

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛЕСНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Л.Я. Громская¹, В.В. Артемьев¹, Д.М. Левушкин²

¹ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», 194021, г. Санкт-Петербург, Институтский переулок, д. 5

²МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

gromskaya.stl@gmail.com

Разработка технико-экономических показателей, определяющих затраты на строительство лесных автомобильных дорог, должна базироваться на основе современных экономических и инженерных расчетов. В условиях практического отсутствия производственных и плановых нормативов, роль сметных норм значительно повышается. Цель работы — оценка стоимости строительства лесных автомобильных дорог на базе сметных нормативов и расценок. В статье предлагается использовать автоматизированный расчет определения стоимости строительства земляного полотна и дорожной одежды на основе сметно-нормативной базы. Исходными данными являются природно-производственные условия и категория дороги. Расчеты объемов дорожно-строительных работ выполнены в MSExcel, а сметные расчеты в программе «Сметный калькулятор 3.3». Разработанная методика учитывает типы местности по условиям увлажнения, вид и категории грунтов по трудности разработки; технологию производства земляных работ; хозяйственный способ устройства дорожной одежды. Результатом методики являются показатели стоимости 1 км земляного полотна и дорожной одежды для лесных дорог шириной 9,0 м, 5,5 м и 5,0 м. Подтверждается влияние на стоимостные показатели таких факторов, как вид грунта земляного полотна, объемы работ, дальность транспортировки дорожно-строительных материалов и способ производства строительных работ. Существенное изменение стоимости строительства дорожной одежды происходит при наличии или отсутствии местных дорожно-строительных материалов. Полученные технико-экономические показатели необходимы для оценки экономической эффективности инвестиций в строительство лесных автомобильных дорог. Предлагаемая методика может быть использована для разработки отраслевых нормативов затрат проектно-исследовательскими организациями.

Ключевые слова: лесные дороги, строительство лесных дорог, стоимость строительства, сметный расчет

Ссылка для цитирования: Громская Л.Я., Артемьев В.В., Левушкин Д.М. Методика определения стоимости строительства лесных автомобильных дорог // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2019. Т. 23. № 1. С. 77–83. DOI: 10.18698/2542-1468-2019-1-77-83

Разработка показателей для перспективных и текущих планов должна осуществляться на основе нормативов затрат, базирующихся на экономических и инженерных расчетах. При этом недостаточно будет установление плановых заданий исходя из сложившихся изменений соответствующих данных.

Одним из наиболее проблемных мест в лесном дорожном строительстве является формирование нормативов. Нормы служат для определения капитальных затрат, себестоимости продукции и потребности материально-технических ресурсов при обосновании целесообразности создания новых или модернизации существующих лесозаготовительных предприятий, при обосновании генеральных схем транспортного освоения региона или целесообразности создания отдельных лесных дорог.

Стоимость строительства элементов автомобильных дорог определяется на основе сметно-нормативной базы [11–16]. Например, в нее входят территориальные или федеральные единичные расценки на отдельные строительные работы (ТЕР-2001, ФЕР-2001), сборники базовых и текущих средних сметных цен на материалы, из-

делия и конструкции (ССЦ, ТССЦ). При определении стоимости используют следующие методы составления смет: ресурсный; ресурсно-индексный; базисно-индексный; на основе укрупненных нормативов [11, 12]. Сметные нормы (нормативы) относятся к экономическим нормативам. Они необходимы при организации и планировании производства. Сметное ценообразование и нормы постоянно изменяются, актуальным является определение реальных затрат ресурсным методом. При отсутствии норм на новые операции и материалы продолжают использовать нормативы 1984 г., например сборники единых норм и расценок (ЕНиР) на строительные работы. Такой подход является недопустимым, поскольку эти нормы не соответствуют реальности.

При разработке плановых документов в лесной отрасли стоимостные показатели лесных дорог чаще принимаются по укрупненным данным, что не обеспечивает реальных затрат. Широкое использование автоматизированных систем позволяет быстро и точно определить показатели затрат, а на основе накопленных данных создать информационную систему стоимостных показателей.

