

# Искусственные покрытия из камней мощения как перспективное направление в строительстве и реконструкции аэродромов

**Ю. Б. Костиков**, к. т. н., директор по развитию проекта Hess, ОАО «Ленстройдеталь»;

**В. Н. Вторушин**, к. т. н., заместитель генерального директора по инновационной деятельности и научно-исследовательской работе, ОАО «ПИИНИИ ВТ «Ленаэропроект»;

**А. А. Шестопапов**, д. т. н., профессор, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

**В** России в качестве аэродромных покрытий на перронах, рулежных дорожках и местах стоянок воздушных судов, как правило, применяются монолитные цементобетонные или асфальтобетонные покрытия.

Альтернативой этим, уже ставшим традиционными решениям аэродромных покрытий на отдельных элементах аэродрома – перронах, местах стоянок воздушных судов, площадках спецтранспорта – может стать мощение из мелкогабаритных искусственных камней. За рубежом начиная с середины 80-х гг. прошлого столетия такой тип мощения с успехом используется при устройстве аэродромных покрытий, включая и те, которые испытывают значительные статические нагрузки от воздушных судов.

Мощение же в России получило в настоящее время распространение пока только в проектах благоустройства муниципальных, коммерческих, промышленных и частных территорий. Из камней мощения выполняется дорожное покрытие тротуаров, пешеходных дорожек, стоянок для автомобилей, контейнерных терминалов.

Искусственный камень мощения – это бетонный элемент (блок), который может иметь различную форму, цвет и размеры в соответствии с действующими стандартами организаций. Основные технические характеристики камней: класс бетона по прочности на сжатие – В35; морозостойкость – F 200; истираемость – не более 0,5 г/см<sup>2</sup>. Для аэродромных покрытий могут быть использованы камни толщиной 80–100 мм с площадью опорной поверхности не более 0,05 м<sup>2</sup> и с максимальной длиной грани не более 28 см. Пример камня Eskoo-Six для мощения высоконагруженных территорий показан на рис. 1.

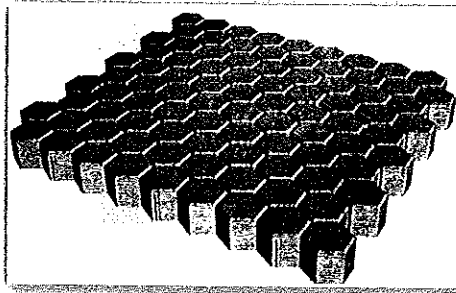


Рис. 1. Фрагмент покрытия из камней Eskoo-Six (197×197×100 мм) производства ОАО «Ленстройдеталь» (Санкт-Петербург) для мощения высоконагруженных территорий

## Зарубежный опыт строительства аэродромных покрытий из камней мощения

Методы проектирования и строительства аэродромных покрытий из камней мощения за рубежом уже отработаны. В настоящее время блочное бетонное покрытие используется на площади более 1 млн м<sup>2</sup> в 40 коммерческих и военных аэропортах, причем около 400 000 м<sup>2</sup> из них находится в аэропорту Гонконга. Пример дорожной конструкции с покрытием из камней мощения, реализованной в аэропорту Гонконга, показан на рис. 2. К числу других крупных проектов относятся следующие:

- США/Карибские острова – 24 000 м<sup>2</sup> покрытия рулежных дорожек в аэропорту Даллас/Форт-Уэрт и 10 000 м<sup>2</sup> – в аэропорту Большого Каймана;
- Великобритания – перроны для тяжелых самолетов площадью от 30 000 и 40 000 м<sup>2</sup> в аэропортах Хитроу, Гэврик, Глазго, Станстед, Саутгемптон, Лутон и 10 военных аэродромах;
- Европа – перроны для самолетов в Тронхейме, Кристианзанде и Ставангере (Норвегия), стоянки для тягачей и оборо-

дования в Схипхолье (Амстердам) (5000–26 000 м<sup>2</sup>);

- Ближний Восток – перроны для самолетов в аэропорту имени Бен-Гуриона (Израиль) (13 000 м<sup>2</sup>), а также в Фуджейре (ОАЭ) (30 000 м<sup>2</sup>);

- Австралия – перроны для B747 в Кернсе (30 000 м<sup>2</sup>) и взлетно-посадочная полоса в Тевенарде (26 000 м<sup>2</sup>);

- Африка – перроны для B747 в Йомо-Кениатта (Кения) (56 000 м<sup>2</sup>);

- Азия – перроны для самолетов в Гонконге (400 000 м<sup>2</sup>) и Субанге (Малайзия) (68 000 м<sup>2</sup>).

