

УДК 625.089.42

**И. И. Тумашик, С. В. Ярмолик**

Белорусский государственный технологический университет

**КОНСТРУИРОВАНИЕ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ЛЕСНЫХ ДОРОГ  
ТРЕБУЕМОЙ НАДЕЖНОСТИ ПО ПРОЧНОСТИ**

Определены конструктивные и технологические мероприятия, направленные на повышение надежности дорожных одежд при проектировании лесных дорог. С помощью корреляционного анализа установлена зависимость между прочностью и надежностью конструкций. В результате проведенных исследований определены значения коэффициента вариации при выборе материалов и грунтов в качестве критерия необходимой стабильности их физико-механических свойств: для предельного растяжения при изгибе монолитных слоев и для модуля упругости материалов слоев. Установлено, что для достижения назначенной при конструировании стабильности свойств материалов и толщины слоев необходимо регулярно определять фактические значения коэффициентов вариации прочностных и деформативных свойств материалов и толщины каждого слоя в процессе строительства.

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

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

Belarusian State Technological University

**CONSTRUCTION OF NONRIGID ROAD PAVEMENT OF FOREST ROADS  
WITH THE REQUIRED STRENGTH RELIABILITY**

Design and technological measures aimed at improving of road pavements reliability in the design of forest roads are defined. Dependence of durability and reliability was determined with the help of correlation analysis. The studies determined the values of the coefficient of variation in the choice of materials and soils as a criterion for the stability of their necessary physical and mechanical properties: for the ultimate flexural strength of monolithic layers and layers of elastic modulus materials. It was established that in order to achieve stability in the design of the assigned material properties and thickness of the layers it is necessary to determine the actual values of the coefficients of variation of the strength and deformation properties of materials and thickness of each layer in the construction process.

**Key words:** forest road, pavement, reliability, durability, design.

**Введение.** Снижение расходов на эксплуатацию дороги и осуществление вывозки древесины может быть достигнуто при проектировании дорожных одежд, обладающих необходимой надежностью по критериям предельного состояния. Использование подобных конструкций обусловит в течение расчетного срока службы требуемые транспортно-эксплуатационные свойства дороги и оптимальную по критерию суммарных дорожно-транспортных затрат скорость движения автомобилей [1, с. 41; 3, с. 17; 4, с. 129].

**Основная часть.** При проектировании следует назначать рациональное сочетание и вид возможных конструктивных или технологических мероприятий, направленных на повышение надежности дорожных одежд. К возможным конструктивным мероприятиям следует отнести назначение требуемой однородности физико-механических свойств материалов слоев и грунтов, повышение запаса прочности дорожных одежд. Основным же технологическим

мероприятием является соблюдение при строительстве необходимой стабильности физико-механических свойств материалов и однородности толщины слоев.

При конструировании надежных по прочности дорожных одежд следует предусматривать минимальное число слоев и применение материалов и грунтов с максимальной стабильностью физико-механических свойств [2, с. 45]. Если же используются материалы с различной стабильностью свойств, то необходимо сопоставить надежность различных вариантов. С помощью корреляционного анализа установлено, что зависимость между прочностью и надежностью конструкций характеризуется уравнением вида:

$$P = a + b \cdot k_{\text{зап}} - c \cdot k_{\text{зап}}^2,$$

где  $P$  – надежность по упругому прогибу конструкций;  $a, b, c$  – коэффициенты уравнения регрессии, определяемые по таблице;  $k_{\text{зап}}$  – коэффициент запаса прочности.

| Качество укладки по соблюдению проектной толщины слоев                              | Значение коэффициента вариации $V$ модуля упругости материалов слоев в интервале | Значения коэффициентов уравнения регрессии |       |        |
|---|--|--|-------|--------|
|   |  | $a$  | $b$   | $c$    |
| При использовании машин с автоматизированной системой контроля вертикальных отметок | 0,01–0,10  | 0,890                                      | 0,158 | –0,056 |
|   | 0,11–0,20  | 0,578                                      | 0,656 | –0,271 |
|   | 0,21–0,30  | 0,413                                      | 0,696 | –0,229 |
| Соответствующее отличной оценке по ВСН 19-81  | 0,01–0,10  | 0,909                                      | 0,113 | –0,034 |
|   | 0,11–0,20  | 0,518                                      | 0,741 | –0,299 |
|   | 0,21–0,30  | 0,330                                      | 0,878 | –0,323 |
| Удовлетворяющее требованиям СНиП III-40-78  | 0,01–0,10  | 0,914                                      | 0,01  | –0,027 |
|   | 0,11–0,20  | 0,487                                      | 0,791 | –0,319 |
|   | 0,21–0,30  | 0,335                                      | 0,861 | –0,312 |

Приведенные в таблице данные можно применять для расчета надежности многослойных дорожных одежд лесных дорог, конструируемых из материалов со стабильностью свойств, находящихся в различных интервалах (например,  $V = 0,08$  и  $V = 0,2$ ). В этом случае следует использовать значения коэффициентов уравнения регрессии, соответствующие материалу слоя с большей неоднородностью расчетных характеристик. Минимальные же значения коэффициента запаса прочности, обуславливающие в конце срока службы надежность дорожных одежд по деформациям, зависят от категории лесной дороги и стабильности модуля упругости дорожно-строительных материалов и грунтов и изменяются в диапазоне от 0,85 до 1,30. При однородности свойств материалов, оцениваемой коэффициентом вариации, не превышающим величину  $V = 0,1$ , рациональные по стоимости конструкции требуемой надежности должны обладать коэффициентом запаса прочности, находящимся в интервале 0,90–0,95. При размахе вариации характеристик свойств материалов, ограниченной величиной  $V = 0,15$ , оптимальная по стоимости конструкции величина коэффициента запаса прочности находится в интервале 0,95–1,05 и  $V = 0,20$  и  $V > 0,30$  в пределах 1,05–1,10 и более 1,3 соответственно. Результаты проведенных исследований показывают, что при использовании материалов с коэффициентом вариации свойств, превышающим 0,30, необходимую надежность дорожных одежд по упругому прогибу трудно обеспечить без существующего увеличения запаса прочности конструкций в пределах  $k_{\text{зап}} = 1,5–2,0$ . Еще больший запас прочности нужен для получения конструкций, надежных по критериям сдвигающих напряжений [3, с. 38]. В связи с этим при проектировании не следует применять материалы и грунты с неоднородностью свойств, превышающей величину  $V = 0,30$ . Нерационально также применение для одежд лесных дорог дорожно-строительных материалов с коэффициентом вариации свойств,

