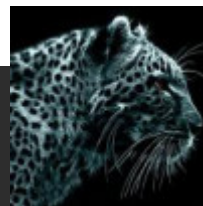


Как строят американские дороги?



 [mechanismone](#)

July 1st, 2013





Дороги - неотъемлемая часть современного пейзажа городов. Для кого-то передвижение по дорогам - наслаждение быстрой комфортной ездой, для кого-то проблема и многочасовая тряска с пробками на узеньких дорогах.

Сегодня мы с вами отправимся на несколько строительных площадок в Техасе и посмотрим на то, как строят шоссе, почему бетонное покрытие лежит 30 лет без капитального ремонта (и вообще, почему, собственно, бетон?), а так же разберемся, почему грузовики с тридцати шестью тонными "хвостами" не продавливают дороги.

1. Собственно, я уже коснулся темы жизни дальнбойщиков и устройства дорожной системы США, поэтому этот пост - продолжение тематического рассказа о дорожной системе.



2. Традиционно, начнем с истории. Первая бетонная дорога была уложена в США в 1930 году, в штате Индиана, а затем и в штате Иллинойс в 1940 году. В Техасе первое бетонное шоссе появилось лишь в 1951 году в городе Форт Ворс. Техасский департамент транспорта (DOT) очень быстро осознал правильность выбранного пути и начал активную укладку бетонных шоссе вдоль и поперек всего штата, и сегодня Техас является лидером в США по протяженности бетонных дорог, имея 20 117 км шоссе.



3. Все дороги США можно разделить на несколько больших групп, некоторые из которых, в свою очередь, состоят из классов. Итак, начиная от самых значимых и к менее значимым, дороги классифицируются на следующие группы: Interstate Highways (обозначается индексом I), US Highways (US), State Highways (в данном случае - TX), FM roads (FM, означаящим Farm to Market), Local Roads (к этой группе относятся прочие дороги, такие как Road (Rd), Avenue (Ave), Junction (Jct) и прочие).



4. Правительство, в лице US DOT устанавливает определенные требования к строительству дорог, и требования эти варьируются от класса дорог к классу. Оговорюсь, что в отличие от мелких транспортных вопросов, таких, как ограничение скорости или маршрут прокладки дороги, стандарты дизайна не могут быть изменены штатовским DOT, все штаты подчиняются US DOT и стандартам строительства.



5. Так же замечу, что в отличие от дизайна (который во всех штатах един, знаки, указатели, разметка), технологии строительства немного разнятся в разных штатах, связано это с сейсмикой некоторых штатов, зимними условиями, болотами и т.д. Штатовские DOT проводят свои исследования по технологиям укладки дорог и вносят поправки в кодексы строительства DOT. Вообще, система подчинения кодов и штатовких DOT к US DOT очень запутана для обывателя, наверное напишу потом отдельный пост.



6. Я не думал, что когда-нибудь вернусь к DOT и тем более, буду писать обзор дорожного строительства, потому что сразу после окончания учёбы в университете, меня резко развернуло судьбой от строительства совсем в другие дебри. А ведь когда-то я сам писал диссертацию по транспортному вопросу строительства мостов для TX DOT, как оказалось, от старого не отвертись.



7. Итак, перед тем, как начать строительство, DOT назначает публичное слушание (обычно в здании суда, или у себя в офисе). На слушание может прийти любой житель района, где будет строиться или ремонтироваться дорога, и высказать свое мнение. Для того, чтобы у людей не возникало вопросов, что и как будет переделываться или строиться, [все планы DOT есть на сайте онлайн](#) (осторожно, очень тяжелый по размеру чертеж), например, для Далласа, заходим на сайт и смотрим все [текущие проекты](#).



8. Проект может быть изменен по сбору мнений. Например, жители могут посмотреть на план и сказать, что нужно закрыть выход вот этой дороги к шоссе, для безопасности, или установить шумоизолирующую стену вдоль дороги, чтобы в соседних кафе было тихо.



9. Каждое разумное предложение будет изучено и если жители окажутся правы, то поправка будет внесена в проект. Слушание назначается как правило на ранних стадиях проекта, когда сделан лишь черновик, для того,

чтобы потом меньше переделывать было в случае тотальных поправок. После того, как проект утрясут с местной братвой жителями, для DOT дается зеленый свет на работу.



