

УДК 625.72, 681.5

С. В. Алексиков, А. И. Лескин, Д. И. Гофман, А. А. Багдасарян

Волгоградский государственный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ВЫСОКИХ НАСЫПЕЙ ПРИ ИХ УШИРЕНИИ

Приведены материалы исследования причин потери устойчивости откосов высокой насыпи при капитальном ремонте автомобильной дороги в Волгоградской области. Установлено, что при уширении земляного полотна не выполнены работы по нарезке полок существующей насыпи, постоянной отсыпке и уплотнению грунта. Приведены рекомендации по обследованию и ликвидации дефектов насыпи.

К л ю ч е в ы е с л о в а: автомобильная дорога, дорожное покрытие, откос, устойчивость, ремонт, грунт, земляное полотно.

При уширении высоких дорожных насыпей важно обеспечить устойчивость насыпного грунтового массива на откосах земляного полотна¹ [1—3]. Игнорирование конструктивно-технологических решений, связанных с нарезкой горизонтальных полок на существующем откосе, дополнительными объемами и послойным уплотнением грунта в зоне уширения, приводит к деформациям проезжей части, обочин, ограждений, водоотводных лотков и канав, укреплений откосов.

При капитальном ремонте автомобильной дороги «Червленое — Калачна-Дону» км 52 + 000 — км 55 + 895 выполнено уширение и досыпка земляного полотна на подходах к мосту через Волго-Донской судоходный канал. Грунты существующей насыпи высотой до 17,3 м представлены твердым темно-бурым суглинком, мощность до 16,5 м. Его влажность изменяется от 0,12 до 0,16 при среднем значении влажности на границе текучести 30 %, на границе раскатывания — 18 %, плотности — 2,72 г/см³. Расчетные значения характеристик сопротивления консолидированному срезу суглинков ИГЭ-1 в условиях водонасыщения: $\phi_{II} = 260$, $С_{II} = 15,0$ кПа, $\phi_I = 250$, $С_I = 14,0$ кПа. Средние значения компрессионных модулей деформации при природной влажности и в условиях водонасыщения равны соответственно $E_{сух} = 6,2$ МПа и $E_{зам} = 4,5$ МПа.

Согласно проекту, земляное полотно уширяется с 10,0 до 11,0 м и досыпается суглинком до 17,85 м. Основание земляного полотна уширяется с устройством полок 5,0 м между ярусами для обеспечения общей устойчивости насыпи и возможности выполнения планировки и укрепления откосов (рис. 1). На приобочную полосу и по откосам верхних двух ярусов уложена

¹ Предложения по расчету устойчивости откосов высоких насыпей и глубоких выемок / М-во трансп. стр-ва СССР. Гос. Всесоюз. дор. науч.-исслед. ин-т СоюздорНИИ. М., 1966. 83 с.

Меньшов А. С. Обеспечение местной устойчивости откосов высоких насыпей автомобильных дорог из несвязных грунтов : дис. ... канд. техн. наук. М., 2006. 230 с.

ТТК. Уширение насыпи существующего земляного полотна при реконструкции автодороги. М., 2016. 28 с.

Геосинтетические и геопластиковые материалы в дорожном строительстве // Информатор. Обзор. информ. Вып. 7. М., 2002. 76 с.

После года эксплуатации на участках уширения насыпи проезжая часть и обочины начали интенсивно разрушаться (рис. 3).



Рис. 3. Просадки обочины и проезжей части

Сотрудниками кафедры СиЭТС исследованы причины разрушения дорожных конструкций. На первом этапе с помощью компьютерной программы «ОТКОС» выполнены проверочные расчеты устойчивости откоса насыпи методом равноустойчивого откоса по Н. Н. Маслову [3]. Расчеты показали, что его устойчивость обеспечена. При нормативном коэффициенте устойчивости 1,33 фактический коэффициент составляет 1,53.

На втором этапе выполнены полевые обследования. Установлено, что укрепленный георешеткой ГЕОСПАН ОР30/15 откос имеет локальные просадки до 10 см (рис. 4), которые вызваны сползанием насыпного грунта в нижнюю часть откоса. В результате подвижки грунт заполнил площадку между подошвой откосов и водоотводными канавами верхнего и нижнего ярусов. Над канавами зафиксировано нависание грунтового массива с георешеткой (рис. 5, 6), которое создало чрезмерное давление на стенки водоотводных канав и привело к локальным разрушениям бетона (рис. 7).



