**История развития строительства автомобильных дорог, начиная с 18 в.**

**(Реферат по «истории строительных наук»)**

**Оглавление.**

Оглавление. 1

Развитие дорожного строительства в России. 2

Расширение круга материалов, используемых в щебеночных покрытиях. 8

Дорожное строительство в западноевропейских странах. 10

Прогресс в строительстве земляного полотна и дорожных одежд. 12

История асфальтоукладчика. 16

Появление автомобиля и совершенствование дорожных сетей. 18

Современный этап дорожного строительства. 19

Задачи дорожного строительства. 24

Список литературы. 30

**Развитие дорожного строительства в России.**

После длительного продолжавшегося столетия застоя на важнейших торговых и военных путях возобновилось дорожное строительство. Развитие его техники в XVIII вв. сводилось к поискам путей обеспечения проезда по дорогам в условиях всевозраставших объемов перевозок и роста нагрузок на дороги с одновременным стремлением снизить затраты труда и материалов.

В России строительство дорог первоначально развивалось несколькими отличными от Запада путями в связи с недостатком легкодоступных для разработки каменных материалов. Основными источниками получения камня были трудоемкий сбор на полях валунов и разработка гравия в ледниковых отложениях. Несмотря на значительную протяженность дорог (во второй половине XVIII в. только сеть почтовых путей из Москвы достигала 16—17 тыс. км [1, с. 108] и большие потребности в совершенствовании условий перевозок, техника дорожного строительства в России длительное время ограничивалась осушением дорожной полосы и укреплением труднопроезжаемых мест древесными материалами.

Началом дорожного строительства в России можно считать 1722 г., когда 1 июня был издан сенатский указ о постройке дороги, связывающей Петербург с Москвой. Дорогу строили как грунтовую. В указе от 20 мая 1723 г. говорилось: «... А в болотных местах класть фашины и между ими насыпать землею слоями до тех мест, как вышиною будет с натуральною землею ровно и потом мостить, не подкладывая под испод бревен и сверх того мосту насыпать по небольшому земли».

Примитивная технология строительства не приводила в суровых грунтовогидрологических условиях северо-запада европейской части России к получению удовлетворительных для проезда дорог. Низкое качество грунтовых и укрепленных деревом дорог привело к тому, что руководители дорожным строительством начали по своей инициативе мостить отдельные участки дороги камнем. В декабре того же года Сенат принял решение, что «в нужных местах и где камня довольно есть, из помянутых дорог одну половину, в рассуждении прочности и сбережения лесов, мостить камнем по такому грунту, чтоб камень скоро не опадал и не делалось лощин и не повреждалась бы дорога...». С этого времени в России была принята твердая установка на постройку на магистральных дорогах каменных дорожных одежд. Развитие в России торговли и промышленности требовало содержания дорог в исправном состоянии.

На важнейших государственных дорогах преимущественным типом дорожного покрытия было щебеночное. Несмотря на небольшие объемы его строительства, именно в России было достигнуто существенное улучшение техники постройки. Первоначальная технология не предусматривала какого-либо специального уплотнения дорожного покрытия идея отказа от уплотнения щебеночных покрытий движением и перехода к уплотнению катком не сразу получила признание и лишь в 40х годах XIX столетия стала рассматриваться как обязательная.

В России в 1786 г. была утверждена как обязательная конструкция дорожной одежды капитана Баранова для дорог с проезжей частью. Покрытие было двухслойным. Нижний слой состоял из щебня размером «малого куриного яйца», а верхний толщиной 2—4 дюйма — из прочного каменного материала, который при постройке надо было «уколотить поплотнее ручными бабами и выровнять катками, железными и каменными». При укатке рекомендовалось употреблять «катки сначала незначительного веса, но увеличивать по мере укатки вес оных». При этом «польза от катка могла только тогда быть, коль скоро тяжесть его постепенно доходила до 300 пудов нагрузкой в ящик камня». Последняя строительная операция рекомендовалась значительно ранее, чем ее ввел в 1830 г. в строительную практику для щебеночных покрытий во Франции Полонсо.

После 1860 г. объем дорожного строительства в России начал сокращаться. Если до 1861 г. в среднем строилось по 230 км дорог с твердыми покрытиями в год, что само по себе было крайне мало по сравнению с потребностью, то в следующее двадцатилетие объем строительства снизился до 25—30 км в год и лишь после 1890 г. в связи с развертыванием строительства стратегических дорог в западных губерниях снова возрос до 300—350 км. Железных дорог в этот период ежегодно вводилось в эксплуатацию от 730 до 1320 км в год [2, с. 192].

Ограниченные финансовые возможности земств привели к тому, что на подъездных путях начали получать распространение булыжные мостовые, постройка которых не требовала механизации ( первые заграничные паровые катки массой 10 т появились только в 1875 г., а их производстве в ограниченном объеме на Коломенском, Варшавском и Брянском машиностроительных заводах было развернуто в конце XIX в.). Булыжные мостовые были менее трудоемки при строительстве, поскольку отпадала необходимость дробления камня на щебень, и их можно было надолго оставлять без ремонта. Долгое время укатку вели без поливки водой, хотя положительное действие увлажнения щебня на закатывание было известно. В 1851 г. инж. Евреиновым рекомендовалось «при укатке до россыпи высевок выбирать по возможности сырое и дождливое время, укатку же с высевками производить тогда, когда уже шоссейная поверхность несколько просохнет, а влажность будет находиться только в нижнем слое».

В период до второй мировой войны получило распространение строительство дорожных одежд из бетона для всех стран был типичен поперечный профиль бетонного покрытия из соединенных металлическими штырями плит постоянной толщины 18—24 см, укладываемых на песчаное или гравелистое основание или более толстый «морозозащитный слой», предохранявший от пучения. Предполагалось, что толстая бетонная плита, распределяющая давление от колес автомобилей на большую площадь основания, может в известной степени компенсировать неоднородность грунта земляного полотна. Однако опыт эксплуатации показал, что различие в прогибах центральной части и краев плит при проезде автомобилей приводит к накоплению остаточных деформаций грунта под поперечными швами и образованию там полости, заполняющейся в дождливые периоды водой, разжижающей грунт земляного полотна. Возникает характерное явление «выплесков» — выбрызгивание из швов при проезде автомобилей грязной воды, приводящее к увеличению полостей под концами плит, их работе под нагрузкой как консоли, в конце Концов, к их обламыванию. Аналогичное явление накопления осадок подстилающего грунта под влиянием прогиба плит возникает и в ·центральной части плит. В бетоне плиты, не испытывающей полной поддержки грунтового основания, начинают развиваться усталостные явления, приводящие к образованию трещин.

