

*Ле Ван Чунг, аспирант,
Черноусов Д. И., канд. техн. наук, докторант
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет*

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ГРУНТА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД В УСЛОВИЯХ ВЬЕТНАМА ПРИ ВЫСОКОМ УРОВНЕ ГРУНТОВЫХ ВОД

levanchung@mail.ru

Летом во Вьетнаме происходят продолжительные ливни, которые приводят к поднятию уровня грунтовых вод, вследствие чего влажность грунта под дорожной одеждой увеличивается. Изменения этой влажности в значительной степени влияют на прочностные характеристики конструкции дорожных одежд и общую работоспособность на протяжении всего жизненного цикла автомобильной дороги. Поэтому в процессе проектирования и строительства автомобильных дорог необходимо применять конструктивные мероприятия, которые предусматривают использование геоматериалов для уменьшения влияния влажности грунтов на прочность дорожной конструкции при поднятии уровня подземных вод. На основе анализа результатов экспериментальных исследований на км 47 государственной дороги № 32 определено влияние влажности грунта под дорожным основанием на прочностные характеристики дорожной одежды при высоком уровне грунтовых вод в условиях Вьетнама.

***Ключевые слова:** уровень грунтовых вод, жизненный цикл сооружения, эпюра влажности, геоматериалы, поле влажности, Вьетнам, модуль упругости.*

Введение. При проектировании и строительстве автомобильных дорог требуется обеспечение устойчивости земляного полотна в течение всего жизненного цикла сооружения. Устойчивость земляного полотна и дорожной одежды в значительной степени зависит от динамики его водно-теплового режима. Водно-тепловой режим характеризуется изменением влажности грунтов в различных точках земляного полотна в связи с изменением температурных, гидрологических и гидрогеологических условий [2]. Если изменение выходит за допустимые пределы, то это приводит к потерям устойчивости земляного полотна и прочности дорожной одежды. Во Вьетнаме дождливый период продолжается 7-8 месяцев с большим средним количеством осадков [8], которые значительно влияют на прочность дорожной конструкции, ухудшают водно-тепловой режим земляного полотна. Поднятие грунтовых вод за счет продолжительных ливней вызывает переувлажнение грунта земляного полотна, которое приводит к снижению несущей способности конструкции дорожной одежды, существенно ухудшает безопасность и комфортность движения и значительно увеличивает экономические затраты на ремонтные работы. Поэтому во Вьетнаме является актуальной проблема повышения устойчивости и долговечности конструкции дорожной одежды, расположенной на переувлажненных грунтах земляного полотна. Решение этого вопроса заключается в разработке мероприятий по регулированию водно-теплового режима земляного полотна. Одним из основных мероприятий по регулированию водно-

теплового режима земляного полотна является армирование земляного полотна с использованием геоматериалов, которые широко применяются в мировой практике. Применение геоматериалов позволяет повысить устойчивость и долговечность земляного полотна, уменьшить объем земляных работ и затрат при строительстве [6]. Основным условием устойчивости земляного полотна является прочность грунта, которая зависит от его плотности и влажности. Чем выше плотность и ниже влажность грунта, тем больше его прочность, т.е. больше устойчивость земляного полотна и прочность всей дорожной конструкции [4].

Методология. По исследованиям профессора В.М. Сиденко в работах [2, 7] и в работе профессора Кокодеевой Н.Е. [3] предложен метод определения расчетной влажности земляного полотна для участков третьего типа местности по увлажнению при близком залегании грунтовых вод.

Основная часть. Муссонный субэкваториальный климат Вьетнама характеризуется своими особенностями в трех основных регионах, имеющих сухой и дождливый сезон. Для северного региона характерны сухая мягкая зима и влажное жаркое лето. Дождливый сезон в этом регионе длится с апреля по ноябрь, причем наибольшее количество осадков выпадает в июле и августе: от 400 мм до 500 мм в месяц.

По характеру увлажнения в центральном Вьетнаме выделяется особая область прибрежных низменностей. Они защищены от юго-западного муссона горами Чьонгшон, поэтому максимальное количество осадков приходится не на летние месяцы, а на осенние, с сентября по

ноябрь: от 300 мм до 700 мм в месяц.

июль – сентябрь с максимальным количеством осадков от 400 мм до 500 мм в месяц.