Обзор существующих методик [1, 3–5, 8, 9, 17–24] показывает, что в настоящее время отсутствуют отдельные нормативы на строительство, ремонт и содержание лесных дорог. Существенным недостатком является использование в большинстве случаев стоимостных показателей, взятых из ОНТП 02–85 [7], с пересчетом в цены текущего года. Таким образом, продолжается использование нормативных данных 30-летней давности. В ОНТП 02-85 приводятся технико-экономические показатели, которые рассчитаны в базисных ценах 1984 г., где стоимость возведения земляного полотна рассчитана для II группы грунтов по трудности разработки и для трех категорий местности (1 — равнинная и слабопересеченная, 2 — пересеченная, 3 — холмистая и предгорная). К табличным показателям стоимости введены поправки на группу грунтов, расход песчано-гравийной смеси и др. Стоимость устройства дорожной одежды учитывает дальность подвозки строительных материалов [7].

Предлагаемая методика определения затрат на строительство лесных автомобильных дорог включает затраты на устройство земляного полотна и дорожной одежды с использованием существующей сметно-нормативной базы. Приведены рассчитанные показатели затрат на устройство 1 км земляного полотна и дорожной одежды различных вариантов в зависимости от типов местности по условиям увлажнения, категории грунтов по трудности разработки и способа производства земляных работ для лесных дорог постоянного действия.

Цель работы

Цель работы — оценка стоимости строительства лесных автомобильных дорог на базе сметных нормативов и расценок.

Расчет стоимости предлагается вести в следующей последовательности.

1. Подготовка исходных данных.
2. Расчет объемов земляных работ.
3. Расчет объемов работ по устройству дорожной одежды.
4. Автоматизированный расчет затрат на сооружение земляного полотна и дорожной одежды.

Материалы и методы

Основными исходными данными являются: 1) общие сведения — район проектирования, дорожно-климатическая зона, тип местности по условиям увлажнения, грунт земляного полотна, группа грунтов по трудности разработки; 2) данные для расчета объемов земляного полотна, в том числе средняя высота насыпи и способ производства земляных работ (бульдозером, экс-

каватором или автовозкой на заболоченной территории); 3) данные для расчета объемов работ по устройству дорожной одежды.

Все расчеты сгруппированы по 5 вариантам условий для лесных дорог при ширине земляного полотна 9,0 м, 5,5 м и 5,0 м.

В данном примере расчеты объемов работ выполнены в MSExcel. Сметный расчет выполнен в программе «Сметный калькулятор 3.3» базисно-индексным методом на основе ФЕР-2001 с пересчетом в цены III квартала 2017 г. для Ленинградской области. Были составлены локальные сметы на возведение земляного полотна и устройство дорожной одежды для каждого варианта и соответствующей ширины дороги.

Технология возведения земляного полотна принята в зависимости от грунтов и требуемой минимальной высоты насыпи. Основные операции при возведении земляного полотна: разработка грунта, планировка поверхностей, уплотнение и планировка откосов и полотна насыпи.

Устройство дорожной одежды выполняется хозяйственным способом при наличии дорожно-строительных материалов в карьере и дальности транспортировки песка до 4 км, а гравийного материала — 4 и 20 км. Основные операции при устройстве дорожной одежды: разработка дорожно-строительных материалов в карьерах, перевозка материалов, планировка площадей, уплотнение и окончательная планировка.

Результаты и обсуждение

Стоимость строительства земляного полотна и дорожной одежды представлены в табл. 1–4.

Стоимость строительства 1 км дороги приводится в табл. 5 и на рис. 1 и 2.

Полученные результаты расчетов подтверждают, что объемы земляных работ зависят, прежде всего, от вида грунта и увеличиваются с увлажненностью грунтов. Затраты на возведение земляного полотна во многом зависят от способа производства земляных работ, т. е. комплекта машин при производстве работ. Разработка грунтов экскаватором (1 и 2 варианты), экскаватором + автосамосвалом (5 вариант) дороже, чем бульдозером (3 и 4 варианты).

