

УДК 625.72

*ТЪОНГ НГУЕН ВАН, аспирант,*

*ngvan\_tuong@yahoo.com*

*САМОДУРОВА ТАТЬЯНА ВАСИЛЬЕВНА, докт. техн. наук, профессор,*

*samodurova@vgasu.vrn.ru*

*Воронежский государственный*

*архитектурно-строительный университет,*

*394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84*

## **ДОРОЖНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ВЬЕТНАМА НА УЧАСТКАХ ДОРОГ СО СЛАБЫМИ ГРУНТАМИ**

Исследуется проблема обеспечения прочности дорожной конструкции на слабых грунтах для Вьетнама. Представлены исходные данные и результаты расчета нежестких дорожных одежд в программе РАДОН. Рассмотрена задача расчета коэффициента устойчивости откоса насыпи с армированием геосинтетическими материалами. Приведены расчетные схемы, исходные данные для проведения расчетов. Результат расчета – количество армирующих слоев для различных типов геосинтетического материала, используемого во Вьетнаме. Результаты расчета предназначены для разработки базы данных типовых дорожных конструкций на слабых грунтах.

**Ключевые слова:** дорожная конструкция; слабые грунты; база данных; геосинтетические материалы; типовые конструкции.

*TUONG V. NGUEN, Research Assistant,*

*ngvan\_tuong@yahoo.com*

*TATIANA V. SAMODUROVA, DSc, Professor,*

*samodurova@vgasu.vrn.ru*

*Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering,*

*84, 20-Letiya Oktyabrya Str., 394006, Voronezh, Russia*

## **PAVEMENT DESIGN UNDER SOFT SOIL CONDITIONS IN VIETNAM**

The paper presents the problem of soft soils while designing road pavements for Vietnam. The original data and calculation results for flexible pavements are obtained using RADON software. The calculation the stability factor is presented for the embankment slope with geotextile material reinforcement. Flow charts and initial data are obtained as a result of calculations that show the number of reinforcing layers for various types of geotextile material used in Vietnam. These results are intended for inclusion in a database of typical road pavements designed for soft soils.

**Keywords:** road pavement; soft soil; database; geotextile; typical road pavement.

### **Введение**

В транспортных стратегиях многих государств особое внимание уделяется проблеме обеспечения безопасности движения автомобильного транспорта. Высокие транспортно-эксплуатационные показатели автомобильных дорог и показатели надежности их работы формируются на стадии проектирования. Наиболее дорогим элементом является дорожная конструкция, кото-

рая в соответствии со сводом правил<sup>1</sup> включает в свой состав дорожную одежду и земляное полотно с укрепительными конструктивными решениями. Для Социалистической Республики Вьетнам проблема обеспечения прочности дорожной конструкции стоит наиболее остро, т. к. в динамично развивающихся регионах страны преобладают слабые грунты [1]. Согласно проведенным ранее исследованиям, на территории Вьетнама большие пространства заняты заболоченными площадями со слабыми грунтами, особенно в районах пойм крупных рек. Для территории дельты р. Меконг, где развивается сеть автомобильных дорог, выделяют пять зон, характеризующихся различными слабыми грунтами. Наиболее распространены слабые глинистые грунты: глинистый ил, песчано-глинистый ил, глины полутвердые, суглинок.

При проектировании дорожных одежд как в России [2], так и во Вьетнаме [3] для расчетов выбирают наиболее опасное состояние конструкции, которое соответствует, как правило, периоду максимального переувлажнения грунтового основания. Ранее проведенные исследования климатических особенностей Вьетнама позволили уточнить расчетный период для проектирования нежестких дорожных одежд [4]. В результате обработки данных экспериментальных исследований грунтов, проводимых во Вьетнаме, получены законы распределения и расчетные характеристики влажности наиболее часто встречающихся грунтов с различной доверительной вероятностью [5].

По результатам исследований была сформирована база данных материалов (информационная база данных по дорожно-строительным материалам и грунтам для проведения расчетов) для проектирования дорожных одежд в программе РАДОН, входящей в программный комплекс CREDO [2]. Единобразие нормативной базы и методик расчета на прочность при проектировании дорожных одежд в России и Вьетнаме позволяют использовать выбранную программу для проведения исследований.

