

**ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ  
ФАКТОРОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА  
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ УЗБЕКИСТАНА.**

**Худайкулов Рашидбек Мансуржонович,**

**Доктор философии по техническим наукам, доктор технических наук,  
профессор.**

**Хушвактов Шохжахон Аслиддин угли,**

**Студент 1 курса магистратуры по направлению «Автомобильные дороги и  
аэропорты»**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ,  
Ташкент, Узбекистан**

*Аннотация: В данной работе рассматривается влияние климатических и гидрогеологических условий на устойчивость земляного полотна автомобильных дорог Узбекистана. Анализируются температурные градиенты в грунтах, глубина промерзания, а также механизмы увлажнения основания за счёт атмосферных осадков, капиллярной влаги и грунтовых вод. Особое внимание уделено влиянию влажности на уплотняемость различных типов грунтов. Установлено, что избыточная влага снижает несущую способность и вызывает деформации дорожной конструкции. Предложены меры по повышению устойчивости земляного полотна, включая применение химических стабилизаторов и организацию эффективного дренажа (открытые, закрытые, вертикальные и поперечные дренажи, геосинтетические материалы). Представлены схемы и графики, отражающие*

*сезонные процессы в теле насыпи. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании и эксплуатации автомобильных дорог в регионах с повышенным уровнем грунтовых вод и неблагоприятными климатическими условиями.*

**Ключевые слова:** *Земляное полотно, устойчивость, климатические факторы, гидрогеология, грунтовые воды, промерзание, капиллярное поднятие влаги, влажность грунта, уплотнение, дренаж, стабилизация грунтов, пучинистость, лессовидные грунты, тепловой поток, атмосферные осадки, фильтрация, инфильтрация, геосинтетические материалы, дорожное покрытие, несущая способность. ANТ, AKROPOL, NICKOFLOCK, Nano STAB, цемент, известь, соли, ПАВ, полимеры.*

***IMPACT OF CLIMATIC AND HYDROGEOLOGICAL FACTORS ON THE  
STABILITY OF HIGHWAY EMBANKMENTS IN UZBEKISTAN***

**Xudaykulov Rashidbek Mansurjonovich,**

**Doctor of Philosophy in Technical Sciences, PhD, Professor.**

**Xushvaqtov Shohjahon Asliddin ugli**

**1st year master's student in the field of highways and airports**

**TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY,**

**Tashkent, Uzbekistan**

**Abstract:** *This study examines the influence of climatic and hydrogeological conditions on the stability of the roadbed structures of highways in Uzbekistan. It analyzes temperature gradients in soils, the depth of frost penetration, and the*

*mechanisms of subgrade moisture accumulation due to atmospheric precipitation, capillary rise, and groundwater. Special attention is given to the effect of soil moisture on the compaction of various soil types. It is established that excessive moisture reduces the bearing capacity and leads to deformation of the road structure. Measures to improve roadbed stability are proposed, including the use of chemical stabilizers and the implementation of effective drainage systems (open, closed, vertical, and transverse drains, as well as geosynthetic materials). Diagrams and graphs illustrating seasonal processes within the embankment body are presented. The obtained results can be applied in the design and maintenance of highways in regions with high groundwater levels and adverse climatic conditions.*

**Keywords:** *Roadbed, stability, climatic factors, hydrogeology, groundwater, frost penetration, capillary rise of moisture, soil moisture, compaction, drainage, soil stabilization, frost heaving, loess-like soils, heat flow, atmospheric precipitation, filtration, infiltration, geosynthetic materials, pavement, bearing capacity, ANI, АКРОПОЛ, NICKOFLOCK, Nano STAB, cement, lime, salts, surfactants, polymers.*

## **Влияние климатических и гидрогеологических факторов на устойчивость земляного полотна автомобильных дорог Узбекистана**

Годовой ход температуры грунтов разделяется на 2 периода: нарастания температуры и ее снижения. Летом тепловой поток направлен вниз и к обочинам, и наиболее высокая температура грунтов наблюдается под покрытием. Осенью на непродолжительный период наступает осеннее температурное равновесие. В это время начинается изменение направления температурных градиентов, и тепловой поток направлен снизу вверх. Перед началом промерзания грунта земляного полотна температура грунтов под обочинами немного выше, чем под покрытием, и тепловой поток направлен от обочины к покрытию. Такое состояние грунта сохраняется до конца зимы. К этому времени до начала оттаивания грунтов происходит изменение направления теплового потока. Если сравнить ход температуры грунтов под дорожной одеждой, на обочине и обресе, то окажется, что температура грунта на

обреза в зимний период значительно выше, чем под семью, а температура грунтов обреза и обочин почти одинакова. Следовательно, в земляном полотне, кроме вертикальных температурных градиентов грунт – воздух, имеются и горизонтальные градиенты: грунты обочин – грунты под покрытием. Это обстоятельство имеет большое значение для зимнего перераспределения влаги.