Затраты по устройству дорожной одежды зависят во многом от дальности транспортировки дорожно-строительных материалов и способа выполнения работ (хозяйственный или подрядный). Здесь под хозяйственным способом подразумевается наличие строительных материалов и машин у предприятия, при подрядном способе — дорожно-строительные материалы приобретаются отдельно, а строительные операции выполняются подрядной организацией.

Т а б л и ц а 1

Стоимость строительства 1 км земляного полотна в зависимости от типа местности и категории грунта по трудности разработки, руб.

The cost of construction 1 km of subgrade depending on the type of terrain and the category of soil on the difficulty of development, rub.

Ширина дороги, м	Профильный объем земляных работ, м ³					Стоимость строительства 1 км земляного полотна, руб.				
	Варианты условий					Варианты условий				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	Тип местности по увлажнению					Тип местности по увлажнению				
	1	1	2	2	3	1	1	2	2	3
	Категория грунта земляного полотна по трудности разработки					Категория грунта земляного полотна по трудности разработки				
I	I	II	II	I	I	I	II	II	I	
9,0	6171	7432	10 126	9676	15 437	347 214	393 332	193 176	192 271	1 905 713
5,5	3856	4714	6453	6407	10 292	203 752	247 959	167 476	166 570	1 266 482
5,0	3537	4337	5945	5957	9569	197 847	227 665	153 798	154 033	1 176 532

Т а б л и ц а 2

Стоимость строительства 1 км дорожной одежды с гравийным покрытием при ширине дороги 9,0 м

The cost of construction of 1 km of pavement with a gravel surface with a road width of 9.0 m

Показатели	Значение показателей				
Варианты условий	1	2	3	4	5
Тип местности по увлажнению	1	1	2	2	3
Категория грунта земляного полотна по трудности разработки	I	I	II	II	I
Расход материалов на 1 км дорожной одежды, м ³ : подстилающего слоя из песка песчано-гравийной смеси	0 2218	2218 3545	4712 3342	4712 3342	0 1637
Стоимость строительства 1 км дорожной одежды, руб., при дальности подвозки песчано-гравийного материала, км: 4,0 20,0	312 494 599 865	769 839 1 216 231	1 063 578 1 496 500	1 063 578 1 496 500	234 799 446 949

Т а б л и ц а 3

Стоимость строительства 1 км дорожной одежды с гравийным покрытием при ширине дороги 5,5 м

The cost of construction of 1 km of pavement with gravel cover with a road width of 5.5 m

Показатели	Значение показателей				
Варианты условий	1	2	3	4	5
Тип местности по увлажнению	1	1	2	2	3
Категория грунта земляного полотна по трудности разработки	I	I	II	II	I
Расход материалов на 1 км дорожной одежды, м ³ : подстилающего слоя из песка песчано-гравийной смеси	0 943	1409 943	1409 1269	1409 1269	0 943
Стоимость строительства 1 км дорожной одежды, руб., при дальности подвозки песчано-гравийного материала, км: 4,0 20,0	135 792 257 955	317 867 440 030	361 508 525 923	361 508 525 923	135 792 257 955

Таблица 4

**Стоимость строительства 1 км дорожной одежды с гравийным покрытием
при ширине дороги 5,0 м**

The cost of construction of 1 km of pavement with gravel cover with a road width of 5.0 m

Показатели	Значение показателей				
	1	2	3	4	5
Варианты условий	1	2	3	4	5
Тип местности по увлажнению	1	1	2	2	3
Категория грунта земляного полотна по трудности разработки	I	I	II	II	I
Расход материалов на 1 км дорожной одежды, м ³ : подстилающего слоя из песка песчано-гравийной смеси	0 875	1294 875	1294 926	1294 926	0 875
Стоимость строительства 1 км дорожной одежды, руб., при дальности подвозки песчано-гравийного материала, км:					
4,0	125 829	293 013	299 838	299 838	125 829
20,0	239 203	406 394	419 843	419 843	239 203