Рис. 4. Локальные просадки откоса насыпи на ПК 12 + 80

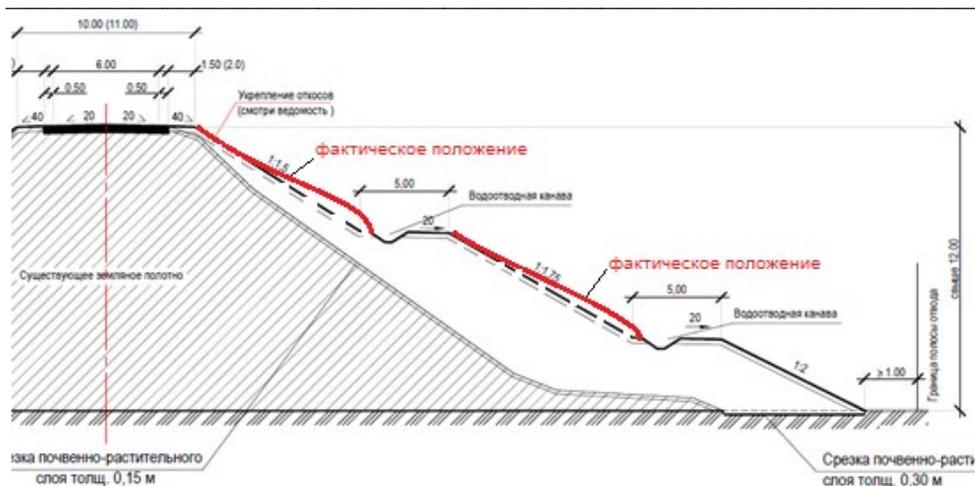


Рис. 5. Фактическое положение откоса насыпи на ПК 12 + 80



Рис. 6. Нависание грунтового массива с георешеткой над водоотводной канавой

Дополнительная нагрузка на грунт от георешетки с засыпкой щебнем ускорила сползание насыпного грунтового массива по откосам верхних двух ярусов в направлении водоотводных канав.



Рис. 7. Разрушения бетонной стенки водоотводной канавы

О сползании грунтового массива по откосу насыпи свидетельствует выдавливание георешетки ГЕОСПАН ОР30/15 в нижней части откоса (рис. 8). Равномерное выдавливание объясняется наличием под решеткой геосинтетического материала ГЕОСПАН ТН20, который воспринимает на себя давление от грунтовой подвижки и распределяет его по нижней части откоса⁴ [4—8].



Рис. 8. Выдавливание георешетки ГЕОСПАН ОР30/15 в нижней части откоса

Обследование обочин и верхней части откоса подтвердили подвижку насыпного грунта, которая привела к просадкам и сползанию бетонного замка в сторону откоса насыпи (рис. 9, 10).



Рис. 9. Просадка бетонного замка на обочине насыпи

⁴ ОДМ 218.2.078-2016. Типовые конструкции укрепления откосов земляного полотна автомобильных дорог общего пользования. М., 2016. 132 с.



Рис. 10. Разрушения и сползание бетонного замка в сторону откоса

Оползневый процесс привел к подвижке стоек металлического барьерного ограждения в сторону откоса и прогибу профиля ограждения (рис. 11). Разрушения покрытия и обочин способствуют интенсивному увлажнению основания дорожной одежды, грунтов обочин и откосов насыпи от ливневых и талых вод в осенне-весенний период года, что ускоряет оползневой процесс [4, 9—12].



Рис. 11. Искривление барьерного ограждения в результате сползания насыпного грунта по откосу насыпи

После визуального осмотра в шести точках откоса насыпи взяты пробы грунта с определением его типа, влажности и плотности (рис. 12).