Температура грунта более устойчива, чем температура воздуха, и эта устойчивость повышается с глубиной. Наступление отрицательной температуры в грунте по сравнению с воздухом сильно запаздывает. Глубина проникновения температуры 0 °С и зависит от его влажности, механического состава, содержания растворов солей и т.д. Поэтому глубина промерзания грунтов меньше, чем глубина проникновения нулевой температуры. Сильное влияние на глубину промерзания грунта оказывает снежный покров. В Беларуси в малоснежные – только 20 см [1-5].

Для верхней части земляного полотна дороги грунты (глинистые грунты) должны классифицироваться по составу, способности к уплотнению, относительной осадке и склонности к морозному пучению, а также просадочности при оттаивании — в соответствии с таблицей 12 приложения 2 настоящего ШНҚ 2.05.02-23 [2-3].

**Таблица-1. Предельно допустимая влажность при уплотнении грунта**

Грунты	Требуемый коэффициент уплотнения грунта			
	Больше 1,0	1,0-0,98	0,95	0,90
Пылеватые пески, лёгкие и крупные супеси	0,90-1,30	0,80-1,35	0,75-1,60	0,70-1,60
Пылеватые и лёгкие супеси	0,90-1,20	0,80-1,25	0,75-1,35	0,70-1,60
Тяжёлые пылеватые супеси, Лёгкие и пылеватые лёгкие суглинки	0,90-1,10	0,83-1,15	0,80-1,30	0,75-1,50
Тяжёлые суглинки, Пылеватые тяжёлые глины	0,90-1,00	0,90-1,05	0,85-1,20	0,80-1,30
Пылевато-лёссовые супеси	0,90-1,20	0,80-1,25	0,75-1,35	0,70-1,50
Пылеватые и тяжёлые	0,90-1,10	0,85-1,20	0,85-1,25	0,70-1,40

лессовидные супеси, Пылеватые лёгкие суглинки				
Пылеватые тяжёлые лессовидные суглинки, Пылеватые глины	0,90-1,00	0,90-1,20	0,85-1,20	0,75-1,30

**Примечания:**

1. Летом при возведении насыпей из песков без пылеватых частиц допустимая влажность не ограничивается.
2. Данные ограничения не распространяются на насыпи, возводимые гидр намывом (с использованием воды).
3. Зимой при возведении насыпей влага в грунте не допускается. Для лессовидных грунтов, песчаных и не пылеватых супесей влажность не должна превышать  $1,3 W_0$ , для пылеватых супесей и лёгких суглинков —  $1,2 W_0$ , для остальных видов грунтов — не более  $1,1 W_0$ .
4. Допустимая влажность грунтов может быть определена с учётом технологических возможностей используемых уплотняющих средств.

Одним из факторов, влияющих на устойчивость и прочность земляного полотна, является увлажнение его поверхностными водами. Выпадающие на поверхность земляного полотна атмосферные осадки расходуются на сток, просачивание в грунт (инфильтрация) и испарение. Возможность и интенсивность поступления влаги в грунт определяются его водопроницаемостью. Водопроницаемость грунта зависит от первоначальной влажности грунта, механического и химического состава. Чем меньше его первоначальная влажность, тем выше водопроницаемость. Водопроницаемость крупнообломочных, крупно- и среднезернистых песков почти полностью зависит от механического состава и пористости, так как размерами частиц и плотностью этих грунтов определяется пористость. Для глинистых грунтов существенное влияние на водопроницаемость оказывает наличие тонкодисперсных систем и коллоидов. Характеристикой скорости впитывания, влаги грунтом является коэффициент впитывания, или поглощения. Процесс впитывания воды в грунт является сложным явлением,

