тротуарные плиты должны быть очищены от пыли и загрязнений, а также при необходимости от шлама, возникающего при их резке, для достижения достаточной прочности сцепления между плитами и раствором подстилающего слоя.
- 3) После укладки плиты выравниваются по высоте резиновым молотком либо виброплитой с полимерной насадкой.
- 4) С целью достижения достаточной прочности раствора подстилающего слоя покрытие нельзя подвергать транспортной нагрузке. Пешеходная нагрузка, вызванная хождением строителей с целью заполнения швов допустима, но не ранее чем через 24 ч или иное время, указанное в

характеристиках смеси. При неблагоприятных погодных условиях может потребоваться более длительное время.

4.10 Устройство упора мощения

Бортовые камни должны быть установлены на бетонное основание по песчаной (щебеночной) подушке. На песчаное основание допускается устанавливать «легкие» бортовые камни (БР.100.20.8), когда они устанавливаются в один уровень с дорожным покрытием. Во всех остальных случаях бортовые камни должны устанавливаться на щебеночное основание в соответствии с РМД 32-18-2016.

До начала производства работ по установке бортовых камней должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

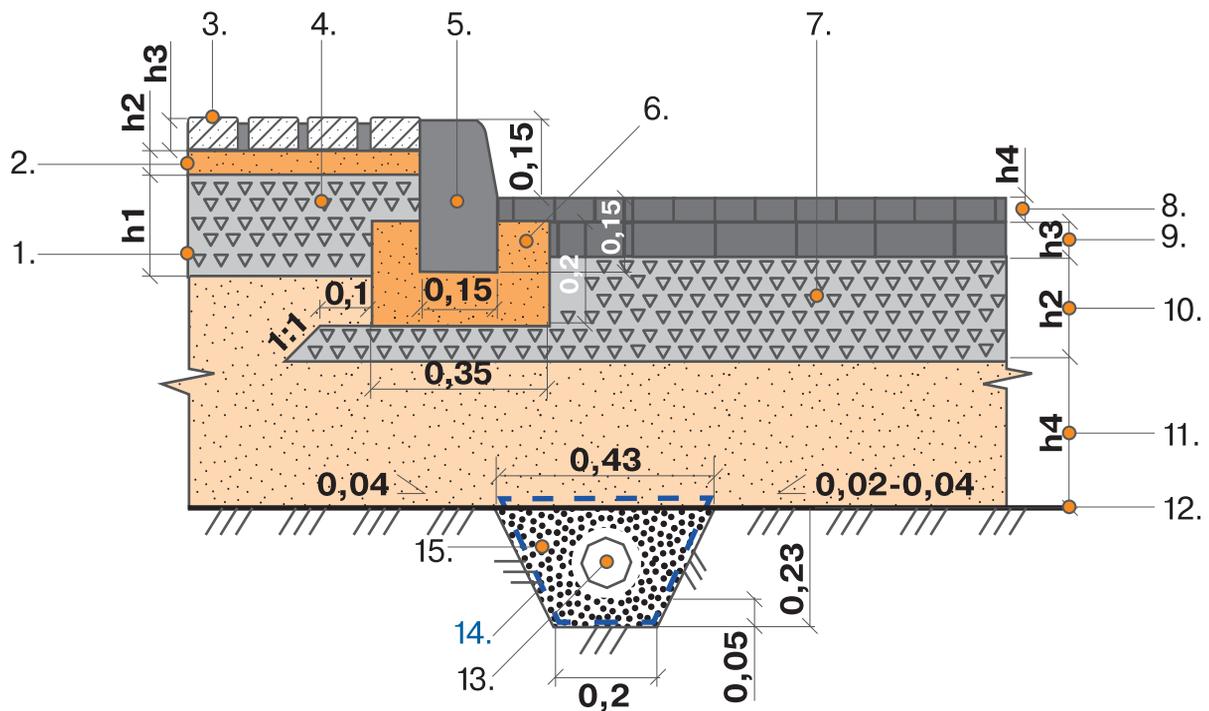
- доставлены в зону работ необходимые материалы, приспособления, инвентарь и инструмент;
- доставлены, выгружены и уложены вдоль края проезжей части, тротуара или пешеходной дорожки бортовые камни;
- подготовлены предусмотренные средства механизации (при необходимости) работ по установке бортовых камней.

В начале работ в соответствии с ДНТ МО-023/2009 производят вертикальную и горизонтальную разбивку линии установки бортового камня. Вдоль края проезжей части, тротуара или пешеходной дорожки в створе с будущей линией бортовых камней по теодолиту (иным способом) выставляют ряд деревянных колышков или металлических штырей и по ним протягивают шнур (нить). Положение шнура (нити) определяет лицевую линию бортовых камней. На колышках в точках перелома продольного профиля по нивелиру (иным способом) отмечают высотные отметки грунтового основания, бетонного основания и бортовых камней.

Затем по произведенной разметке отрывают траншею с заданными проектом размерами.

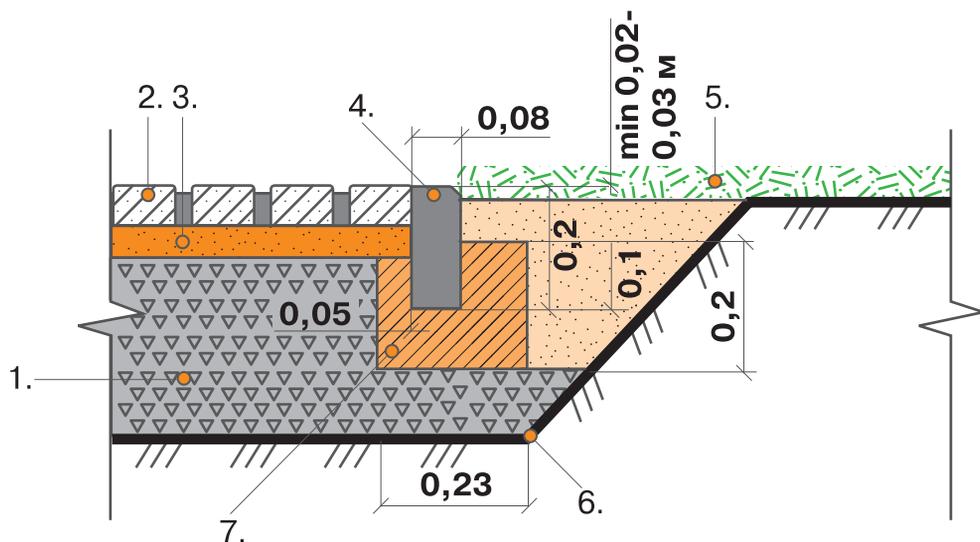
По выровненному и уплотненному земляному полотну устраивают песчаный (щебеночный) подстилающий слой толщиной 10 см, затем приступают к устройству бетонного основания толщиной 10 см.

На рисунке 29 показана стандартная конструкция установки бордюра дорожного. На рисунке 30 показана конструкция установленного бордюра при сопряжении с газоном.



