

А.К. Гармаза, ассистент

**РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ДОРОЖНОЙ КОНСТРУКЦИИ
С ПРОСЛОЙКОЙ ИЗ ГЕОТЕКСТИЛЯ**

Theoretical definition bases of road geotextiles strength have been worked out.

Первой попыткой расчетов, учитывающих влияние прослоек, можно назвать мембранную модель упругого основания [1]. В начале 50-х годов прошлого столетия профессор Корсунский М.Б. разработал теорию учета влияния прослоек для нежестких дорожных одежд, имеющих незначительные деформации. При этом сами прослойки имеют весьма малое относительное удлинение при разрыве, что в практике встречается редко. Относительное удлинение современных геотекстильных материалов составляет 30–140 %.

Исследования ученых МАДИ, Гипродорнии по повышению прочности и устойчивости земляного полотна путем армирования рулонными полимерными материалами позволили рекомендовать глубину заложения материалов. Учет влияния прослоек на прочность дорожной конструкции определяется путем повышения модуля упругости грунта и снижения величины вертикальных напряжений в подстилающих слоях. Расчеты по данной методике сложны и требуют ввода ряда дополнительных ограничений по предотвращению сдвига прослоек.

В работах [2, 3] предложен приближенный метод инженерного решения работы прослоек на контакте слабого основания с насыпным слоем. Метод основан на определении допускаемой глубины колеи, образующейся под действием внешних нагрузок.

Приближенный метод Союздорнии не учитывает прочностных показателей материалов слоев, а также их соотношение, а это во многом определяет конструкцию дорожной одежды и земляного полотна.

Попытка использования классической безмоментной теории оболочек для учета влияния прослоек на прочность дорожных одежд не принесла успеха [4]. Данная теория имеет сложное построение, а из-за последующих упрощений приводит к завышенным показателям прочности дорожных конструкций, т.к. не учитывает отпор (реакцию) подстилающих прослойку грунтов.

Ввиду отсутствия достаточно обоснованной теории расчета дорожных конструкций с прослойками учеными ЦНИИМЭ предложена методика учета прослоек для лесовозных автомобильных дорог, которая основана на определении допускаемой глубины колеи [5]. Предложенную методику возможно использовать при расчетах временных лесовозных дорог.

При применении любых методов расчета дорог с прослойками необходимо учитывать прочность самой прослойки. Обследования дорог, построенных с геотекстильными прослойками, показывают, что на слабых основаниях и, особенно, на заболоченных участках происходят деформация и разрушение земляного полотна по причине разрыва материала прослойки. По этой причине важное значение имеет определение нагрузок на материал и напряжений, возникающих в нем.

Полоса геотекстиля единичной ширины рассматривается как гибкая нить, имеющая изогнутый и прямолинейный участки. На прямолинейном участке длиной b возникают силы трения, определяющие натяжение геотекстиля (рис. 1).

Давление на прослойку определяется по зависимости

$$q(x) = \gamma \cdot h + P_0(h), \quad (1)$$

где γ – удельный вес грунта; $P_0(h)$ – давление от внешней нагрузки на глубине h .

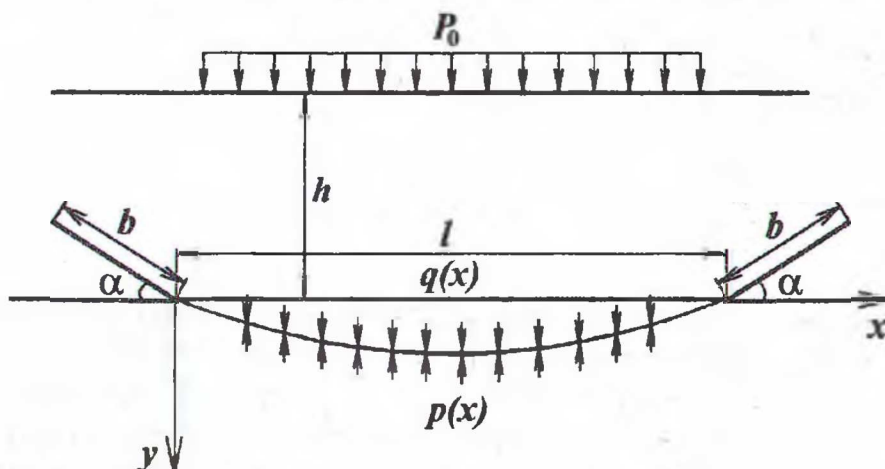


Рис. 1. Расчетная схема: h – глубина заложения геотекстиля; l – величина горизонтальной проекции изогнутой части геотекстиля; $q(x)$ – давление грунта сверху с учетом внешней нагрузки P_0

Для расчета отпора (реакции) грунта снизу используем гипотезу коэффициента постели:

$$p(x) = k \cdot y(x), \quad (2)$$

где k – коэффициент постели; $y(x)$ – прогиб нити.

Дифференциальное уравнение для нити в случае малых прогибов имеет вид

$$H \frac{d^2 y}{dx^2} + q(x) - p(x) = 0, \quad (3)$$

где $H = T \cdot \cos \alpha$ – горизонтальная проекция натяжения нити T (рис. 2).

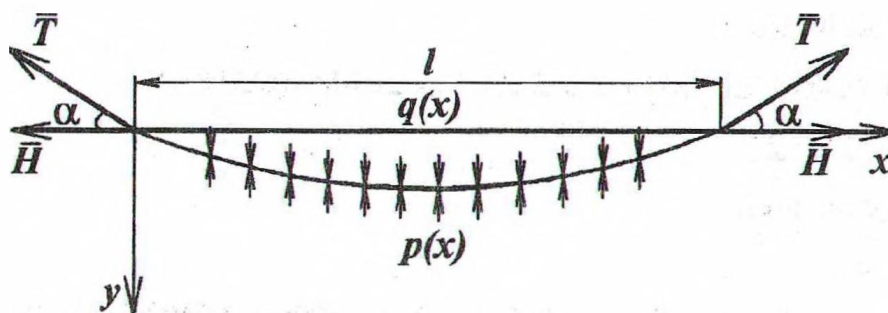


Рис. 2. Расчетная схема натяжения геотекстиля

Решив это уравнение [6], получим максимальное давление на грунт:

$$P_{\max} = q \cdot \left(1 - \operatorname{ch} 0,5l \sqrt{\frac{k}{H}} \right) + q \cdot \frac{\operatorname{ch} l \sqrt{\frac{k}{H}} - 1}{\operatorname{sh} l \sqrt{\frac{k}{H}}} \cdot \operatorname{sh} 0,5l \sqrt{\frac{k}{H}}. \quad (4)$$

Для расчета P_{\max} необходимо знать H – горизонтальную проекцию натяжения T . Для определения T рассматривалось равновесие прямоугольного участка геотекстиля длиной b с учетом сил трения [6].

В результате были получены следующие уравнения:

$$H = \frac{f_{\text{cp}} \cdot \gamma \cdot b (h - 0,5 \cdot b \cdot \sin \alpha) \cdot \sin 2\alpha}{\sin \alpha - f_{\text{н}} \cdot \cos \alpha}, \quad (5)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{q}{\sqrt{k \cdot H}} \cdot \frac{\operatorname{ch} l \sqrt{k/H} - 1}{\operatorname{sh} l \sqrt{k/H}}, \quad (6)$$

где H – горизонтальная проекция натяжения нити, м; f_{cp} – средний коэффициент трения геотекстиля о грунт; γ – удельный вес грунта, Н/м; h – глубина заложения геотекстиля, м; b – прямоугольный участок геотекстиля, м; α – угол прогиба геотекстиля; $f_{\text{н}}$ – коэффициент трения нижней части геотекстиля о грунт; q – нагрузка на геотекстиль, Н/м; k – коэффициент постели, Н/м²; l – величина горизонтальной проекции изогнутой части геотекстиля, м.

При известных q , k , l , b , h , γ , $f_{\text{н}}$, f_{cp} совместное решение уравнений (5) и (6) позволяет найти H и α .

После определения H по формуле (4) рассчитывается P_{\max} и проверяется условие прочности. Затем находится T по соотношению $T = H / \cos \alpha$, что позволяет оценить прочность геотекстиля согласно условию

$$T \leq [T], \text{ причем } [T] = [\sigma] \cdot \delta,$$

где δ – толщина материала, $[\sigma]$ – допускаемое напряжение на растяжение геотекстильного материала.

Решение системы уравнений осуществлялось с помощью пакета символьных вычислений Maple, который позволяет решать системы уравнений и выдавать ответы в символьной форме [7].

Расчет сводится к следующей схеме:

$$t := q \cdot h \cdot \tan h(l \cdot h/2)/k;$$

$$a(h) := (k \cdot (t - f_1 - f_1 \cdot t^2 + t^3) + h^2 \cdot b^2 \cdot t^2 \cdot f \cdot g)^2 - 4 \cdot h^4 (t^2 + t^4) \cdot$$

$$f^2 \cdot g^2 \cdot b^2 \cdot h^1^2;$$

$$\text{fsolve}(a, h, \text{complex});$$

$$h2 := (k/hx^2);$$

$$p := q \cdot (1 - \cosh(0.5 \cdot l \cdot hx)) + q \cdot \sinh(0.5 \cdot l \cdot hx) \cdot (\cosh(l \cdot hx) - 1) / \sinh(hx \cdot l);$$

$$t := q \cdot hx \cdot \tanh(l \cdot hx/2)/k;$$

$$t1 := h2 \cdot \sqrt{1 + t^2}.$$

В конечном итоге получаем максимальное давление на грунт и силу натяжения материала.

Данный расчет позволяет подбирать геотекстиль для устройства в качестве армирующей прослойки и оптимальную глубину заложения материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филоненко-Бородич М.М. Некоторые приближенные теории упругого основания // Ученые записки МГУ. Вып. 46. Механика. –М.: МГУ, 1940. С. 3–18.
2. Казарновский В.Д., Брантман Б.П. К расчету требуемой толщины насыпного слоя в конструкции временной дороги на слабых грунтах, включающей армирующую прослойку из СТМ // Синтетические текстильные материалы в конструкциях автомобильных дорог. Труды Союздорнии. –М., 1983. С. 25–37.
3. Синтетические текстильные материалы в транспортном строительстве / Под ред. В.Д. Казарновского. –М.: Транспорт, 1984.
4. Алексеев С.А. Основы общей теории мягких оболочек // Расчет транспортных конструкций. –М., 1966.
5. Трибунский В.М. Изолирующие прослойки лесовозных дорог. – М.: Лесная промышленность, 1986.
6. Лыщик П.А., Немцов В.Б., Гармаза А.К. Теоретические основы определения прочности дорожного геотекстиля // Труды БГТУ. Сер. лесн. и деревообр. пром-сти. 2001. Вып. IX. С. 87–95.
7. Прохоров Г.В., Леденев М.А., Колбеев В.В. Пакет символьных вычислений Maple V. –М., 2000.

УДК 625.630

Н.П. Вырко, профессор; И.И. Тумашик, ассистент; С.В. Ярмолик, ассистент

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ РАСЧЕТЕ ПРОЧНОСТИ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

In this article considered questions on deforming the road designs and calculation of toughness of unhard road cloths of forest car roads. Presented mathematical dependencies on calculation of value to remaining deformation.

При своем продольном перемещении колесо автопоезда воздействует на покрытие дорожной одежды через опорную поверхность, имеющую диаметр, равный диаметру отпечатка. Под воздействием нагрузки в слоях дорожной одежды и грунте основания возникают зоны растяжения, сжатия и сдвига. Это приводит к смещению и перераспределению грунтовых частиц друг относительно друга и последующему образованию колеи (рисунок).

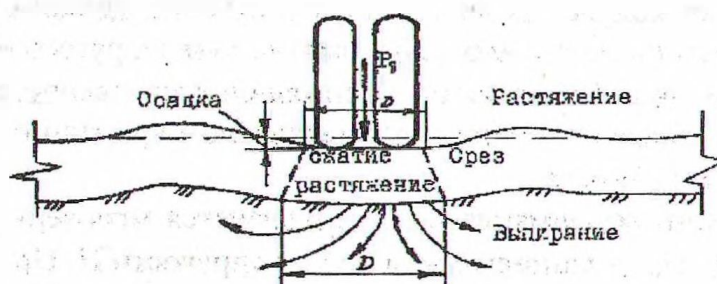


Рис. Деформация дорожной конструкции под действием нагрузки