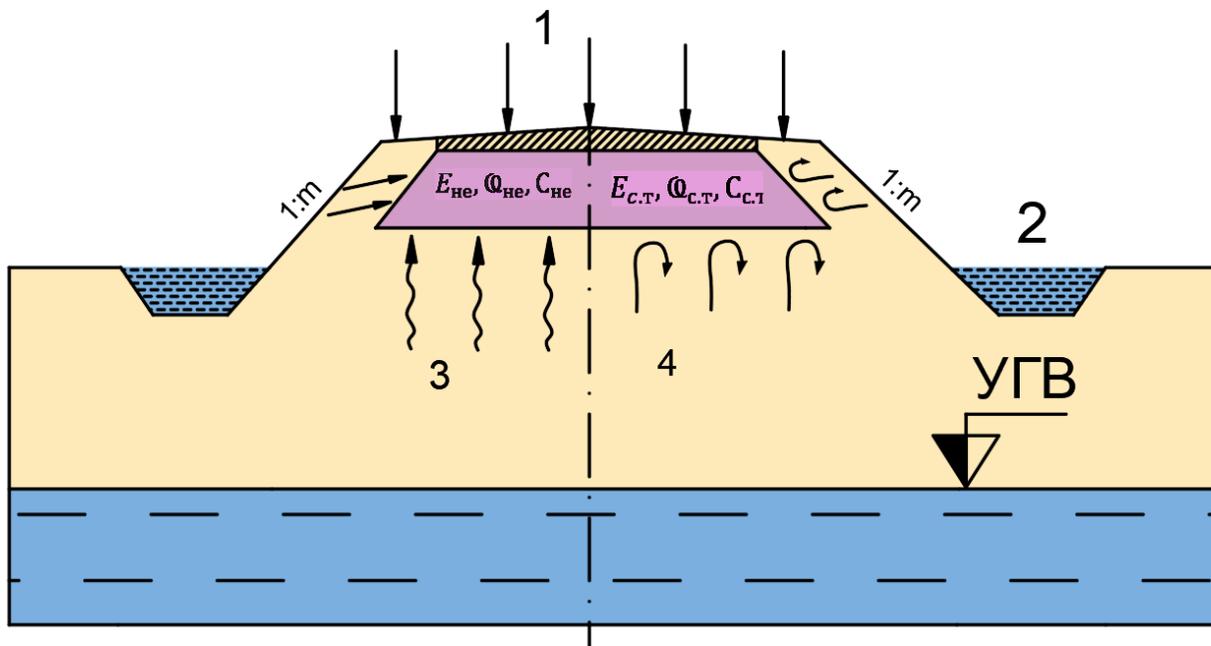


Рис.1. Режим земляного полотна водно-тепловой. Источники увлажнения грунтов земляного полотна: 1 – атмосферные осадки; 2 – поверхностная вода; 3 – капиллярная вода от грунтовых вод; 4 – капиллярный подъем воды из грунтовых вод; 5 – не стабилизированный слой; 6 – Стабилизированный слой

при этом различают явления поглощения (впитывания) воды и фильтрации. Фильтрация начинается лишь при полном насыщении грунта водой. Характеристикой фильтрации является коэффициент фильтрации, а впитывания – коэффициент поглощения. Инфильтрация воды в грунт представляет собой довольно сложный процесс, который ещё слабо изучен, а теория его расчёта разработана недостаточно. Физический смысл инфильтрации заключается в том, что нисходящее движение воды в грунтах происходит под действием гравитационных и молекулярных сил, а также сил, обусловленных трением, вязкостью жидкости и наличием заземленного воздуха в порах грунта (Рис.1).

**Режим снежный** – установленные для определенного региона данные о частоте, продолжительности и объёме снегопадов, об образовании снежного

покрова и его высоте, снеготаносах, а также свойствах снега. Важно учитывать при планировании мероприятий по зимнему содержанию дорог (Рис.1-4).