Таблица 5

**Стоимость строительства 1 км земляного полотна и дорожной одежды
в зависимости от типа местности и категории грунта по трудности разработки, руб.**

**The cost of building 1 km of roadbed and pavement, depending on the type of terrain
and the category of soil on the difficulty of development, rub.**

Показатели	Значение показателей				
	1	2	3	4	5
Варианты условий	1	2	3	4	5
Тип местности по увлажнению	1	1	2	2	3
Категория грунта земляного полотна по трудности разработки	I	I	II	II	I
Ширина дороги, м	Дальность подвозки песчано-гравийного материала 4 км				
9,0	659 708	1 163 171	1 256 754	1 255 849	2 140 512
5,5	339 544	565 826	528 984	528 078	1 402 274
5,0	323 676	520 678	453 636	453 871	1 302 361
Ширина дороги, м	Дальность подвозки песчано-гравийного материала 20 км				
9,0	947 079	1 609 563	1 689 676	1 688 771	2 352 662
5,5	461 707	687 989	693 399	692 493	1 524 437
5,0	437 050	634 059	573 641	573 876	1 415 735

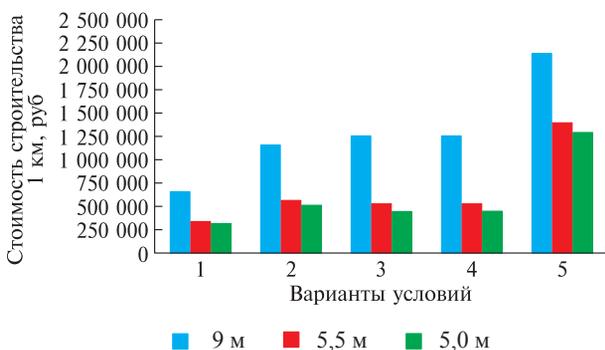


Рис. 1. Зависимость стоимости строительства 1 км дороги от типа местности и категории грунта по трудности разработки при дальности подвозки гравийного материала 4 км

Fig. 1. The dependence of the construction cost of 1 km of the road on the type of terrain and category of soil on the difficulty of development when the range of transportation of gravel material 4 km

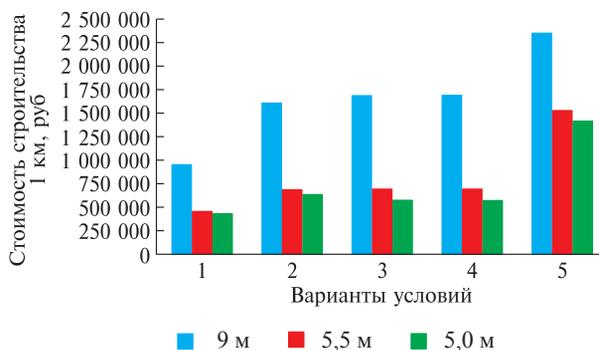


Рис. 2. Зависимость стоимости строительства 1 км дороги от типа местности и категории грунта по трудности разработки при дальности подвозки гравийного материала 20 км

Fig. 2. The dependence of the construction cost of 1 km of the road on the type of terrain and category of soil on the difficulty of developing when the range of transportation of gravel material 20 km

Полученные суммарные затраты на строительство земляного полотна и дорожной одежды варьируются от 323 676 до 2 352 662 руб., что говорит о том, что стоимость автомобильной дороги зависит от множества факторов. Полученные показатели являются минимальными, так как были приняты меньшие значения влияющих факторов.

Выводы

Предлагаемая последовательность определения затрат на строительство лесных дорог учитывает тип местности по условиям увлажнения; категорию грунтов по трудности разработки; серповидный поперечный профиль дорожной одежды; технологию производства земляных работ; хозяйственный способ устройства дорожной одежды с гравийным покрытием. Затраты на устройство земляного полотна и дорожной одежды рассчитаны по действующим сметным нормам. В методике предлагается использовать автоматизированный расчет дорожных одежд, объемов работ и сметной стоимости, что позволяет получить точные результаты за короткое время. С помощью данной методики можно сформировать информационную систему технико-экономических показателей для лесопромышленного комплекса.

