

ской продуктивности и устойчивости и в конечном итоге – к утрате стабильности экосистем, а следовательно, к их деградации и разрушению.

При проектировании и сертификации лесозаготовительной техники, совершенствовании технологий лесозаготовительных работ необходимо учитывать ингредиентное воздействие на окружающую среду, в том числе воздействие от утечек нефтепродуктов, предусматривать технические решения по предотвращению (снижению вероятности) разливов нефтепродуктов и уменьшению их масштаба.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лесная энциклопедия. – М.: Сов. Энцикл., 1985. – Т. I. – 536 с.
2. Деградация и демутиация лесных экосистем в условиях нефтегазодобычи / С.В. Залесов, Н.А. Кряжевских, Н.Я. Купринин и др.; Урал. гос. лесотехн. университет. – Екатеринбург, 2001. – Вып. 1. – 436 с.
3. Булатов А.И., Макаренко П.П., Шеметов В.Ю. Справочник инженера-эколога нефтедобывающей промышленности по методам анализа загрязнителей окружающей среды. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 1999. – Ч. 2: Почва. – 634 с.
4. Семериков А.Ф., Завьялова Н.С. Влияние нефтяных загрязнений на изменчивость популяции канареечника тростниковидного // Экология. – 1990. – № 2. – С. 31–34.
5. Гашева М.Н., Гашев С.Н., Сароматин А.В. Состояние растительности как критерий нарушенности лесных биогеоценозов при нефтяном загрязнении // Экология. – 1990. – №2. – С. 77–78.
6. Жидков А.Н. Нормирование техногенного воздействия на леса // Лесное хозяйство. – 2000. – № 1. – С. 37–39.
7. Сергейчик А.А. Эколого-физиологическая оценка устойчивости хвойных лесобразующих пород Беларуси в техногенной среде // Леса Европейского региона – устойчивое управление и развитие: Материалы докладов Международной научно-технической конференции. – Мн.: БГТУ, 2002. – Ч. 2. – С. 112–114.
8. Сергейчик С.А., Сергейчик А.А., Сидорович А.А. Экологическая физиология хвойных пород Беларуси в техногенной среде. – Мн.: Беларуская навука, 1998. – 199 с.

УДК 625.711.84/814

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

УСИЛЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПУТЕЙ НА ОСНОВЕ РУЛОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

In this article offered way of reinforcement of design timber transport-technological ways with the help of the different sort rolled synthetic materials. Designed strategy of calculation rolled material and selecting its thickness.

Практика строительства и эксплуатации транспортно-технологических путей в лесных массивах показывает, что особые трудности возникают, когда основанием дороги служат мелкозернистые и пылеватые песчаные, а также суглинистые и глинистые грунты. Для улучшения условий проезжаемости транспортных средств по дорогам, устраиваемым на таких грунтах, необходимо как можно полнее учитывать специфику работы дорожных конструкций, принимая во внимание воздействие нагрузки от колес большегрузных лесовозных автопоездов.

Грунтовые покрытия дорожных одежд лесных транспортных путей являются наиболее уязвимыми с точки зрения зависимости от погодно-климатических факторов и воздействия подвижной нагрузки. Несмотря на то, что в последние годы значительно расширилась опорная сеть дорог, обеспечивающих круглогодичную вывозку древесины, существует проблема проезда тяжеловесных лесовозных автопоездов именно по грунтовым дорогам (усам и подъездным путям).

Для обеспечения проезжаемости лесотранспортных путей предприятия лесного комплекса, как правило, ведут отсыпку поверх дорожного полотна дополнительного слоя покрытия из дорогостоящих песчано-гравийных материалов, что экономически нецелесообразно, особенно при освоении небольших лесосек. Поэтому необходимо разрабатывать способы усиления уже существующих грунтовых оснований и покрытий, позволяющие повысить несущую способность дорог и тем самым обеспечить круглогодичную вывозку заготовленной древесины.

Однако учесть все многообразие факторов, влияющих на работоспособность дорожных конструкций, задача сложная. Поэтому она должна решаться для каждого конкретного случая в отдельности. Исследования, проведенные в этом направлении, позволили в определенной степени обосновать процессы передачи и распределения нагрузок от подвижного состава в грунтовых основаниях.

Усилению и реконструкции подвергаются уже частично разрушенные тяжелой лесной техникой лесовозные дороги. Основным признаком необходимости проведения усиления является, как правило, наличие глубоких колес, которые делают лесотранспортный путь практически неработоспособным. С целью устранения данного дефекта и усиления грунтовых путей нами разработана дорожная колесная конструкция с использованием тканого синтетического рулонного материала (полипропилена) (рис. 1).

Она представляет собой покрытие колесного типа, состоящее из тканого синтетического материала (полипропилена), внутри которого находится грунт. Поверх такой дорожной конструкции отсыпается слой износа.

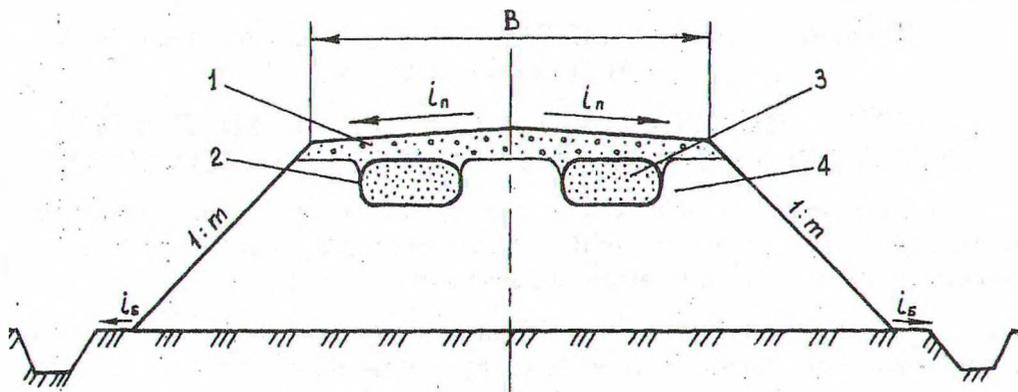


Рис. 1. Дорожная конструкция:

- 1 – оптимальная смесь или ПГС; 2 – полипропиленовая оболочка;
3 – грунт в оболочке; 4 – грунт земляного полотна

Для определения необходимой толщины материала оболочки разработана методика его расчета на прочность. При расчете оболочки могут быть два случая: 1) физико-механические характеристики грунта в оболочке и насыпи одинаковы; 2) физико-механические характеристики грунта в оболочке и насыпи разные.

Для расчета материала на прочность рассмотрим второй случай, т. к. в первом материал почти не испытывает напряжений и может разрушаться исключительно от продавливания отдельными крупными фракциями грунта.

Расчет на прочность «оболочки» для второго случая заключается в следующем. Полагаем, что соотношение между давлениями внутри p_v и вне «оболочки» p_n , а также между модулями упругости E_v и E_n грунта, заключенного в оболочку и вне ее, равны, т. е.

$$\frac{p_v}{E_v} = \frac{p_n}{E_n}. \quad (1)$$

Наибольшие напряжения в оболочке возникают в боковых точках А и В (рис. 2).

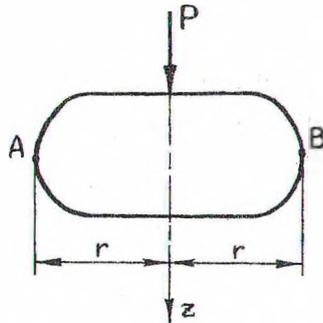


Рис. 2. Расчетная схема

Внутреннее давление грунта на материал оболочки в точках А и В определяется из решения уравнения Буссинеска. Оно равно радиальному напряжению σ_r

$$\sigma_r = \frac{p}{2\pi} \left\{ (1-2\mu) \left[\frac{1}{r^2} - \frac{Z}{r^2} (r^2 + Z^2)^{-\frac{1}{2}} \right] - 3r^2 Z (Z^2 - r^2)^{-\frac{5}{2}} \right\}, \quad (2)$$

где p – давление от колеса автомобиля на дорогу, Па; μ – коэффициент Пуассона грунта в «оболочке»; r – радиус пакета рулонного материала с грунтом, м; Z – расстояние от покрытия дороги до рассматриваемой точки, м.

При $Z = r$

$$\sigma_r = \frac{p}{2\pi} \left\{ (1-2\mu) \left[\frac{1}{r^2} - \frac{1}{r^2 \sqrt{2}} \right] - 3r^3 (2r^2)^{-\frac{5}{2}} \right\}, \quad (3)$$

или

$$\sigma_r = \frac{p}{2\pi} \left\{ (1-2\mu) \left[\frac{1}{r^2} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right) \right] - \frac{3}{4\sqrt{2}r^2} \right\}. \quad (4)$$

Тогда

$$p_B = \sigma_z = -\frac{p}{2\pi} \left(\frac{1-2\mu}{l(1+r)} - \frac{2r^3}{l^5} \right), \quad (5)$$

где l – длина пакета рулонного материала с грунтом, м.

Наружное давление определяется из уравнения (1):

$$p_H = \frac{p_B E_H}{E_B}. \quad (6)$$

Давление, передаваемое от колес подвижного состава, деформирующее пакет с грунтом, по модулю равно разности давлений внутри и вне «оболочки»:

$$\Delta p = |p_B - p_H|. \quad (7)$$

Далее расчет производится по уравнению Лапласа:

$$\frac{\sigma_m}{\rho_m} + \frac{\sigma_t}{\rho_t} = \frac{\Delta p}{\delta}, \quad (8)$$

где σ_m , σ_t – меридиональное и тангенциальное напряжения, Па; ρ_m , ρ_t – радиусы кривизны рулонного пакета в меридиональном и тангенциальном направлениях, м; δ – толщина материала «оболочки», м.

Для рулонного пакета с грунтом цилиндрической формы $\rho_t = r$; $\rho_m = \infty$, тогда

$$\frac{\sigma_t}{\rho_t} = \frac{\Delta p}{\delta}, \quad \text{или} \quad \frac{\sigma_t}{r} = \frac{\Delta p}{\delta}. \quad (9)$$

Откуда

$$\sigma_t = \frac{\Delta p r}{\delta}. \quad (10)$$

Ввиду того, что «оболочка» имеет значительно большую длину, чем сама толщина пакета, ее деформацией в меридиональном направлении ε_m можно пренебречь и считать равной нулю. Тогда, согласно обобщенному закону Гука,

$$\varepsilon_m = (\sigma_m - \mu_0 \sigma_t) / E = 0, \quad (11)$$

где E – модуль упругости материала «оболочки», Па.

Из уравнения (5) получим

$$\sigma_m = \mu_0 \sigma_t, \quad (12)$$

где μ_0 – коэффициент Пуассона материала «оболочки».

Таким образом, определены главные напряжения в «оболочке»: $\sigma_1 = \sigma_t$; $\sigma_2 = \sigma_m$; $\sigma_3 = 0$.

Согласно четвертой теории прочности, условие прочности будет следующим:

$$\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \sigma_2} \leq [\sigma], \quad (13)$$

где $[\sigma]$ – допускаемое напряжение для материала «оболочки», Па.

Были проведены исследования конструкции дорожной одежды с применением тканых рулонных материалов (полипропиленовых) в лабораторных условиях на экспериментальном стенде БГТУ.

Величина напряжений, возникающих в грунтовом основании при передаче нагрузки от спаренного колеса испытательной тележки, определялась при помощи месдоз конструкции ЦНИИСК (месдоз Баранова) с гидравлическим преобразователем. Для учета возникающих погрешностей при измерении напряжений месдозами с гидравлическим преобразователем использовалась формула

$$\frac{\sigma_e}{\sigma} = \frac{\frac{d}{D} \frac{E_{гр}}{E_m}}{\frac{\pi(1-\mu_{гр}^2)}{4} \cdot \frac{d}{h} + \frac{E_{гр}}{E_m}}, \quad (14)$$

где σ_e – разница между измеренным давлением ($\sigma_{изм}$) и действительным давлением (σ); d – диаметр измерительной мембраны, м; D – наружный диаметр мембраны, м; $E_{гр}$ – модуль упругости исследуемого грунта, Па; E_m – модуль упругости месдозы ($E_m = 13 \cdot 10^8$ Па); $\mu_{гр}$ – коэффициент Пуассона; h – высота мембраны, м.

Дорожная конструкция опытного участка включала слой покрытия толщиной 20 см из гравийного материала оптимального состава, заключенного в оболочку из синтетического тканого материала, и основания из песчаного материала. Уплотнение конструктивных слоев производилось вибротрамбовкой с последующей укаткой гладковальцовым катком до требуемой плотности.

Анализ результатов измерения сжимающих напряжений свидетельствует о хорошей распределяющей способности опытной конструкции. Область распространения напряжений колеблется от 1,4 м и уменьшается с глубиной до 0,7 м. Четко прослеживается роль усиления дорожной конструкции по методу «грунт в оболочке» в снижении напряжений в основании. В опытах с уложенной в колею полипропиленовой обоймой с грунтом напряжения в 0,55 м от поверхности сжимаемого слоя оказались на 50–60% ниже, чем в опытах без усиления.

Развитие деформаций можно охарактеризовать по степени просадки верха покрытия и возникновению повреждений. Накопление осадки покрытия происходило с увеличением числа проходов испытательной тележки. В процессе испытания дорожной конструкции измерялась глубина колеи, фиксировался характер колееобразования. На участке с тканым синтетическим материалом процесс колееобразования стабилизировался после 100 проходов тележки, на участке без усиления – глубина колеи постоянно увеличивалась.