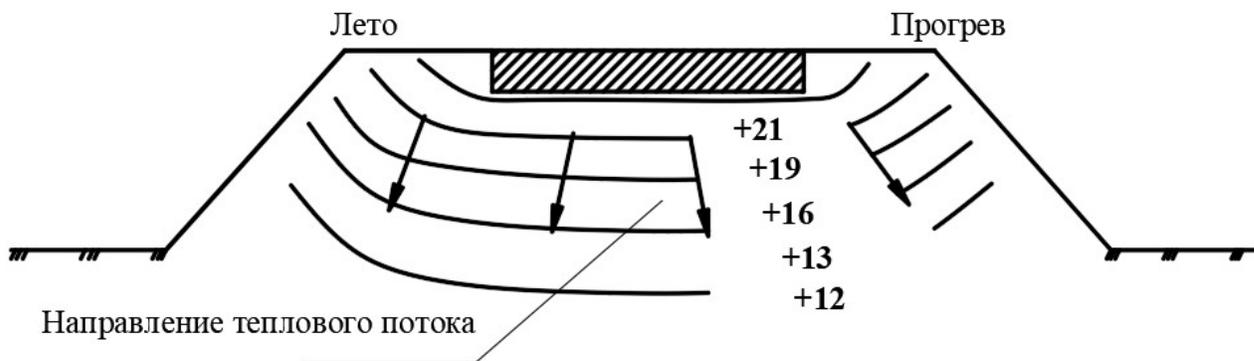


Рис.2. Направление теплового потока в летом.

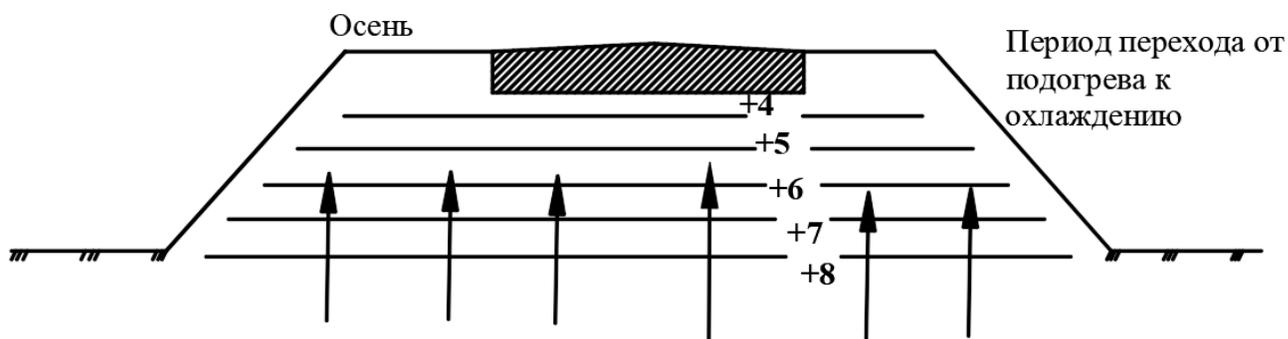


Рис.3. Период перехода от подогрева к охлаждению в осенью.

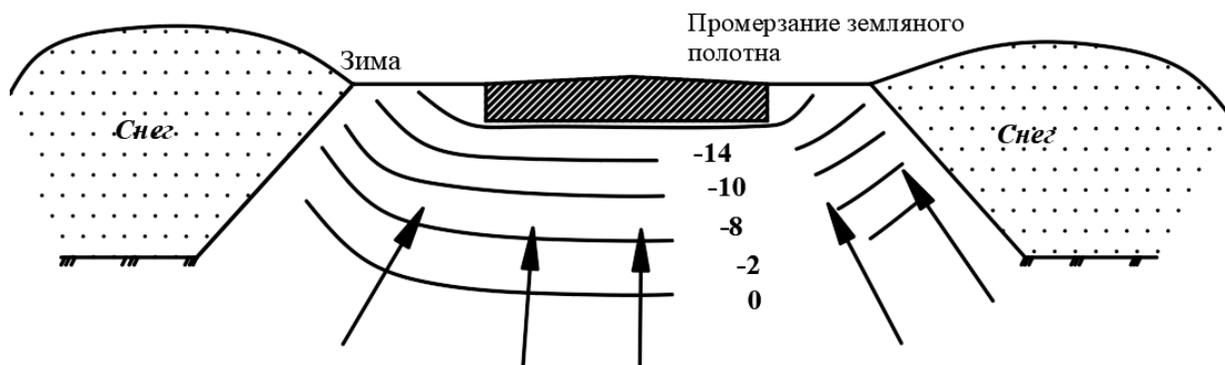


Рис.4. Промерзание земляного полотна в зимой

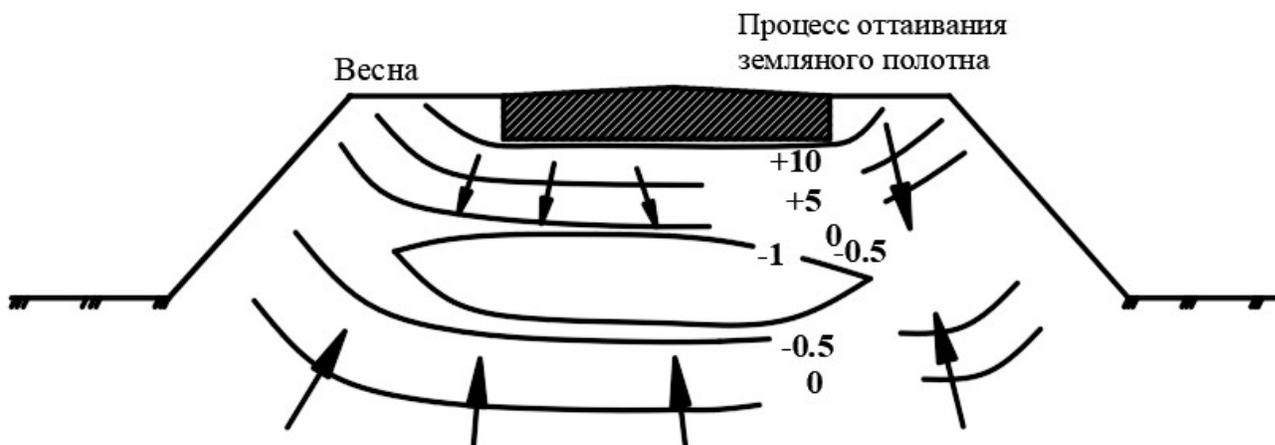


Рис.5. Процесс оттаивания земляного полотна

**Грунтовые воды** — один из главных врагов земляного полотна и покрытия.

Избыточная влага снижает несущую способность основания и приводит к деформациям и разрушениям.

При уплотнении грунта уровень грунтовых вод может подняться, особенно в весенне-осенний сезон — это наблюдаемое явление (Рис.5).

Использование стабилизаторов и химических добавок (например, **цемент, известь, соли, ПАВ, полимеры**) — действительно эффективный метод для повышения водостойчивости и прочности грунта. Есть **ещё** другие модификаторы такие как: “ANT”, “AKROPOL”, “NICKOFLOCK”, “Nano STAB”. *Чтобы организовать дренаж для отвода влаги» или «снизить капиллярный подъем воды» с помощью фильтрующих или водоотводящих слоев есть новая идея [4-5]:*

Грунтовые воды представляют собой одну из основных угроз для устойчивости земляного полотна и дорожного покрытия. Особенно в период весеннего подъёма уровня вод уплотнение грунта может сопровождаться капиллярным поднятием влаги. Для предотвращения этого явления целесообразно использовать стабилизацию грунта с применением химических добавок, которые связывают влагу и повышают несущую способность

основания. Дополнительно необходимо предусматривать дренажные системы, обеспечивающие отвод воды и снижение уровня грунтовых вод в зоне дорожной конструкции.



Рис.7. Продольные дренажные канавы (открытые канавы):

**Продольные дренажные канавы (открытые канавы):**

- Располагаются вдоль насыпи или выемки дороги.
- Собирают поверхностные и грунтовые воды.
- Удобны в сухом климате, легко очищаются [6].

*Применимо в Узбекистане на участках с неглубокими грунтовыми водами (Рис.7.).*



Рис.8. Закрытые дренажные трубы (перфорированные)

### **Закрытые дренажные трубы (перфорированные):**

- Укладываются вдоль или поперёк дороги в специальных траншеях с фильтрующей обсыпкой (гравий + геотекстиль).
- Эффективно понижают уровень грунтовых вод [7].

*Хорошо работают при капиллярном поднятии влаги, особенно в весенний период (Рис.8).*

