

УДК 625.711.84

О.Н. Оруджова

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Оруджова Ольга Низамиевна окончила в 2001 г. Архангельский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры строительной механики и сопротивления материалов САФУ. Имеет 20 печатных работ в области дорожного строительства с использованием геосинтетических материалов.
E-mail: olga.orudzhova@yandex.ru



ВЛИЯНИЕ ГИБКИХ ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ ПРОСЛОЕК НА ПРОЧНОСТЬ ДОРОЖНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Приведена методика и результаты полевых испытаний на прочность по упругому прогибу дорожных конструкций с гибкими геотекстильными прослойками.

Ключевые слова: лесовозные дороги, гибкая геотекстильная прослойка, отработанные сукна и сетки (отходы целлюлозно-бумажного производства), прочность, прогиб, модуль упругости.

Совершенствование дорожных конструкций лесовозных дорог может быть обеспечено путем применения при строительстве гибких геотекстильных прослоек из отходов целлюлозно-бумажного производства – отработанных сукон и сеток (ОСС). Данные материалы, изготовленные в основном из полиэфира, полипропилена и полиамида, могут быть полноценными заменителями геотекстильных материалов. Во-первых, они более доступны для строительства лесных дорог по стоимости, во-вторых, они образуются как вторичное сырье внутри основных лесных холдингов на базе целлюлозно-бумажных комбинатов.

Под воздействием колес автомобилей и других транспортных средств и климатических факторов происходит износ верхнего слоя покрытия, иногда появляются деформации в виде выбоин, волн, просадок, сдвигов, наплывов. Поэтому одной из важнейших задач при проектировании лесовозных автомобильных дорог является определение прочности дорожного покрытия [3, 4].

Для оценки влияния прослойки ОСС на прочность дорожных конструкций с гравийными покрытиями были проведены полевые испытания на построенных опытных участках, которые включали экспериментальные (с прослойками из ОСС) и контрольные (без прослоек) секции. Экспериментальные и контрольные секции располагались в одинаковых условиях, т.е. на протяжении секций выбирался однородный тип местности по условиям и степени увлажнения, грунтовым условиям, рельефу, применялась одинаковая толщина покрытия.

Отработанные сукна и сетки укладывали под новый слой покрытия.

Прочностные испытания дорожных конструкций на опытных участках производили методом статического нагружения колесом расчетного автомобиля с измерением упругих осадок рычажным прогибомером в соответствии с ОДН 218.1.052–2002 [2] (рис. 1). На основании опытов получены упругие осадки покрытия при укладке различных сукон и сеток и вычислены общие модули упругости дорожной конструкции.

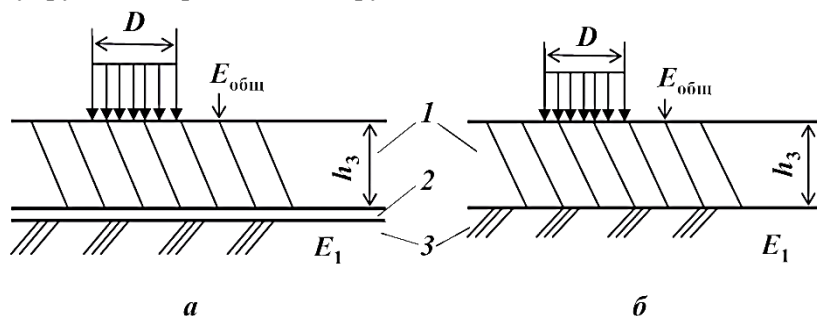


Рис. 1. Расчетные схемы для оценки влияния прослойки на модуль упругости дорожной конструкции: *a* – с прослойкой, *б* – без нее; 1 – песчано-гравийная смесь толщиной h_3 ; 2 – прослойка из сукна или сетки толщиной h_2 ; 3 – уплотненное грунтовое основание с модулем упругости E_1

Данные полевых испытаний дорожных конструкций с прослойками ОСС и без них приведены в таблице.

На основании данных таблицы установлено, что фактический общий модуль упругости дорожной одежды с прослойкой отработанного сукна увеличивается на 18...60 %, что подтверждает исследования Уи. Лоя [7], а сетки – на 7...14 % по сравнению с дорожной конструкцией без прослойки.

