

Исследование: бетонная дорога прослужит много лет

Недавно компания Teede Tehnokeskus провела основательное исследование построенного в 1967 году шоссе Таллинн-Нарва с бетонным покрытием. Отчёт Teede Tehnokeskus и комментарии опытного дорожного инженера, эксперта по бетонным дорогам Арво Тинни, дают ценные советы по проектированию бетонных дорог в Эстонии в будущем.

КАЙРИ ОЯ
внештатный журналист
ehitaja@aripaev.ee

Целью исследования построенного из бетона отрезка Нарвского шоссе было тщательно проработать, протестировать, проанализировать и задокументировать старое бетонное покрытие и заархивировать полученную информацию. Исследование проводила компания Teede Tehnokeskus AS по инициативе Марек Труу, который составил отчёт "Выяснение и анализ свойств ирусского отрезка старого бетонного шоссе № 1, Таллинн-Нарва".

Инициатором составления исследования был живущий в Австралии эстонский дорожный инженер Арво Тинни. Он убеждал всех чиновников в целесообразности исследования, пока Айво Адамсон, бывший в тот момент руководителем Департамента шоссежных дорог, не посчитал его доводы убедительными. По предложению Тинни, Эстонский союз бетона отправил Департаменту шоссежных дорог просьбу о проведении исследования до того, как дорога будет разрушена, и её строительную структуру технически уже нельзя будет изучить.

Арво Тинни составил свои комментарии к результатам исследования. "Несколько лет назад я на-

чал говорить в кулуарах, что нужно провести техническую оценку бетонного отрезка старого шоссе Таллинн-Нарва, который вот-вот заменят на новое покрытие. Я утверждал, что у нас есть очень ценный материал, опираясь на который мы в будущем сможем составлять новые оценки для создания бетонных дорог в Эстонии, - пишет Тинни в своём комментарии. - Хотя меня не просили комментировать, в документированном отчёте очень много ценной информации, которая опровергает некоторые комментарии наших соседей", - отметил Тинни.

Поэтому он посчитал единственно правильным записать свои наблюдения в части полученных результатов. "Цель моих комментариев - обратить внимание на касающиеся бетонных дорог аспекты, указанные в отчёте Teede Tehnokeskus, и сравнить их как с установленными Департаментом шоссежных дорог требованиями к обслуживанию дорог, так и с действующими в Австралии требованиями, и используемыми сегодня технологиями строительства бетонных дорог", - объяснил опытный дорожный инженер.

В своём комментарии Тинни в числе прочего обратил внимание на проведённое в 2012 году Ramboll-Eesti исследование "Проектирование отвечающего эстонс-



«**Сегодняшние выводы во многом опровергают советы, так сказать, финских экспертов. Отчёт Teede Tehnokeskus и мои комментарии дают важные инструкции, которые следует учитывать при проектировании бетонных дорог в Эстонии.**»

Арво Тинни
Фото: Райво Тийкмаа

ким условиям бетонного покрытия и анализ его рентабельности", которое довольно детально рассмотрело тематику бетонных дорог в условиях Эстонии. "Сегодняшние выводы во многом опровергают советы, так сказать, финских экспертов. Отчёт Teede Tehnokeskus и мои комментарии дают важные инструкции, которые следует учитывать при проектировании бетонных дорог в Эстонии", - отметил Тинни.

Он считает, что его комментарии должны побудить продолжить исследование в таких сферах, как объёмная усадка, температура гидратации бетона и подходящая прочность на сжатие.

Высокий уровень исследования

Тинни оценивает проведённое Teede Tehnokeskus исследование отрезка дороги, построенного из бетона 47 лет назад, как компетентное и объективное.

В качестве приведённых в исследовании недостатков специалист перечисляет, прежде всего, неправильную длину плиты, причём, меняющуюся, до 8 метров. Также минусом является номинальная толщина плиты - 220 мм, слишком маленькая для используемой технологии. "Практически бесполезны и 20-миллиметровые углубления для усадочных швов. Усадочные швы должны составлять ¼ от толщины плиты (D/4 мм) или в данном случае 55 мм", - отметил Тинни.

Бетон не поддаётся влиянию времени

В качестве наиболее важных утверждений отчёта приводится то, что бетон очень долговечный материал. Существенным также посчитали то обстоятельство, что вода может попасть под дорожное покрытие только сквозь разрушившиеся швы. "Другими словами, если проводить современное обслуживание, вода не попадёт под дорожное покрытие", - прокомментировал Тинни.

Он добавил, что, например, соль и вода не проникли в бетон и не повредили его. Также отчёт подтверждает, что бетонное покрытие является стойким к кар-



бонизации и морозам. "Повреждения от мороза отсутствуют", - подтвердил Тинни в комментариях к отчёту исследования.