Список литературы

- [1] Скрыпников А.В., Козлов В.Г., Ломакин Д.В., Логойда В.С. Методика определения влияния природных факторов на стоимость строительства земляного полотна лесовозных дорог // Современные наукоемкие технологии, 2016. № 11–2. С. 305–309.
- [2] ВСН 01–82. Инструкция по проектированию лесозаготовительных предприятий. Утверждены Приказом Минлесбумпрома СССР от 10 августа 1982 г. № 236. Ленинград: Гипролестранс, 1983. 187 с.
- [3] Иванова О.А. Повышение эффективности эксплуатации парка автопоездов при освоении территориально распределенных лесных ресурсов: дис. ... канд. техн. наук. Петрозаводск: Петрозаводский государственный университет, 2014.
- [4] Катаров В.К., Рожин Д.В., Туюнен М.В., Редозубов И.В. Расчет стоимости строительства альтернативных участков лесовозных дорог // Транспортное дело России, 2010. № 2(75). С. 106–111.
- [5] Кузнецов А.В., Иванова О.А. Методика оценки затрат на строительство и эксплуатацию лесовозных дорог // Наука и бизнес: пути развития, 2012. № 7(13). С. 83–85.
- [6] ОДН 218.046–01. Проектирование нежестких дорожных одежд. М.: Росавтодор, 2001. 61 с.
- [7] ОНТП 02–85. Общесоюзные нормы технологического проектирования лесозаготовительных предприятий. Л.: Гипролестранс, 1986. 232 с.
- [8] Решетова Е.М. Сравнение стоимости строительства автомобильных дорог в России и в странах мира // Экономика. Налоги. Право, 2015. № 4. С. 118–124.
- [9] Савельев В.В. Методика и математические модели определения стоимости строительства лесовозных автодорог // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия Лес. Экология. Природопользование. Йошкар-Ола, 2009. № 1. С. 52–58.
- [10] Салминен Э.О., Грехов Г.Ф., Тюрин Н.А. Транспорт леса. Т. 1: Сухопутный транспорт. М.: Академия, 2009. 368 с.
- [11] Составление смет в строительстве на основе сметно-нормативной базы 2001 года: практическое пособие / под общ. ред. П.В. Горячкина. М.; СПб.: ПЦЭС, 2003. 560 с.
- [12] Ардзинов В.Д., Барановская Н.И., Курочкин А.И. Сметное дело в строительстве: самоучитель. СПб.: Питер, 2017. 464 с.
- [13] МДС 81–35.2004. Методика определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации. Принята и введена в действие с 09.03.2004 г. Постановлением Госстроя России от 05.03.2004 г. № 15/1. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200035529> (дата обращения 15.10.2017).
- [14] МДС 81–36.2004. Указания по применению ФЕР–2001 на строительные и специальные строительные работы. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200036886> (дата обращения 15.10.2017).
- [15] МДС 81–28.2001. Указания по применению государственных элементных сметных норм на строительные и специальные строительные работы (ГЭСН–2001). Госстрой России, 2001. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200028969> (дата обращения 15.10.2018).
- [16] Сборник средних сметных цен на основные материалы, изделия и конструкции, применяемые в строительстве (СССЦ). СПб.: СПбГУ «Центр мониторинга и экспертизы цен». URL: <http://docs.cntd.ru/document/964800047> (дата обращения 15.10.2017).
- [17] Рожин Д.В. Обоснование комплекса ремонтно-строительных мероприятий сети лесовозных дорог лесозаготовительного района: автореф. дис. ... канд. техн. наук. ПетргУ, 2012. 21 с.
- [18] Stückelberger J.A. A weighted-graph optimization approach for automatic location of forest road networks, ETH. Zürich. Diss no. 17366, Eidgenössische Technische Hochschule ETH Zürich, Zürich, 2007. 127 p.
- [19] Stückelberger J.A., Heinimann H.R. and Burlet E.C. Modelling spatial variability in the life-cycle costs of low-volume forest roads // European Journal of Forest Research, 2006, vol. 125, p. 377–390.
- [20] Stückelberger J.A., Heinimann H.R., Chung W., Ulber M. Automatic road-networkplanning for multiple objectives // Council on Forest Engineering: Annual Conference, Coeur d'Alene / Eds. W. Chung, H.S. Han, Missoula. USA: University of Montana, 2006, pp. 233–248.
- [21] Akay A. A new methodology in designing forest roads // Turkish J. Agricul. Forest, 2004, v. 28, pp. 273–279.
- [22] Jong J.C., Schonfeld P. An Evolutionary Model for Simultaneously Optimizing Three-Dimensional Highway Alignments // Transportation Research. Part B, 2003, v. 37, pp. 107–128.
- [23] Liatsis P., Tawfik H.M. Two-Dimensional Road Shape Optimisation Using Genetic Algorithms // Mathematics and Computers in Simulation, 1999, v. 51, pp. 19–31.
- [24] Akay A.E. Minimizing Total Costs of Forest Roads with Computer-Aided Design Model // Academy Proceedings in Engineering Sciences (SADHANA), 31(5), 2006, pp. 621–633.

