

УДК 625.089.42

И. И. Тумашик, канд. техн. наук, доцент (БГТУ);  
Н. П. Вырко, д-р техн. наук, профессор (БГТУ);  
А. С. Федькин, аспирант (БГТУ)

## ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА И ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ ЛЕСНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В статье рассмотрены проблемы повышения прочности и устойчивости земляного полотна и дорожной одежды лесных автомобильных дорог. Проанализированы такие способы повышения прочности и устойчивости, как введение упрочняющих прослоек, применение сеточного материала, свайных элементов и использованных автомобильных покрышек. Приведены сведения о распределении грунтов по механическому составу для областей Республики Беларусь. Указан технологический способ повышения прочности земляного полотна на болотистой местности путем предварительного уплотнения и засыпки в дренажные прорези более прочного материала.

The article dwells upon the problems of increase of durability and stability of the roadbed and pavement of forest automobile roads. The methods of increasing road durability and stability, such as application of vertical layers, net materials, pile elements and automobile tyres are analyzed. The data of soil texture distribution in the republic are cited. The technological way of increasing roadbed stability in marshland by preliminary consolidation of peat and filling of sand and sandy loam in drainage slots are analyzed.

**Введение.** В настоящее время состояние лесозаготовительного производства в республике обязывает более рационально и тщательно решать дорожно-транспортные задачи. В первую очередь это касается повышения несущей способности лесных автодорог и, как следствие, повышения прочности и устойчивости земляного полотна и дорожной одежды.

Лесные машины и лесовозный автотранспорт постоянно воздействуют на дорожное покрытие, которое со временем изнашивается. Кроме этого, под влиянием погодных-климатических факторов изменяется прочность и устойчивость земляного полотна и дорожной одежды. Все вышеперечисленные факторы указывают на необходимость усиления существующих лесных автодорог, что определяет актуальность поставленной задачи.

Опорная сеть дорог, которая обеспечивает круглогодичную вывозку древесины, за последние годы расширилась. Несмотря на это, существует проблема движения тяжелых лесовозных автопоездов по лесным дорогам. Чаще дороги приходится сооружать в самых неблагоприятных условиях: как правило, на участках с низкой несущей способностью, обусловленной легким механическим составом грунтов; склонностью к пучинообразованию; неудовлетворительной водопроницаемостью и наличием избыточной влаги в естественном состоянии.

В настоящее время большинство лесных автодорог строится на слабых грунтах. Строительство таких дорог сопряжено с большими трудностями, поэтому для повышения прочности и устойчивости применяются различные инженерные решения: укрепление скелетными добавками и минеральными вяжущими, на слабых грунтах увеличение высоты насыпи или использование низкокачественной древесины.

**Основная часть.** Более 90% существующих лесных автодорог являются грунтовыми. В результате эксплуатации и постоянно возрастающих нагрузок они требуют качественного улучшения. Поэтому возникает задача по разработке способов усиления лесных автодорог, которые строятся с использованием местных низкокачественных материалов. Усиление должно производиться комплексно и учитывать не только улучшение свойств грунтов, но и совершенствование существующих дорожных конструкций.

При сооружении земляного полотна из привозного грунта (или материала) увеличивается стоимость строительства. Это также связано с увеличением расстояния подвозки дорожно-строительных материалов. И если учесть, что общие затраты на возведение земляного полотна составляют около 30% и то, что особенности лесных автодорог не позволяют предприятиям лесного комплекса республики возводить дорожные одежды с капитальными покрытиями, то это весомый довод в пользу строительства лесных автодорог из местных материалов.

Переход на местные материалы означает использование при строительстве лесных автодорог грунтов и материалов, которые обладают более низким качеством и требуют улучшения их физико-механических свойств. Существует множество способов укрепления и стабилизации дорожных конструкций. Один из них – укрепление грунтов вяжущими материалами, однако это, как правило, зачастую технически и экономически ограничено. На проведение работ влияют погодные-климатические условия, гранулометрический состав грунта, толщина укрепляемого слоя и ряд других факторов.