Дорожное покрытие соответствует классу F150 и имеет великолепную сцепляемость. В соответствии с отчётом, на момент строительства прочность бетона на сжатие составляла 20 МПа. Теперь, 47 лет спустя, оно составляет уже 60 МПа. "Нет никаких причин для увеличения прочности бетона более 35 МПа, которое сегодня используется в большинстве стран", - отметил он.

Нужно двигаться дальше

Как проводившие исследование лица, так и Арво Тинни уверены, что настало время, когда государство должно решить, кто и что должен делать дальше с имеющейся информацией. "Логичнее всего было бы дать поручение Департаменту шоссежных дорог или Teede Tehnokeskus, чтобы они назначили специалиста, инженера, который находится в курсе тенденций дизайна и технологии строительства бетонных дорог, и который составил бы динамичные инструкции по проектированию, строительству и обслуживанию бетонных дорог в будущем", - уверен дорожный инженер.

В соответствии с отчётом, на бетонном отрезке, построенном этим летом в Ыйсмяэ, в Таллинне, планируется провести тестирование образования колеи. Тинни также согласен с приведённой в отчёте рекомендацией об установлении для строительства бетонных дорог практических и современных стандартов обеспечения качества.

В процессе тестирования измеряли толщину бетонной панели.

Фото: Марек Труу

Справа: Разрез дорожного покрытия Нарвского шоссе. Из экспозиции Музея шоссежных дорог Эстонии.

Фото: Уно Трумм



- 1 - цементный бетон
- 2 - пропитанная битумом двухслойная бумага
- 3 - стабилизированный при помощи битума слой песка
- 4 - основа из известнякового щебня
- 5 - выравнивающий слой из щебня и мелкозернистого песка на земляном полотне
- 6 - земляное полотно из мелкозернистого песка

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ!

На момент строительства прочность бетона на сжатие составляла 20 МПа. Теперь, 47 лет спустя, оно составляет уже 60 МПа.

Заключение и технические комментарии к исследованию

АРВО ТИННИ,
AM, RFD
BE, FIEAust, AIArBA, CPEng
исполнительный директор Tinni Management Consulting,
почётный член Союза бетона Эстонии

Бетонное основание В дизайне было предусмотрено:

- 22 см бетон
- 6 см смешанный с битумом песок крупной фракции
- 29 см щебня
- 57 см

Комментарий:

1. Кажется, что толщина 57 см является достаточной, поскольку повреждения морозом у бетона отсутствовали.

Длина плиты

Результаты исследования:

1. Неизвестно, почему длина дорожных плит была от 4 до 10,8 метров. Средняя длина была 7,7 м.
2. Ширина бетона была 7,5 м. На некоторых отсутствовали продольные швы. Где они были, они не были связаны надлежащим образом.

Комментарий:

1. Длину плиты, то есть, необходимые просветы продольных швов, рассчитать легко. Максимальная длина плиты образуется в момент затвердевания цемента, когда вода начинает менять цемент. Это образует т.н. heat of hydration, который в свою очередь разогревает бетон и образуется набухание. При охлаждении плиты сокращение не должно превышать 1 мм, чтобы не утратить взаимную фиксацию щебня в индуцированной щели. При смеси 35 МПа длина плиты 4,0...4,5 м.

2. Более длинные плиты трескаются в незапланированных местах.

3. Более длинные плиты трескаются в незапланированных местах.

Швы

Результаты исследования:

1. Ширина поперечных швов 10...30 мм.
2. Продольные швы, где они есть, 30...40 мм.
3. Некоторые плиты осели или поднялись до 10 мм над швами.
4. Некоторые плиты сместились до 7 мм по отношению к соседним плитам.
5. Глубина поперечных швов, про-

резанных, чтобы начать индуцирование швов, была всего 20 мм.

Комментарий:

1. Чтобы индуцировать трещины от сжатия плит, выпиленные отрезки должны быть D/4, или для плиты толщиной 55 мм и 220 мм.

2. Прорезка для индуцирования должна быть выполнена до того, как плита начнет сжиматься.

3. Как правило, ширина прорезанных продольных швов всего 3 мм. Поскольку они не были связаны, время от времени они расходились.

4. Г-н Олев Райд, который работал на этом строительстве, сказал: "...швы прорезывались недостаточно быстро...". Это означает, что незапланированное растрескивание плит произошло уже раньше.

5. Неравномерная длина плит обусловлена неравномерной связью между бетоном и песка с битумом. Легко рассчитать, что сжатие плиты длиной 8 м может составлять до 5,5 мм. Поэтому более короткие плиты растрескиваются позднее, а ширина шва в длинной плите в то же время увеличивается.