Если проследить хронологию развития дорог СССР и западных стран, легко увидеть, что отставание технологии довоенного периода составляло в среднем 10-20 лет, например учитывая ведущуюся фашистской Германией подготовку к нападению, в России приступили к постройке автомобильной магистрали Москва — Минск, резко отличавшейся по своим техническим параметрам от ранее строившихся дорог. Магистраль была рассчитана на скорость 120 км/ч. Ее проезжая часть, была еще без разделительной полосы, шириной 14 м предусматривала движение автомобилей в два ряда в каждую сторону. По техническим пара метрам она соответствовала магистралям США 30х годов и законченной к тому времени строительством в Германии дороге Кельн — Бонн.

Трудности получения каменных материалов, суровость климата и значительное разнообразие климатических условий предопределили творческое развитие в России конструкций щебеночных дорожных покрытий. Выработалось представление о структуре щебеночной коры.

Отмеченная инж. Васильевым роль веществ, заполняющих пустоты в щебеночной коре, долгое время являлась предметом споров. Для повышения связности щебеночной коры высказывались предложения о необходимости введения в нее материалов, «образующих связь, основанную на силе химического средства». При этом значительную пользу могло бы сказать «употребление веществ известковых для заполнения пустот в измельченном виде с особую их поставкою».

Существенным отличием конструкций дорожных одежд в России был отказ от обязательного требования Дж. Мак-Адама о создании дорожной одежды из однородного по составу, крупности и прочности щебня.

Средняя полоса европейской части России, где велось строительстве щебеночных покрытий, бедна каменными материалами, так как коренные породы покрыты мощными слоями ледниковых отложений. Основным источником получения каменных материалов был сбор на полях валунов. Поэтому вскоре возникла мысль об укладке в нижний слой одежды крупного щебня слабых, но дешевых местных пород. Таким способом построен ряд шоссе в западных губерниях. Вначале, так же как и Мак-Адам, щебеночным одеждам придавали толщину 25 см (10 дюймов), но потом, убедившись, что хорошее уплотнение щебеночного слоя проездом распространяется только на глубину примерно 10 см, а глубже щебень остается в слабо уплотненном состоянии, перешли постепенно в целях уменьшения расходов к толщине 15 см в уплотненном состоянии. Это оказалось возможным в связи с меньшими нагрузками на конные повозки в России по сравнению с применявшимися в Англии. При неблагоприятных грунтовых условиях, где можно было ожидать пучин, щебеночную одежду утолщали до 9—12 дюймов, но, так как это сильно удорожало строительстве, нижнюю часть каменного слоя начали заменять песком. Так было построено шоссе Петербург — Москва.

В России идея повышения связности щебеночного покрытия начала реализовываться лишь после введения искусственного уплотнения щебеночных россыпей катками, причем на основе других принципов, чем за рубежом. Щебеночная кора из одномерного прочного щебня, несмотря на обламывание кромок щебенок, имела высокую пористость. Для заполнения пор в верхнем наиболее уплотнявшемся слое начали использовать более мелкий материал — клинец и высевки, вдавливаемые весом катка в незаполненные места между щебенками и создающие расклинивание. В России считалось обязательным использование для этой цели щебня тех же горных пород, что и для основной россыпи, поскольку применение мягких легко дробящихся пород, облегчая закатку, давало малоустойчивое, быстроразрушающееся покрытие.

Особенностью щебеночных покрытий было то, что они нуждались в повседневном надзоре и ремонте, так как от выбитой щебенки начинался быстрый рост дальнейших разрушений.

В 1870 г. было опубликовано первое предложение о методике расчета толщины дорожной одежды. Исходя из представления о передаче в щебеночном покрытий давления от частицы к частице, Е. Головачев пришел к выводу, что «давление колеса, прилагаемое к покрытию через малую прямоугольную площадку... распространяясь в слое щебня под углом естественного откоса...».

Прогресс в строительстве щебеночных покрытий по сравнению с техникой, рекомендованной Мак-Адамом, лучше всего сформулировал в 1870 г. Е. Головачев, писавший, что «...начиная с сороковых годов, когда убедились в полной необходимости изучать не только крепость щебня, но и свойства его пыли, обеспечивающей наибольшую связь между щебнем, прибавлять к щебню мелкий материал для заполнения промежутков, укатывать шоссе искусственно до полного уплотнения, чтоб сберечь то количество каменного материала, которое должно было, при прежней системе укатки шоссе проездом, обращаться в пыль и осколки, чтоб заполнить промежутки между щебенками, без чего они не могли получить должной неподвижности и устойчивости, что собственно и обеспечивает прочность щебеночной насыпи, когда для облегчения укатки введена была поливка щебня водой и для лучшего уплотнения щебеночного слоя стали в иных местах вместе со щебнем твердых пород, составляющих основу щебеночной насыпи, применять еще примесь щебня мягких известковых пород.

**Расширение круга материалов, используемых в щебеночных покрытиях.**

Трудности получения каменных материалов для дорожных покрытий заставили русских инженеров с первых дней развертывания дорожного строительства обратить внимание на расширение круга используемых в дорожных одеждах материалов. В нижних слоях щебеночных одежд сразу начали применять гравий, движение по которому открывали, «когда между камнями находящиеся промежутки песком или другим грязенепроизводящим материалом заполнены будут» (ЦГИАЛ, фонд 206, 1824 г., оп. 1, дело 748, л. 57).

В 1832 г. инж. Рихтер предложил использовать в дорожной одежде искусственные материалы — «кирпич-железняк, сожженный до совершенного стеклования». Это предложение было реализовано в 1847 г. инж. А. И. Дельвигом, построившим в Нижнем Новгороде опытные участки шоссе из искусственного кирпичного щебня, чугунной руды и болотной железной руды, потому что «во многих местах нет камня, в других он доходит уже до цены неимоверной». Построенные дороги без значительных повреждений пропускали обозы на Нижегородскую ярмарку с тяжелыми повозками с грузом 150—200 пудов.

В XIX в. делали ряд попыток повышения связности щебеночных покрытий с использованием вяжущих материалов. Уже в статье П. Э. Шретера, первом печатном произведений о дорогах на русском языке, упоминались большие неудобства в Петербурге, создававшиеся сильной пылимостью участка мостовой, в которой для большей плотности швы были заполнены известковым раствором.