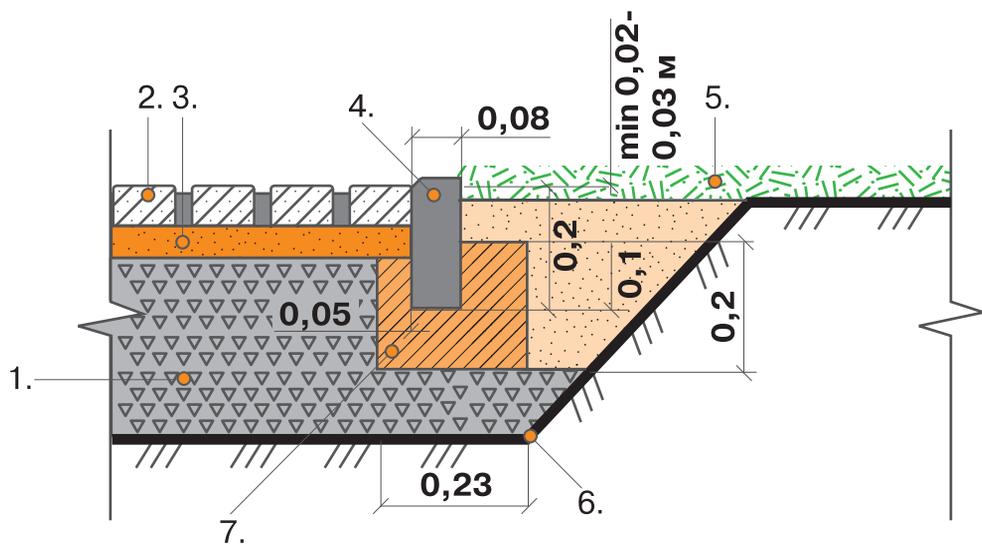
1 - Щебень; 2 - Подстилающий слой; 3 - Плиты бетонные тротуарные; 4 - Конструкция тротуара; 5 - Бордюр дорожный БР100.30.15; 6 - Бетон класса В15; F150 по ГОСТ 26633; 7 - Конструкция проезжей части; 8 - Мелкозернистый а/б; 9 - Крупнозернистый а/б; 10 - Щебень, уложенный по способу заклинки; 11 - Песок; 12 - Уплотненный грунт; 13 - Турбофильтр; 14 - Геотекстиль нетканый иглопробивной плотностью не менее 250 г/м²; 15 - Щебень

Рисунок 29. Конструкция установленного бордюра дорожного



1 - Основание; 2 - Плиты бетонные тротуарные; 3 - Подстилающий слой; 4 - Бордюр тротуарный; 5 - Плодородный слой почвы (газон); 6 - Уплотненный грунт; 7 - Бетон класса В15; F150 по ГОСТ 26633

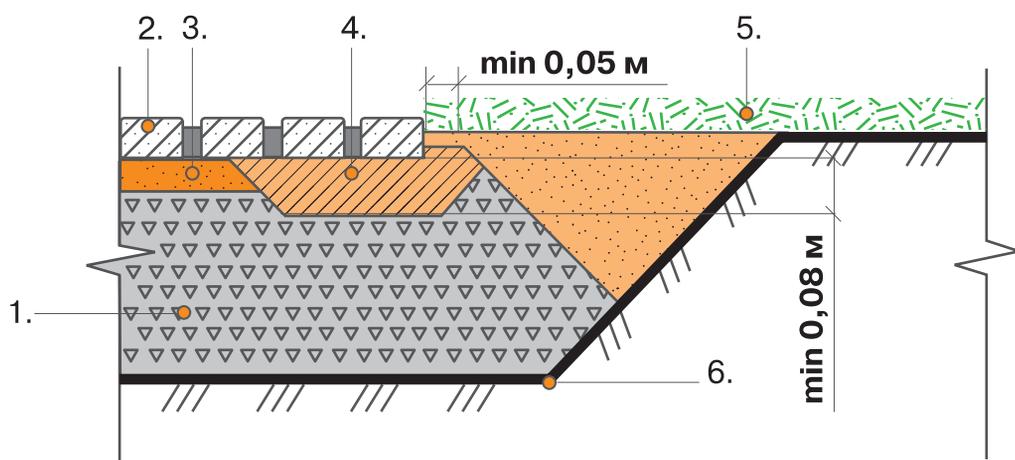
Рисунок 30(а). Конструкции установленного бордюра тротуара при сопряжении с газоном



1 - Основание; 2 - Плиты бетонные тротуарные; 3 - Подстилающий слой;
 4 - Бордюр тротуарный; 5 - Плодородный слой почвы (газон);
 6 - Уплотненный грунт; 7 - Бетон класса В 15; F150 по ГОСТ 26633

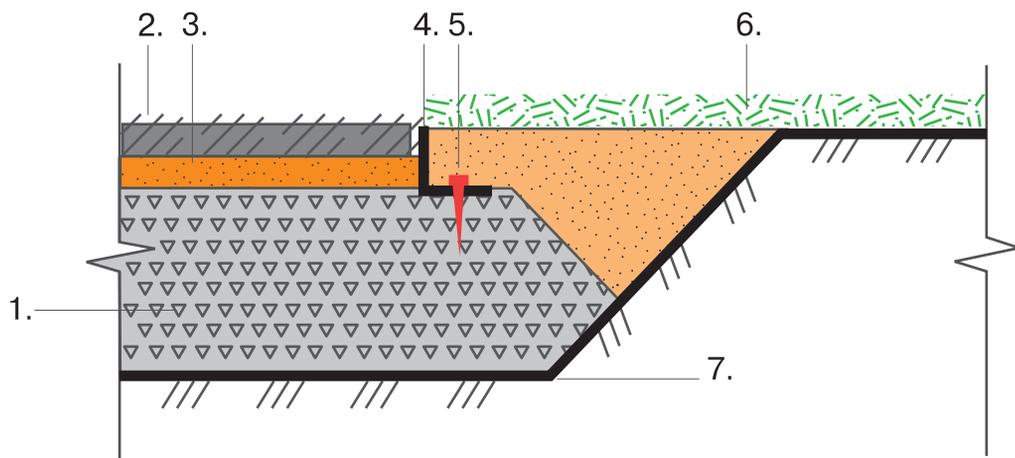
Рисунок 30(б). Конструкции установленного бордюра тротуара при сопряжении с газоном

На рисунке 31 представлена конструкция сопряжения мощения с газоном без бордюрного камня, а на рисунке 32 с применением тротуарной ленты.



1 - Основание; 2 - Плиты бетонные тротуарные; 3 - Подстилающий слой;
 4 - Цементный раствор на основе цементного, трассово-цементного или полимерного вяжущего; 5 - Плодородный слой почвы (газон); 6 - Уплотненный грунт

Рисунок 31. Примыкание мощения к газону



1 - Основание; 2 - Плиты бетонные тротуарные; 3 - Подстилающий слой;
 4 - Бордюрная лента (пластиковый бордюр); 5 - Крепление ленты к основанию;
 6 - Плодородный слой почвы (газон); 7 - Уплотненный грунт

Рисунок 32. Примыкание мощения к газону с применением специальной ленты

Для устройства бетонного основания в траншее устанавливают опалубку из досок.

Устройство бетонного основания осуществляется путем укладки и разравнивания бетонной смеси проектной марки до отметки низа бортового камня.

Бортовые камни устанавливают на свежееуложенное бетонное основание при помощи автокрана (вручную с использованием специальных приспособлений). Ручные приспособления П-образные и клещевые (рисунок 33). После установки камней на свежееуложенное бетонное основание их осаживают до проектной отметки деревянными трамбовками.



Рисунок 33. Специальные ручные приспособления для установки бортовых камней: **а)** П-образное приспособление; **б)** Клещевое приспособление

Отметки верха бортовых камней в промежуточных точках могут устанавливаться с помощью визирок.