находящимся в интервале от 0,25 до 0,30. Использование таких материалов при конструировании дорожных одежд, обладающих надежностью  $P = 0,95–0,96$ , потребует увеличения коэффициента запаса их прочности до 1,2–1,8.

**Заключение.** На основании проведенных теоретических исследований можно сделать следующие выводы:

1) при выборе материалов и грунтов в качестве критерия необходимой стабильности их физико-механических свойств следует использовать значения коэффициента вариации, равные:

0,20 – для предельного растяжения при изгибе монолитных слоев и для модуля упругости материалов слоев;

0,15 – для параметров, определяющих сопротивление слоев сдвигу. Применение при строительстве дорог материалов с такой стабильностью свойств обеспечивает рациональное сочетание стоимости запаса прочности ( $k_{\text{зап}} = 1,02–1,16$ ) и безотказность дорожных одежд по упругому прогибу ( $P = 0,90–0,96$ ), растягивающим ( $P = 0,97–0,99$ ) и сдвигающим ( $P = 0,98–0,96$ ) напряжениям;

2) для достижения назначенной при конструировании стабильности свойств материалов и толщины слоев необходимо регулярно определять фактические значения коэффициентов вариации прочностных и деформативных свойств материалов и толщины каждого слоя в процессе строительства. В случае отклонения фактических значений коэффициентов корреляции от назначенных, необходимо своевременно применять соответствующие технологические мероприятия по повышению стабильности свойств дорожно-строительных материалов (например, за счет повышения мощности и числа проходов катков, усиленного перемешивания материалов, тщательности профилирования слоев и поверхности земляного полотна, применения машин, позволяющих обеспечить высокое качество работ по укладке слоев) [5, с. 90; 6, с. 197].

### Литература

1. Зарецкий Ю. К. Лекции по современной механике грунтов. Ростов-на-Дону: Ростовский ун-т, 1989. 608 с.
2. Драновский А. Н., Воробьев М. С. Определение параметров предела прочности разупрочняющихся грунтов при устойчивых траекториях нагружения // Основания и фундаменты в сложных инженерно-геологических условиях. Казань: КИСИ, 1983. С. 39–50.
3. Бишоп А. У. Параметры прочности при сдвиге ненарушенных и перемятых образцов грунта // Определяющие законы механики грунтов. М.: Мир, 1975. С. 7–75.
4. Вырко Н. П., Насковец М. Т., Ярмолик С. В. Способы улучшения несущей способности оснований автомобильных дорог // Технические вузы – республике: материалы 52-й науч.-техн. конф.: в 3 ч. Минск, 1997. Ч. 3. С. 129.
5. Тумашик И. И. Укрепление грунтовых лесотранспортных путей комбинированным вяжущим // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообаб. пром-сть. 2007. Вып. XV. С. 88–91.
6. Тумашик И. И. Повышение несущей способности грунтовых дорог, устроенных на связных грунтах // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 2004. С. 197–198.

### References

1. Zaretskiy Yu. K. *Lektsii po sovremennoy mekhanike gruntov* [Lectures on modern soil mechanics]. Rostov-on-Don, Rostovskiy un-t Publ., 1989. 608 p.
2. Dranovskiy A. N., Vorob'ev M. S. Defining the tensile strength softening soils with stable trajectories loading. *Osnovaniya i fundamenty v slozhnykh inzhenerno-geologicheskikh usloviyakh* [Foundations in difficult engineering-geological conditions], Kazan, KISI, 1983, pp. 39–50 (in Russian).
3. Bishop A. U. Parameters of shear strength of undisturbed soil samples and crumpled. *Opredeleyayushchie zakony mekhaniki gruntov* [Determined by the laws of soil mechanics], Moscow, Mir, 1975, pp. 7–75 (in Russian).
4. Vyrko N. P., Naskovets M. T., Yarmolik S. V. [Ways to improve the bearing capacity of the bases of highways]. *Materialy 52-y nauch.-tekhn. konf.: v 3 ch. (Tekhnicheskie vuzy – respublike)* [Materials of the 52nd Scientific and Engineering Conference: in 3 parts (Technical universities – Republic)], Minsk, 1997, p. 129 (in Russian).
5. Tumashik I. I. Strengthening groundwater forest ways combined knitting. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2007, series II, Forest and Woodworking Industry, issue XV, pp. 88–91 (in Russian).
6. Tumashik I. I. [Increasing the bearing capacity of soil roads arranged on cohesive soils]. *Materialy Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. (Materialy, oborudovanie i resursosberegayushchie tekhnologii)* [Materials of the International Scientific and Engineering Conference (Materials, equipment and resource-saving technologies)], Mogilev, 2004, pp. 197–198 (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** – Ph. D. Engineering, assistant professor, assistant professor, Department of Forest Roads and Timber Transportation. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tumashik@belstu.by

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

Поступила 23.02.2015