Таблица 1

## Распределение грунтов по механическому составу

Области Республики	Виды грунтов по механическому составу, %			
	глинистые и суглинистые	супесчаные	песчаные	торфяники
Брестская	8,7	59,0	20,0	12,3
Витебская	67,7	26,5	5,5	1,3
Гомельская	22,1	33,0	33,4	11,5
Гродненская	29,4	59,0	9,9	1,7
Минская	48,3	37,6	5,0	9,1
Могилевская	55,5	36,3	6,8	1,4
В целом по Республике	41,5	40,3	12,2	6,0

Основная масса местных грунтов представлена грунтами, в составе которых преобладают глинистые частицы. Земляное полотно, возведенное с использованием таких грунтов, подвергается интенсивному разрушению, которое обусловлено зимней миграцией влаги в местах невысоких насыпей и нулевых отметок. Но именно глинистые и суглинистые грунты слабо поддаются или практически не поддаются известным методам укрепления и стабилизации. Это особенно характерно для жирных глин с числом пластичности более 40. В то же время более 40% всей площади республики представлено глинистыми и суглинистыми грунтами, что примерно составляет 83 тыс. км<sup>2</sup>. Более чем на половине площади территорий Витебской и Могилевской областей преобладают данные виды грунтов (табл. 1).

Лесные дороги проектируются и устраиваются на местности с различными типами грунтов. Каждый грунт из приведенных выше типов обладает характерными для него физико-механическими свойствами. Поэтому необходимо учитывать специфику работы дорожных конструкций, устраиваемых на таких грунтах, с учетом воздействия нагрузок от подвижного транспорта для того, чтобы повысить их прочность и устойчивость.

В результате проведенного анализа исследований можно обозначить несколько основных направлений увеличения прочностных показателей для земляного полотна и дорожной одежды.

Многолетний опыт укрепления грунтов органическими вяжущими показывает, что свойства

укрепленного грунта в значительной степени зависят от его гранулометрического состава. Лучшие результаты получаются при укреплении супесчаных и легкосуглинистых грунтов. Наименьшую прочность имеет легкий пылеватый суглинок, что подтверждает отрицательное влияние пылеватых частиц на свойства укрепленного грунта. Кроме того, процессы структурообразования при укреплении грунтов наилучшим образом протекают только при определенном количестве воды и вяжущего в грунте. Урядом проведенных исследований было установлено, что оптимальное количество воды и вяжущего равны и составляют по 0,3 от границы текучести укрепляемого грунта. Основные характеристики наиболее распространенных типов грунтов, используемых при укреплении, приведены в табл. 2.

Опыт применения укрепленных грунтов в конструктивных слоях дорожных одежд позволил выявить как положительные, так и отрицательные их свойства. Укрепленные материалы дешевле привозных каменных, обладают более высокой пластичностью, положительно влияют на водно-тепловой режим земляного полотна и лучше, чем слои из дискретных материалов, распределяют напряжения. Вместе с тем укрепленные материалы имеют существенные недостатки, снижающие срок их службы и ограничивающие область их применения. Так, цементогрунт имеет недостаточную деформативность, повышенную хрупкость, а битумогрунт – низкую прочность и излишнюю пластичность.

Таблица 2

## Характеристики основных типов грунтов, используемых при укреплении

Грунт	Гранулометрический состав грунтов			Влажность		Число пластичности, F	Оптимальная влажность, %	Максимальная плотность, г/см <sup>3</sup>
	песчаных	пылеватых	глинистых	граница текучести, %	граница раскатывания, %			
Супесь легкая	76,0	13,7	10,3	21,7	16,6	5,1	13,2	1,85
Суглинок тяжелый	54,2	27,5	18,3	31,2	16,1	15,1	18,3	1,72
Глина песчанистая	41,3	37,1	21,6	42,1	22,0	20,1	24,7	1,58

Для устранения или частичного уменьшения этих недостатков применяются комбинированные вяжущие. На кафедре транспорта леса разработан состав комбинированного вяжущего, за основу которого взят битум марки БНД-40/60. В качестве добавок к нему используются гашеная известь и топочный мазут. Применение данных добавок позволяет уменьшить расход битума на 20–25%. Гашеная известь принята в качестве основной добавки, так как это наиболее дешевый и распространенный материал. Прочностные же характеристики грунта, укрепленного этим комбинированным вяжущим, довольно высокие. Использование данного комбинированного вяжущего позволяет оптимизировать процесс структурообразования, повысить адгезионные связи вяжущего и минеральной части материала. Добавки активных веществ в сочетании с основным вяжущим повышают водо- и морозостойкость цементогрунта, увеличивают водостойкость битумогрунта за счет сцепления пленок битума с поверхностью грунтовых частиц.