Между отдельными бортовыми камнями оставляют зазоры-швы проектных размеров, которые заполняют цементным раствором проектной марки и после потери раствором подвижности расширяют на выступающей над покрытием части камня по лицевой и верхней граням.

Возвышение борта над проезжей частью принимается в пределах, установленных проектом (12-18 см), для устойчивости борт должен быть заглублен не менее чем на 12-15 см ниже поверхности проезжей части.

Бортовые камни должны устойчиво лежать на основании. Линия установленных камней должна быть прямой на прямых участках дороги (тротуара, пешеходной дорожки) и иметь плавное очертание на участках закругления (борт должен повторять проектный профиль покрытия). Линии расшивки швов должны быть прямыми и перпендикулярными к продольной оси бортовых камней. Уступы в стыках бортовых камней в плане и профиле не допускаются.

Швы между бортовыми камнями заполняются в два этапа: сначала обмазываются со всех сторон цементным раствором сметанообразной консистенции с отверстием сверху, которое затем заполняется более жидким цементным раствором. Раствор для заполнения швов должен готовиться на портландцементе марки не ниже 400.

Очень важно тщательное заполнение (герметизация) стыков между бортовыми камнями или другими фиксирующими край мощения упорами (металлическими полосами, природными камнями и т. п.). В противном случае через не заделанные швы может выноситься песок подстилающего слоя, что приведет к потере устойчивости плит/камней и разрушению покрытия.

В процессе выполнения работ по установке бортовых камней и при приемке этих работ контролируют:

- соблюдение проектных отметок, уклонов и ширины конструктивных слоев основания;
- укладку и разравнивание бетонной смеси;
- заполнение швов между бортовыми камнями;
- правильность установки бортовых камней.

Правильность установки бортовых камней проверяют визуально и с помощью рейки и шнура.

4.11 Устройство затирки швов песком

Характерной особенностью мощения бетонными тротуарными плитами и его отличие от других дорожных покрытий является наличие большого количества мелкоштучных элементов, взаимодействующих между собой посредством материала заполнителя в швах. От качества заполнителя и состояния швов зависит долговечность и эстетичность всего покрытия. Поэтому при проектировании и строительстве покрытий с тротуарными плитами следует уделять значительное внимание к подбору заполнителя для швов.

Заполнение швов тротуарной плитки песком производится параллельно с укладкой. Гранулометрический состав песка для заполнения швов подбирается на основании ширины заполняемых швов. Максимальный размер зерна для песка должен быть на 20% меньше ширины шва (при ширине шва 3-5 мм). Камни и плиты могут изготавливаться с выступами на боковых гранях (шовообразователями) для обеспечения минимальной и стабильной ширины шва.

Для заполнителя швов в дорожных покрытиях из бетонных тротуарных плит могут применяться:

- пески мелкие I и II класса с модулем крупности 1,5-2,0 (допускается применять пески средние с модулем крупности до 2,2). Рекомендуется использовать песок намывной (речного или морского происхождения) по причине окатанной формы зерен и минимальной пустотности.
- смесь песков разного гранулометрического состава для получения минимальной пустотности швов (для категорий использования AI, таблица. 7); Предпочтение следует отдавать готовым смесям заводского изготовления.
- пески заводского изготовления с дополнительными улучшенными эксплуатационными свойствами (для категорий использования AII, Б, таблица. 7);
- водопроницаемые и водонепроницаемые смеси заводского изготовления на основе вяжущих, соответствующие категории использования (Таблица 7), без содержания цемента;
- щебеночно-песчаные, гравийно-песчаные или щебеночно-гравийно-песчаные смеси для дренирующих и «зеленых» швов.

Песок в сухом состоянии равномерно распределяется по поверхности уложенных плит и с помощью мягкой щетки затирается в швы до полного их заполнения (рисунок 34). Лишний материал заполнения следует удалить с покрытия перед окончательной посадкой штучных элементов покрытия.

Операция заполнения швов может быть выполнена за несколько раз до полного и прочного заполнения швов. При проверке заполнения швов металлический шпатель должен входить в шов на несколько миллиметров.

Посадка тротуарных плит выполняется после заполнения швов песком либо вручную (ударами через деревянную, пластиковую или резиновую прокладку), либо с помощью кратковременной вибрации ручной виброплитой (рисунок 34). Для сохранности внешнего вида тротуарных плит и предотвращения появления на них трещин, царапин и сколов на основание виброплиты закрепляют полиуретановый коврик.

Песок в швах может быть дополнительно обработан стабилизатором (для категорий использования В и Г, таблица. 7) на основе полиуретана. Обработка стабилизатором предотвращает эрозию песка (выветривание, вымывание) из швов, препятствует росту сорняков в швах, уменьшает проницаемость швов.

Обработка песка в швах стабилизатором может применяться при устройстве аэродромных покрытий для предотвращения затягивания песка в авиационные двигатели и недопущения просачивания авиационного топлива и горюче-смазочных материалов в основание дорожных покрытий и грунт земляного полотна.

Пылеватые пески и суглинки не пригодны для заполнения швов. Не допускается наличие глины в материале заполнения швов.



Рисунок 34. Основные этапы затирки швов песком

4.12 Устройство деформационных и температурных швов

В мощных дорожных покрытиях в соответствии с РМД 32-18-2016 могут предусматриваться температурные и деформационные швы. Основные критерии для выбора конструкций швов, применяемых в мощении: ширина шва, ожидаемые горизонтальные изменения ширины шва, ожидаемые вертикальные сдвиги, водонепроницаемость или водопроницаемость, стойкость конструкции к агрессивным средам, интенсивность нагрузок.

Описание температурных и деформационных швов содержится в таблице 21.

Деформационные швы обязательно выполняются над швами в несущей конструкции и основании. Задачей температурных швов является восприятие перемещений, прилегающих с обеих сторон поверхностей, вызванных изменением температуры, и одновременно обеспечение достаточной опоры для этих поверхностей. Если в несущем слое имеются надрезы или швы, то они должны быть продолжены до верхнего слоя покрытия из плит бетонных тротуарных.

При устройстве деформационных и температурных швов необходимо стремиться, чтобы они не нарушали эстетический вид покрытия. Для их устройства могут использоваться готовые профили. Деформационные и температурные швы требуют контроля и ухода. Эти швы следует регулярно осматривать и при необходимости обновлять.

Температурные швы, как правило, не устраиваются в несвязанных покрытиях. Поэтому, дальнейшие рекомендации относятся к связанным покрытиям, выполненным с применением растворов на основе вяжущих.

В связанных покрытиях температурные напряжения в зависимости от материалов, используемых при изготовлении покрытия и применяемого раствора для заполнения швов, могут проявлять себя по-разному. Трещины в связанных покрытиях в результате температурных колебаний являются неизбежными, поэтому сами по себе такие трещины не рассматриваются как технический дефект.

Для уменьшения растрескивания вследствие внутренних напряжений мощные покрытия делят на участки определенных размеров. Расстояние между температурными швами, в зависимости от породы камня, размеров элементов и типа заполнения швов, может составлять от 5 до 18 м. Если в покрытии имеется сужение (например, сужение дороги или наличие встроенного элемента), то в самом узком месте должен быть расположен деформационный шов. Однако, деление на участки, в принципе, не может полностью предотвратить возникновение трещин вследствие внутренних напряжений.