Вскоре появились зачатки усовершенствованных дорожных покрытий. В России в 1833 г. механик Портнов предложил готовить кирпичи и плиты из твердого «смоляного цемента», который «составляется следующим образом: в один пуд растопленного пека или черной твердой смолы всыпается три пуда мелко просеянной кирпичной мелочи, которая мешается до совершенного соединения всей массы» (ЦГИАЛ, ф. 206, 1833 г., оп. 1, д. 1417).

В 1838 г. подполковник М. С. Волков описал применение асфальта при постройке тротуара на мосту через р. Рону в Лионе и попытку использования в Париже вместо естественного асфальта искусственного, приготовляемого на основе остатков от перегонки каменного угля. На основе этого опыта он предложил укреплять щебеночные покрытия путем пропитки мастикой, приготовляемой из смолы, которая, проникая в швы россыпи, должна ее связывать, давая тем возможность снизить толщину слоя щебня. По сути, это была рекомендация широко распространением перед второй мировой войной метода пропитки. В России, поскольку месторождения природных асфальтов были открыты и начали разрабатываться позднее, первые попытки устройства усовершенствованных покрытий были сделаны с каменноугольным дегтем. Капитан Буттац в 1838 г. покрыл почти 100 м тротуара около Тучкова моста и полосу на мостовой искусственным асфальтом, составленным по рецепту: 1 часть пека, 1/10 часть смолы (каменноугольного дегтя), 4 части глины и 5 частей песка по объему, разогретую массу распределяли по утрамбованному основанию и посыпали сверху крупным песком. Для мостовой готовили прямоугольные и шестигранные шашки высотой 7,5 см и длиной 22—27 см, заливая расплавленную массу в формы, заполненные булыжным щебнем. В Одессе в 1855 г. Д. Спиридонов получил патент на устройство покрытий из булыжных камней, втопленных частично в мастику из смеси 15 частей сызранского природного асфальта, 19 частей стеариновой смолы, 5 частей извести и 45 частей гравия. Во второй половине XIX в. начали получать распространение дорожные покрытия из природных асфальтовых горных пород.

**Дорожное строительство в западноевропейских странах.**

В странах Западной Европы возобновление дорожного строительства первое время шло по пути подражания конструкциям римских дорог. Однако Изменившиеся хозяйственные условия — невозможность использования для дорожного строительства, как в Древнем Риме, дешевой рабочей силы и необходимость ее замены трудом только местного населения, привлекаемого к дорожным работам в порядке обязательной дорожной повинности или за плату вынуждали облегчать конструкции дорожных одежд на магистральных дорогах, оставляя местные дороги практически без какого-либо улучшения и содержания.

Первые попытки улучшения дорог были описаны в опубликованном в 1607 г. в Лондоне трактате Томаса Проктера «Полезные для всего королевства важные работы по ремонту всех дорог...». Автор отмечал: «Как показывает повседневный опыт, главная причина плохих и грязных дорог — это то, что дождевая или всякая иная вода, задерживающаяся на неправильно построенной дороге, при проездах колес проникает глубже в дорогу и все более и более размягчает и разрушает ее». Для предотвращения этого предлагалось отрывать сбоку от дороги канаву глубиной 3 фута (0,9 м) и шириной 4 фута (1,2 м), распределяя вынутую землю по ширине дороги слоем средней толщиной в один ярд (0,91 м), причем в середине на 2 фута выше, чем по краям. При этом ширина дороги должна быть достаточна для разъезда двух повозок. При слабых грунтах на дороге предлагалось устраивать одежду из гравия, камня, шлака, железной руды, обрубков дерева или вязанок хвороста, уложенных в деревянные рамы из бревен длиной 18 футов и окружностью 10—14 дюймов, скрепленных между собой деревянными нагелями. Сверху это основание следовало засыпать слоем гравия, крупного песка или щебня. На рис. 1 воспроизведен чертеж из книги Т. Проктера, показывающий конструкции рекомендуемой им дорожной одежды.

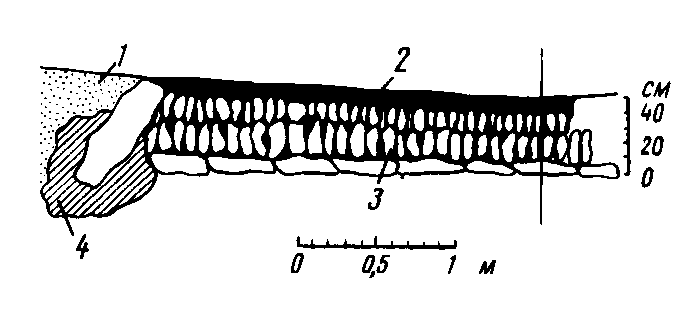


Рис.1 . Конструкция массивной дорожной одежды середины XVIII в.:

*1* — уплотненный грунт; *2* — гравий крупностью 25 мм; *3* — пакеляж; *4* — песчано-гравийная смесь

Существовали также и другие конструкции дорожных одежд, созданных разными авторами. Технология строительства изменялась практически каждым последующим поколением как в связи с накоплением опыта так и изменением предъявляемых требований. Вначале считали, что искусственное уплотнение трамбованием менее эффективно, чем уплотнение в течение двух-трех месяцев, однако концу столетия это мнение изменилось, и, например, И. С. Гергардт указывал, что при отсыпке насыпи из земли, вынутой из боковых канав, «никогда не должно поднимать дороги вдруг выше 4 вершков; и по сравнении земли убивать ее нужно накрепко. Сию работу повторять должно при каждой новой насыпке земли».

Х. Эксшаке в 1787 г. рекомендовал строить гравийные покрытия толщиной не менее 10 дюймов в уплотненном состоянии, укладывая гравий в два слоя. Гравий должен быть крупностью «с орех и не менее боба, не загрязненный и не пылеватый».

К концу XVIII в. при проложении трассы на местности начали применять некоторые геодезические инструменты. Астролябия с буссолью появилась в половине XVI в., уровень с воздушным пузырьком был изобретен в 1661 г. На его основе в 1680 г. был предложен нивелир. При трассировании применяли уклономеры.