Применение добавок позволяет также снизить расход основного вяжущего без потери прочностных свойств укрепленного грунта.

В основаниях лесных дорог преобладают малосвязные и несвязные грунты. Для уменьшения разрушающих напряжений предусматривается введение вертикальных упрочняющих прослоек, при этом снижается интенсивное боковое смещение частиц и происходит армирование конструкции по вертикали.

На практике в качестве вертикальных упрочняющих прослоек могут быть использованы любые гибкие рулонные материалы, такие, как полосы геотекстиля, бывшие в употреблении транспортные ленты, отходы рубероидного производства. На кафедре транспорта леса разработана технология устройства вертикальных упрочняющих прослоек и установка для механизации проводимых работ.

Повысить прочностные свойства лесных автодорог с грунтовыми покрытиями можно путем применения сеточных материалов (рис. 1). Они укладываются непосредственно на поверхность дорожного полотна. Сетка, размещенная в местах воздействия колес на дорогу, воспринимает от них нагрузку. При этом нагрузка, попеременно воздействует как на грунтовое основание, так и на сеточный материал. Преимущества данного способа – легкость транспортировки материала к месту укладки и возможность многократного использования конструкции.

Одним из эффективных путей по повышению прочности и устойчивости лесных дорог является использование в дорожных конструкциях более прочных материалов. Прочность можно значительно повысить даже путем

использования таких малоактивных вяжущих, как молотый шлак, зола, бокситовый шлам, а введение в грунт небольшого количества извести и цемента повышает его водоустойчивость в несколько раз, при этом изменяется влажность и степень уплотнения грунта, что положительно сказывается на увеличении его прочностных характеристик.

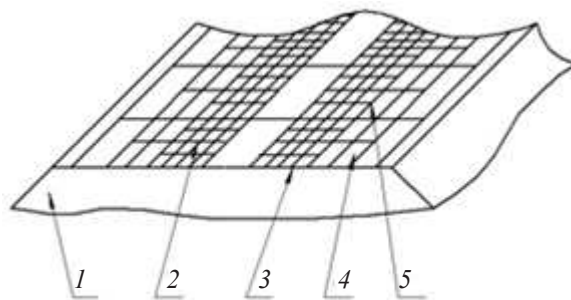


Рис. 1. Дорожная конструкция с сеточным материалом:

- 1 – грунтовое основание; 2 – сеточный материал;  
3 – анкерный элемент; 4 – большие ячейки;  
5 – малые ячейки

При освоении лесосек, расположенных в болотистой местности, лесные дороги приходится строить на торфяных основаниях, при этом все существующие технологические подходы не предусматривают предварительного уплотнения торфяных грунтов.

Эффективность работы основания может возрасти, если перед отсыпкой в дренажные прорези (рис. 2) более прочных (песчаных или супесчаных) грунтов предварительно произвести уплотнение торфа. Такое решение позволяет получить более устойчивую конструкцию земляного полотна.

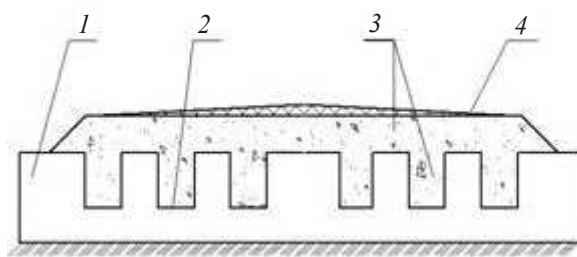


Рис. 2. Дорожная конструкция с дренажными прорезями:

- 1 – уплотненное торфяное основание;  
2 – дренажная прорезь; 3 – песчаный или супесчаный грунт; 4 – покрытие

Одним из специфических случаев эксплуатации дорожных конструкций для лесной отрасли является устройство площадок и покрытий капитального типа. Это необходимо при

устройстве покрытий из асфальто- или цементобетона. Такая конструкция представляет собой массивную монолитную плиту, которую укладывают на грунтовое основание. Покрытие в данном случае не связано с основанием. Перед укладкой покрытия в грунтовое основание забиваются свайные элементы, при этом сваи погружаются в грунт не полностью, а выступают над его поверхностью (рис. 3). Таким образом, покрытие и основание, соединенные между собой посредством арматуры, работают как одно целое.