Таблица 21. Швы в дорожных покрытиях из плит мощения

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ШВЫ	ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ШВЫ
Нет вертикальных перемещений, возможны небольшие изменения ширины шва, не требуется обеспечить водонепроницаемость шва	Вертикальные перемещения; возможны изменения ширины шва; могут быть водопроницаемые или водонепроницаемые
Конструкции подбираются исходя из: способов монтажа, высоты примыкающих элементов мощения	Конструкции подбираются исходя из: способа монтажа; величины вертикальных перемещений; величины горизонтальных перемещений, высоты примыкающей плитки; интенсивности нагрузок, агрессивности воздействий

Температурные швы должны быть расположены около выступающих встроенных элементов, таких как бордюры, фасады, стены из каменной кладки, и прочих конструкций, ограничивающих покрытие по краю. В этих температурных швах, по которым отсутствует движение транспорта, могут восприниматься перемещения большей величины, чем в температурных швах, по которым осуществляется движение транспорта.

Также температурные швы должны быть расположены по линиям примыкания к покрытиям нежесткой конструкции. Если в покрытии жесткой конструкции выполняются желоба (водостоки) или участки примыкают к протяженным встроенным элементам в виде полосы, то деформационные швы также должны быть выполнены вдоль этих элементов (на расстоянии примерно 0,75 м до и после водосборных лотков).

Если несущие слои выполняются без температурных швов, то в дальнейшем могут возникнуть трещины, достигающие видимой части брусчатого покрытия. Возникающие в некоторых случаях трещины должны быть дополнительно раскрыты и в виде так называемых ложных швов заполнены материалом, длительно сохраняющим свою эластичность.

Для снятия возникающих напряжений в качестве альтернативы температурным швам могут служить так называемые «зоны снятия напряжений». Однако, их нельзя располагать в зонах с магистральным движением. Зоны снятия напряжения могут быть выполнены из того же покрытия, что и прилегающие поверхности, но иметь нежесткую (несвязанную) конструкцию. Зоны снятия напряжений должны быть окружены эластичными швами.

Надо отметить, что вопрос относительно устройства температурных швов в мощеных покрытиях выполненных с применением растворов на основе вяжущих пока не изучен и не имеется каких-либо системных данных о влиянии их на эксплуатационные показатели. Поэтому, возможны следующие решения:

Выемка грунта вокруг фундамента производится исходя из конструкции отмостки и свойств грунтов основания. Для прочных грунтов отмостка будет уже и по толщине общего пирога меньше, чем для просадочных. На ширину отмостки также влияют выступ края крыши, размер и схема укладки тротуарной плитки. Также сразу устраиваются траншеи под дренажную трубу, лоток ливневой канализации и под бордюр при их наличии в конструкции. Основание траншеи планируют и уплотняют. В местах, недоступных для работы механизмов, основание под отмостку допускается уплотнять вручную до исчезновения отпечатков от ударов трамбовки и прекращения подвижек уплотняемого материала.

Дренажные трубы при высоком уровне грунтовых вод размещают ниже глубины промерзания грунта и для возможности их обслуживания за пределами отмостки (в стесненных условиях допускается размещение под отмосткой с дальнего края относительно фундамента).

Далее устраиваются дренажная труба с уклоном 3% в слое из щебня фракционированного, обернутого в иглопробивной геотекстиль, и конструктивные слои отмостки с планированием и послойным уплотнением. Как правило, слои устраиваются с уклоном, равным уклону поверхности отмостки.

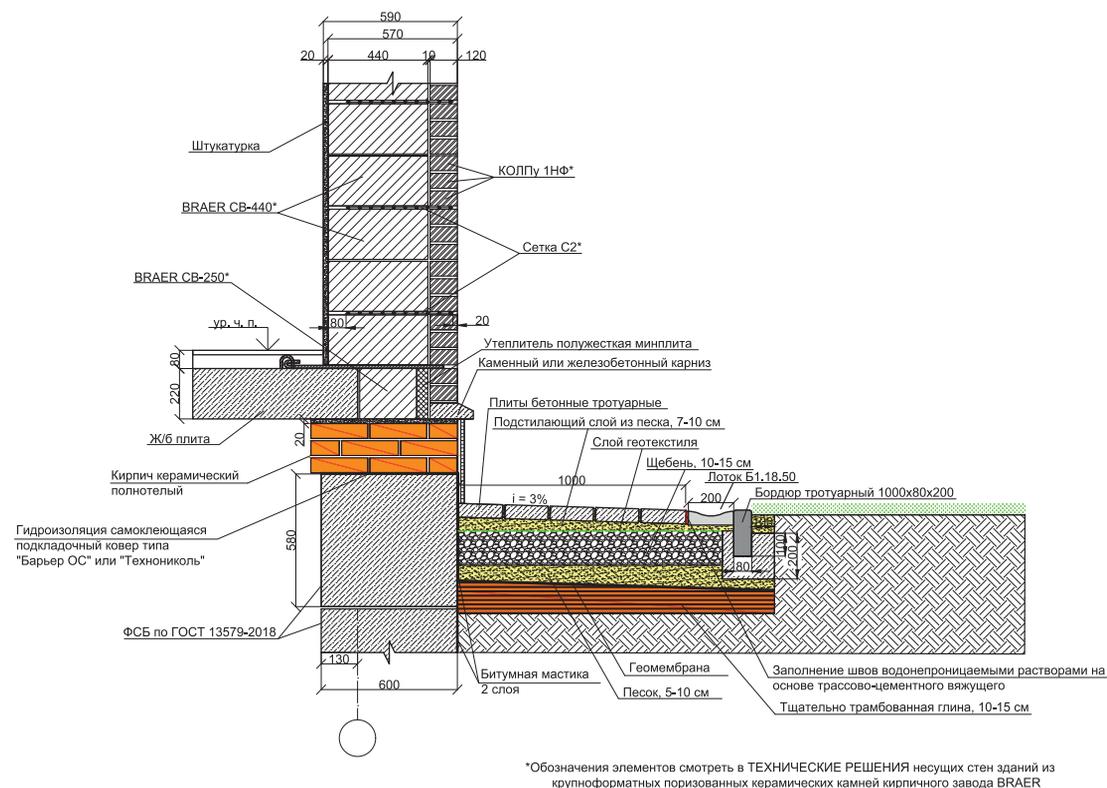


Рисунок 36. Конструкция отмостки нежесткого типа с бетонным лотком.

В качестве гидроизолирующих материалов могут использоваться в конструкциях отмонок геомембраны или комбинация слоев утрамбованной глины и над ней геомембраны (рисунок 36). При использовании геомембраны ее следует заводить на фасад выше поверхности отмонок не менее 15 см или до уровня верха фундамента. При наличии естественного водоупорного слоя из глины в основании геомембрану не используют в конструкциях отмонок без утепления. Для утепленных отмонок слой геомембраны укладывается над теплоизолирующими материалами.

Для отмонок на нежестком основании под выравнивающим песчаным слоем применяют разделяющий слой из геотекстиля для препятствия проникания песка в основание.

В качестве теплоизолирующего материала в конструкциях представлен экструдированный пенополистирол (ЭППС). Данный материал применяется в отмонках для понижения глубины промерзания и снижение воздействия морозного пучения при наличии пучинистых грунтов и высокого уровня грунтовых вод. Под теплоизолирующими материалами обязательно устраивается песчаная подушка толщиной не менее 5 см.

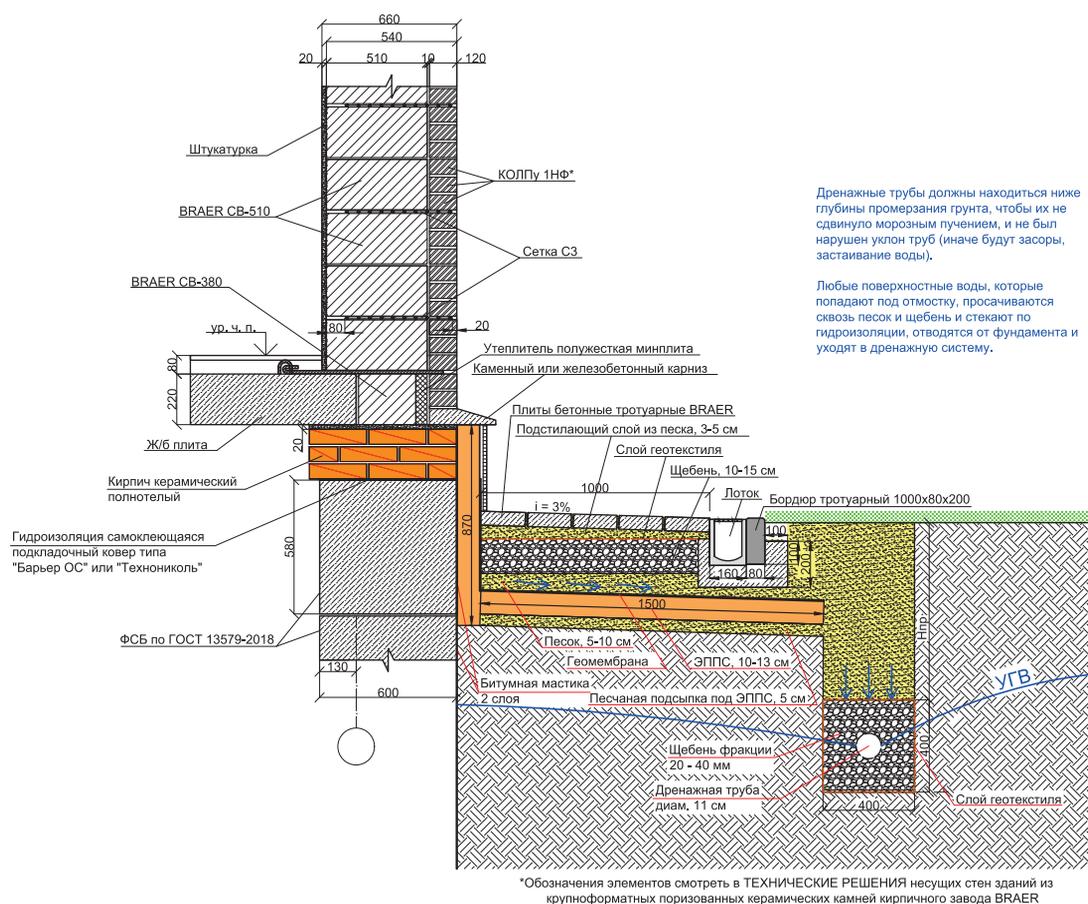


Рисунок 37. Конструкция отмонок нежесткого типа с водоотводным лотком, дренажной системой и теплоизоляцией.

Для отвода ливневых стоков предусматривается по краю отмостки устройство бетонного водоотводного лотка (рисунок 36, 37), а сток с крыши устраивают через специальные водостоки (рисунок 38) для предотвращения вымывания заполнителя швов падающей с крыши водой.

Отмостки по периметру зданий должны плотно примыкать к цоколю здания. Уклон отмосток должен быть не менее 1% и не более 10% согласно СП 82.13330.2016. Отмостка с применением тротуарной плитки с учетом наличия швов должна иметь уклон не менее 3%.

Искривления по горизонтали и вертикали наружной кромки отмосток в пределах прямолинейных участков не должны быть более 10 мм. Бетон отмосток по морозостойкости должен соответствовать требованиям, предъявляемым к дорожному бетону.

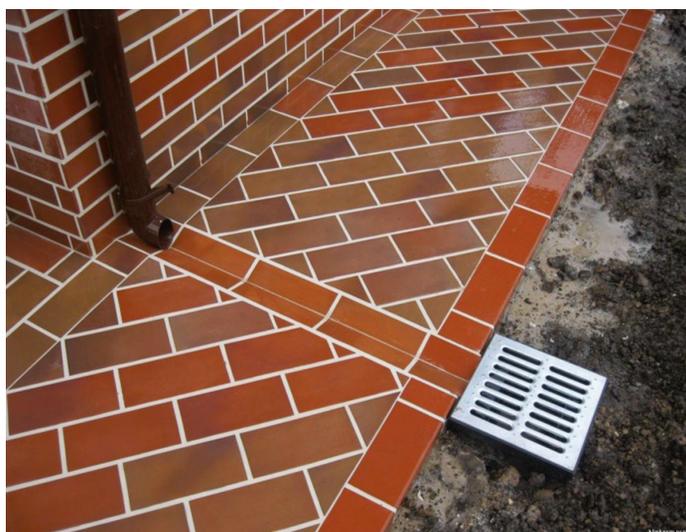


Рисунок 38. Сброс воды с крыши в ливневую канализацию.

4.14 Особенности работ по мощению в зимнее время

Зимним периодом согласно ВСН 51-96 считается время года между датой наступления нулевой среднесуточной устойчивой температуры осенью и датой наступления той же температуры весной.

Устройство покрытий из плит бетонных тротуарных при температурах ниже минус 15°C не рекомендуется.

При устройстве покрытий в зимнее время целесообразно заранее, до наступления устойчивых заморозков, подготовить земляное полотно, подстилающий слой и основание под покрытие. Для ускорения оттаивания основания, следует избегать применения составов, которые могут дополнительно способствовать возникновению высолов на поверхности плит бетонных тротуарных.

Для устройства мощения в зимнее время необходимо соблюсти условия:

- 1) Создание положительных температур перед началом укладки;
- 2) Обеспечение надлежащего температурного режима в процессе укладки плит бетонных тротуарных;
- 3) Поддержание температурного режима после укладки для выполнения работ по окончательному заполнению швов.

Для выполнения вышеизложенных требований, на предварительно очищенное от снежного покрова основание, устанавливаются тепляки (шатры)-укрытия высотой 1,5 м, внутри которых устанавливаются теплогенераторы для прогрева основания. Прогрев основания ведется в течение двух суток при температуре внутри тепляка не менее + 15 °С. В ходе процесса слой основания должен быть полностью прогрет на глубину 0,4-0,5 м. Факт прогрева основания устанавливается путем устройства шурфов по всей площади прогрева с шагом 2 x 2 м. Материалы, необходимые для мощения на этой площади завозятся вовнутрь тепляка и такжегреваются до плюсовой температуры.

По окончании прогрева основания производится замена тепляка высотой 1,5 м на тепляк высотой 2,5 м. с установкой теплогенератора для поддержания внутри тепляка температуры не ниже + 5 °С. В этом укрытии выполняются работы по мощению. Укладка покрытия ведется на сухой песок или раствор. Для заполнения швов используется мелкий песок, который предварительно просушивается до приобретения влажности не более 1 % и просеивается на сите с ячейкой не более 3 мм. При использовании растворов для устройства монтажного (выравнивающего) слоя и заполнения швов следует соблюдать указания производителей.