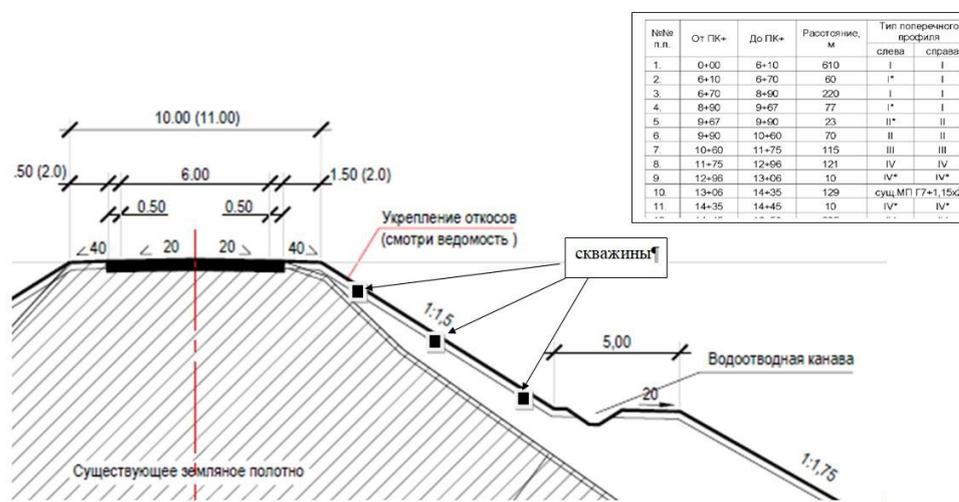


Рис. 12. Схема забора проб грунта на откосе насыпи ПК 12 + 60 и ПК 12 + 80

Тип и влажность грунта определялись в лаборатории ИАиС ВолгГТУ весовым методом. Плотность насыпного грунта определялась методом режущего кольца и динамическим плотномером Д-51 (рис. 13).



Рис. 13. Определение плотности грунта откоса динамическим плотномером

Установлено, что влажность суглинка по всему откосу меняется незначительно, в пределах 19...21 %. Объемная масса скелета насыпного грунта в пределах 1,62...1,84 г/см³ соответствует коэффициенту уплотнения 0,84...0,95. В верхней части откоса плотность грунта меньше, чем в нижней части. Увеличение плотности грунта в нижней части откоса закономерно, объясняется ростом давления от вышерасположенного грунтового массива. При этом плотность грунта в средней части откоса несколько выше, чем в

верхней части (табл.). Таким образом, можно сделать вывод, что уплотнение насыпного грунта на откосах при производстве земляных работ не выполнялось.

Измерения плотности грунта на откосе плотномером Д-51

ПК + 00	Место измерения	Количество ударов ударником	Коэффициент уплотнения грунта
12 + 80	Верх откоса	2	0,84
	Середина откоса	4	0,89
	Низ откоса	6	0,94
12 + 60	Верх откоса	2	0,84
	Середина откоса	3	0,88
	Низ откоса	7	0,95

Выполненные исследования позволили сделать следующие **выводы**:

1. При уширении высоких насыпей важно выполнить нарезку полук на откосах, послонную отсыпку грунта с его уплотнением. В случае развития просадок откосов и проезжей части исследование причин разрушений дорожных конструкций следует выполнять в следующей последовательности: произвести оценку устойчивости откосов насыпи, определить наличие локальных просадок на откосах, крутизну откосов, подвижку стоек металлического барьерного ограждения в сторону откоса и прогиба профиля ограждения, выдавливание укрепления откоса в нижней его части, разрушения водосбросных телескопических лотков и стенок водоотводных канав в нижней части откоса.