### Расчет дорожных одежд на прочность

В программе РАДОН с использованием базы данных «Материалы\_Вьетнам» проведена серия расчетов дорожных конструкций на прочность. При расчетах принимались значения физико-механических свойств грунтов для влажности, соответствующей верхней границе доверительного интервала при различной доверительной вероятности [5]. Конструкции дорожных одежд принимались в соответствии с рекомендациями национального нормативного документа<sup>2</sup>. Требуемые модули упругости варьировались от 200 до 300 МПа в соответствии с данными об интенсивности движения и составе транспортных потоков для дорог Вьетнама. При расчетах в качестве варьируемого слоя был принят слой основания из щебня. Толщина слоя основания изменялась от минимальной до максимально рекомендованной нормативами Вьетнама.

Как показали результаты расчетов, при высокой расчетной влажности грунта земляного полотна прочность конструкций дорожных одежд в пределах варьирования не обеспечена. Она достигается только при значительном

<sup>1</sup> СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги / Министерство регионального развития РФ. М., 2013.

<sup>2</sup> 22 TCN-2011. Áo đường mềm – các yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế [Указания по проектированию нежестких дорожных одежд]. BGTVT, 2011.

увеличении толщины слоя основания (до 90–120 см), что экономически и конструктивно нецелесообразно. Для обеспечения прочности дорожных конструкций была поставлена задача повышения прочности и устойчивости грунтового основания за счет армирования его геосинтетическими материалами, используемыми во Вьетнаме при строительстве дорог.

### Расчет устойчивости насыпей автомобильных дорог с геосинтетическими материалами

Устойчивость насыпи и откоса земляного полотна оценивалась величиной расчетного коэффициента устойчивости  $k_y$  по известному методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения [6, 7]. Расчетная схема представлена на рис. 1.

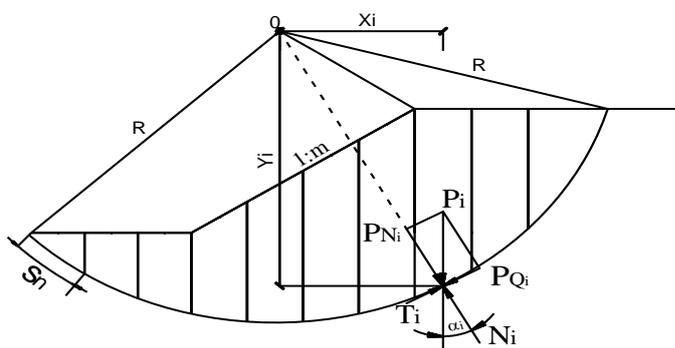


Рис. 1. Схема расчета по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения

Условие равновесия откоса сводится к уравнению моментов всех сил, действующих на сползающую призму, относительно центра  $O$  поверхности скольжения. При этом силы сопротивления сдвигу уменьшены в  $k_y$  раз с учетом необходимости обеспечения определенного запаса устойчивости откоса против разрушения, что выражается уравнением

$$k_y \sum P_i x_i - R \sum T_i = 0. \quad (1)$$

Тогда коэффициент запаса устойчивости может быть вычислен по формуле

$$k_y = \frac{\sum P_i \cdot \cos \alpha_i \cdot \tan \varphi_i + \sum C_i \cdot S_i}{\sum P_i \cdot \sin \alpha_i}, \quad (2)$$

где  $P_i$  – сила тяжести, Н;  $S_i$  – длина дуги поверхности скольжения в пределах  $i$ -го элемента, м;  $\varphi_i$  – угол внутреннего трения в пределах дуги  $S_i$ , град;  $C_i$  – удельное сцепление в пределах дуги  $S_i$ , МПа.

Одним из широко применяемых вариантов обеспечения устойчивости насыпей, в том числе и на слабых основаниях, является использование геосинтетических армирующих материалов. В общем случае для основного грунта земляного полотна автомобильных дорог, армированного геосинтетическими материалами, схема расчета по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения представлена на рис. 2.