По завершении работ тепляк переставляется на следующую (после прогрева основания) захватку для последующего мощения. Над замощенной площадью устанавливается укрытие-тепляк высотой 1,5 м., внутри которого с помощью теплогенератора поддерживается температура + 5 градусов. Такой тепловой режим поддерживается с целью проведения операций по окончательному заполнению швов.

При укладке плит бетонных тротуарных на бетонное основание в зимнее время поверхность его должна быть тщательно очищена от грязи, снега и льда и затем прогрета. Очистку и прогрев бетонного основания можно производить при помощи газовых горелок, применяемых для устройства наплаваемых кровель, а также нагретым до температуры 180 - 200 °С горячим песком, который укладывают слоем толщиной 5 - 7 мм, с последующим его удалением.

По очищенному и подогретому бетонному основанию укладывают выравнивающий слой песка толщиной до 20 мм. Работы по мощению во время сильного снегопада прекращаются. Подготовленные участки выравнивающего слоя укрываются передвижными навесами, брезентом или соломенными матами.

При заполнении швов согласно РМД 32-18-2016 следует предварительно прогреть места сопряжений бетонных тротуарных плит BRAER и заполнить их подогретой до 35 °С песком или растворами с соблюдением указаний их производителей.

5 Рекомендации по эксплуатации дорожных покрытий из плит бетонных тротуарных BRAER

5.1 Начало эксплуатации дорожного покрытия из вибропрессованной тротуарной плитки BRAER

Для несвязанных дорожных покрытий из искусственных плит бетонных тротуарных в начальный период эксплуатации (1 месяц), когда происходит дополнительная осадка камней, следует ограничить возможность движения по покрытию подвижной нагрузки согласно [4]. Для этого дорожные службы и Государственной инспекции по безопасности дорожного движения должны запретить въезд на тротуар грузовым автомобилям, обслуживающим прилегающие магазины, а также уборочной технике, давление колеса которой на покрытие превышает 0,2 МПа. Водители уборочной техники должны быть предупреждены о необходимости избегать движения по одной колее.

Если покрытие принято в эксплуатацию с избыточным количеством песка, рассыпанным по его поверхности, при возможности следует оставить его на покрытии на 1-2 недели. Удаление песка механическим способом возможно только после стабилизации камней в покрытии и четкого обозначения стыковых швов. В современных условиях эксплуатации не рекомендуется оставлять песок на поверхности мощения в течение длительного срока, так как это приводит к пылеобразованию и загрязнению окружающей среды.

При применении для заполнения швов между искусственными плитами бетонными тротуарными стабилизаторов песка нельзя ходить по покрытию до тех пор, пока поверхность не высохнет после нанесения материала. Въезд автомобильного транспорта на обработанную поверхность запрещен в течение 24 часов.

Нагрузка на оси автотранспорта должна быть регламентирована в каждом конкретном проекте строительства. Запрещается воздействие на дорожное покрытие большей нагрузки, что может повлечь за собой нарушение ровности покрытия и разрушение плиты.

Дорожные покрытия связанной конструкции до достижения достаточной прочности растворов для подстилающего слоя и заполнения швов требуют отсутствия посторонних воздействий и повреждений. Во время этого периода (запретительный срок) их необходимо предохранять от какой-либо нагрузки. Это относится также к движению транспорта в ходе работ

на строительной площадке. Длительность запретительного срока зависит от погодных условий во время укладки в покрытие. На этот срок можно повлиять посредством выбора растворов для подстилающего слоя и заполнения швов. Поэтому, разрешение движения на участках дорожного покрытия из естественных каменных материалов связанной конструкции осуществляется с учетом указаний производителей растворов.

5.2 Устранение высолов и белых налетов с вибропрессованной тротуарной плитки

В течение первого (иногда второго) года эксплуатации согласно РМД 32-18-2016 возможно выветривание плит бетонных тротуарных, подвергающихся воздействию влаги с переменной интенсивностью и входящего в состав воздуха углекислого газа. Поверхность мощения покрывается белыми инееобразными, кристаллическими солевыми налетами (высолами). Декоративные свойства покрытия при этом нарушаются. Сам по себе белый налет не является дефектом и допускается [6].

Механизм высолообразования на плитах бетонных тротуарных заключается в следующем. Свежеприготовленное изделие из бетона обладает системой капиллярных пор, заполненных раствором гидроксида кальция, образовавшегося в результате гидролиза и гидратации. Гидроксид кальция, находящийся на выходе пор, вступает в реакцию с углекислым газом воздуха. При этом образуется карбонат кальция нерастворимый в воде. Некоторое время карбонат препятствует выходу на поверхность гидроксида кальция, накапливающегося в поровом пространстве материала. Однако дальнейшее взаимодействие карбоната кальция с углекислым воздухом и атмосферной влагой приводит к образованию растворимого гидрокарбоната. Последние обстоятельства не препятствуют миграции гидроксида кальция на открытую поверхность мощения, поэтому образование солевых налетов продолжается.

В процессе высолообразования участвуют и внешние факторы – сернистый газ, присутствующий в атмосфере, который может изменять состав кристаллизующихся солевых налетов. В качестве вторичных продуктов на поверхности тротуарной плитки могут образовываться карбонаты и сульфаты щелочей с переменным содержанием кристаллизационной воды. Следует учитывать также воздействие на дорожное покрытие кислотных дождей и общее количество атмосферных осадков.

В процессе службы мощения ещё одним источником растворимых солей может являться пескоцементная смесь, на которую может вестись укладка плит бетонных тротуарных. Поэтому, укладка плит на подстилающий слой из пескоцементной смеси не рекомендуется.

Противогололёдные мероприятия, связанные с использованием смеси песка с поваренной солью, могут вызвать не только образование высолов, но и разрушать плиты.

Для удаления высолов и их профилактики, а также для устранения других загрязнений с поверхности мощения, применяются специальные очистительные средства. Очищаемую поверхность необходимо промыть водой, обильно покрыть чистящим средством и равномерно распределить щёткой (валиком), пока средство не станет вспениваться. Процесс при сильных слоях загрязнения стоит повторить. После применения поверхность необходимо промыть водой. Следует избегать контакта чистящих средств с растениями.

Для предотвращения образования высолов необходимо исключить возможность вымывания солей из вибропрессованных тротуарных плит. Этого достигают, обрабатывая очищенную поверхность специальными составами – гидрофобизаторами, придающим материалам водоотталкивающие свойства. После обработки вода и загрязняющие жидкости (кофе, масло, нефтяные продукты) не впитываются в поверхность, а стекают с нее. Расход составов зависит от впитывающей способности строительного материала и определяется экспериментально. Некоторые гидрофобизаторы (так называемые – с «мокрым» эффектом) придают поверхности вид от шелково-матового до блестящего, а также легкий влажный эффект. На обработанной гидрофобизаторами поверхности мощения меньше образуется и легко удаляется наледь.

При использовании очистителей и гидрофобизаторов следует соблюдать указания производителей составов. Перед началом обработки всего покрытия, следует произвести пробную обработку на небольшом (тестовом) участке.