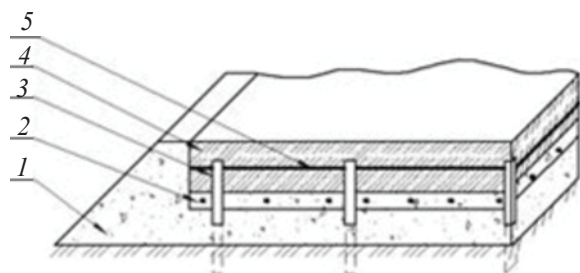


Рис. 3. Дорожная конструкция на свайных элементах:

- 1 – дорожное грунтовое основание;  
2 – подстилающий слой; 3 – свая;  
4 – покрытие; 5 – арматура

Для повышения прочности и устойчивости лесных дорог и в целях экономии материалов целесообразно использовать отходы промышленности. Одним из таких отходов являются изношенные автопокрышки, при этом может применяться полученная из них резиновая крошка. Технические решения предусматривают использование автопокрышек не только в целом виде, но и в виде их отдельных элементов (боковин, гибких лент протектора и т. д.).

Разработан способ совместного использования геосинтетических материалов и минеральных вяжущих (в частности, цемента) для повышения прочности лесных дорог, который предполагает использовать существующие колеи (без их засыпки и уплотнения), что до 30...40% позволяет снизить объем земляных работ. Разработанная дорожная конструкция представляет собой покрытие колеинового типа, в которой в качестве колесопровода служит укрепленный цементом грунт, заключенный в геосинтетическую или пленочную оболочку. Оболочка армирует колесопроводы дорожной конструкции, гасит разрушающие напряжения от подвижной нагрузки.

Цементогрунт, заключенный в оболочку из геосинтетического материала и уложенный в углубленные колеи лесотранспортного пути, в отличие от неукрепленного грунта, дает возможность получить прочное колеиное покрытие

полужесткого типа, способное без разрушений выдерживать нагрузки от большегрузных лесовозных автопоездов. Экспериментальным путем установлено, что прочность цементогрунта, заключенного в пленочную полипропиленовую оболочку, за счет улучшения влажностного режима твердения, в зависимости от типа укрепляемого грунта повышается в 1,5–2,5 раза.

**Заключение.** Предложенные способы позволяют увеличить прочность и устойчивость земляного полотна и дорожной одежды лесных дорог; существенно снизить зависимость работы лесного автотранспорта от погодных-климатических факторов и увеличивают несущую способность покрытий. Кроме вышеперечисленных способов, повышение прочности и устойчивости земляного полотна и дорожной одежды лесных дорог может быть достигнуто путем введения скелетных добавок и минеральных вяжущих. Применение таких скелетных добавок, как оптимально-грунтовая смесь, каменный отсев и фосфогипс, а также минеральных вяжущих, представленных известью и цементом, позволит более широко использовать малопригодные местные грунты. При этом, с учетом природоохранных требований, предъявляемых к дороге и материалам строительства, можно максимально улучшить прочностные показатели дорожных конструкций.

### Литература

1. Вырко, Н. П. Способы улучшения несущей способности оснований автомобильных дорог / Н. П. Вырко, М. Т. Насковец, С. В. Ярмолик // Технические вузы – республике: материалы 52-й науч.-техн. конф.: в 3 ч. – Минск, 1997. – Ч. 3. – С. 129.
2. Тумашик, И. И. Укрепление грунтовых лесотранспортных путей комбинированным вяжущим / И. И. Тумашик // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообаб. пром-сть. – 2007. – Вып. XV. – С. 88–91.
3. Тумашик, И. И. Повышение несущей способности грунтовых дорог, устроенных на связных грунтах / И. И. Тумашик // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., – Могилев, 2004. – С. 197–198.
4. Вырко, Н. П. Усиление лесных дорог геосинтетическими материалами по методу «грунт в оболочке» / Н. П. Вырко, И. И. Тумашик, А. П. Лащенко, А. М. Лось // Актуальные проблемы лесного комплекса: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Брянск, 2007. – Минск, 2007. – Вып. 18. – С. 60–63.

Поступила 01.04.2010