Состояние и оценка швов

Результаты исследования:

1. Оригинальная запланированная ширина швов неизвестна.
2. Фотографии показывают "хорошие" и "плохие" швы и совершенно запущенные швы. (Ширина одного превышает 10 мм и шов полностью водонепроницаем)

Комментарий:

1. Некоторые швы вообще не смещались. Это означает, что необходимое смещение происходило в другом месте.

2. Некоторые швы наполнены песком и щебнем без какой-либо гидроизоляции. Они не могут реагировать на расширение плиты.

Бетонная смесь

Результаты исследования:

1. Заявленный максимальный

Изученные отрезки

Детально были исследованы отрезки длиной 110 и 140 м на дорогах в западную сторону от мостов через Пирита

размер щебня 32 мм.

2. Щебень гранитный.

3. На фотографии видно, что в растворе множество пор.

Комментарий:

1. Коэффициент теплового расширения гранитного щебня бетона (Coefficient of Thermal Expansion) составляет 9,6 x 10⁻⁶ мм/°C.

2. Эти поры не связаны друг с другом, то есть, в бетоне отсутствует пропускная способность воды. Тем самым отсутствует угроза замерзания.

Прочность бетона на сжатие

Результаты исследования:

1. На некоторых фотографиях видно качественное сдавливание, камней крупного щебня не видно.

2. Средняя прочность на сжатие бетона из "хорошего" отрезка составляет 56,9 МПа, из "плохого" отрезка - 61,8 МПа. Комментарий по этой нелогичной ситуации отсутствуют.

Комментарий:

1. Прочность бетона на сжатие при строительстве неизвестна, но за 47 лет она выросла примерно до 60 МПа. (Прочность созданного в Австралии бетона Waggingah Expressway на сжатие была 17 МПа. После 47 лет средняя прочность 44 проб на сжатие была 55 МПа.)

2. Отсюда можно сделать вывод, что при строительстве прочность могла быть примерно 20 МПа.

Измерение колеи

Результаты исследования:

1. Нарва-Таллинн: средняя глубина колеи четырех колес 14,5 мм.
2. Таллинн-Нарва: средняя глубина колеи четырех колес 13,0 мм.

Комментарий:

1. Как правило, ремонт колеи начинают планировать, когда их глубина превышает 20 мм.

Коэффициент сцепления

Результаты исследования:

1. Средний показатель на направ-



Maint Haljastuse OÜ

Выполняет:

- Проектирование и установку систем отвода ливневых вод, дренажа и осушения
- Строительство рвов, дорожных труб и трасс
- Решения по использованию ливневых вод
- Работы по заполнению, планированию почвы, землекопные работы
- Проекты и работы по озеленению



Экскаватор JCB 6 т



JCB Robot 170, 3,5 т

- Строительство дорог и площадок
- Расчистка участков от поросли, камней и бурелома
- Прореживание леса, рубка осветления
- Снос и утилизация малых зданий
- Установка ворот и заборов



MAINT ASSETS OÜ, Пунане, 70, 13619, Таллинн
Тел: 5640095, 5028916, эл. почта: info@maintassets.ee

MAINT ASSETS



Строительство участка дороги Таллинн-Маарду в 1964-1967 гг. Архивное фото

ленин Таллинн - Нарва был 0,38 (0,32...0,45) и Нарва - Таллинн 0,36 (0,28...0,44).

Комментарий:

1. Коэффициент сцепления > 0,35 совершенно неприемлем для скоростных шоссе.
2. Для 47-летней поверхности коэффициент сцепления 0,36/0,38 очень хороший.

Пенетрация воды

Результаты исследования:

1. Стандартные результаты тестирования пенетрации были 35...108 мм, средние - 65 мм.

Комментарий:

1. Рекомендация Союза бетона Эстонии гласит, что пенетрация ниже 100 мм означает, что материал является водонепроницаемым.
2. Отсюда можно предположить,

что поры в растворе не связаны между собой.

Карбонизация и впитывание воды

Результаты исследования:

1. Тесты показали, что возможная карбонизация не проникала глубже 7 мм.
2. Другие тесты показали, что пенетрация (соленой) воды была 0,041...0,055%.

Комментарий:

1. Бетон был полностью стойкий к карбонизации.
2. Пенетрации соленой воды не было и никакого спуска в бетоне не было.
3. Эти сравнения показывают, что морозы бетону не вредят.

Стойкость к заморзанию

Результаты исследования

1. После 50 циклов обледенения и оттаивания средняя прочность на сжатие цилиндра бетона была 47,4 мПа.
2. После 100 цикла она была 44,8

мПа.

3. После 100 цикла потеря веса составила 0,223%.

Комментарий:

1. Неясно, почему использовался цилиндр в 47,4 мПа, поскольку средняя прочность на сжатие составляла 60 мПа.
2. В любом случае, после 100 цикла потеря веса составила 2,3%. Это соответствует классу морозостойкости F150, что является максимальным в дорожном строительстве.
3. Даже эта проба 47,4 мПа утратила только 5,4% прочности на сжатие, что примерно соответствует классу морозостойкости F100.
4. F100 требуется для дорожных поверхностей.
5. После 100 цикла потеря веса составила < 0,5%, что составило 1/10 от допустимого.

Арматура

Результаты исследования

1. Исследования показывают неравномерное расположение.
2. Предположительно, в качестве арматуры использовалась проволочная сеть 150 x 150, 6 мм.

3. Углубленность арматуры составляла 45...140 мм от поверхности.

4. В некоторых местах на арматуре заметна разница, но не обнаружено мест, где бы арматура прожавела насквозь.

Комментарий:

1. Арматура была установлена как придется или по плану, из чего следует отсутствие надлежащего контроля во время строительства.
2. В плите толщиной 220 мм арматура должна находиться в средней трети, то есть, в пределах 73...147 мм.
3. Поскольку в исследуемых отрезках много широких швов, можно предположить, что т.н. yield strength арматурных штырей местами превышено и поэтому во многих швах их не видно.

Уклон

Результаты исследования

1. Таллинн-Нарва: среднее 1,4%, минимум 0,9%.

Комментарий:

1. Нормальный уклон бетонных дорог 2...3%.

2. Кажется, что эти вариации являются допущенными при строительстве ошибками.

3. Варьирование уклона делает движение по дороге опасным.

Толщина плиты

Комментарий:

1. Вероятно, план предусматривал толщину 220 мм.
2. Было проведено два исследования толщины при строительстве. Первое показало, что средняя толщина была 207 мм, с минимумом 203 мм. Второе исследование показало, что средняя толщина была 195 мм, с минимумом 183 мм.
3. На 17% меньше запроецированного равно значительно уменьшению грузоподъемности и сроку эксплуатации.
4. Изменение в толщине плиты приводят к вариациям в соединении плиты с нижним слоем, а также в свойствах и местах возникновения трещин.

Окончательные выводы

Несмотря на несовершенные

стандарты строительства, особенно в сравнении с современными требованиями и современным качеством, подробные исследования этих 47-летних отрезков доказывают, что бетонные дороги подходят для эстонских условий и климата.

Теперь имеется информация, которая опровергает все субъективные возражения. **C**

Что нужно сделать?

1. Решить, кто и что должен делать с имеющейся информацией. Кто должен выступать в роли посредника?
2. Назначить постоянного инженера, который следит за технологиями строительства бетонных дорог и распространяет эту информацию.
3. Исследовать прочность известняка в бетонных дорогах.
4. Физически исследовать глубину промерзания бетонных панелей снизу.
5. Составить пособие по проектированию бетонных дорог в условиях Эстонии и стандарты качества.
6. Организовать инструментацию новых дорог: движение, тяжелогрузы, вес осей, износ колеи и расходы на обслуживания из года в год.

ВОДОСТОЙКАЯ И ВЕТРОНЕПРОНИЦАЕМАЯ «ПОГОДОЗАЩИЩЕННАЯ СТЕНА»

... СТОЙКАЯ К ВЕТРАМ; НА ОБЪЕКТАХ ОСТАЕТСЯ НАТЯНУТОЙ, КАК БАРАБАН; ВОЗМОЖНОСТЬ СОЕДИНЕНИЯ ПОЛОС ПЛЕНКИ; СВОДИТ К МИНИМУМУ ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ПОТЕРИ НА ОБЪЕКТЕ



Леса



Модульные дома



Перегородки



Специальные решения

**SIZE DOESN'T MATTER
PACKING FOR PROTECTION**

www.heat3.ee

**ВСЕ ВОЗМОЖНОСТИ
ПРИМЕНЕНИЯ МОЖЕТЕ
НАЙТИ НА САЙТЕ.**

по-русски: ru.heat3.eu

HEAT3
Pack it

**Железобетонные
столбы,
- балки,
- ригели
и перемычки**



VMT BETOON
KAUBABETOON JA ELEMENDID

AS VMT Betoon betoon@vmt.ee
Товарный бетон: тел. +372 434 9750
Элементы из бетона: тел. +372 5331 4751

www.vmt.ee