5.3 Ремонт и восстановление дорожных покрытий после вскрытий

При ремонте участков дорожного покрытия из плит бетонных тротуарных, разборке и восстановлении дорожных покрытий из плит после прокладки и ремонте располагаемых под ними подземных коммуникаций следует соблюдать следующие указания согласно РМД 32-18-2016:

- 1) Использовать максимальное количество старых плит бетонных тротуарных. Перед укладкой очистить снятые плиты от старого налипшего материала заполнителя швов и основания
- 2) Края мощения, примыкающего к ремонтируемому участку, должны быть надежно зафиксированы; при этом должен иметься необходимый запас

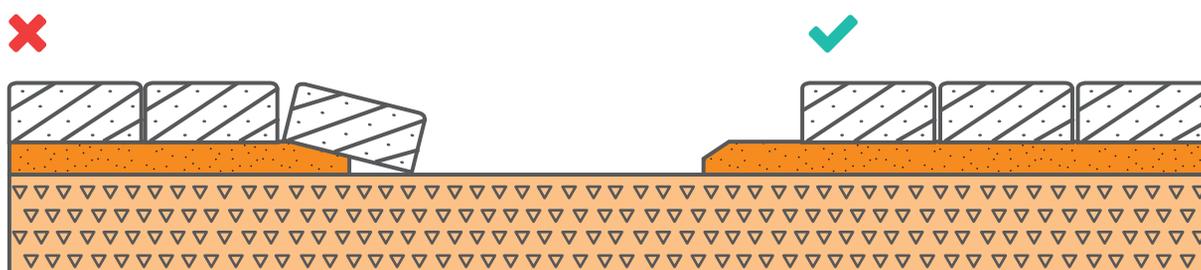


Рисунок 39. Неправильный и правильный варианты ремонта покрытия

для устройства подстилающего слоя от края существующего мощения до ремонтируемого участка (рисунок 39)

3) Толщина подстилающего слоя должна обеспечивать высотные отметки восстанавливаемого дорожного покрытия.

4) Разборка покрытий должна производиться на такую ширину, чтобы при откопке траншей сохраняемое покрытие не могло быть повреждено и грунт под ним не потерял устойчивость. При глубине траншей более 0,75-1 м, а также при несвязных грунтах стенки траншеи должны укрепляться во избежание обрушения грунта.

5) Засыпка и уплотнение грунта в траншеях должны производиться послойно с тем, чтобы обеспечивалось равномерное уплотнение грунта и плотность его достигала не менее 0,98 оптимальной.

6) После уплотнения грунта в траншее производят восстановление основания и дорожного. Если ширина полосы разрытия близка к ширине тротуара, целесообразно восстанавливать покрытие по всей ширине тротуара.

7) При замощении вскрытого места необходимо установить за ним наблюдения в течение 1-3 месяцев и при осадках покрытия его восстанавливать.

Технически правильное восстановление мощения согласно [4] характеризуется одинаковым количеством плит, с одинаковой шириной шва (рисунок 40), как и на площади, не затронутой ремонтом. Широкие швы и отрезанные плиты (добавки) недопустимы. Разность высот между восстанавливаемой и не затронутой ремонтом частями мощения не должна превышать (или только незначительно) общие допуски для разности высот.

Работы по восстановлению покрытий при капитальном ремонте или их переустройстве ведутся по правилам нового строительства. По этим же правилам производится и приемка восстановленных покрытий.

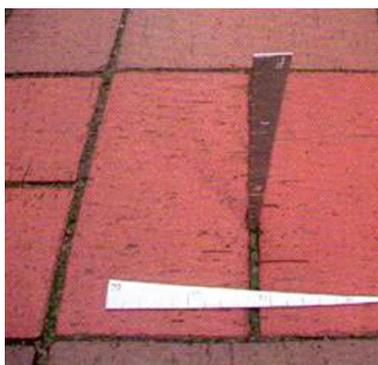


Рисунок 40. Измерение ширины шва при восстановлении покрытия

5.4 Защита поверхности дорожного покрытия из тротуарных плит гидрофобизаторами

Гидрофобизация – это снижение способности материалов и изделий смачиваться (пропитываться) водой и водными растворами. В отличие от случая гидроизоляции, обработанные материалы сохраняют газо- и паропроницаемость, т.е. поверхность «дышит». Гидрофобизация эффективна в условиях периодического воздействия воды (атмосферные осадки, роса и т.п.) и не используется в случае постоянного (более недели) нахождения материала под слоем воды.

Гидрофобизаторы придают материалам водоотталкивающие свойства. После обработки вода и загрязняющие жидкости (кофе, масло, нефтяные продукты) не впитываются в поверхность, а стекают с нее. Расход составов зависит от впитывающей способности строительного материала и определяется экспериментально. Некоторые гидрофобизаторы (так называемые – с «мокрым» эффектом) придают поверхности вид от шелковоматового до блестящего, а также легкий влажный эффект. На обработанной гидрофобизаторами поверхности мощения меньше образуется и легко удаляется наледь.

Гидрофобизирующие составы наносятся кистью, валиком или распылителем достаточно обильно, но без образования потеков. Особое внимание следует уделить обработке дефектов поверхности (сколов, глубоких царапин). При нанесении состава в два слоя, второй наносится после впитывания, но до начала высыхания первого (обычно через 5-15 минут). При обработке мощения из природного и искусственного камня особое внимание следует уделить впитываемости гидрофобизатора в материал. При низкой впитывающей способности покрытия излишки гидрофобизирующего состава следует удалить до его высыхания мягкой тканью или губкой. При использовании очистителей и гидрофобизаторов следует соблюдать указания производителей составов. Перед началом обработки всего покрытия следует произвести пробную обработку на небольшом участке.

При применении стабилизатора песка для несвязанных покрытий следует:

- Убедиться, что покрытие должным образом очищено от грязи и пыли, на нем нет излишков песка, поверхность мощения и песок находятся в сухом состоянии.
- Убедиться, что нет риска выпадения осадков в ближайшие 8 часов. Материал запрещается наносить на покрытие при температурах ниже 3° С или выше 30° С.
- Наносить материал на поверхность необходимо с помощью лейки (с разбрызгивателем). Все излишки материала удаляются с помощью резинового валика
- Необходимо точно соблюдать указанную производителем дозировку материала при нанесении – для обеспечения стабилизации соединения (обычно 1 литр/м²).
- Два слоя материала рекомендуется наносить для предотвращения инфильтрации топлива/воды в местах возможного попадания на покрытие горюче-смазочных материалов, где необходимо выполнить гидроизоляцию швов. Интервал между нанесением слоев — минимум 3 часа, максимум 24 часа.
- Нельзя ходить по покрытию в течение 3 часов после нанесения материала. Въезд автомобильного транспорта на обработанную поверхность запрещен в течение 24 часов.

При применении стабилизатора песка на мощении, которое уже эксплуатировалось, надо тщательно очистить его поверхность воздухом под высоким давлением. Необходимо удалить всю растительность из швов (сорняки, траву, мхи), все пятна от продуктов питания и напитков, а также любые другие загрязнения поверхности. Иногда, процесс чистки или обработки поверхности давлением может активировать процессы высолообразования и вызвать появление на поверхности мощения известкового налета. В таком случае после очистки необходимо выдержать 2 недели, прежде чем наносить стабилизатор, чтобы высушить поверхность и проверить, не образовался ли повторно известковый налет.

Старый песок из швов между плитами должен быть удален на максимальную возможную высоту шва и заменен на новый сухой. После этого на дорожное покрытие наносится слой стабилизатора в соответствии с указаниями по применению описанными выше.