Сведения об авторах

Громская Любовь Яковлевна — канд. техн. наук, доцент кафедры промышленного транспорта ФГБОУ ВО СПбГЛТУ им. С.М. Кирова, gromskaya.stl@gmail.com

Артемьев Владислав Владимирович — канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры промышленного транспорта ФГБОУ ВО СПбГЛТУ им. С.М. Кирова, artemev.vladislav@gmail.com

Левушкин Дмитрий Михайлович — канд. техн. наук, доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), levushkin@mgul.ac.ru

Поступила в редакцию 28.11.2017.

Принята к публикации 16.10.2018.

METHOD OF DETERMINING FOREST ROADS CONSTRUCTION COST

L.Y. Gromskaya¹, V.V. Artemev¹, D.M. Levushkin²

¹Saint-Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov, 5, Institutskiy pereulok st., 194021, Saint-Petersburg, Russia

²BMSTU (Mytishchi branch), 1 Institutskaya st., 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

gromskaya.stl@gmail.com

The development of technical and economic indicators determining the cost of forest roads construction should be based on the modern economic and engineering calculations. In conditions of practical absence of production and planning standards, the role of estimate standards increases significantly. The aim of this scientific work is to estimate the cost of forest roads building on the basis estimate standards and prices. In this article it is offered to use the automated analysis of determining the construction cost of the earth roadbed and the pavement surfacing based on the estimate-normative base. The source data is natural-production conditions and road category. The volume of road building works calculations are executed with the help of MS Excel, and the budget estimates are made with the help of "Estimate calculator 3.3". The developed method takes into account the types of location in terms of hydration, the type and category of the soil on the difficulties of producing; production technology of excavation; economic way of pavement. The result of the method is the cost parameters of 1 km of the earth roadbed and pavement for forest roads of 5.0 m, 5.5 m and 9.0 m width. It is confirmed the influence on the cost parameter of such factors as the type of soil subgrade, the amount of work, the distance of transportation of road construction materials and method of construction works. A significant change in the cost of the pavement building is in the presence or absence of local road construction materials. Obtained technical and economic indicators are needed to assess the economic efficiency of investment in forest roads building. The proposed method can be used to develop industry standards of cost for project and research organizations.