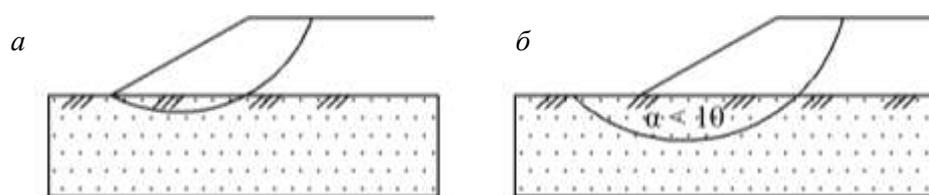


Рис. 3. Схемы расположения поверхности скольжения

Основные параметры, которые использовались и варьировались в процессе расчетов, представлены на рис. 4.

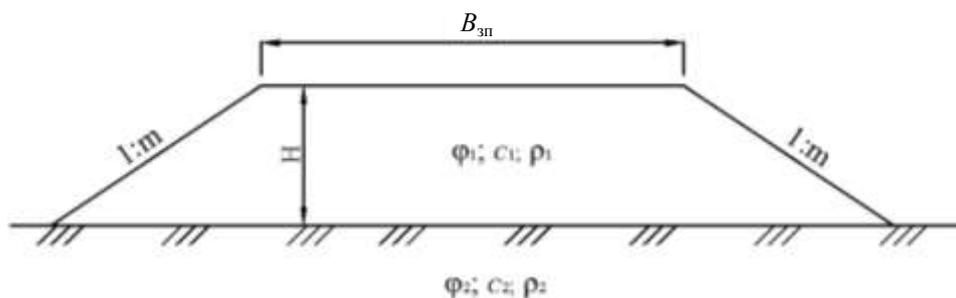


Рис. 4. Общий вид конструкции насыпи на слабых грунтах

#### Исходные данные и результаты расчетов

Расчеты проводились для геотекстильных материалов, используемых в практике дорожного строительства Вьетнама и рекомендованные нормативными документами<sup>3</sup>. Геотекстиль марки TS [8, 9] является идеальным материалом в дорожном строительстве для разделения слоев и фильтрации влаги. Он обеспечивает равномерную толщину слоя основания в течение всего периода воздействия нагрузок, предупреждает смешение насыпного материала и мелкодисперсного грунта земляного полотна. Основные технические характеристики материалов регламентируются стандартами.

Для обеспечения устойчивости дорожной конструкции расчеты проводились до достижения коэффициентом устойчивости рекомендуемого для Вьетнама значения ( $k_y > 1,2$ ). Рассматривались схемы многослойного армирования (см. рис. 2). Оптимальное расстояние между слоями геосинтетических материалов определяется критерием минимального объема материала и принималось в расчетах равным 0,5 м.

В процессе расчетов варьировались следующие параметры:

- высота насыпи;
- коэффициент заложения откоса насыпи;
- относительная влажность [5] и физико-механические свойства грунтов.

Общие данные для расчетов (рис. 4):

- ширина земляного полотна  $B_{зп} = 12$  м;

<sup>3</sup> 22ТСН 248-98. Vải địa kỹ thuật trong xây dựng nền đắp trên đất yếu [ Геотекстильные материалы для строительства насыпи на слабых грунтах]. BGTVT, 1998.

- коэффициент заложения откоса 1:1,5 и 1:2;
- нагрузка от подвижного транспорта на поверхности дорожной конструкции  $q = 35,5$  кН/пог. м [3];
- насыпь возводится из мелких песков:  $\varphi_1 = 20^\circ$ ;  $C_1 = 0,015$  МПа;  $\rho_1 = 1,7$  т/м<sup>3</sup>.

Расчетные значения физико-механических свойств слабых грунтов принимались в зависимости от влажности [5], ниже приведены результаты расчета для двух значений относительной влажности:

- для относительной влажности грунта  $a = 0,7$  параметры физико-механических свойств слабого грунта:  $\varphi_2 = 12,5^\circ$ ;  $C_2 = 0,027$  МПа;  $\rho_2 = 1,5$  т/м<sup>3</sup>;
- для относительной влажности грунта  $a = 0,9$  значения физико-механических свойств грунта:  $\varphi_2 = 5^\circ$ ;  $C_2 = 0,01$  МПа;  $\rho_2 = 1,6$  т/м<sup>3</sup>.

Результаты расчета для насыпей высотой 4 и 7 м с коэффициентом заложения откоса 1:1,5 приведены в табл. 1. Расчеты проведены для всех типов геотекстильного материала TS, которые определяются прочностными свойствами на разрыв. В таблице приведены также расчетные значения коэффициента устойчивости при отсутствии армирования.

Таблица 1

**Результаты расчета количества слоев армирующего материала для насыпей на слабых грунтах (коэффициент заложения откоса 1:1,5)**

Высота насыпи, м	Тип геотекстильного материала TS	Прочность на разрыв, кН/м	$a = 0,9$		$a = 0,7$	
			Количество армирующих слоев	Расчетное значение $k_y$	Количество армирующих слоев	Расчетное значение $k_y$
4	Без армирования			0,65		1,03
4	TS-30	11,5	7	1,24	2	1,26
4	TS-40	13,5	5	1,21	2	1,3
4	TS-50	15	5	1,27	2	1,33
4	TS-60	20	3	1,2	1	1,24
4	TS-70	24	3	1,31	1	1,29
4	TS-80	28	2	1,19	–	–
4	TS-80	28	3	1,42	–	–
7	Без армирования			0,7		0,98
7	TS-30	11,5	6	1,22	3	1,27
7	TS-40	13,5	5	1,23	2	1,21
7	TS-50	15	5	1,28	2	1,24
7	TS-60	20	4	1,34	2	1,32
7	TS-70	24	3	1,29	1	1,2
7	TS-80	28	2	1,17	–	–
7	TS-80	28	3	1,38	–	–

Как показывают результаты расчета, на количество армирующих слоев оказывают влияние как тип геотекстильного материала, так и расчетная влаж-

ность грунта. Полученные результаты являются основой для дальнейшей разработки базы данных рекомендуемых дорожных конструкций с учетом стоимости строительства и технологии проведения работ.

Результаты расчета для насыпей с коэффициентом заложения откоса 1:2 и относительной влажностью грунта  $a = 0,9$  приведены в табл. 2. Для относительной влажности грунта  $a = 0,7$  расчетное значение коэффициента запаса устойчивости  $k_y = 1,22$ , что позволяет сделать вывод об обеспечении устойчивости насыпи без армирования.

Таблица 2

**Результаты расчета количества слоев армирующего материала для насыпей на слабых грунтах (коэффициент заложения откоса 1:2)**

Высота насыпи, м	Тип геотекстильного материала TS	Прочность на разрыв, кН/м	Количество армирующих слоев	Расчетное значение $k_y$
7	Без армирования			0,85
7	TS-30	11,5	3	1,22
7	TS-40	13,5	3	1,28
7	TS-50	15	3	1,33
7	TS-60	20	2	1,28
7	TS-70	24	2	1,36
7	TS-80	28	2	1,45

**Заключение**

Расчеты дорожных одежд на слабых грунтах показали, что при высокой влажности грунтов в расчетный период прочность конструкции не обеспечивается в пределах изменения толщин конструктивных слоев, рекомендованных нормативными документами Вьетнама.

Проведены расчеты многослойного армирования насыпи земляного полотна геотекстильным материалом TS различных типов по прочности на разрыв. Количество армирующих слоев для насыпей различной высоты зависит от расчетной влажности грунта, прочности геотекстильного материала и коэффициента заложения откоса.

По результатам расчета будут разработаны базы данных типовых дорожных конструкций на участках дорог со слабыми грунтами, которые могут быть использованы на стадии проектирования.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Тьонг, Н.В. Слабые грунты на территории Вьетнама в дельте реки Меконг / Н.В. Тьонг // Тенденции развития технических наук: материалы Международной научно-практической конференции. – Уфа, 2014. – С. 33–37.
2. Проектирование нежестких дорожных одежд / И.А. Гладышева, Т.В. Самодурова, О.В. Гладышева, А.В. Еремин. – Воронеж : Воронеж. гос. архит.-строит. ун-т, 2010. – 156 с.
3. Nguyễn, T.L. Công trình trên nền đất yếu trong điều kiện Việt Nam [Дорожные сооружения на слабых грунтах в условиях Вьетнама] / T.L. Nguyễn, B.L. Lê, Q.C. Nguyễn // Trường ĐN Kỹ Thuật TP. Hồ Chí Minh. – 1989. – 215 trang.