**Прогресс в строительстве земляного полотна и дорожных одежд.**

XVIII в. характеризовался попытками точного учета свойств грунтов в строительстве. Это отмечал М. В. Ломоносов в написанном в 1757—1759 гг. трактате «О слоях земных», указывая, что «строитель внимает твердости земли во рвах для основания» [3, с. 30]. Он классифицировал грунты по составу и свойствам, деля их на чернозем, «глину разных родов», «сродной глинам ил или тину» [3, с. 25]. Учитывалась крупность грунтовых частиц — «из воды отделяющиеся земляные иловатые частицы», пески, «которые в рассуждения величины зерен разнятся бесконечное, хрящ и бечевник—« превосходящие крупностью с горох камешки» [3 с. 69].

В рассматриваемый период времени начали получать распространение мостовые, по конструкции почти не отличавшиеся от современных. Предъявлялись определенные требования к их качеству. Колотый булыжный камень должен был иметь размеры 7—8 дюймов и суживающуюся вниз клинообразную форму. Требовалось перевязка швов, «чтобы в продольном направлении не было совпадающих швов, которые колеса повозок могли бы раздвигать». В основание укладывали слои песка толщиной от 6 до 8 дюймов желательно речного и гравелистого, а не карьерного, который очень пылеват. В книге Х. Людера указывалось, что при мощении с обеих сторон дороги в грунт ставят большие камни, а дальше вкладываются все более мелкие. Для повышения прочности мостовой Х. Готье предлагал устраивать через два туаза (1,82 м) поперечные ряды («страверсы») из более крупных булыжных камней высотой 10—13 дюймов с тем, чтобы если мостовая начнет разрушаться, повреждение не распространялось за этот ряд. Мощение клетками получило повсеместное распространение.

В конце XVIII в., когда темпы дорожного строительства начали возрастать, наибольшее распространение получили дорожные одежды на основании из пакеляжа — камней, устанавливаемых широкой стороной на грунтовое или песчаное основание и расклиниваемых который в дальнейшем начали заменять щебнем «крупностью в орех из камня твердых пород», который распределяли слоем 8 см. Однако дорожные одежды на пакеляжных основаниях не удовлетворяли требованиям механизированного строительства, а опыт эксплуатации показал, что они не выдерживали движения тяжелых автомобилей, многократные проходы которых сосредоточивались на узкой полосе наката и вызывали продольные просадки покрытий.

П. Трезаге существенно уменьшил толщину дорожной одежды, снизив ее до 24—27 см по сравнению с толщиной одежд ранее строившихся дорог, которая по оси достигала 50 см. Дорожную одежду устраивали в вырытом в земляном полотне корыте, выпуклое дно которого имело средний поперечный уклон около 60%о· При связных грунтах это способствовало частичному стоку просочившейся через дорожную одежду воды, а также позволяло придать дорожной одежде постоянную толщину по всей ширине проезжей части. Не меньшее значение имела выпуклость дна корыта для более экономного расходования каменного материала. Нижний слой (основание) дорожной одежды толщиной 10 дюймов устраивали из установленных на ребро на дно корыта камней, так чтобы ни один камень не возвышался над другим. Камни трамбовали ручной трамбовкой. Поверх них укладывали слой толщиной 8—Ю см менее крупных камней, которые дробили на месте и уплотняли трамбованием. Частично проникая в промежутки между камнями, они расклинивали крупные камни. Сверху укладывали 10 см гравия.

Следующий этап развития техники дорожного строительства — переход к дорожным одеждам только из щебня, к так называемому «щебеночному шоссе», которое обычно связывают с именем шотландского дорожника Дж. Мак-Адама [5].

Метод Мак-Адама получил широкое распространение потому, что был прост, дешев и отвечал требованиям времени. Начав с 1806 г. брать подряды на дорожное строительство, Дж. Мак-Адам разработал собственную систему постройки и ремонта дорог и, приняв на себя в 1816 г. заведование трестом Бристольского округа, наибольшего в Англии, начал энергично внедрять эту систему в практику. Предложенные им методы содержания дорог оказались весьма эффективными и экономичными.

Сущность идей Мак-Адама, разбросанных по разным местам книги, сводится к следующему:

1. Прочность дороги обеспечивается грунтовым основанием. До тех пор не удастся строить дороги, не подверженные влиянию сезонных и погодных факторов, «пока не будут полностью осознаны, признаны и проведены в жизнь следующие принципы, а именно, что нагрузка от движения фактически воспринимается естественным грунтом... этот естественный грунт должен быть предварительно осушен».

2. Роль дорожной одежды сводится в основном к предохранению подстилающего грунта от размокания. «Опыт показывает, что, если вода проникает через дорогу и насыщает естественный грунт, одежда дороги... разрушается на куски». Мак-Адам полагал, что для любой нагрузки достаточна толщина одежды 10 дюймов в плотном теле.

3. Дорожная одежда должна возвышаться над поверхностью земли и не быть уложенной в отрытом в ней корыте. «Первым действием при постройке дороги должен быть отказ от отрывания корыта. Дорожная одежда не должна быть погружена ниже уровня окружающего грунта... . Это может быть достигнуто или путем устройства дрен для понижения уровня воды или, если это неосуществимо в связи с особенностями местности, грунт должен быть приподнят на несколько дюймов над уровнем воды».

4. Дорожная одежда должна быть ровной, связной и водонепроницаемой.

5. Для устройства одежды следует применять одномерный чистый щебень или гравий. «Размер камней, используемых для дороги должен быть пропорционален месту, занимаемому колесом обычных размеров на гладкой ровной поверхности. Каждая щебенка, уложенная в дорогу, которая в каком-либо измерений превысит эту величину, является вредной».

6. Прочность щебеночной коры, по мнению Дж. Мак-Адама, обеспечивается взаимной заклинкой щебенок. Поэтому дорожные одежды следует устраивать из чистого щебня. «Каждая дорога должна строиться из дробленого камня, без примеси земли, глины, мела или каких-либо других материалов, впитывающих воду и подверженных воздействию мороза. Не следует ничего добавлять к чистому щебню для придания связности. Щебень будет объединяться благодаря своей угловатости в гладкую плотную поверхность, на которую не влияют превратности погоды или смещающее воздействие колес, которые будут проходить по ней без подскакивания, не вызывая повреждений». Одежда должна быть однородной на всю толщину. «Единственное средство избежать движения камней в дороге — это использовать в ней до самого низа камни одинакового размера».

7. В период уплотнения движением каменного материала за дорогой необходим усиленный уход. «После укладки гравия на дорогу ежедневно нанимают рабочих для засыпки колей и одновременного удаления граблями с поверхности камней, слишком мягких или неправильной формы, вроде длинных кремней или слишком больших». При уплотнении щебеночной россыпи в основном проездом транспортных средств Дж. Мак-Адам отмечал, что «для первой осадки гравия с успехом можно применять тяжелый железный каток диаметром от 4 до 5 футов (1,2—1,5 м) не менее.