Keywords: forest roads, construction of forest roads, cost of construction, estimate calculation

Suggested citation: Gromskaya L.Y., Artemev V.V., Levushkin D.M. *Metodika opredeleniya stoimosti stroitel'stva lesnykh avtomobil'nykh dorog* [Method of determining forest roads construction cost]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2019, vol. 23, no. 1, pp. 77–83. DOI: 10.18698/2542-1468-2019-1-77-83

References

- [1] Skrypnikov A.V., Kozlov V.G., Lomakin D.V. Logoida V.S. *Metodika opredeleniya vliyaniya prirodnih faktorov na stoimost' stroitel'stva zemlyanogo polotna lesovoznykh dorog* [Methodology for determining the influence of natural factors on the cost of building roadbeds of logging roads]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii* [Modern science-intensive technologies], 2016, no. 11–2, pp. 305–309.
- [2] VSN 01–82. *Instruktsiya po proektirovaniyu lesozagotovitel'nykh predpriyatiy*. [Manual for the design of logging enterprises] *Utverzhdeny Prikazom Minlesbumproma SSSR ot 10 avgusta 1982 g. N 236*. Leningrad: Giprolestrans, 1983, 187 p.
- [3] Ivanova O.A. *Povyshenie ehffektivnosti ehkspluatatsii parka avtopoezdov pri osvoenii territorial'no raspredelennykh lesnykh resursov*. Diss. kand. tekhn. nauk [Increasing the efficiency of operation of the fleet of road trains in the development of territorially distributed forest resources], Petrozavodsk, 2014.
- [4] Katarov V.K., Rozhin D.V., Tuyunen M.V., Redozubov I.V. *Raschet stoimosti stroitel'stva al'ternativnykh uchastkov lesovoznykh dorog* [The construction calculation for alternative sections of forest roads]. *Transportnoe delo Rossii* [Transport business of Russia] 2010, no. 2 (75), pp. 106–111.
- [5] Kuznecov A.V., Ivanova O.A. *Metodika otsenki zatrat na stroitel'stvo i ehkspluatatsiyu lesovoznykh dorog* [Method of Estimating the Cost of Construction and Operation of Logging Roads]. *Nauka i biznes: puti razvitiya* [Science and business: Development ways], 2012, no. 7 (13), pp. 83–85.
- [6] ODN 218.046–01. *Proektirovanie nezhestkiykh dorozhnykh odezhd* [Design of non-rigid pavements]. Moscow, Rosavtodor, 2001, 61 p.
- [7] ONTP 02–85. *Obshchesoynuznye normy tekhnologicheskogo proektirovaniya lesozagotovitel'nykh predpriyatiy* [All-Union norms for the technological design of logging enterprises]. Leningrad, 1986, 232 p.
- [8] Reshetova E.M. *Sravnienie stoimosti stroitel'stva avtomobil'nykh dorog v Rossii i v stranakh mira* [A Comparison of the Cost of Road Construction in Russia and Other Countries]. *Ekonomika. Nalogi. Pravo*. [Economy. taxes. law] Moscow, 2015, no. 4, pp. 118–124.