4. Самодурова, Т.В. Учет климатических особенностей Республики Вьетнам при проектировании нежестких дорожных одежд / Т.В. Самодурова, Н.В. Тьонг // Научное обозрение физико-математических и технических наук в XXI веке : материалы XVII Международной научно-практической конференции. – М., 2015. – С. 87–89.
5. Самодурова, Т.В. Базы данных для проектирования нежестких дорожных одежд Республики Вьетнам / Т.В. Самодурова, Н.В. Тьонг // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. – 2015. – Вып. 4 (40). – С. 72–79.
6. Маслов, Н.Н. Механика грунтов в практике строительства. Оползни и борьба с ними / Н.Н. Маслов. – М. : Стройиздат, 1977. – 320 с.
7. Метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения. – Условия доступа : <http://prospromat.ru/prikladnaya-mexanika/metod-kruglocilindricheskix-poverxnostej-skolzheniya.html>
8. Tiêu chuẩn vải địa kỹ thuật không dệt [Технические характеристики нетканого геотекстиля]. – Условия доступа : <http://vaidiakythuatvietnam.com/danh-muc/tieu-chuan-vai-dia-ky-thuat/>
9. Thông tin kỹ thuật của vải địa kỹ thuật TS [Механические свойства геотекстиля TS]. – Условия доступа : <http://hatangviet.vn/vi/spds/id254/Vai-dia-ky-thuat-TS/>

## REFERENCES

1. Tuong N.V. Slabye grunty na territorii V'etnama v del'te reki Mekong [Soft ground in river Mekon delta in Vietnam]. *Proc. Int. Sci. Conf. 'Engineering Science Tendencies of Development'*. Ufa, 2014. Pp. 33–37. (rus)
2. Gladysheva I.A., Samodurova T.V., Gladysheva O.V., Eremin A.V. Proektirovanie nezhestkikh dorozhnykh odezhd [Flexible pavement design]. Voronezh : VSUAKE Publ., 2010. 156 p. (rus)
3. Nguyen T.L., Lê B.L., Nguyễn Q.C. Công trình trên nền đất yếu trong điều kiện Việt Nam [Road constructions on soft ground in Vietnam]. Trung ĐH Kỹ Thuật TP. Hồ Chí Minh. 1989. 215 p.
4. Samodurova T.V., Tuong N.V. Uchet klimaticheskikh osobennostey Respubliki V'etnam pri proektirovanii nezhestkikh dorozhnykh odezhd [Vietnam climatic conditions for flexible pavements design]. *Proc 17<sup>th</sup> Int. Sci. Conf. 'Scientific Review of Physical, Mathematical and Engineering Sciences in the 20<sup>th</sup> Century'*. 2015. Pp. 87–89. (rus)
5. Samodurova T.V., Tuong N.V. Bazy dannykh dlya proektirovaniya nezhestkikh dorozhnykh odezhd Respubliki V'etnam [Database for flexible pavement design of Vietnam]. *Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture*. 2015. No. 4 (40). Pp. 72–79. (rus)
6. Maslov N.N. Mekhanika gruntov v praktike stroitel'stva. Opolzni i bor'ba s nimi [Soil mechanics in building practice. Landslips and their prevention]. Moscow : Stroyizdat Publ., 1977. 320 p. (rus)
7. Metod kruglo-tsilindricheskikh poverkhnostey skol'zheniya [Method of cylindrical sliding surfaces]. Available at: <http://prospromat.ru/prikladnaya-mexanika/metod-kruglocilindricheskix-poverxnostej-skolzheniya.html/> (rus)
8. Tiêu chuẩn vải địa kỹ thuật không dệt [Technical data sheet of nonwoven geotextile]. Available at: <http://vaidiakythuatvietnam.com/danh-muc/tieu-chuan-vai-dia-ky-thuat/> (vn)
9. Thông tin kỹ thuật của vải địa kỹ thuật TS [Mechanical properties of geotextiles]. Available at: <http://hatangviet.vn/vi/spds/id254/Vai-dia-ky-thuat-TS/> (vn)