10. Все шоссе, индексируемые как I и US делают из бетона (за очень редким исключением). Связано это с тем, что именно по этим дорогам идет транзитный трафик, и самый большой поток как автомобилей, так и грузов. Ты что! У меня дорога ай-какая-то-там из асфальта! Вздыбятся кое-какие читатели. Да, дороги очень часто покрыты асфальтом - так вот, это фейк, под асфальтом - бетон. Просто после износа бетона, его покрывают асфальтом, до капитального ремонта. Такая хитрость делается для продления жизни дороги и оттягивания кап. ремонта, т.к. переложить бетон проблематичнее и дороже, чем накинуть слой асфальта сверху.



11. Выбор в пользу бетона был сделан в связи с несколькими особенностями последнего - его прочностью, долговечностью, неприхотливостью к нагрузке и перевесу грузовиков. Из минусов бетонного покрытия - его проблематичность укладки и ремонта. Если после асфальтоукладчика дорога готова через 8 часов для потока машин, то для открытия бетонной дороги требуется несколько месяцев работ, но результат оправдывает себя.



12. Итак, получив зеленый свет для работ, DOT первым делом начинает думать о том, как закрыть дорогу без

создания пробок. Для этого делаются либо временные полосы где-то на обочине (обычно временки стряпают из асфальта), либо дорога переделывается с вынесением на обочины. Но в любом случае, DOT не может закрыть дорогу более чем на 30% пропускной способности.



13. Чаще всего DOT хитрит, и ремонтирует или строит участки полосами, сначала делают в одну сторону дороги, сдвигая все полосы в другую сторону, а потом пускает поток на построенную дорогу, занимая обочину и середину дороги, и начинает возиться с другой старой дорогой.



14. Все ремонтные зоны всегда обозначаются для водителей знаками, фишками, и информационными щитами, где строители пишут быстрые сообщения о текущем состоянии дороги или планируемом закрытии каких-то полос в будущем. На более скоростных дорогах текущие зоны отгораживаются бордюрами, ведь трафик на дороге по прежнему продолжает передвигаться со скоростью 100 км/час.



15. Так же замечу, что строители не забывают про разметку, выполняется она в виде временных "пипок" наклеенных на дорожное полотно, такие пипки отлично видны ночью (очень часто в ремонтных зонах нет освещения, т.к. столбы еще не установлены), а так же чувствуются колесом, при наезде, давая знать водителю, что он заезвался.



mechanismone.livejournal.com

16. Кстати, штрафы в зонах строительства всегда удвоены за все типы нарушений, особенно яростно карается превышение скорости, т.к. иногда строители работают без защитных бордюров. Полиция в свою очередь очень любит караулить нарушителей в таких зонах.



mechanismone.livejournal.com

17. После того, как все огорожено и подготовлено для работ, начинается непосредственно процесс строительства.



18. Первым делом выгребается около метра пород, обычно порода не увозится, т.к. она может быть использована для различных насыпей или облагораживания территории. Если идет ремонт, то начинают снимать старое покрытие.



19. Затем укладывается подушка для дороги, обычно это гравий, песок и глина, все тщательно утрамбовывается после укладки каждого слоя, ибо нечего потом земле расползаться в разные стороны. Так же строятся все



20. Каждый уложенный слой поливают водой, а затем хлоридом кальция - а точнее 35% раствором CaCl_2 или известковым раствором, после чего запускают бульдозеры с "вилками", которые перепахивают уложенный слой, после чего он снова трамбуется. Зачем? Дело в том, что как бы подушка не трамбовалась в натуральном виде, в ней есть вода (особенно в песке и глине), а когда вода испарится, подушка просядет, чтобы уменьшить процент проседания, разливают известь. Благодаря химической реакции известь держит в себе воду не позволяя ей испаряться и покидать подушку, т.е. сдерживает постоянный процент воды в подушке, не давая ей проседать. Как показывают исследования, показатели работоспособности такой подушки на 80% лучше, в сравнении с просто утрамбованной подушкой.



21. После того, как подушка уложена, укладывают двойной слой асфальта, слой этот относительно тонкий, толщина каждого слоя обычно 5-7 см.



22. Зачем под бетон укладывают асфальт? Для этого есть несколько причин. Во-первых бетон хрупкий к провалам, и в случае просадки земли сразу появятся трещины, а как я упомянул выше, отремонтировать бетон не так просто. Причина, вызывающая просадку земли - это вода. Укладывая слой плотного асфальта под бетон,

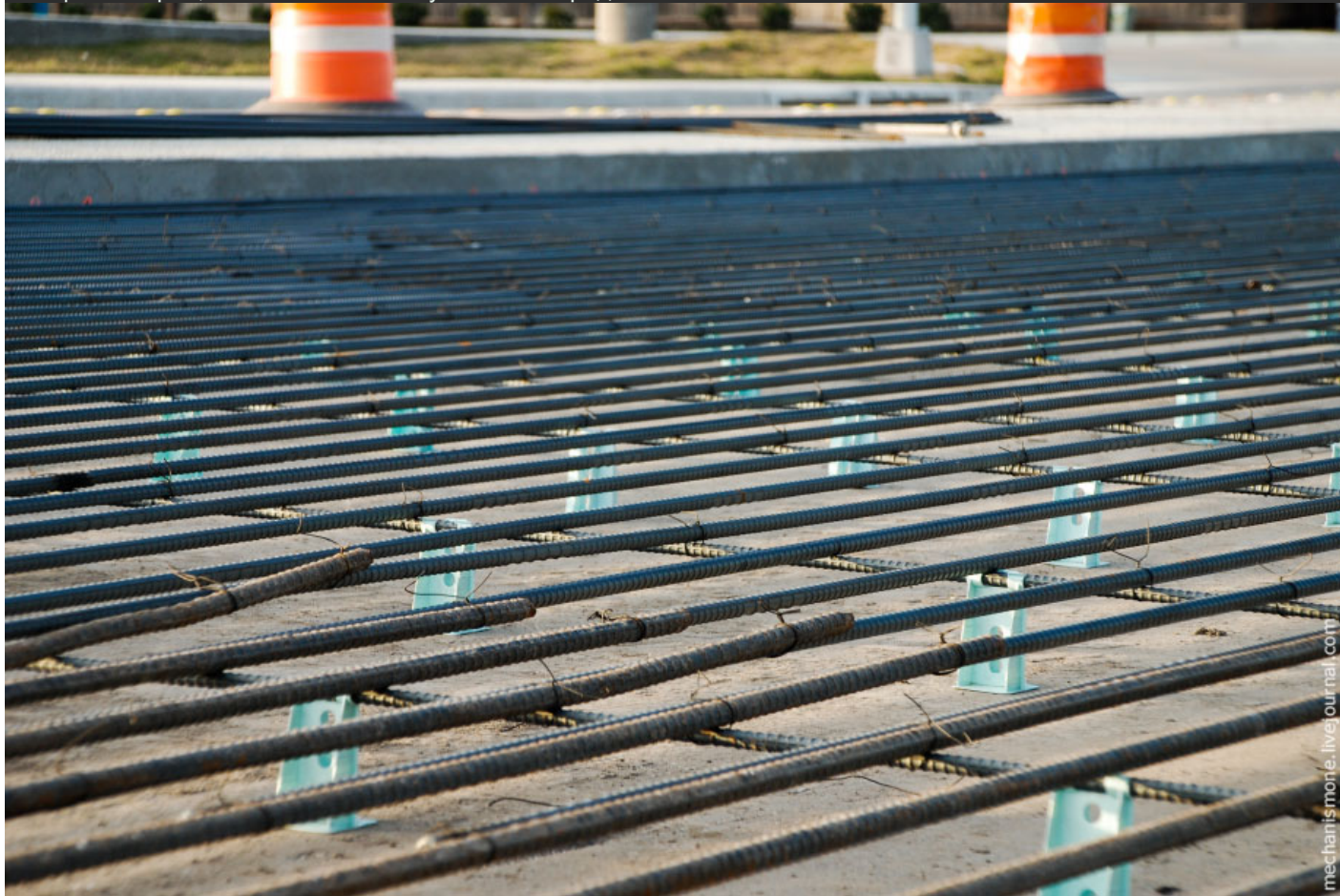
готовится ровная поверхность и убираются любые возможные просадки, т.к. асфальт плотно трамбуется и занимает всякие мелкие ямки и трещинки в грунте, а во-вторых он служит гидроизоляцией для воды, не позволяя ей попасть под бетон через термические швы бетонных стыков.



23. Напомню, что процент воды находящийся в уложенной подушке, будет очень слабо варьироваться в течении жизни дороги благодаря извести. Таким образом полотно дороги не склонно к просадкам, а если просадка и случается (иногда сдается грунт под подушкой), то получается ровная монотонная ямка, по которой приятно ехать, и которая не вызывает трещин в бетоне, благодаря более гибкому асфальту.



24. После всех этих заморочек, наконец начинается монтаж арматуры для бетонного полотна. Обычно используют стандартную стальную арматуру диаметром 16 мм (413 МПа). После сбора арматуры на земле, ее поднимают на пластмассовые или металлические подставки. Идеальное положение арматуры - между $1/3$ и $1/2$ толщины стяжки от верхнего края, иными словами - чуть выше середины стяжки.



25. Причин тому две: если уложить арматуру слишком близко к поверхности - арматура может ржаветь от нехватки

материала сверху, если уложить слишком глубоко - сталь не защитит бетон от трещин в верхнем слое бетона.



26. Стальная арматура приходит на строительную площадку прутами по 18 метров, на стыках арматура укладывается внахлест, который подсчитывается инженерами. На протяжении истории строительства, инженеры "вывели" технологию перехлеста, которая заключается в исключении нахлеста всей арматуры по ширине полотна дороги в одном месте. Сегодня чаще всего используют шахматный шаг, который прекрасно виден на этой фотографии.



27. Арматура в бетон используется для распределения нагрузки и предотвращения появления трещин в покрытии. Процент стали в поперечном сечении (перпендикулярно ходу автомобилей) обычно 0.60%, в продольном (по ходу движения автомобилей) - 0.85%.



mechanismone.livejournal.com

28. Большинство трещин в покрытии возникает на расстоянии 1-3 метра, поперечно сечению дороги (перпендикулярно движению машин), т.к. автомобили продавливают колесами покрытие по ходу движения. Там, где стресс натяжения бетона превышает допустимую расчетную нагрузку - появляется трещинка. Бетон очень плохо себя ведет в натяжении, а сталь - очень хорошо, поэтому вместе они компенсируют недостатки друг друга.



mechanismone.livejournal.com

29. Кстати, довольно давно было найдено линейное отношение количества и положения трещин в бетоне к объему стали, находящемуся в стяжке. Таким образом, было доказано, что со снижением контактной площади стали с бетоном, идет увеличение расстояния между трещинами.



mechanismone.livejournal.com

30. Затем бетоноукладчик начинает заливку кусочка дороги. В процессе укладки строители активно трамбуют бетон вибраторами, чтобы выгнать как можно больше воздуха из покрытия, воздух снижает прочность бетона. За

Один раз укладчик должен залить участок от одного термического шва до другого шва, весь кусочек дороги должен быть монолитным и без стыков бетона. Для смеси используется бетон типа III, т.к. частички этого бетона более мелкие, в сравнении, например, с типом I, но нужно также не забывать, что использование более мелких частичек увеличивает теплоотдачу бетона при отверждении, что вносит свои проблемы в процесс выдержки бетона. Температурный фактор внешней среды сильно влияет на образование трещин в покрытии.



31. В жарких климатических условиях (Техас, Флорида), обычно стараются укладывать бетон в ночное время, т.к. смесь теряет меньше влаги. Рекомендуемый температурный диапазон укладки бетона от 10 до 25 C градусов. В противном случае строители используют систему поливки бетона, чтобы избежать появления трещин в процессе твердения бетона. Но нужно не забывать, что добавление воды снижает процент прочности бетона, поэтому для поливки используется ряд своих мелких технологий и хитростей - чаще всего бетон кутают целлофаном.



32. Другой фактор, который сильно влияет на бетонное покрытие и его долговечность - это тип используемого щебня, например, речной камень, или карьерный щебень, имеют разные показатели термического расширения, прочности и гибкости. Таким образом, различный щебень является одной из причин появления трещин, в случае неучета его свойств. Подробное изучение различных типов щебня было проведено в 1960-х годах.