- [9] Savel'ev V.V. *Metodika i matematicheskie modeli opredeleniya stoimosti stroitel'stva lesovoznykh avtodorog* [Methodology and mathematic models for defining the cost of timber logging roads construction] Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie. [Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Forest. Ecology. Nature management]. Yoshkar-ola, 2009, no. 1, pp. 52–58.
- [10] Salminen E.O. Grekhov G.F., Tyurin N.A. *Transport lesa. T.1. Suhoputniy transport* [Transport of forest. Vol. 1. Forest land transport]. Moscow: Akademiya, 2009, 368 p.
- [11] *Sostavlenie smet v stroitel'stve na osnove smetno-normativnoy bazy 2001 goda* [Preparation of estimates in construction on the basis of the estimate and normative base of 2001]. Ed. P.V. Goryachkin. Moscow; S. Peterburg, 2003, 560 p.
- [12] Ardzinov V. D., Baranovskaya N. I., Kurochkin A. I. *Smetnoe delo v stroitel'stve Samouchitel'* [Estimated business in construction]. S. Peterburg: Piter, 2017, 464 p.
- [13] MDS 81–35.2004. *Metodika opredeleniya stoimosti stroitel'noy produkcii na territorii Rossijskoy Federacii* [Methods of determining the cost of construction products on the territory of the Russian Federation.]. Prinyata i vviedena v deystvie s 09.03.2004 g. Postanovleniem Gosstroya Rossii ot 05.03.2004 g. № 15/1. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200035529> (accessed 15.10.2017).
- [14] MDS 81–36.2004. *Ukazaniya po primeneniyu FER-2001 na stroitel'nye i special'nye stroitel'nye raboty* [Instructions for use FER-2001 for construction and special construction works]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200036886> (accessed 15.10.2017).
- [15] MDS 81–28.2001. *Ukazaniya po primeneniyu gosudarstvennykh ehlementnykh smet-nykh norm na stroitel'nye i special'nye stroitel'nye raboty (GEHSN-2001)* [Instructions on application of state element budget norms for construction and special construction works (gesn-2001)]. Gosstroy Rossii, 2001. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200028969> (accessed 15.10.2018).
- [16] *Sbornik srednih smetnykh cen na osnovnye materialy, izdeliya i konstrukcii, primenyaemye v stroitel'stve (SSSC)* [Collection of average estimated prices for basic materials, products and structures used in construction (SSSC)]. S. Peterburg: SPbGU «Centr monitoringa i ehkspertizy cen». Available at: <http://docs.cntd.ru/document/964800047> (accessed 15.10.2017).
- [17] Rozhin D.V. *Obosnovanie kompleksa remontno-stroitel'nykh meropriyatiy seti lesovoznykh dorog lesozagotovitel'nogo rayona: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk* [Justification of the Complex of Repair and Construction Projects of the Forest Roads Network in a Cutting Area. Cand. Sci. (Tech.) Diss. Abs.]. Petrozavodsk, 2012, 21 p.
- [18] Stükelberger J.A. A weighted-graph optimization approach for automatic location of forest road networks, ETH. Zürich. Diss no. 17366, Eidgenössische Technische Hochschule ETH Zürich, Zürich, 2007, 127 p.
- [19] Stükelberger J.A., Heinimann H.R. and Burlet E.C. Modelling spatial variability in the life-cycle costs of low-volume forest roads. *European J. of Forest Research*, 2006, v. 125, pp. 377–390.
- [20] Stükelberger J.A., Heinimann H.R., Chung W., Ulber M. Automatic road-networkplanning for multiple objectives. Council on Forest Engineering: Annual Conference, Coeur d'Alene / Eds. W. Chung, H.S. Han. Missoula, USA: University of Montana, 2006, pp. 233–248.
- [21] Akay A. A new methodology in designing forest roads. *Turkish J. Agricul. Forest*, 2004, v. 28, pp. 273–279.
- [22] Jong J.C., Schonfeld P. An Evolutionary Model for Simultaneously Optimizing Three-Dimensional Highway Alignments. *Transportation Research. Part B*, 2003, v. 37, pp. 107–128.
- [23] Liatsis P., Tawfik H.M. Two-Dimensional Road Shape Optimisation Using Genetic Algorithms. *Mathematics and Computers in Simulation*, 1999, v. 51, pp. 19–31.
- [24] Akay A.E. Minimizing Total Costs of Forest Roads with Computer-Aided Design Model. *Academy Proceedings in Engineering Sciences (SADHANA)*, 31(5), 2006, pp. 621–633.

Authors' information

Gromskaya Lyubov Yakovlevna — Cand. Sci. (Tech.), Associated Professor of the Department of Industrial Transport Saint-Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov, gromskaya.stl@gmail.com

Artem'yev Vladislav Vladimirovich — Cand. Sci. (Tech.), Senior Lecturer of the Department of Industrial Transport Saint-Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov, artemev.vladislav@gmail.com

Levushkin Dmitry Mikhailovich — Cand. Sci. (Tech.), Associated Professor of the BMSTU (Mytishchi branch), levushkin@mgul.ac.ru

Received 28.11.2017.

Accepted for publication 16.10.2018.