5.5 Мероприятия по содержанию дорожного покрытия

Дорожные покрытия из плит бетонных тротуарных BRAER мощения обычно светлее, чем, например, асфальтобетонные. Поэтому кроме гигиенического значения их очистка обуславливается эстетическими требованиями. Очистку покрытий от пыли и грязи можно выполнять с помощью тротуароуборочных машин и при необходимости использовать системы для очистки под высоким давлением и уличные пылесосы. Связанные покрытия с водопроницаемыми швами требуется периодически пылесосить и мыть водой под давлением для очистки пористой структуры швов от загрязнений. При очистке водой покрытий любого вида следует следить, чтобы не размывался материал заполнения швов.

Для сохранения однотонности цвета плит необходимо следить, чтобы на дорожном покрытии не было разливов маслянистых жидкостей и химических реактивов.

С целью защиты поверхности от пятнообразующих жидкостей и других загрязнений применяются специальные составы – гидрофобизаторы, которые обеспечивают:

- продолжительный грязе- и пятнозащитный эффект в случае масляных и водных загрязнений; упрощение удаления грязи и пятен;
- улучшение внешнего вида поверхности со сдержанным глянцевым эффектом;
- улучшение сочности цвета (небольшой эффект мокрой поверхности);
- уменьшение склонности к выцветанию, загрязнению;
- упрощение удаления наледи.

Зимой, во избежание разрушения декоративного слоя плиты и ее лицевой поверхности, нельзя использовать для уборки инструменты с металлической рабочей частью или поверхностью. Отвалы снегоуборочных машин должны быть снабжены резиновыми отбойниками. Противогололедные материалы могут использоваться в ограниченном количестве для труднодоступных мест, где уборка щетками может быть затруднена. При их использовании, по возможности, рекомендуется оценить их коррозионное воздействие на камень мощения в лабораторных условиях. Рекомендуется применять противогололедные материалы на основе магния и кальция. Наибольшее разрушающее воздействие на камень мощения при его замораживании и оттаивании оказывает хлорид

натрия. В качестве противогололедных материалов рекомендуется применять посыпку противогололедную мытую (смеси фракций свыше 0,16 до 3 мм, с содержанием пылевидных и глинистых частиц не более 0,5 % по массе) в соответствии с [5].

Для покрытий с водонепроницаемыми швами, выполненных с использованием гидравлических вяжущих, при зимней уборке, следует избегать применения антигололедных реагентов. Антигололедные реагенты можно использовать только на покрытиях с заполнением швов из раствора специальных марок имеющим высокую стойкость к замораживанию и оттаиванию в антигололедных реагентах в соответствии с [3].

Во избежание процессов скалывания льда покрытия следует предохранять от образования на них наледей, для чего уборка снега с покрытий в зимний период должна производиться вслед за каждым снегопадом, а при значительной его продолжительности — также в период снегопада. При несвоевременном удалении снега с покрытий тротуаров снег слеживается, образуя плотный накат.

Некоторые вопросы эксплуатации, можно решать на стадии проектирования. Например, применение систем снеготаяния исключает механическое воздействие на дорожное покрытие из плит бетонных тротуарных при уборке и вывозе снега, что способствует увеличению срока его службы. Положительный эффект также достигается за счет снижения травматизма и аварийности.

Для борьбы с сорняками в швах между плитами используют гербициды сплошного действия. Обработку следует проводить в сухую безветренную погоду в период интенсивной вегетации (май-август). Гербицид попадает на зеленую часть растения и через 5-10 дней травянистое растение погибает. Через месяц обработку можно повторить. С мхом в швах между плитами лучше бороться с помощью извести (осень, ранняя весна) или механическим способом.

Комбинированные покрытия с газонной травой, весной, следует тщательно промести, подготовить заранее легкий грунт (раскисленный торф, супесь (2 к 1) и весеннее газонное удобрение), забить грунтом осевшие или пустые швы, посеять райграсом однолетним или любой смесью для восстановления газона с большим процентом райграса и овсяницы, замульчировать семена подготовленным грунтом. Летом покрытие следует своевременно косить, удобрять и поливать.

Общий перечень необходимых мероприятий по содержанию покрытий из плит бетонных тротуарных приведен в таблице 22.

Таблица 22. Перечень необходимых мероприятий по содержанию покрытий из плит бетонных тротуарных

СРОК С НАЧАЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ	МЕРОПРИЯТИЯ
1-3 месяца	<ul style="list-style-type: none"> • Проверить заполнение швов • Устранить возможные местные деформации (просадки, сдвиги). • Проверить функционирование ливневой системы • При появлении высолов (белых налетов), при желании улучшить эстетический вид покрытия произвести поверхностную обработку специальными средствами – очистителями и гидрофобизаторами. Рекомендуется произвести предварительную обработку на тестовом участке покрытия. • Соблюдать минимальный скоростной режим и ограничить интенсивность движения (при мощении дорог)
от 3-х месяцев до 1 года	<ul style="list-style-type: none"> • Удаления семян, сорной травы из швов (прометание, механическое удаление). • В этот период времени для дополнительной фиксации песка в швах мощения и защиты швов от прорастания травы могут быть использованы специальные составы – стабилизаторы песка. Рекомендуется произвести предварительную обработку на тестовом участке покрытия.
от 1 года и далее	<ul style="list-style-type: none"> • Один раз в месяц тщательная уборка покрытия щетками или мойка. При мойке покрытия рекомендуется направлять струю воды под малым углом к покрытию, чтобы снизить до минимума любой риск повреждения швов. После уборки покрытия или мойки следует убедиться, что материал заполнения швов не поврежден. При необходимости восстановить заполнение швов. • Один раз в квартал обработка швов гербицидом, если имеется нежелательный рост в швах сорняков, лишайников, мхов и т.д. • Один раз в квартал обработка швов мощения средствами от насекомых (при необходимости). • Визуальный осмотр покрытия (не менее 1 раза в год) и при необходимости его ремонт.

6 Гарантийные обязательства

Изготовитель гарантирует соответствие поставляемых плит требованиям ГОСТ 17608-2017 в течение трех лет с момента отгрузки плит при соблюдении правил транспортирования и хранения, установленных ГОСТ 17608-2017, при условиях использования, рекомендованных изготовителем.

Библиография

1. Руководство по конструкциям, технологии устройства и требованиям к дорожным покрытиям из искусственных камней в Санкт-Петербурге. Мэрия СПб, 1996 г.
2. Мощение. Практическое руководство. Заказчику, архитектору, проектировщику и строителю. Ю.Б. Костиков. ОАО «Ленстройиздание», Санкт-Петербург. 2009 г.
3. Мощение с применением растворов на основе вяжущих. Методическое пособие. ЗАО «Квик-микс», 2015 г. (www.quickmix.ru/).
4. Mentlein H. Pflaster Atlas. Planung, Konstruktion und Herstellung. Rudolf Muller. Koln, 2009.
5. Технологический регламент производства работ по комплексной уборке автомобильных дорог общего пользования регионального значения в Санкт-Петербурге. Комитет по благоустройству Санкт-Петербурга, 2016 г.
6. ГОСТ 17608-2017 «Плиты бетонные тротуарные. Технические условия», НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, 2018г.



117186, Москва, ул. Нагорная, д. 18, к. 4
+7 495 645 71 20 | td@braer.ru
braer.ru