33. При заливке каждого участка, делаются бетонные цилиндры размером 10 (диаметр) x 20 (высота) см или

15x30 см, которые оставляются рядом с залитым участком, после 3 дней они будут взяты в лабораторию и разбиты, затем будет подсчитана прочность залитого бетона. Делается это для того, чтобы убедиться, что уложенный бетон отвечает всем требованиям. Делается это именно на строй-площадке, чтобы цилиндры находились в тех же условиях, что и бетон. Если залить цилиндры на заводе ЖБИ, откуда идут бетономешалки, очень часто получаются завышенные показатели. Если бетон не пройдет тест - покрытие придется демонтировать и перезалить.



34. Обычная толщина стяжки межштатовки шоссе - 30 см, более мелких шоссе - 20 см. Как показывает практика, такая толщина бетона, уложенная на асфальтовую подушку, прекрасно выдерживает нагрузки и не требует второй сетки стали. При увеличении толщины бетона - появляются трещины, т.к. бетон не имеет достаточно стали для распределения нагрузок, при уменьшении толщины - бетон не выдерживает нагрузки автомобилей.



35. После проходки, бетоноукладчик обычно рисует шероховатую поверхность, которая помогает сбегать воде при дожде, а так же повышает коэффициент сцепления колес автомобилей с дорожным покрытием. Иногда шероховатости сразу не делают, а нарезают уже после с помощью специальной машинки. Обычно это случается на монолитных мостах.



36. Так же после заливки на дороге не забывают подписать, когда данный отрезок был залит, это потом пригодится

в ремонтных целях, а так же чтобы знать, когда дорогу можно открывать для транзита строительной техники в процессе работ. Бетон должен лежать минимум 7 дней без нагрузок, после семи дней по дороге можно ездить легкой строительной техникой, но нужно не забывать, что полную прочность бетон обретет лишь через 28 дней, и если по каким-то причинам на покрытие попадет тяжелая техника, то структура бетона может быть полностью повреждена. Поэтому, если где-то нужно переехать дорогу тяжелому крану - под него стелят маты или бетон засыпают толстым слоем песка.



37. После 28 дней дорога полностью готова к работе. Срок службы дороги без капитального ремонта - 25 лет. В городах Хьюстоне и Далласе есть участки шоссе, залитые в 1960 году, и находящиеся в отличном состоянии до сих пор. Эти участки используются для научных работ и наблюдения. Научные работы кипят в двух самых больших и престижных университетах Техаса - в г.Остин (столица штата Техас) и в г. Хьюстон.



mechanismone.livejournal.com

38. Сегодня в США находится относительно много экспериментальных участков бетонного покрытия, т.к. Транспортный Департамент видит в бетонных дорогах будущее. Такие отрезки находятся во всех четырех климатических зонах страны и имеют разный дизайн. К 2001 году от нескольких сотен участков залитых в период с 1961 по 2001 года осталось 89 участков за которыми идет наблюдение.





39. На основе экспериментов, проведенных в 1999 и 2001 годах на базе участков в возрасте от 25 до 40 лет, было сделано несколько заключений:

- в зависимости от дизайна и материалов, бетонное покрытие способно выдерживать нагрузки без появления трещин на протяжении 34 лет (против средних 8 лет у асфальтобетона);
- после 34 лет в течении последующих 5 лет, лишь 16 отрезков пришли в негодность и подлежали полной замене;
- в течении 20 лет автомобилисты не жаловались на ухудшение комфортности езды, но на некоторых участках "сдавался" поддерживающий грунт, образуя небольшие плавные ложбины без появления трещин в верхнем слое покрытия полотна дороги;
- к 2012 году из 89 экспериментальных участков, активными остаются 34 (17 находятся в Техасе). Их средний возраст сегодня - 31 год. Остальные секции были переуложены из-за текущего расширения дорог, а научные работы к сроку перекладки были успешно завершены.



40. Опыт укладки бетонных дорог активно перенимается у США странами Азии и не только. Укладку бетонных автомагистралей активно ведет Китай и Япония, а также Австралия и некоторые страны Европы, используя наработанный опыт американских строителей дорог. В США, по возможности, штаты стараются строить новые дороги только из бетона, снижая этим расходы на содержание дорог в процессе их эксплуатации.