На Юге дождливый сезон длится 7 месяцев, с мая по ноябрь, а пик дождей приходится на

Таблица 1

Характеристика интенсивности дождей в некоторых провинциях Вьетнама

Провинция	Среднее количество дождливых дней			Максимальное количество осадков (мм/день)
	≥ 50 мм	≥ 100 мм	≥ 150 мм	
Шонла	4,3	4,2	0,1	198
Ханой	7,9	7,8	0,1	568,6
Дананг	10,5	8,9	1,6	592,6
Камрань	2,5	2,1	0,4	470,8
Фантхиет	2,5	2,5	0	178
Далат	3,5	3,4	0,1	307,4
Хошимин	5,6	5,5	0,1	178,5

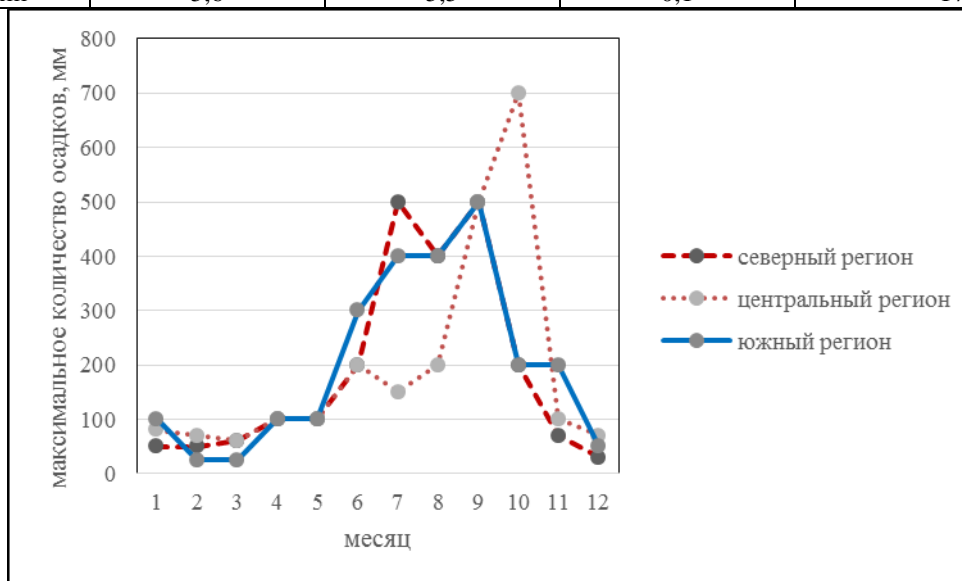


Рис 1. Динамика выпадения осадков в различных регионах Вьетнама

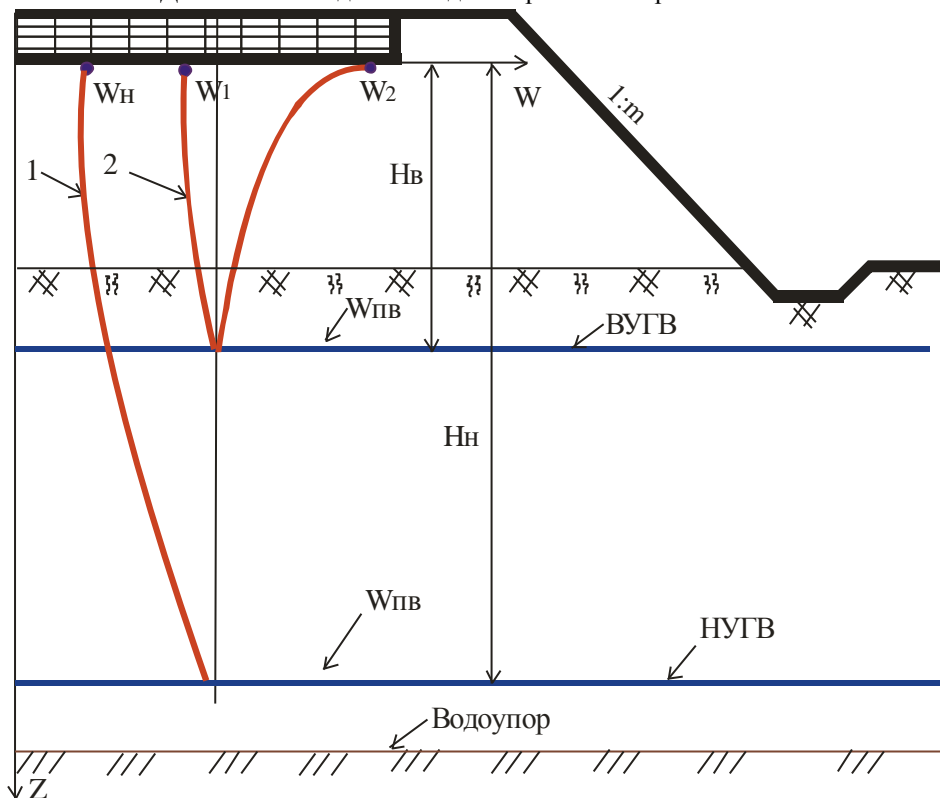


Рис. 2. Схема к расчету влажности грунтов земляного полотна:
1 – эпюра влажности при НУГВ; 2 – эпюра влажности при ВУГВ

Для третьего типа местности по условию увлажнения получено уравнение к расчету поля

$$W(z, T_B) = W_1 + mT_B + \frac{z}{H_B} (W_{ПВ} - W_1 - mT_B) - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2mH_B^2}{\pi^3 a_1 n^3} \left[1 - \exp\left(-\frac{\pi^2 a_1 n^2 T_B}{H_B^2}\right) \right] \sin \frac{\pi n z}{H_B}; \quad (1)$$

где T_B - продолжительность стояния ВУГВ, ч; W_1 - влажность грунта в основании одежды в период $T_B = 0$, в долях единицы; W_H - влажность грунта в основании одежды в период T_H , в долях единицы; m - коэффициент, характеризующий изменение влажности грунта под дорожной одеждой, 1/ч; H_B - расстояние от низа дорожной одежды до точки, в которой определяется влажность грунта $W(z, T_B)$ в период стояния ВУГВ, м; $W_{ПВ}$ - влажность грунта у зеркала грунтовых вод, соответствующая полному заполнению пор грунта водой, в долях единицы:

$$W_{ПВ} = \frac{\Delta - \delta}{\Delta \cdot \delta} \Delta_B; \quad (2)$$

где Δ и δ - плотность и объемная масса грунта, кг/м³; Δ_B - плотность воды, кг/м³.

Влажность грунта (W_1) выражается следующей зависимостью:

$$W_1 = W_{ПВ} - (W_{ПВ} - W_H) \cdot \frac{H_B}{H_H}; \quad (3)$$

где H_H - расстояние от низа дорожной одежды до НУГВ, м.

Влажность грунта в основании дорожной одежды ($W_2 = W(0, T_B)$) определяется из выражения (при $z = 0$):

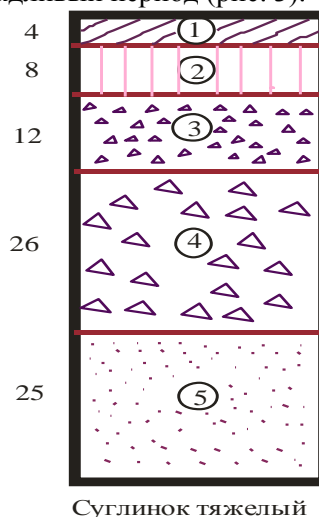
$$W(0, T_B) = W_1 + mT_B; \quad (4)$$

Под земной поверхностью всегда протекают грунтовые воды, глубина их залегания может быть различной. Вмещающими породами могут быть песчано-гравийные, песчаные и скальные трещиноватые грунты. Вмещающие грунтовую воду породы подстилаются водоупором из плотных глин или скальных пород. Во Вьетнаме низкий уровень грунтовых вод (НУГВ) характерен для сухого периода, когда происходит интенсивное нагревание одежды, просыхание земляного полотна и снижение влажности грунта

влажности:

под дорожной одеждой, когда влажность достигает минимального значения при максимальной плотности грунта. Высокий уровень грунтовых вод (ВУГВ) отмечается в дождливый период, когда происходят продолжительные ливни с высокой интенсивностью на протяжении нескольких дней. Влажность грунта под дорожной одеждой возрастает за счет поднятия грунтовых вод и достигает максимального значения при минимальной плотности грунта.

Для оценки влияния изменения влажности грунта земляного полотна на прочностные характеристики дорожной одежды, в процессе исследований автором проведены экспериментальные измерения влажности грунта на км 47 государственной дороги № 32 в северном Вьетнаме в дождливый период (рис. 3).



Суглинок тяжелый

Рис. 3. Конструкция дорожной одежды:

- 1 – асфальтобетон плотный ВТНС марки I;
- 2 – асфальтобетон пористый ВТНС марки II;
- 3 – щебень марки I; 4 – щебень марки II; 5 – песок среднезернистый

Конструкция дорожной одежды размещена на земляном полотне, отсыпанном из тяжелого суглинка.