При применении прослойки необходимо знать работает ли дорожная конструкция в стадии упругих деформаций. Для этого был выполнен расчет дорожной одежды методом теории упругости с применением решений

Результаты определения упругого прогиба дорожных конструкций

Прослойка	$i - i_0^*$, мм	Упругая осадка, мм	Фактический общий модуль упругости дорожной одежды, МПа
Сетка № 28	0,28	0,56	296
Сетка № 30	0,30	0,60	277
Сукно SEAMEXX	0,25	0,50	332
« LR 730	0,27	0,54	307
« HYDRO PRO	0,20	0,40	415
« TEMSEAM 9604	0,20	0,40	415
« ECOMAX 2834	0,23	0,46	361
« CAPILLAPIS	0,23	0,46	361
Без прослойки	0,32	0,64	259

* Разница отсчетов по индикатору.

Р.М. Раппопорт [5] и К.К. Туроверова [6]. Для определения упругой осадки использовалось выражение

$$\omega_i = \frac{(1 + \mu) p \beta H}{E} \int_0^{\infty} \frac{F(\alpha, \eta, \mu, E)}{\alpha} I_0(\alpha \rho) I_1(\alpha \beta) d\alpha,$$

где ω_i – осадки в i -м слое, м;
 μ – коэффициент Пуассона;
 p – давление от колеса на поверхность покрытия, МПа;
 $\beta = \frac{D}{2H}$;
 D – диаметр отпечатка колеса, м;
 H – общая толщина всех слоев, м;
 E – модуль упругости;
 F – функция, зависящая от α, η, μ, E ;
 α – параметр интегрирования;
 η – расположение слоя в конструкции, в котором определяются осадки, $\eta = \frac{z}{H}$;
 r, z – координаты, м;
 $I_0(\alpha \rho)$ и $I_1(\alpha \beta)$ – функции Бесселя нулевого и первого порядков, первого рода;
 $\rho = \frac{r}{H}$.

Зная толщину всех конструктивных слоев дорожной одежды, по развернутым выражениям вычисляли осадки ω_i в каждом слое дорожной конструкции численным интегрированием. Функцию F находили из граничных условий на поверхности.

Производя расчеты осадок для дорожной конструкции без прослойки по зависимостям Р.М. Раппопорт и К.К. Туроверова, получаем:

осадка верхнего слоя покрытия $\omega_2 = 1,0$ мм;

осадка верхнего слоя грунтового основания $\omega_1 = 0,6$ мм.

Вычисленные осадки для дорожной конструкции без прослойки ОСС сопоставимы с данными, полученными опытным путем (см. таблицу).

Выполнен сравнительный анализ полученных значений осадок по зависимостям проф. М.Б. Корсунского [1]. При выводе формул проф. М.Б. Корсунским было принято, что при $z = 0$ смещения основания и верхнего слоя совпадают и на поверхности контакта основания и верхнего слоя отсутствует трение; при $z = \infty$ горизонтальные и вертикальные смещения отсутствуют, т.е. здесь не учитывается собственная вертикальная деформация верхнего слоя и влияние касательных напряжений на поверхности контакта верхнего слоя и полупространства.

Для дорожной конструкции, работающей в стадии упругих деформаций, осадки можно вычислить по зависимостям проф. М.Б. Корсунского.

По теории проф. М.Б. Корсунского вертикальные смещения

$$\omega_r = \omega_1 \left[\frac{1}{1 + \frac{1}{\pi} \left(n \operatorname{arctg} \frac{D}{h_3} \right)^2} + 0,05n \operatorname{arctg} \frac{D}{h_3} \right];$$

$$h_3 = 1,1h \sqrt[3]{\frac{E_2}{E_1}},$$

где ω_r – вертикальное смещение основания покрытия, мм;

ω_1 – вертикальное смещение по оси нагрузки, мм;

n – расстояние от оси действующей нагрузки, выраженное в долях от

радиуса загруженного круга, $n = \frac{r}{R}$;

h_3 – толщина эквивалентного слоя, м.

При $\frac{h_3}{D} < 0,5$ вертикальное смещение по оси нагрузки, что имеет место в нашем случае, определяется по формуле

$$\omega_1 = \frac{2qR}{E_1} \left[1 - \frac{2}{\pi} \operatorname{arctg} \left(\frac{h_3}{D} \right)^2 \right];$$

при $\frac{h_3}{D} \geq 0,5$

$$\omega_1 = \frac{2qR}{E_1} \left[1 - \frac{2}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{h_3}{D} \right],$$

где q – интенсивность равномерно распределенной нагрузки по площади круга радиуса R .