8. Поперечный уклон дороги должен быть не слишком крутым. «Я полагаю, что дорога, обеспечивая сток воды, должна быть возможно более плоской... Я обычно делаю дорогу в середине на З дюйма выше, чем по краям, при ширине 18 футов... Если дорога сделана плоской, едущие не будут придерживаться только ее середины, как делают при чрезмерной выпуклости». В результате многократных попыток улучшения проезда по дорогам россыпью новых материалов на них образовывались толстые слои каменной наброски. Эти слои разбирали и заменяли щебеночными покрытиями, для которых в стороне от дороги дробили удаленный с дороги крупный камень. Поэтому перестройка дорог по методу Мак-Адама, для которой не требовался новый камень, вытеснила трудоемкую и более дорогую перестройку дорог с устройством одежды по типу Т. Тельфорда. Объем выполнявшихся работ ограничивался необходимый минимумом и поэтому Дж. Мак-Адам подчеркивал, что «на каждой дороге я был вынужден изменять способ работ в зависимости от местных условий, а часто от финансирования».

**История асфальтоукладчика.**

Обычно в литературе искусственную укатку щебеночных одежд связывают с именем французского инженера Полонсо, применившего в 1829 г. вместо трамбования щебеночной россыпи 20-килограммовой трамбовкой, «которая уплотняла только поверхность», укатку 3-тонным катком, массу которого при последних проходах увеличивали до 4,5 т. Каток был сделан из дубовых брусьев, окованных железными обручами, диаметр вальца составлял 2,1 м, ширина— 1,6 м. Брусья имели в середине вогнутость, равную 3,2 см, предназначенную для того, чтобы при укатке формировалась цилиндрическая поверхность покрытия, а щебень не выжимался из-под катка в сторону. В боковых дисках катка были предусмотрены отверстия, через которые каток можно было заполнять песком или гравием, увеличивая его массу с 1,2 до 6 т.

Расширению применения укатки способствовало появление паровых катков. В 1859 г. был выпущен каток Лемуана, имевший три вальца, расположенные один за другим. Передний и задний вальцы были меньшего диаметра, чем средний ведущий. Каток Баллезона был двухвальцовым. Начиная с катков Эвелинга и Портера, перешли к обычной трехвальцовой схеме. Оптимальная масса катков была найдена не сразу.

В Швейцарии в 1721 г. близ г. Невшатель и в 1810 г. около г. Сейсель были открыты месторождения асфальтовых горных пород — известняков и песчаников, пропитанных битумом. Их начали разрабатывать для приготовления мастики для гидроизоляционных работ. Вскоре было замечено, что упавшие на дорогу во время перевозки куски асфальтовой породы при уплотнении проездом образуют твердый однородный слой. Это навело на мысль о постройке асфальтовых покрытий. В 1829 г. в г. Сейселе была построена пешеходная дорожка, а в 30х годах сделаны первые попытки постройки асфальтовых покрытий.

Соссени (Зоззепу) начал устраивать асфальтовые покрытия, нагревая асфальтовый известняк в котлах до температуры 150—170° С и добавляя к нему до 60% просушенного речного песка. Получаемую пластичную смесь разравнивали по прочному каменному основанию и уплотняли трамбованием. Международную известность получили первые покрытия, уложенные в Париже на площади Согласия и на террасе Зимнего Дворца в Петербурге.

В США первое асфальтовое покрытие было уложено в 1871 г. из привезенного из Европы материала. В дальнейшем начали использовать местные асфальтовые породы, содержащие больший процент битума, добавляя к ним, кроме песка, каменную муку. Для уплотнения горячей смеси использовали катки. Покрытия из трамбованного и укатанного асфальта начали получать распространение на улицах больших городов. В Париже в 1854 г. их было 800 м, в 1856 г.— 8 км, а в 1860 г.— уже 230 км. В Лондоне первое покрытие появилось в 1869 г., в Берлине — в 1877 г.

Началом систематического строительства усовершенствованных покрытий следует считать быстро распространявшуюся укладку на улицах столичных городов покрытий из «трамбованного асфальта» — щебня из природных асфальтовых пород, который разогревали в котлах и уплотняли трамбованием после разравнивания на прочном каменном основании. В 1913 г. в Европе впервые была применена заимствованная в США укатка «асфальтовой массы». Покрытия получили название «укатанного асфальта».

**Появление автомобиля и совершенствование дорожных сетей.**

В конце XIX в. произошло событие, внесшее революционное изменение в технику транспорта,— появление автомобиля — самоходной повозки с двигателем внутреннего сгорания. В 1885—1886 гг. немецкий инженер К. Ф. Бенц установил бензиновый двигатель на трехколесной повозке, а в 1887 г. Г. Даймлер приступил к серийному изготовлению автомобилей. Уже в 1895 г. во Франции состоялись автомобильные гонки Париж — Руан, на которых была достигнута средняя скорость 24 км/ч.

В России первые автомобили появились в 1901 г., когда в США их было уже 23 тыс. С 1908 г. легковые автомобили начал выпускать Русско-Балтийский завод в Риге, изготовивший их 460 шт. до 1916 г.— до эвакуации в связи с наступлением германских войск.

Плохие дороги не являлись препятствием для автомобилизации. Однако развитие автомобильного производства ставило в разных странах перед их конструкторами и дорожной службой различные задачи. В Западной Европе, где уже имелась густая сеть дорог с твердыми дорожными одеждами, встала задача учета при содержании дорог требований движения автомобилей с высокими скоростями. В странах с редкой дорожной сетью и преобладанием грунтовых дорог — в России и США — возникла проблема обеспечения проезда по дорогам и приспособления автомобилей к состоянию этих дорог.

Первое направление привело к развитию техники строительства усовершенствованных покрытия, второе — к появлению методов механизированного строительства грунтовых дорог как временного способа пропуска движения малой интенсивности.

Массовое производство автомобилей дало толчок дорожному строительству. В США оно развернулось в 20е годы, когда число автомобилей превысило 10,5 млн., а дороги с твердыми одеждами составляли лишь 12% от их общей протяженности.

**Современный этап дорожного строительства.**

До Появления автомобилей к трассе дорог предъявлялись ограниченные требования, вытекавшие из особенностей конной тяги на подъемах. Лошадь может, работая с кратковременной перегрузкой, развивать силу тяги на крюке, в 2—3 раза превышающую нормальную, которая составляет примерно *1/3* от ее веса. Поэтому, чем круче подъем, тем короче должна быть его протяженность. Строительство дорог, предназначавшихся преимущественно для автомобилей привело к нецелесообразности этого требования, однако породило ряд требований иного характера.

По мере увеличения количества автомобилей и повышения их динамических качеств возрастали требования к учету особенностей их движения в нормах на проектирование плана и продольного профиля дорог.

Уже в первый период появления автомобилей высказывался ряд предложений, которые учитывают в настоящее время при разработке технических требований к элементам трассы. В книге И. М. Иванова указывалась необходимость обеспечения видимости на кривых в плане таким образом, чтобы луч зрения водителя не выходил за пределы полотна дороги. Не упоминая о длине тормозного пути, автор отмечал, что «промежуток времени, необходимый для шоферов, чтобы заметить друг друга,— 3 сек». Это значение, близкое к рекомендуемому сейчас времени реакции водителей для автомобильных магистралей. Радиусы кривых предлагалось рассчитывать на устойчивость против опрокидывания, так как «поперечная сила стремится сдвинуть экипаж в сторону, а при резком поперечном уклоне и в особенности на закруглениях может его опрокинуть». Отмечалось, что «быстрое автомобильное движение неудобно и опасно по улицам селений. Ввиду этого признано необходимым пролагать главные дороги вне селений, обходя их стороной».

Развитие автомобилизации в странах с густой дорожной сетью при преобладании легковых автомобилей личного пользования, резкое возрастание пассажирских перевозок и широкое распространение автотуризма сделали необходимым предъявлять к автомобильным дорогам столь же высокие архитектурно-эстетические требования, как и к любому инженерному сооружений массового пользования. К началу второй мировой войны в проектировании дорог возникло новое направление, сочетающее ландшафтное проектирование, клотоидное трассирование и обеспечение пространственной плавности. Развитие скоростного автомобильного движения показало значение плавного вписывания трассы в ландшафт и для обеспечения высоких транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог.

Возникла идея поисков способов сохранения в периоды переувлажнения тех свойств грунтов, которые они имеют в сухое время года, путем укрепления грунтов — так называемой «стабилизации грунтов». По определению проф. М. М. Филатова, целью стабилизации было «сделать дорожный грунт достаточно сопротивляющимся сдвигу и стиранию». Стабилизация должна была предотвращать вредное воздействие увеличения влажности грунта, уничтожающей в нем связность. Для повышения сцепления в грунт вводили устойчивые к воздействию воды связующие материалы органического и неорганического происхождения или скелетные добавки — крупнозернистый песок, гравий или щебень, увеличивающие внутреннее трение грунта. Первые успехи стабилизации грунтов в период малых интенсивностей движения вызвали появление лозунга «грунт не как основание, а как одежда». «Предлагалось «основным материалом для дорожной одежды принять грунт — вездесущий грунт, но взять его не в естественном или механически улучшенном состоянии, а обратив его путем различных физико-химических и технологических процессов и воздействий в массу, достаточно эластичную и прочную для проезда».

Конфликт между автомобильным транспортом и дорогами периода преимущественного конного движения был кратковременным и явился стимулом дальнейшего прогресса техники дорожного строительства — массового появления усовершенствованных покрытий на основе органических вяжущих материалов.

Быстрый прогресс в расширении использования в дорожном строительстве органических вяжущих материалов связан с именем швейцарского врача Э. Гуглилминетти (1862— 1943 гг.). В течение 12 лет, начиная с 1902 года, для борьбы с пылыо на 20-километровом участке дороги Ницца — Монте-Карло при ежедневном движении почти 1000 автомобилей и большом количестве конных повозок Э. Гуглилминетти успешно применял разогретый каменноугольный деготь газового завода. Деготь использовали для ежегодного восстановления поверхностной обработки щебеночного покрытия с последующей засыпкой песком.

Опыт устройства поверхностных обработок показал, что они не только приводят к обеспыливанию покрытий, но и существенно уменьшают их износ. В результате повторных поверхностных обработок на дорогах образуется своеобразный коврик — тонкослойное асфальтовое покрытие. Первоначально розлив битума и дегтя осуществляли вручную из леек с последующим распределением по покрытию щетками. Затем появились котлы вместимостью 250—350 л на тележках, из которых вяжущее вытекало через отверстия в горизонтальной трубке. Тележку перевозили двое рабочих. Следующим этапом были распределители на конной тяге. Они имели емкости на 1200—1500 л, из которых битум подавался под давлением до 8 атм. при возможности регулирования количества подаваемого вяжущего. Распределители на автомобилях — автогудронаторы в СССР начали выпускать с 1931 г.

Положительное влияние битумов и дегтей на прочность дорожных одежд вызвало постепенное на протяжении ряда лет появление новых конструкций. Это было связано как с развитием научных исследований, так и главным образом с совершенствованием выпускаемых дорожных машин. Схематически этот процесс можно описать следующим образом.

Поверхностная обработка захватывала только верхний слой покрытия. Расположенный ниже щебень удерживался лишь силами заклинки и поэтому при износе поверхностной обработки возобновлялось быстро прогрессирующее разрушение покрытия. Задача связывания щебня на большую толщину была решена появлением метода пропитки.

Желание создать более однородный материал поверхностного слоя вызвало идею устройства покрытий из каменного материала, заранее подвергнутого обработке вяжущим. Метод зародился из простейшего просушивания щебня на железных листах и смещения с дегтем вручную.

Постепенно выяснилось, что при соответствующем подборе минералогического состава каменного материала и битума или дегтя малой вязкости период хранения «созревшей» смеси может быть значительно продлен, причем она не слеживается. Это давало возможность заготовки обработанного щебня впрок, изготовления его на заводах, в том числе и в зимнее время, и перевозки на строительство на большие расстояния, сводя процесс постройки покрытия только к распределению по подготовленному основанию и к укатке. Был запатентован ряд способов приготовления «термакадама», из которых наибольшую известность получил в начале 30х годов «сэссенский асфальт», или «дамманасфальт», названный так по имени предложившего его специалиста инж. Даммана. Этот асфальт готовили из каменного материала в виде измельченного до крупности песка доменного шлака и минимального количества жидкого битума. Для постройки щебеночных покрытий методом пропитки и устройства поверхностной обработки с использованием горячего вязкого битума требовалось обязательно, чтобы щебень находился в сухом состоянии и на щебенках не было пыли.

Следующим этапом развития техники постройки усовершенствованных дорожных покрытий явилось применение битумных и дегтевых эмульсий и разжиженных битумов, которые в СССР были впервые испытаны в 1928 и 1930 гг. Битумные и дегтевые эмульсий, состоящие примерно на 50% из воды, включали 2% эмульгатора и диспергированный битум или деготь. Они давали возможность выполнять работы при более низких положительных температурах и влажном щебне. Распадаясь при соприкосновении с поверхностью каменного материала, они оставляли прилипшую к нему битумную пленку.

Вяжущие материалы, разжиженные летучими растворителями, также легче проникали в пространства между щебенками, связывая пыль с поверхностью каменных частиц. Особенно широкое применение жидкие битумы получили при устройстве гравийных покрытий на дорогах низших категорий методом смещения на дороге, поскольку гравийные материалы, содержащие большой процент пылеватых и песчаных частиц, можно было перемещать на полотне дороги малым числом проходов грейдера или дисковой бороны только с маловязким материалом. Широкое применение такие методы находили в США и в СССР перед второй мировой войной при создании низовой сети автомобильных дорог в условиях быстрого роста автомобилизации.

Рост интенсивности движения и появление на дорогах тяжелых автомобилей потребовали дальнейшего повышения прочности дорожных покрытий по сравнению со щебеночными покрытиями, обработанными вяжущими материалами. В дорожном строительстве начали получать распространение асфальтовый и цементный бетоны. Асфальтобетон возник как развитие щебеночных покрытий из материалов, обрабатываемых вяжущими в специальных установках. Коренным отличием асфальтобетона от щебня, обработанного вяжущим, явилось обязательное наличие в его составе тонкого минерального порошка крупностью менее 0,1 мм. На первом этапе проектирования составов асфальтобетона ему предписывалась роль заполнения пор между песчаными частицами, откуда и родилось его первоначальное наименование «заполнитель», впоследствии замененное термином «минеральный порошок». В зависимости от соотношения минерального порошка и вяжущего покрытие оказывалось слишком хрупким или слишком пластичным, особенно в жаркую погоду, когда на нем оставались следы от колес и возникали сдвиги при торможении. Одежды с малым содержанием вяжущего быстро разрушались.

**Задачи дорожного строительства.**

Во всех странах задачи дорожного строительства включают пять основных направлений: создание сети опорных автомобильных магистралей; строительстве дорог во вновь осваиваемых промышленных и сельскохозяйственных районах; строительстве сети внутрихозяйственных дорог в сельских районах; реконструкция и совершенствование дорог существующей сети; городское дорожное строительстве.

Поскольку автомобильные магистрали являются наиболее дорогим типом дорог их сеть создается последовательно путем постройки четырехполосной проезжей части с разделительной полосой на наиболее загруженных участках маршрутов в первую очередь вблизи больших городов. На перегонах строится двухполосная дорога с тем, чтобы при дальнейшем росте интенсивности движения пристраивать к ней вторую проезжую часть.

Для последнего 20-летия характерна устойчивая тенденция к поискам путей уменьшения стоимости дорожного строительства, вызванная как вздорожанием материалов и энергий, так и уменьшением ассигнований на дорожное хозяйство. Выход ищут в снижении нормативов на элементы трассы и поперечного профиля дорог, а также в некотором понижении расчетного уровня обслуживания и надежности дорожных одежд — в сокращений планируемых межремонтных сроков. Находят применение широкий круг отходов промышленности— шлаки, горелые сланцы отвалов каменноугольных шахт, мел из расположенных поблизости выемок, камень и кирпич из разбираемых зданий, золы уноса и др. В ФРГ широко используют для возведения земляного полотна золошлаки от печей, в которых сжигают в городах бытовые отбросы.

Поскольку прочность водонасыщенного грунта возрастает по мере отжатия воды темпы возведения насыпей на слабых основаниях увязывают с нарастанием сопротивления сдвигу, ускоряя удаление воды вертикальным дренированием или путем электроосмоса. Широкое использование в конструкциях земляного полотна начал находить геотекстиль — нетканый материал из отходов промышленности синтетических материалов. Основные цели его применения в земляном полотне — предотвращение проникания грунта насыпей в подстилающий слабый грунт, выравнивание напряжений по поверхности контакта подошвы насыпи с грунтом основания, отвод выжимаемой воды из основания и стабилизация водного режима верхней части земляного полотна, устраиваемой по принципу «грунта в обойме» — уплотненного слоя грунта оптимальной влажности, замкнутого со всех сторон в слоях водо- и паронепроницаемого геотекстиля.

Характерно снижение интереса к совершенствованию теории расчета дорожных одежд. Большое влияние на это оказали проведенные в США с 1958 по 1960 г. Ассоциацией сотрудников дорожных управлений штатов обширные испытания в штате Иллинойс опытных участков разных дорожных одежд проездами автопоездов до полного разрушения. В результате этих испытаний накоплены обширные материалы о работоспособности различных их конструкций. В решениях XVIII Международного дорожного конгресса 1984 г. в Сиднее отмечалось, что методы расчета дорожных одежд с теоретической точки зрения достигли совершенства, но эффективность их использования в большей степени зависит от точности, с которой могут быть определены расчетные параметры грунтов и материалов конструктивных слоев дорожных одежд. Пропагандировавшийся в 50х годах метод «комплексного проектирования» дорожных одежд и земляного полотна, при котором считали возможным низкий модуль деформации грунтов земляного полотна компенсировать соответствующим увеличением прочности дорожной одежды [7], в ряде стран сменился требованием от строителей гарантированной прочности земляного полотна, при которой на всем протяжении дороги можно использовать типовые конструкции дорожных одежд. Возможность этого обеспечивается существенным повышением требований к степени уплотнения грунтов в земляном полотне по сравнению с довоенными и эффективной системой контроля за уплотнением при производстве земляных работ.

Поскольку тонкие слои покрытия работают в более тяжелых условиях, чем толстые, в битумы вводят добавки для повышения их тепловой и сдвигоустойчивости — резиновую крошку из размельченных старых шин и различного рода полимерные добавки. В ЧССР и Австрии в битум добавляют 20—30% серы, в ФРГ в целях экономии битума расширяется использование битумнодегтевых вяжущих. Вновь начал проявляться интерес к использованию битуминозных горных пород. Наблюдается увеличение использования для укрепления щебеночных материалов и грунтов в нижних несущих слоях дорожных одежд как неорганических вяжущих материалов — цемента и извести, так и обладающих вяжущими свойствами промышленных отходов — шлаков.

Широко развивается повторное употребление материалов перестраиваемых дорожных одежд, например, щебня от дробления бетона старых дорожных покрытий. Ведутся попытки использования искусственных каменных материалов — укладка в нижний слой одежд керамзита, обработанного битумом (Польша), и искусственного щебня из обожженной до спекания глины — керамдора. Временное возрастание цен на битум заставило изменить отношение к старому асфальтобетону. Применяют самую различную технологию его повторного использования — от полного удаления старых покрытий с их переработкой на заводах для последующей укладки в покрытие до частичного разрыхления верхнего слоя на неполную толщину, добавления к нему нового материала и укладки на старое место при ремонтных работах и утолщении. Разрыхление выполняют как с предварительным разогреванием, так и в холодном состоянии. Для компенсации ухудшения свойств битума за период службы в старом покрытий добавляют маловязкий битум.

В верхних слоях покрытий получает распространение сильнопористый «дренирующий» асфальтобетон, который, обладая хорошей шероховатостью, обеспечивает высокий коэффициент сцепления с шинами, предотвращая аквапланирование быстрым отводом из зоны контакта с покрытием водяной пленки, вдавливаемой в поры покрытия.

Эффективным средством правильного использования транспортными средствами проезжей части дороги становится четкое выделение полос движения. Обычные линии разметки недостаточно эффективны ночью. В 1937 г. были запатентованы световозвращающие шарики, которые начали вводить в разметочную краску, но из-за высокой стоимости и технологических трудностей такая разметка получила малое распространение. В 20-х годах пытались обозначать линии разметки вделанными в покрытия бетонными блоками и алюминиевыми марками. Из-за трудоемкости и ненадежности их закрепления в покрытии метод временно был отвергнут. Длительное время основным средством обозначения полос разметки в ночное время были монтируемые в покрытие марки со стеклянными отражающими линзами «кошачьи глаза», усовершенствованные модели которых, имеющие резиновую прокладку, которая утапливаются при наезде колеса в покрытие и обладают свойством самоочищения от грязи. Могут быть названы следующие первоочередные задачи совершенствования всей системы дорожного хозяйства, стоящие перед дорожным хозяйством России:

1. Дальнейшее развитие принципов научного планирования начертания сети автомобильных дорог как составной части единой транспортной системы России. В настоящее время на значительной части страны дорожная сеть редка, а транспортноэксплуатационные ее качества недостаточно высоки. Это дает возможность создания сети минимально необходимой протяженности, наилучшим образом сочетающей интересы развития промышленности, сельского хозяйства, пассажирских перевозок и т. д. Сеть должна предусматривать возможности ее стадийного расширения.

2. Более глубокий учет природных условий России в проектных решениях, технологии строительства и методах эксплуатации. Необходим более дифференцированный учет местных условий, в том числе особенностей микроклимата придорожной полосы, обусловленных постройкой дороги, ее экспозицией по отношению к странам света, гидрогеологическими условиями и т. д.

3. Совершенствование технологии проектно-изыскательских работ на основе максимального использования в качестве исходных материалов для проектирования аэрофото и аэрокосмических снимков. Широкие возможности специальных методов съемок — ультрафиолетовой, инфракрасной, сверхвысокочастотной радиометрии, лазерной локации позволяют оценить влажность поверхностных слоев грунта, уровень грунтовых вод, степень засоления и другие характеристики, важные для выбора трассы.

4. Повышение роли технико-экономических обоснований принимаемых в проектах решений, развитие принципов вариантного проектирования в целях оптимизации проектных решений, снижения стоимости строительства и повышения транспортно-эксплуатационных качеств дороги при возможно более полном и точном комплексном учете факторов, лишь косвенно учитываемых в настоящее время,— влияние постройки дороги на социально-экономическое развитие обслуживаемой дорогой зоны, повышение безопасности движения, условия эксплуатации дороги, воздействие ее постройки на окружающую среду, степень удовлетворения ландшафтно-архитектурных требований и др.

5. Автоматизация проектирования дорог на основе комплексной системы, начиная с технико-экономических обоснований, уточнения технических нормативов на элементы трассы применительно к перспективному составу движения, трассирования по математической модели местности и кончая графическим оформлением всех чертежей.

6. Учет в проектных решениях требований экономии энергетических и сырьевых ресурсов как при автомобильных перевозках по дороге, так и в процессе ее строительства и эксплуатации.

7. Совершенствование технических нормативов на элементы трассы дороги и особенно на их взаимные сочетания. Более глубокий учет психофизиологических особенностей восприятия водителями дорожных условий и всей обстановки движения, а также требований удобства пассажирских и грузовых перевозок и создания оптимальных условий работы водителей.

8. Переход от проектирования дорог на движение одиночных автомобилей с высокими расчетными скоростями к проектированию дорог с учетом движения по ним плотных потоков автомобилей, что особенно актуально в связи с тем, что еще на ряд лет сохранится опережающее развитие автомобилестроения по сравнению с приростом протяженности дорожной сети. Обеспечение не только возможности проезда транспортных потоков, но и оптимальная организация их движения самим проложением дороги.

9. Направленное регулирование круглогодичной стабильности вводно-теплового режима земляного полотна. Предотвращение возможности осеннее-весеннего снижения прочности грунтов, на которое сейчас вынужденно ориентируется проектирование дорожных одежд, путем сохранения грунтового основания в сухом состоянии созданием водо и теплоизолирующих прослоек из синтетических материалов (геотекстиль).

10. Разработка методов обеспечения безопасности движения и повышения пропускной способности (реконструкция) участков дороги, переставших удовлетворять требованиям возросшего движения.

**Список литературы.**

1. Кудрявцев А.С. «К истории шоссе Трезаге : Тезисы ». АН СССР, 1936г.
2. Кудрявцев А.С. «Техника шоссейных дорог. Очерки истории техники России». М.: Наука 1975г.
3. Ломоносов М.В. «О слоях земных». М.: Госгеолисдат ,1949 г.
4. В.Ф. Бабков «Развитие техники дорожного строительства», Транспорт, 1988 г.
5. В.Ф. Бабков «Мак-Адам и его система строительства и ремонта дорог», Тр. МАДИ 1979г.
6. В.Ф. Бабков «Ландшафтное проектирование автомобильных дорог», М.: Транспорт 1980г.
7. Иванов Н.Н. «Внедрение дорожных достижений в практику дорожного строительства». Дорстрой, 1949 г., №6.

.