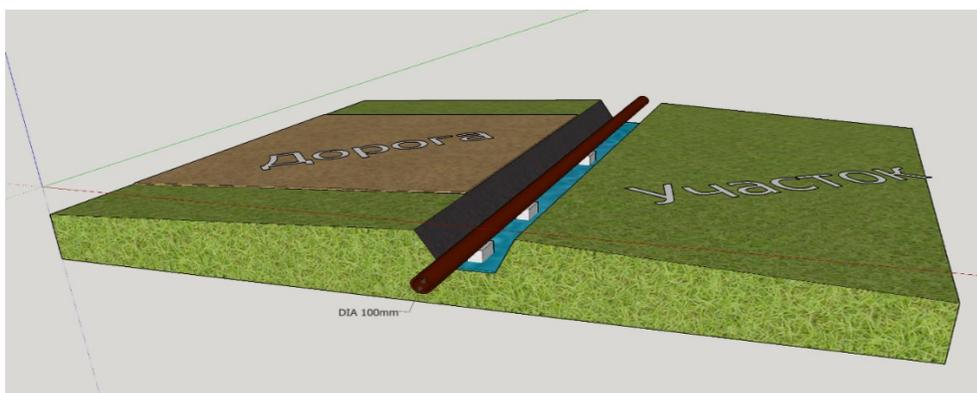


Рис.9. Поперечные дренажи

### **Поперечные дренажи:**

- Устраиваются в теле насыпи или под покрытием, отводят воду через дорогу в сторону.

- Часто совмещаются с трубчатыми водопропускными сооружениями [8] (Рис.9).



Рис.10. Вертикальные дренажи (вод понижаяющие скважины)

#### **Вертикальные дренажи (водопонижающие скважины):**

- Бурятся вблизи дороги, вода откачивается насосами.
- Применяются при высоком уровне грунтовых вод и малой фильтрации почв [9]. *Менее распространены, но эффективны на сложных участках (например, вблизи водоёмов) (Рис.10).*



Рис.11. Геосинтетические дренажные маты и прокладки

### **Геосинтетические дренажные маты и прокладки:**

- Укладываются под покрытие или в основание насыпи.
- Ускоряют водоотвод и предотвращают капиллярное поднятие [10] (Рис.11).

### **Заключение**

В ходе выполненного проекта было рассмотрено одно из ключевых воздействий на земляное полотно — влияние грунтовых вод. Установлено, что капиллярное поднятие влаги в весенне-осенний период способно существенно снизить несущую способность основания и ускорить разрушение дорожной конструкции. Для повышения устойчивости земляного полотна предложено использовать стабилизацию грунта с применением химических добавок, а также предусмотреть эффективные дренажные решения.

Разработанная схема поперечного профиля показывает распределение нагрузок, направление влаг накопления и конструктивные элементы, препятствующие поднятию влаги в зону дорожной одежды. Реализация таких инженерных решений позволит обеспечить долговечность, устойчивость и безопасность автомобильных дорог, особенно в условиях повышенного уровня грунтовых вод.

Полученные знания и предложенные мероприятия могут быть эффективно применены при проектировании и строительстве автомобильных дорог в регионах с неблагоприятными гидрогеологическими условиями.

## Использованной литературы

1. «Автомобильные дороги Беларуси». Энциклопедия. А.В.Минин (главный редактор), О.П.Белявский, А.В.Бусел, А.В.Вавилов, С.Л.Вдовиченко, И.Н.Вербило, В.А.Веренько, В.И.Денисенко, Н.Н.Климачёв, Я.Н.Ковалёв (заместитель главного редактора), И.И.Леонович, Л.Б.Максименько, А.А.Нестерович, Г.П.Пастушков, А.С.Сардаров, А.Г.Фёдоров, Г.В.Чепцов, Н.И.Чернюк, В.Н.Яромко, С.П.Яцута.
2. ШНҚ 2.05.02-23 «Автомобильные дороги. Требования к проектированию» О утверждении градостроительных норм и правил.
3. ШНҚ 2.05.02-07 «АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ», ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА.
4. «СПОСОБЫ УЛУЧШЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ». Ложников Дмитрий Евгеньевич, Киргизова Мария Владимировна. Кафедры «Мосты и тоннели»
5. «УЛУЧШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С ПРИМЕНЕНИЕМ СТАБИЛИЗАТОРОВ». Худайкулов Р.М., Салимова Б.Д. Ташкентский институт проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог. г. Ташкент, Республика Узбекистан.
6. Формы для изготовления бетонных плит укрепления русел водоотводных канав. [Формы для плит укрепления русел водоотводных канав заказать по цене завода ЛОБАС.](#)
7. [Геотекстильдер - сипаттамасы, түрлері және қолдану аймақтары](#)
8. [Съезд с дороги к частному дому: 66 фото](#)
9. [Вертикальный дренаж: обустройство и применение | Мос-Дренаж](#)

10. Дренажный геокмпозитный мат как система водоотвода.

Дренажный мат как система водоотвода