Производя расчеты осадок для дорожной конструкции без прослойки по зависимостям проф. М.Б. Корсунского, получаем вертикальное смещение по оси нагрузки – осадку верхнего слоя грунтового основания $\omega_1 = 0,9$ мм.

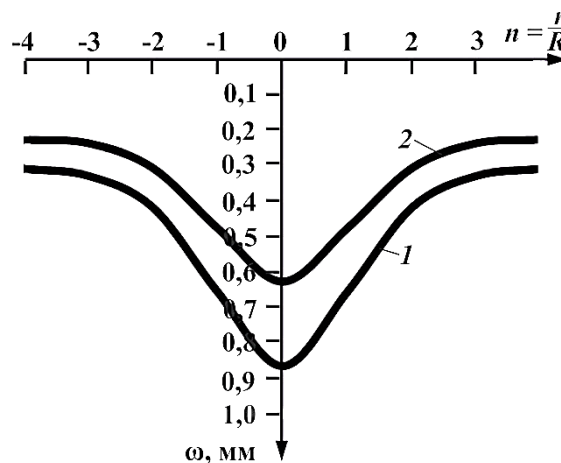
Данный приближенный метод определения вертикальных смещений дорожной одежды представлен в виде простых и доступных для практического использования формул.

На рис. 2 приведены графики зависимости осадки грунтового основания ω (мм) от $n = \frac{r}{R}$.

Здесь r – расстояние от точки приложения сосредоточенной силы до рассматриваемой точки, м;

R – радиус круга, по площади которого распределена равномерная нагрузка, м.

Рис. 2. График зависимости осадки ω от $n = \frac{r}{R}$: 1 – дорожная одежда без прослойки; 2 – с прослойкой сукна SEAMEXX



Осадки вычислены для точек, находящихся на различных расстояниях от оси действующей нагрузки: $r = R$; $r = 2R$; $r = 3R$; $r = 4R$. Каждая кривая на рис. 2 характеризует систему, обладающую определенным значением показателя $\frac{h_2}{D}$.

Таким образом, использование отработанных сукон и сеток целлюлозно-бумажного производства в дорожных конструкциях значительно повышает прочность и работоспособность лесовозных дорог. Это открывает возможность применения на вывозке автопоездов повышенной грузоподъемности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корсунский М.Б. Приближенный метод определения вертикальных смещений дорожной одежды и распределения давлений на подстилающий грунт в условиях пространственной задачи // Исследование прочности дорожных одежд: сб. науч. тр. / Госуд. всесоюз. дорож. НИИ «Союздорнии». М.: Автотрансиздат, 1959. С. 261–299.
2. ОДН 218.1.052–2002. Оценка прочности жестких дорожных одежд (взамен ВСН 52-89). М.: Минтранс РФ, 2002. 54 с.
3. Оруджова О.Н. Динамика развития сети лесовозных автомобильных дорог // Лесн. журн. 2013. № 1. С. 52–55. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Павлов А.Ф., Павлов Ф.А. Лесовозные усы с глубоким дренированием земляного полотна // Лесн. журн. 2009. № 3. С. 73–78. (Изв. высш. учеб. заведений).
5. Раппопорт Р.М. Задача Буссинеска для слоистого упругого полупространства // Науч. тр. ЛПИ. 1948. № 5. С. 19–30.
6. Туроверов К.К. К вопросу исследования напряженного и деформированного состояния упругого слоистого полупространства // Науч. тр. ЛТА. 1962. № 94. С. 87–101.
7. Loy W. Geotextilien – Einsatz textile Flacken im Erd – Wasser – und Strabenbau // Text – Prax. 1983. N 3. P. 209–211.

Поступила 18.05.11

O.N. Orudzhova

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Influence of Flexible Geotextile Layers on the Strength of Road Structure

The paper presents the method and results of rebound deflection tests for road structures with flexible geotextile layers.

Keywords: wood tracks, flexible geotextile layer, worked-out cloth and mesh (waste products of pulp and paper industry), strength, deflection, modulus of elasticity.