Опыт применения искусственных покрытий из камней мощения в норвежских аэропортах дал положительные ответы на вопросы о возможности эксплуатации этих покрытий в зимнем климате, в условиях применения химических веществ для удаления гололедных образований. Регулярно используемые химреагенты и уборочная техника никак не сказываются на состоянии покрытия в Тронхейме, Кристианзанде, Ставангере, базе НАТО в Соле, международном аэропорту в Осло либо наносят минимальные повреждения.

Этот опыт предостерегает чрезвычайно важным для правильного конструирования и эксплуатации аэродромных покрытий в России, выполняемых из камней мощения.

## Отечественный опыт мощения на объектах транспортно-логистических комплексов Санкт-Петербурга

В Санкт-Петербурге начиная с 2007 г. камень мощения используется для устройства дорожных покрытий портов и контейнерных терминалов. Нагрузка на такие территории от контейнерных перегружателей, мобильных портовых кранов и

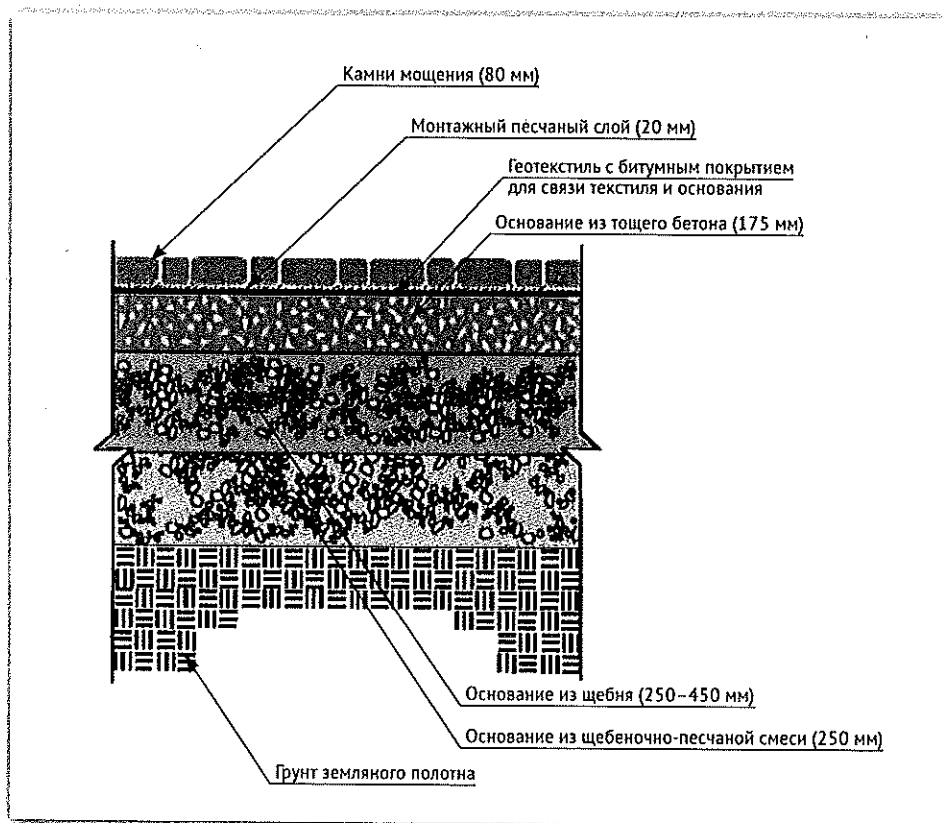


Рис. 2. Пример дорожной конструкции с покрытием из камней мощения в аэропорту Гонконга

штабелей самих контейнеров составляет десятки тонн.

В настоящее время покрытие из камней мощения использовано на территориях:

- ОАО «Петролеспорт» – свыше 400 000 м<sup>2</sup>;
- на терминале «ЮГ-2» (порт Усть-Луга) – 45 000 м<sup>2</sup>;
- на терминале «Осиновая роща» (корпорация «Стерх») – 25 000 м<sup>2</sup>.

Пример дорожной конструкции с покрытием из камней мощения на территории «Петролеспорта» показан на рис. 3. Процесс мощения территории терминала «Осиновая роща» представлен на рис. 4. На всех терминалах использован камень высотой 100 мм. На терминале «ЮГ-2» укладка велась машинами OPTIMAS, а основание готовилось с применением планировочных рубанков Probst, что позволило выполнять более 1000 м<sup>2</sup> покрытия в день.

В случаях возникновения дефектов мощение на деформированном участке разбирается, основание восстанавливается до требуемых вертикальных отметок, камни устанавливаются обратно. Такие работы не требуют применения специальных машин и механизмов и могут быть выполнены квалифицированными мостовщиками (рабочими по укладке камней в покрытие).

Наблюдения за состоянием покрытия, отзывы эксплуатирующих служб позволяют сделать вывод о его удовлетворительном состоянии на всех терминалах и рекомендовать его применение и при реконструкции российских аэродромов.