Анализ результатов измерения приведен в табл. 2 – 3.

Таблица 2

Влажность грунта земляного полотна на км 47 государственной дороги № 32

Тип грунта	$W_{ПВ}$, в долях от W_T	W_H , в долях от W_T	T_B , ч	H_H , м	H_B , м	$W_1(0, 0)$, в долях от W_T	$W(0, T_B)$, в долях от W_T
Суглинок тяжелый	0,93	0,71	182	1,3	0,1	0,91	0,92
	0,93	0,71	182	1,3	0,4	0,86	0,87
	0,93	0,71	182	1,3	0,7	0,81	0,82

Таблица 3

Прочностные характеристики дорожной одежды на км 47 государственной дороги № 32

H_B , м	$W(0, T_B)$, в долях от W_T	$E_{зр}$, МПа	$E_{общ}$, МПа	σ , МПа
0,1	0,92	23,6	480	1,06
0,4	0,87	24,6	512	0,97
0,7	0,82	27,5	538	0,92

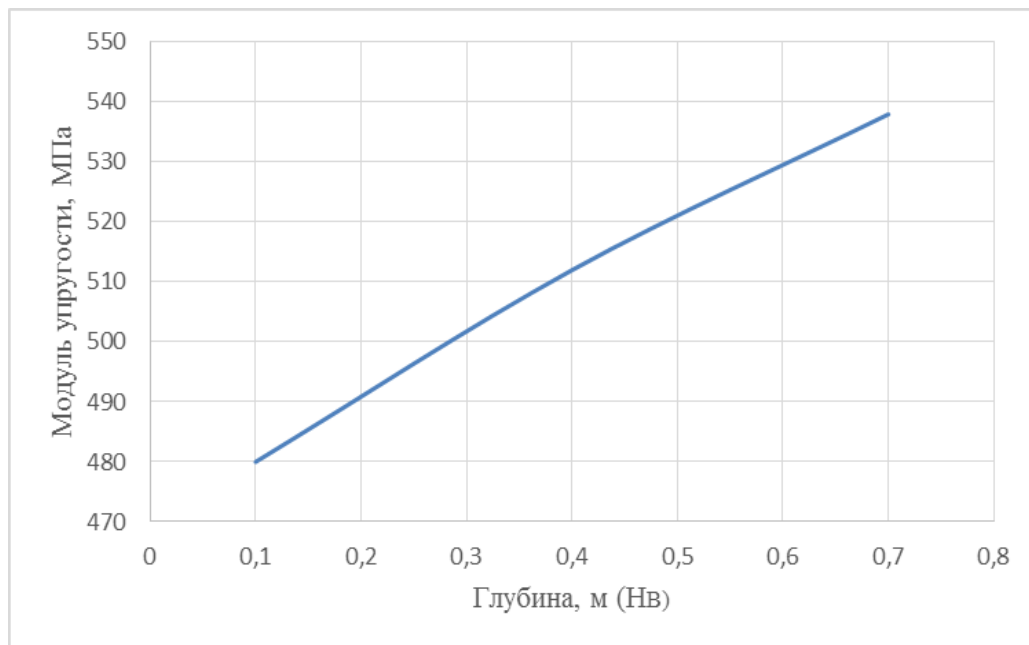


Рис. 4. Влияние ВУГВ на общий модуль упругости дорожной конструкции

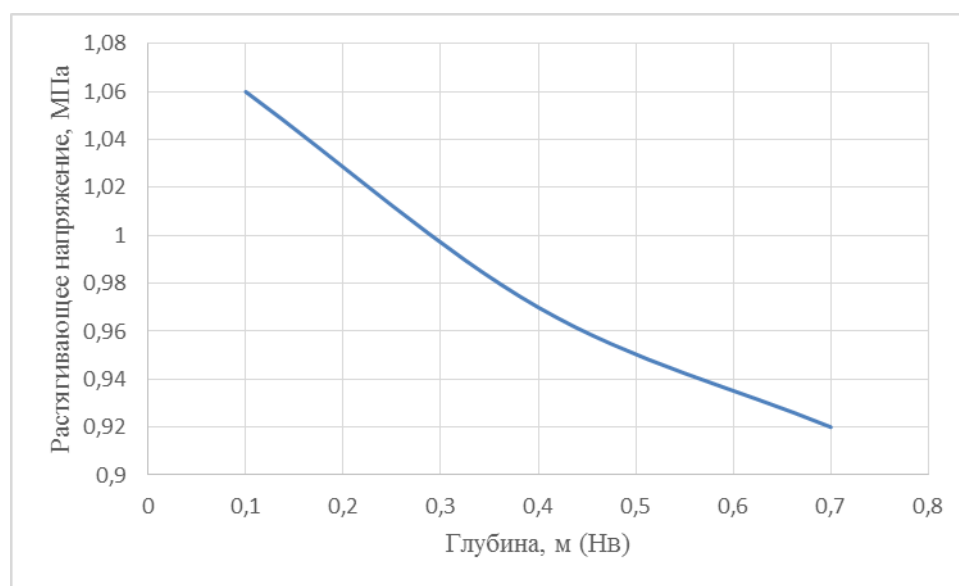


Рис. 5. Влияние ВУГВ на растягивающее напряжение при изгибе в монолитном слое

Приведенные анализы и измерения свидетельствуют о том, что во Вьетнаме в муссонный дождливый период обычно происходят продолжительные ливни, за счет которых происходит подъем уровня грунтовых вод, вследствие чего переувлажняются грунты земляного полотна. Приведенные результаты свидетельствуют о том, что чем ближе ВУГВ к низу конструкции дорожной одежды, тем больше влажность грун-

та под основанием, тем ниже значения модуля упругости дорожной конструкции и тем больше величина растягивающих напряжений в монолитном слое.

В мировой практике дорожного строительства накоплен значительный опыт применения разнообразных методов для укрепления земляного полотна, в том числе использование геоматериалов. Основная цель применения геомате-