2. На участках с признаками сползания насыпного грунта по откосу насыпи выполнить оценку влажности и плотности грунтового массива под укреплением в верхней, средней и нижней части откоса. При избыточной влажности или недостаточной плотности грунта следует произвести демонтаж конструкции укрепления и выполнить повторное уплотнение откоса насыпи до коэффициента уплотнения 0,95.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Иванов И. А.* Учет нестабилизированного состояния грунтов при оценке пространственной устойчивости откосов насыпей автомобильных дорог // Изв. вузов. Инвестиции. Стр-во. Недвижимость. 2015. № 2. С. 23—30.
2. *Добров Э. М.* Обеспечение устойчивости склонов и откосов в дорожном строительстве с учетом ползучести грунтов. М. : Транспорт, 1975. 215 с.
3. *Петрович П. П.* Реконструкция земляного полотна автомобильных дорог : метод. указания к курсовому проекту. М. : МАДИ, 2016. 76 с.
4. *Цытович Н. А.* Механика грунтов : учеб. для строит. вузов. М. : Высш. шк., 1983. 288 с.
5. *Tutumluer E., Huang H., Bian X.* Research on the behavior of geogrids in stabilisation applications. Urbana, USA.
6. *Indraratha B., Nimbalkar S.* Deformation Characteristics of Railway Ballast Stabilised with Geosynthetics. Testing and consulting Report. New Delhi, India, 2010.
7. *Das B. M.* Use of Geogrid in Subgrade-Ballast System of Railroads Subjected to Cyclic Loading for Reducing Maintenance. California State University, Sacramento, USA. 2010.
8. *Brau G.* Recommendations for design and analysis of Earth structures using geosynthetic reinforcements — EBGeo / Ernst & Sohn GmbH & Co. KG. Germany, 2011. 313 p.

9. Казарновский В. Д. Оценка сдвигоустойчивости и связных грунтов в дорожном строительстве (теоретические основы и практические методы). М.: Транспорт, 1985. 168 с.
10. Богомолов А. Н., Богомолова О. А., Цветкова Е. В., Подтелков В. В. Особенности расчета устойчивости однородных и слоистых нагруженных грунтовых откосов на основе анализа их напряженного состояния // Вестн. Пермского нац. исслед. политехн. ун-та. Стр-во и архитектура. 2016. Т. 7. № 2. С. 93—105.
11. Богомолов А. Н., Шиян С. И., Богомолова О. А. Расчет устойчивости откосов с учетом их взаимного влияния в составе грунтового сооружения // Гидротехническое строительство. 2014. № 7. С. 37—40.
12. Два подхода к определению сил оползневой нагрузки / А. Н. Богомолов, О. В. Ермаков, А. С. Иванов, О. А. Богомолова, А. В. Прокопенко, А. Н. Ушаков // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. 2013. Вып. 31(50). Ч. 2. С. 233—239.

© Алексиков С. В., Лескин А. И., Гофман Д. И., Багдасарян А. А., 2022

Поступила в редакцию
в сентябре 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Алексиков С. В., Лескин А. И., Гофман Д. И., Багдасарян А. А. Исследование устойчивости высоких насыпей при их уширении // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 4(89). С. 78—87.

Об авторах:

Алексиков Сергей Васильевич — д-р техн. наук, проф., зав. каф. строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; AL34rus@mail.ru

Лескин Андрей Иванович — канд. техн. наук, доц., доц. каф. строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; leskien@inbox.ru

Гофман Дмитрий Иванович — канд. техн. наук, старший преподаватель каф. строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; dima.0103@mail.ru

Багдасарян Андрей Андроникович — магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

Sergei V. Aleksikov, Andrei I. Leskin, Dmitrii I. Gofman, Andrey A. Bagdasaryan

Volgograd State Technical University

INVESTIGATION OF THE STABILITY OF HIGH EMBANKMENTS DURING THEIR WIDENING

The materials of the study of the reasons for the loss of stability of the slopes of a high embankment during the overhaul of a highway in the Volgograd region are presented. It has been established that when the subgrade was widened, work on cutting the shelves of the existing embankment, stable backfilling and compaction of the soil was not performed. Recommendations for the examination and elimination of defects in the embankment are given.

Key words: highway, road surface, slope, stability, repair, soil, roadbed.

For citation:

Aleksikov S. V., Leskin A. I., Gofman D. I., Bagdasaryan A. A. [Investigation of the stability of high embankments during their widening]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2022, iss. 4, pp. 78—87.

About authors:

Sergei V. Aleksikov — Doctor of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; AL34rus@mail.ru

Andrei I. Leskin — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; leskien@inbox.ru

Dmitrii I. Gofman — Candidate of Engineering Sciences, Senior Lecturer, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; dima.0103@mail.ru

Andrey A. Bagdasaryan — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation