

НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС. ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

УДК 625.711.84

Н. П. Вырко, доктор технических наук, профессор (БГТУ);
И. И. Тумашик, кандидат технических наук, доцент, заместитель декана (БГТУ);
А. С. Федькин, аспирант (БГТУ); **И. В. Березин**, магистрант (БГТУ)

УПЛОТНЕНИЕ ГРУНТОВ КАК СПОСОБ УСИЛЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ЛЕСНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В статье рассмотрен вопрос об уплотнении грунтов лесных автомобильных дорог. Приведены расчеты по определению максимальной (требуемой) плотности грунта поверхности земляного полотна. Уделено внимание усилению поверхности грунтового покрытия механическим способом. Усиление лесных дорог имеет существенное и весьма важное значение и показывает актуальность проводимых работ по уплотнению верхних слоев грунтовых дорог с целью повышения прочности и устойчивости дорожных конструкций в целом. Таким образом, усиление поверхности грунтового покрытия механическим способом (уплотнителем) должно быть выполнено так, чтобы была достигнута не только прочная, но и устойчивая структура грунта.

In the article the question of soil compaction groundwater forest roads. The calculations to determine the maximum (desired) the density of the soil surface of roadbed. Pain attention strengthening the surface of the soil covering the mechanical-sky way. Strengthening of existing forest roads is essential and very important and shows the relevance of their work on the compaction of the upper layers of dirt roads, to improve the strength and sustainability of roads constructions in general. Thus, the application of the surface soil covering, mechanical means (seal) must be fulfilled so as to attain not durable but also stable structure of the soil.

Введение. Дальнейшее развитие лесного хозяйства Беларуси требует ускоренного ввода в эксплуатацию новых производственных мощностей, особенно автомобильных лесовозных дорог. Основным направлением в строительстве лесовозных автомобильных дорог должны стать дороги круглогодичного действия, обеспечивающие постоянную и ритмичную работу лесозаготовительных предприятий.

Строительство лесовозных автомобильных дорог осуществляется в целях обеспечения транспортной доступности лесосечного фонда.

Экономическая эффективность капитальных вложений выявится в уменьшении транспортно-эксплуатационных расходов при перевозке грузов, увеличении скорости доставки, уменьшении себестоимости вывезенной древесины и увеличении объемов лесохозяйственных работ.

Улучшенная транспортная доступность создаст предпосылки для повышения экономической эффективности и в других отраслях народного хозяйства и существенно повысит культуру обслуживания лесного хозяйства.

Основная часть. Для обеспечения транспортной доступности лесосечного фонда необходимо строительство лесных автомобильных дорог различного типа и назначения. Показателем удовлетворения транспортных нужд является густота транспортной сети. В настоящее время она составляет $0,256 \text{ км/км}^2$ ($2,56 \text{ м/га}$), а для нормального ведения лесного хозяйства, устойчивого лесопользования транспортная доступность лесосечного фонда (густота дорожной сети) должна составлять $0,434 \text{ км/км}^2$ ($4,34 \text{ м/га}$) [2]. Густота транспортной сети в разрезе ПЛХО приведена в табл. 1.

Таблица 1

Расчетная густота транспортных путей

Наименование ПЛХО	Существующая густота дорог круглогодного действия		Необходимая расчетная густота дорог круглогодного действия	
	протяженность, км	густота, км/км ²	протяженность, км	густота, км/км ²
Брестское	2 125	0,242	3 867	0,441
Витебское	2 773	0,247	4 951	0,454
Гомельское	4 283	0,257	6 644	0,398
Гродненское	2 258	0,246	3 264	0,425
Минское	3 336	0,247	6 223	0,461
Могилевское	2 614	0,246	4 255	0,429
<i>Итого</i>	17 399	–	29 214	–
<i>Среднее</i>	–	0,256	–	0,434

Таким образом, для достижения густоты транспортной сети в 0,434 км/км² на площади, покрытой лесом в Республики Беларусь 8 млн. га, требуется построить около 11,8 тыс. км дорог круглогодного действия. В соответствии с Государственной программой развития лесного хозяйства Республики Беларусь на 2011–2015 годы, утвержденной Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 03.11.2010 г., № 1626, а также Программой строительства лесохозяйственных дорог в лесах Республики Беларусь в 2011–2015 годах, утвержденной Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 12.07.2010 г., намечается осуществить строительство лесохозяйственных дорог протяженностью 500 км в труднодоступных местах с учетом наличия лесосечного фонда, продуктивности насаждений, максимального грузооборота примерно 2817 тыс. м³ ежегодно.

В настоящее время в ведении учреждения Минлесхоза находится 1389 км лесохозяйственных дорог. Из этого объема 79,8% дорог требуют ремонта (474 км – текущего, 634 км – капитального). Для ремонта и содержания лесохозяйственных дорог предусматривается использование бюджетных и собственных средств ремонтно-дорожных участков в сумме 137 млрд. руб. [1].

Таким образом, усиление существующих лесных дорог имеет существенное и весьма важное значение и показывает актуальность проводимых работ по уплотнению верхних слоев грунтовых дорог с целью повышения прочности и устойчивости дорожных конструкций в целом.

Под прочностью следует понимать способность грунтов выдерживать нагрузки без нарушения их сплошности, а под устойчиво-

стью – способность грунта при внешних воздействиях изменять свое первоначальное состояние так, чтобы связанные с этим изменениями деформации не превосходили допустимые для данного инженерного сооружения.

Таким образом, усиление поверхности грунтового покрытия механическим способом (уплотнением) должно быть выполнено так, чтобы была достигнута не только прочная, но и устойчивая структура грунта. Это может быть достигнуто в том случае, если нагрузки, применяемые для уплотнения грунта, не превышают определенных пределов, при которых происходит изменение в структуре грунта, т. е. увеличивается его прочность.

Если происходит превышение данного предела – разрушается структура и, как правило, снижается прочность грунта в целом. Поэтому технологический процесс усиления поверхности грунтового покрытия должен быть построен так, чтобы в результате было достигнуто получение не только прочной, но и устойчивой структуры грунта.

Конечно, роль механических воздействий (уплотнения) при этом чрезвычайно велика, однако прочность и устойчивость структуры зависят от вида грунта и его влажности. Поэтому не для всех видов грунтов и их состояний могут быть достигнуты необходимые прочность и устойчивость. Это положение должно обязательно учитываться при усилении лесных автомобильных дорог.

Процесс уплотнения является одним из наиболее важных в дорожном строительстве, так как достигнутый коэффициент уплотнения комплексно определяет прочность и устойчивость всего сооружения к воздействию природно-климатических и эксплуатационных фак-

торов. В настоящее время неблагоприятное влияние природно-климатических факторов усиливается. Например, в последние годы участились резкие суточные колебания температуры и влажности.

В связи с возрастанием масс и скоростей движения транспортных средств динамические нагрузки на дорожную конструкцию постоянно увеличиваются.

Исследованиями профессора Н. Я. Харкуты [3] и других установлено, что в процессе уплотнения изменяются свойства материала. В настоящее время для уплотнения грунтов используются различные уплотняющие средства, а само уплотнение производят укаткой, тромбованием и вибрацией. На практике часто комбинируют средства уплотнения. Например, для глинистых грунтов эффективны укатка, тромбование, виброукатка и вибро-троембование.

Каждое уплотняющее средство обладает своим уплотняющим воздействием, в следствие чего влажность грунта, оптимальная для уплотнения его речными уплотняющими средствами, оказывается различной.

Применяемые в практике строительства уплотняющие машины, которыми в основном являются катки, обеспечивают в настоящее время проработку слоя связанных грунтов толщиной 20–25 см (при $K_y = 0,98–1,00$), несвязных 30–35 см. Экспресс-контроль плотности грунтов должен обладать достаточной точностью в указанном диапазоне изменения плотности и позволять контролировать слои грунта по толщине порядка 30–35 см.

При уплотнении грунтов стабильное равновесие между внешними и внутренними силами достигается лишь в результате многократного их приложения, при максимальной (требуемой) плотности грунта поверхности земляного полотна, т. е. грунтовой автомобильной лесовозной дороги:

$$\rho_{\max} = \rho \frac{1 - \frac{1}{W_W} (W_W - 0,11\sqrt{W_W}) \frac{W_S^*}{h_{\max}}}{1 - \frac{W_S^*}{H_0}}, \quad (1)$$

где ρ – плотность грунта в исходном состоянии, г/см³; W_W – влажность грунта, %; H_0 – толщина эквивалентного (уплотняемого) грунта, определяется по формуле

$$H_0 = \frac{1 - \mu^2}{1 - 2\mu} b\omega, \quad (2)$$

здесь μ – коэффициент Пуассона; b – ширина площадки нагружения, м; ω – коэффициент, зависящий от формы и размеров площадки загрузки, определяется по формуле

$$\omega = \frac{J}{b} \pi, \quad (3)$$

где $\frac{J}{b}$ – отношение, устанавливаемое по табл. 2.

Величина $h_{\max}$ рассчитывается по формуле

$$h_{\max} = H_0 \left\{ 1 - \frac{\rho}{(1 - W_W)\rho_S} \right\}, \quad (4)$$

где ρ_S – плотность минеральных частиц грунта, г/м³.

При уплотнении грунта многократными проходами по одному следу (повторяющиеся циклические нагрузки), в результате постепенного перехода от цикла к циклу, уменьшается как обратимая, так и необратимая части деформации (рис. 1).

Уменьшение обратимой и необратимой части деформации в процессе многократного приложения нагрузок может быть оценено изменением модулей деформации и упругости, которые увеличиваются. Происходит упрочнение грунта, т. е. сопротивляемость его внешним нагрузкам возрастает – происходит усиление поверхности грунтового покрытия.

Таблица 2

Значение отношения J/b при определении вертикальных перемещений

Отношение сторон J/b	Значение отношения J/b			
	в угловых точках прямоугольника	в центре прямоугольника	среднее перемещение	при загрузении абсолютно жестким уплотнителем
1	1,759	3,518	2,984	2,765
2	2,403	4,806	4,084	3,833
3	2,796	5,542	4,806	4,524
4	3,079	6,158	5,341	5,058
5	3,248	6,596	5,749	5,403
10	3,974	7,948	7,068	6,660



Изменение деформаций
связанного грунта оптимальной влажности:
1 – необратимой; 2 – обратимой

Заключение. Таким образом, в процессе такого упрочнения, происходящего без заметного изменения плотности, модуль упругости может повыситься в 1,5–2 раза, модуль дефор-

мации – в 2,5 раза. Упрочнение поверхности грунтового покрытия (поверхности земляного полотна), т. е. ранее уплотняемого полупространства, состоящего из связанного грунта, приводит к повышению предела прочности на 10–20% [3, 4].

Литература

1. Государственная программа развития лесного хозяйства Республики Беларусь на 2011–2015 годы / М-во лесного хоз-ва // Лесное и охотничье хозяйство. – 2010. – № 11. – С. 19–30.
2. Вырко, Н. П. Строительство и эксплуатация лесовозных дорог / Н. П. Вырко. – Минск: Выш. шк., 2005. – 446 с.
3. Харута, Н. Я. Прочность, устойчивость и уплотнение грунтов земляного полотна автомобильных дорог / Н. Я. Харута, Ю. М. Васильев. – М.: Транспорт, 1975. – 288 с.
4. Вырко, Н. П. Дорожное грунтоведение с основами механики грунтов / Н. П. Вырко, И. И. Леонovich. – Минск: Выш. шк., 1977. – 223 с.

Поступила 02.03.2011