риалов для возведения насыпей на переувлажненных грунтах заключается в повышении несущей способности и устойчивости конструктивных элементов, ускорении процесса осушения и уплотнения грунта. Использование геоматериалов так же значительно уменьшает земляные работы и время строительства, вследствие чего снижаются затраты при строительстве автомобильных дорог.

Вместе с тем, что в настоящее время специалистами дорожной отрасли Вьетнама уделяется большое внимание вопросам укрепления насыпей и выемок, сооружаемых на переувлажненных грунтах с использованием новых технологий и уже накоплен первый положительный опыт. Геоматериалы являются относительно новыми материалами из используемых во Вьетнаме. Они впервые были применены в конце 90-х

гг. XX в. при строительстве государственных дорог № 5, № 10, № 51. Сейчас в нашей стране работают фабрики, производящие различные геотекстилы (ART, VNT), георешетки и геокомпозиты для использования в дорожной отрасли.

До сих пор во Вьетнаме еще не созданы собственные нормативы по проектированию, строительству и эксплуатации автодорог. В современной практике строительства автодорог обычно совмещают российские и американские нормативы, что зачастую создает трудности для проектировщиков и строителей. Поэтому с учетом российской практики [1, 5, 6] и специфических особенностей условий Вьетнама можно рекомендовать следующие конструктивные решения насыпей с применением геоматериалов, сооружаемых на переувлажненных грунтах:

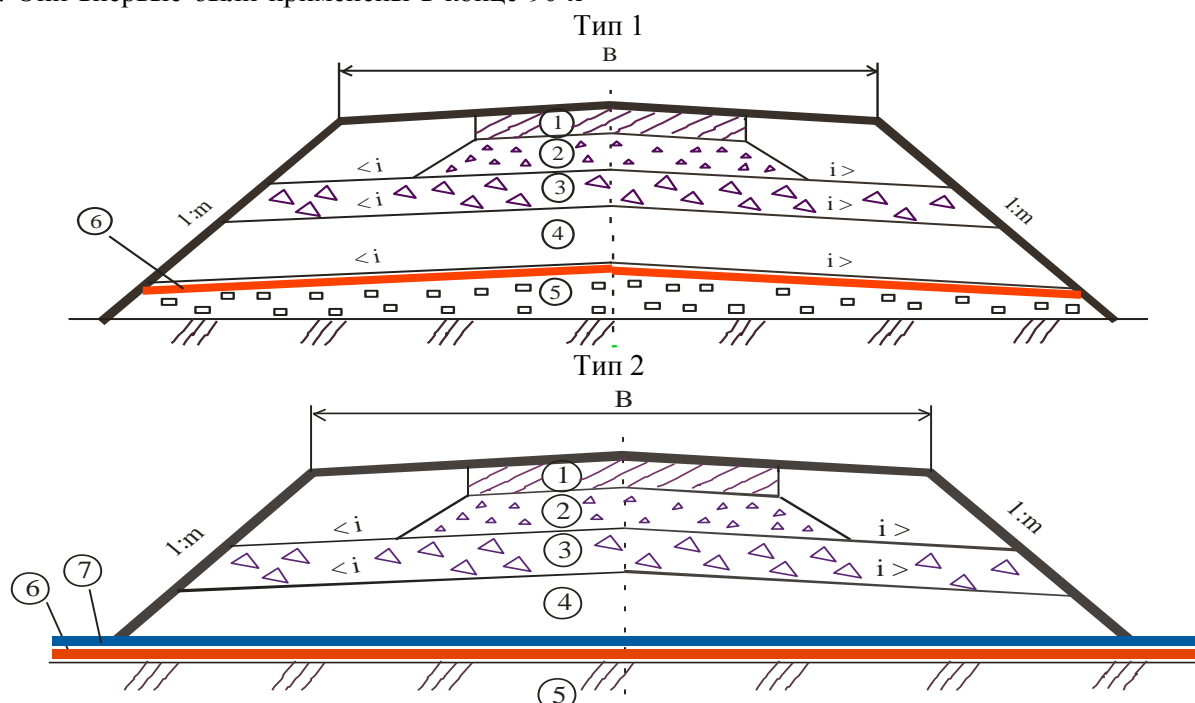


Рис. 6. Схема конструкции насыпи с применением геоматериалов:

1 – покрытие; 2 – конструкция основания; 3 – щебень; 4 – дренарующий слой; 5 – переувлажненный грунт; 6 – геосетка или геотекстиль ART; 7 – георешетка, заполненная щебнем или песком

Выводы: Во Вьетнаме в муссонный дождливый период за счет поднятия грунтовых вод происходит переувлажнение грунта под основанием дорожной одежды. Вследствие чего изменяются влажность грунта под дорожной одеждой и прочностные характеристики дорожных одежд. Чем ближе уровень грунтовых вод к низу конструкции дорожной одежды, тем больше влажность грунта под основанием конструкции, тем ниже модуль упругости дорожной конструкции и тем больше растягивающее напряжение в монолитном слое дорожной одежды. Применение геоматериалов является перспективной технологией для укрепления дорожных

конструкций во Вьетнаме, однако оно сдерживается отсутствием собственных нормативных документов, поэтому необходимо проведение теоретических и экспериментальных исследований для их разработки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Альбом типовых конструкций по применению геосеток «ССП» и «ССНП» (производство ОАО «СТЕКЛОНИТ») [Электронный ресурс]. URL: http://snipov.net/c_4676_snip_112279.html (дата обращения 08.04.2014).

2. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд / под ред. И.А. Золоторя, Н.А. Пузакова, В.М. Сиденко. – М.: Транспорт, 1971. – 410 с.

3. Кокодеева Н.Е, Столяров В.В. Теория риска в техническом регулировании дорожного хозяйства. – Саратов: Научная книга, 2011. – 356 с.

4. Подольский Вл. П., Ле Ван Чунг. Применение симплекс-метода для оптимизации значений параметров, влияющих на устойчивость откосов земляного полотна // Вестник Воронежского ВГСУ. – 2014.– № 1. С 62-72.

5. Подольский Вл.П, Нгуен Ван Лонг, Ле Ван Чунг. Повышение эксплуатационных параметров земляного полотна с использованием геоматериалов в условиях Вьетнама // Вестник МГСУ. – 2013. – № 1. – С 139-147.

6. Рекомендации по применению геосинтетических геоматериалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог [Электронный ресурс]. URL:

http://www.infosait.ru/norma_doc/41/41231/index.htm (дата обращения 08.04.2014).

7. Сиденко В.М., Гудзинский М.Н. Аналитический метод управления расчетной влажности земляного полотна дорог на участках с близким залеганием грунтовых вод // Автомобильные дороги. Строительство и эксплуатация автомобильных дорог. – Новосибирск, 1976. Сб. 1. – С. 87-94.

8. Đặc điểm khí hậu và tài nguyên khí hậu Việt Nam [Электронный ресурс]. URL: <http://idoc.vn/tai-lieu/dac-diem-khi-hau-va-tai-nguyen-khi-hau-viet-nam.html> (дата обращения 08.04.2014).