## Научно-исследовательские работы по дорожным покрытиям из камней мощения

За рубежом искусственные покрытия из камней мощения непрерывно исследовались и совершенствовались. Разработаны рекомендации по их проектированию и строительству. Большое внимание уделялось требованиям к камням мощения, технологии строительства, устройству водоотводящих прослоек, контролю качества работ, заполнению швов.

Отечественная наука также занималась изучением искусственных покрытий из мелкогабаритных блоков. Можно отметить работы А. А. Тимофеева, Н.С. Павловой, А. В. Горенко.

Работы А. А. Тимофеева направлены на исследования конструкций блоков с точки зрения их вида в плане и формы в пространстве, изменения длины и объема швов в зависимости от изменения конфигурации, площади и толщины элементов. Определена рациональная форма блоков, которая обеспечивает восприятие максимальной величины внешних усилий (правильные треугольники, четырехугольники, шестиугольники).

Получены формулы для вычисления длины и объема швов в блочном покрытии. А. А. Тимофеев рекомендует применять для площадей шестиугольные камни как с точки зрения минимальной длины швов, так и с точки зрения изготовления, транспортирования и укладки их в покрытие.

В работе Н. С. Павловой устанавливается зависимость изменения распределя-

ющей способности блочного покрытия от вида основания, величины швов и степени их заполнения. Автор отмечает, что степень заполнения швов существенно влияет на прогиб покрытия, поэтому швы между камнями должны быть тщательно заполнены материалом заполнителя.

В диссертации А.В. Горенко разработана методика расчета покрытий из бетонных блоков на воздействие портовых эксплуатационных нагрузок в любых грунтовых условиях. В работе приведены конкретные рекомендации по конструированию и расчету покрытий из бетонных блоков для условий грузовых площадок портов.

В 2011 г. ОАО «Ленстройдеталь» издало пособие «Мощение высоконагруженных территорий», где обобщен отечественный и зарубежный опыт строительства контейнерных терминалов. За построенными объектами проводятся наблюдения. В 2009 г. компанией Tepsar на одном из терминальных объектов выполнялись штамповые испытания, которые подтвердили проектные прочностные характеристики покрытия. Однако на сегодняшний день в России практически



Рис. 3. Дорожная конструкция на контейнерном терминале ОАО «Петролеспорт» (сверху вниз): камни мощения – 100 мм; монтажный (выравнивающий) слой из мелкозернистого песка – 30 мм; геотекстиль; щебень фр. 20-40 с расклинцовкой – 250 мм; георешетка; щебень фр. 40-70-300 мм; георешетка; песок мелкозернистый – 480 мм, геотекстиль



Рис. 4. Мощение терминала «Осиновая роща»

отсутствует единая нормативная и методическая база по проектированию, строительству и эксплуатации дорожных покрытий из камней мощения. Ранее изданные документы по проектированию и строительству портов, контейнерных терминалов не отражают современного состояния развития отрасли и в некоторых случаях препятствуют применению искусственных покрытий из камней мощения. Это делает необходимой и важную работу по дальнейшему исследованию таких покрытий, разработке стандартов и рекомендаций по их применению на объектах промышленного, транспортного строительства, в том числе и на аэродромах.

### Рекомендации по строительству аэродромных покрытий из камней мощения

На основании отечественных и зарубежных исследований и имеющегося опыта эксплуатации территорий разработаны некоторые рекомендации по применению и строительству покрытий из камней мощения на аэродромах:

- блочное покрытие может использоваться только на участках, не подверженных воздействию взлетной тяги реактивных двигателей, в том числе на стоянках и местах, где воздушные суда движутся с низкой скоростью;

- рекомендуется применение покрытий из камней мощения на участках, где проходят подземные коммуникации;

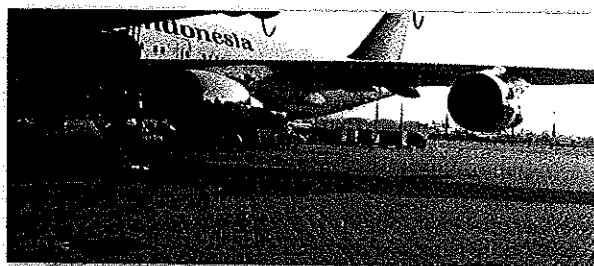
- камни мощения могут быть использованы при усилении существующих асфальтобетонных и цементобетонных покрытий. Новое покрытие из камней мощения может устраиваться поверх старого асфальтобетонного или монолитного цементобетонного покрытия. В этих случаях требуется обеспечить отвод воды из монтажного (выравнивающего) слоя. Водоотвод из монтажного слоя также важно обеспечить при устройстве основания из тощего бетона;

- толщина монтажного слоя из песка должна составлять от 20 до 25 мм. Более толстые (25–40 мм) подложки могут использоваться при строительстве дорог, однако на аэродромах покрытие подвергается значительно большим нагрузкам и для повышения его устойчивости необходимо, чтобы толщина подложки не превышала 20–25 мм. Использование более тонкой подложки возможно, так как на аэродромах предъявляются более строгие, чем на дорогах, требования к качеству поверхности основания;

- опыт эксплуатации покрытий из камней мощения в аэропортах позволяет говорить, что основными причинами их разрушения являлись утечка песка монтажного (выравнивающего) слоя через стыки между бортовыми камнями и его проникновение в основание. Поэтому очень важно обеспечить

герметичное заполнение швов между бортовыми камнями, а для разделения монтажного слоя и основания применять геотекстиль;

- для предотвращения выноса песка из швов под воздействием воды, ветра и газозвуковых струй от авиадвигателей между камнями рекомендуется применять жидкий полимерный материал, например Resiblok ([www.resiblock.com](http://www.resiblock.com)), стабилизирующий структуру песка. Материал разливается на поверхность мощения и после этого счищается с поверхности камней мощения в стыки с помощью резиновой щетки. Состав Resiblok не только предотвращает эрозию песка из швов, но и препятствует проникновению через швы поверхностной воды и различных загрязняющих жидкостей (например, авиационного топлива). Применение стабилизатора песка продлевает срок службы покрытия и значительно сокращает расходы на его эксплуатационное содержание;



- для ускорения строительства рекомендуется использовать машины для механизированной укладки камней мощения, профилировщики монтажного (выравнивающего) слоя под мощение и специальное оборудование (клевши, захваты для переноски камня, прямой угол и др.). Для резки камня следует применять отрезные машины. На отрезанных частях камня необходимо выполнять фаску. Использование отрезанных, а не колотых камней позволяет минимизировать риск попадания каменных сколов в двигатели самолетов. Обрезанная часть камня, устанавливаемого в покрытие, должна быть не менее четверти от целой;

- для мощения рекомендуется применять камни толщиной 100 мм, например Eskoo-Six (см. рис. 1). Форма образована правильными шестиугольниками и обеспечивает минимальную протяженность швов, равномерный износ граней формы, меньший износ покрышек движущегося транспорта и оптимально подходит для механизированной укладки.

### Преимущества мощения перед другими видами искусственных покрытий

Анализ зарубежного и в некоторой степени отечественного опыта строительства и эксплуатации таких покрытий показал следующие преимущества мощения:

1. **Стоимость.** Строительство покрытий из камней мощения дешевле, чем монолитных, на 20–30 %.

2. **Ремонтопригодность.** Для ремонта и восстановления покрытия не требуется привлечения специальной техники и оборудования. В случае просадок покрытия, замены или прокладки подземных коммуникаций камни мощения без повреждений могут быть извлечены из покрытия и установлены обратно. Это значительно сокращает денежные средства на ремонт и эксплуатацию покрытия. Покрытие из камней мощения можно ремонтировать и вводить в эксплуатацию небольшими участками.

3. **Технологичность строительства.** Устройство покрытия выполняется с применением минимального комплекта машин. Укладку камней мощения и подготовку основания можно выполнять с использованием специальных мобильных укладчиков или профилировщиков основания (OPTIMAS, Probst). При необходимости все оборудование может быть оперативно

убрано со строительной площадки. Работы по мощению могут выполняться в осенний период, когда имеются колебания дневных температур и трудно обеспечить качество работ по бетонированию или асфальтированию.

4. **Стойкость** к различным видам топлива и другим видам загрязнений.

5. Участки с блочным покрытием, которые по внешнему виду отличаются от других видов искусственных покрытий, являются *носителями дополнительной знаковой информации* для водителей транспортных средств, включая пилотов воздушных судов.

### Предложения по применению дорожных покрытий из камней мощения при реконструкции аэропорта Пулково

В настоящее время в Санкт-Петербурге ведется реконструкция аэропорта Пулково. Проект реализуется Консорциумом «Воздушные ворота Северной столицы». Генеральным планом предусмотрено значительное развитие аэродромной инфраструктуры. Будут построены новые стоянки и рулежные дорожки для воздушных судов. Компания «Ленстройдеталь» совместно с институтом «Ленаэропроект» считает целесообразным при реконструкции аэропорта применить искусственные покрытия из камней мощения, обладающие экономическими и эксплуатационными преимуществами перед традиционными типами аэродромных покрытий из асфальтобетона и монолитного цементобетона, и особенно на перронах и местах стоянки воздушных судов, где пролегает большое количество инженерных коммуникаций. ■

Список литературы находится в редакции.