

УДК 625.711.17

**И. И. Тумашик, С. В. Ярмолик**

Белорусский государственный технологический университет

**ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ И СНИЖЕНИЕ СТОИМОСТИ  
ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ЛЕСНЫХ ДОРОГ ИЗ МЕСТНЫХ ГРУНТОВ**

Проведен анализ различных способов укрепления местных грунтов с целью дальнейшего их применения в строительстве лесных дорог. Определены различные добавки, повышающие прочность грунтов, укрепленных цементом. Показана эффективность использования холодных битумных эмульсий для укрепления местных грунтов. Приведена методика расчета стоимости строительства дорожной конструкции по вариантам с учетом затрат на устройство дорожной одежды и земляного полотна. Определены основные технологические мероприятия, направленные на повышение долговечности и снижение стоимости дорожных одежд при проектировании лесных дорог.

**Ключевые слова:** лесная дорога, дорожная одежда, грунт, надежность, прочность, стоимость, конструирование.

**I. I. Tumashik, S. V. Yarmolik**

Belarusian State Technological University

**INCREASE OF DURABILITY AND DEPRECIATION  
OF ROAD CLOTHES OF FOREST ROADS FROM LOCAL SOIL**

The analysis of various ways of strengthening of local soil for the purpose of further use in construction of forest roads is carried out. Various additives increasing durability of the soil strengthened by cement are defined. Efficiency of use of cold bituminous emulsions for strengthening of local soil is shown. The method of calculation of cost of construction of a road design by options taking into account costs of the device of road clothes and a road bed is given. The main technological actions directed on increase of durability and depreciation of road clothes at design of forest roads are defined.

**Key words:** forest road, road clothes, soil, reliability, durability, cost, designing.

**Введение.** Эффективность работы лесовозного автомобильного транспорта определяется наличием и качественным состоянием лесных дорог, ритмичностью работы и высокими скоростями движения лесотранспортных машин. Значительная часть заготовленной древесины вывозится по неустроенным грунтовым дорогам, состояние которых напрямую зависит от погодных-климатических условий. Это определяет крайне тяжелые условия работы дорог и их повышенный износ, вызываемый высокой интенсивностью происходящих в дорожных конструкциях деградационных процессов, что, в свою очередь, приводит к увеличению себестоимости перевозок. Поэтому достижение высоких технико-экономических показателей лесовозного автотранспорта напрямую зависит от несущей способности и долговечности дорог.

На выбор типа покрытия и всей конструкции дорожной одежды влияют различные факторы: район строительства и категория дороги, грунтовые и гидрогеологические условия строительства и эксплуатации дороги, наличие местных дорожно-строительных материалов, тип лесотранспортных средств, расчетная нагрузка, интенсивность движения и осевые нагрузки лесотранспортных средств и др. По-

этому окончательный выбор дорожной конструкции производится на основании технико-экономического обоснования.

В ряде районов Республики Беларусь строительство лесных дорог осложняется недостатком или даже полным отсутствием естественных каменных дорожно-строительных материалов. Стоимость дорожно-строительных материалов и сооружаемых из них дорожных конструкций существенно зависит от дальности транспортирования этих материалов. Поэтому одним из путей решения проблемы является использование в дорожном строительстве местных грунтов, укрепленных различными вяжущими материалами.

**Основная часть.** Во многих регионах республики распространены лишь мелкозернистые одномерные грунты. В этих условиях значительный эффект дает применение оснований из цементогрунта. Стоимость дорожной одежды при этом снижается в 2–3 раза [1, с. 116–118]. Однако для таких конструкций расход цемента составляет 8–12% от веса грунта, т. е. 200–250 т на 1 км дороги. Поэтому основной задачей в этом направлении является поиск и применение различных добавок, позволяющих снизить расход цемента и улучшить свойства цементогрунта.

Проведенные исследования в этом направлении показали, что добавки мелковолокнистых отходов асбестошиферного производства в количестве 1–2% повышают прочность цементогрунта на сжатие на 30–100%, на растяжение – до 35%, что дает возможность уменьшить расход цемента для укрепления на 20–40% [1, с. 123].

В качестве активизирующей добавки к вяжущему или даже как самостоятельное вяжущее можно использовать различные побочные продукты химической промышленности. Производство жировых продуктов, моющих средств, искусственного волокна и т. п. дает высокомолекулярные отходы с содержанием смолистых веществ, часто с определенной ионной активностью, улучшающие адгезионную способность битума. Поскольку эти отходы обладают пластифицирующими свойствами, то их добавка облегчает технологию приготовления и укладки черных смесей: снижается расход битума за счет лучшего обволакивания материала, повышается удобоукладываемость и возможно снижение температуры укладки.

В целях упрощения технологии производства работ и снижения затрат битум лучше использовать в холодном виде. Но разжижение вязкого битума легкими нефтепродуктами ухудшает его свойства. Совершенно новые технологические возможности открываются при применении битума в виде эмульсии. При обработке каменных материалов на месте способом смешивания или пропитки расход битума снижается на 20–25% с одновременным улучшением его адгезионных свойств. Для приготовления битумно-минеральных смесей на эмульсиях пригодны гравийные материалы местных месторождений, из которых невозможно получить качественные покрытия горячим способом. Холодное смешивание значительно дешевле горячего (в 2–3 раза), т. к. отсутствует необходимость в сушке и подогреве материалов. При этом холодная смесь не меняет свои свойства при длительном хранении [1, с. 163].

Разработанную конструкцию дорожной одежды, выполненной из местных укрепленных грунтов, следует считать прочной, если коэффициент прочности по допускаемому упругому прогибу будет не ниже требуемого значения  $k_{пр}$ , определенного при заданной надежности  $k_n$  [2, с. 17]. В противном случае необходимо изменить толщину слоев дорожной одежды или изменить материал какого-либо слоя, а затем вновь рассчитать откорректированную конструкцию по критериям прочности с проверкой ее морозоустойчивости. Если дорожная конструкция недостаточно морозоустойчива, то

необходимо определить требуемую толщину морозоустойчивой дорожной одежды и (или) рассмотреть вариант устройства морозозащитного слоя. Для уменьшения толщины дорожной одежды, требуемой по условию обеспечения морозоустойчивости, целесообразно предусмотреть мероприятия по регулированию водно-теплого режима земляного полотна:

– обеспечение достаточного возвышения покрытия над уровнем грунтовых и длительно стоящих поверхностных вод или над уровнем поверхности земли при необеспеченном стоке;

– понижение уровня грунтовых вод за счет устройства дренажных систем;

– устройство морозозащитных слоев из непучинистых минеральных материалов;

– устройство гидроизоляционных и капиллярпрерывающих слоев из различных материалов и др.

Стоимость строительства дорожной конструкции по вариантам и участкам включает затраты на устройство дорожной одежды  $C_{дор}$  с учетом расходов на выполнение мероприятий по регулированию водно-теплого режима и определяется по формуле [3, с. 190]

$$C_{дор} = \sum_{i=1}^n \left( C_{м.и} + C_{тр.и} + \sum_{j=1}^k C_{устр.ij} \right), \quad (1)$$

где  $C_{м.и}$  – стоимость дорожно-строительных материалов  $i$ -го слоя, млн. руб.;  $C_{тр.и}$  – стоимость транспортирования материала  $i$ -го слоя, млн. руб.;  $C_{устр.ij}$  – стоимость выполнения  $j$ -й технологической операции при устройстве  $i$ -го слоя, млн. руб.;  $n$  – количество слоев дорожной одежды;  $k$  – количество технологических операций при устройстве каждого слоя дорожной одежды.

$$C_{устр} = N_{мс} C_{мс}, \quad (2)$$

где  $N_{мс}$  – количество машино-смен при выполнении рассматриваемой технологической операции;  $C_{мс}$  – стоимость машино-смены дорожно-строительной машины, млн. руб.

Комплексное проектирование дорожной конструкции позволяет выбрать наиболее рациональные способы обеспечения прочности, надежности, долговечности и экономичности дорожной одежды.

**Заключение.** Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Стоимость строительства лесной дороги может быть существенно снижена за счет применения местных материалов. Современные технологии во многих случаях позволяют использовать местные материалы без снижения прочности и долговечности конструкций.

2. В районах, бедных каменными материалами, значительный экономический эффект дает применение грунтов, укрепленных цементом с различными добавками.

3. Весьма эффективным экономически и технологически является использование холодных битумных эмульсий для укрепления грун-

тов, т. к. они в 2–3 раза дешевле горячих смесей и длительное время сохраняют свои свойства.

4. Рациональная конструкция дорожной одежды из укрепленных местных грунтов выбирается на основании сравнения удельных приведенных затрат с учетом стоимости строительства всей дорожной конструкции.

### Литература

1. Укрепленные грунты (Свойства и применение в дорожном и аэродромном строительстве) / В. М. Безрук [и др]. М.: Транспорт, 1982. 231 с.

2. Тумашик И. И., Ярмолик С. В. Конструирование нежестких дорожных одежд лесных дорог требуемой надежности по прочности // Труды БГТУ 2015. № 2: Лесная и деревообработ. пром-сть. С. 16–20.

3. Савельев В. В., Ширнин Ю. А. Концепция технико-экономического обоснования типа и конструкции дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2003. № 5. С. 186–190.

### References

1. Bezruk V. M., Guryachkov I. L., Lukanina T. M., Agapova R. A. *Ukreplennye grunty (Svoystva i primeneniye v dorozhnom i aerodromnom stroitel'stve)* [On strengthening of soil (Properties and applications in road and airfield construction)]. Moscow, Transport Publ., 1982. 231 p.

2. Tumashik I. I., Yarmolik S. V. Construction of non-rigid pavements forest roads required reliability in strength. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2015, no. 2: Forest and Woodworking Industry, pp.16–20 (In Russian).

3. Savelyev V. V., Shirnin Y. A. The concept of a feasibility study type and design of pavements logging roads. *Vestnik MGUL – Lesnoy vestnik* [Bulletin of the MSFU – Forest Bulletin], Moscow, 2003, no. 5, pp. 186–190 (In Russian).

### Информация об авторах

**Тумашик Игорь Иванович** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры лесных дорог и организации вывозки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: tumashik@belstu.by

**Ярмолик Сергей Васильевич** – ассистент кафедры механики материалов и конструкций. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: yarmolik@belstu.by

### Information about the authors

**Tumashik Igor Ivanovich** – PhD (Engineering), Assistant Professor, Assistant Professor of the Department of Forest Roads and Timber Transportation. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic Belarus). E-mail: tumashik@belstu.by

**Yarmolik Sergey Vasilyevich** – assistant lecturer of the Department of Material and Construction Mechanics. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: yarmolik@belstu.by

Поступила 15.02.2016