

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СЛОЖНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЕДОМСТВЕННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

доктор технических наук, доцент **В.А. Зеликов**¹

доктор технических наук, профессор **А.В. Скрыпников**²

экстерн **В.В. Самцов**²

экстерн **С.Ю. Саблин**²

экстерн **А.О. Боровлев**²

1 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»,
г. Воронеж, Российская Федерация

2 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»,
г. Воронеж, Российская Федерация

Планируя строительство лесовозной автомобильной дороги и выбирая рациональное ее положение на местности, инженер постоянно сталкивается с необходимостью учитывать особенности рельефа, климата, физико-географических процессов и явлений, поверхностных и подземных вод, грунтов, растительности, хозяйственной деятельности человека как факторов, определяющих в первую очередь стоимость затрат на строительство лесовозной автомобильной дороги. Проведенный по всем аргументам корреляционный анализ позволил установить наиболее важные характеристики компонентов географической среды, оказывающие влияние на сложность строительства лесовозной автомобильной дороги по видам затрат. Подробно рассмотрено и проанализировано состояние теоретических исследований в области строительства ведомственных автомобильных дорог. Проведенный анализ позволил наметить цели, задачи и общую методологию определения стоимости строительства автомобильных дорог в зависимости от видов работ, а также различной степени сложности дорожного строительства, ценности природных ресурсов, видовых качеств территории в районе проложения дороги. Представленные результаты и зависимости могут являться базой для определения основной стоимости строительства автомобильных дорог.

Ключевые слова: строительство автомобильных дорог, инженерно-ландшафтное районирование, ландшафт, автомобильная дорога, комплексная оценка

FACTORS INFLUENCING THE COMPLEXITY OF CONSTRUCTION OF DEPARTMENTAL MOTORWAYS

DSc (Engineering), Associate Professor **V.A. Zelikov**¹

DSc (Engineering), Professor **A.V. Skrypnikov**²

external student **V.V. Samtsov**²

external student **S.Yu. Sablin**²

external student **A.O. Borovlev**²

1 – FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov",
Voronezh, Russian Federation

2 – FSBEI HE "Voronezh State University of Engineering Technologies",
Voronezh, Russian Federation

Abstract

When planning the construction of a forest road and choosing its rational position on the ground, an engineer is constantly faced with the need to take into account the features of the relief, climate, physical and geographical processes and phenomena, surface and underground waters, soil, vegetation, and human economic activity, as factors determining the first first of all, the cost of the construction of a forest road. A correlation analysis carried out for all the arguments has made it possible to establish the most important characteristics of the components of the geographic environment that affect the complexity of constructing a timber road by cost type. The state of theoretical research in the field of construction of departmental motorways has been thoroughly reviewed and analyzed. The analysis made it possible to outline the goals, objectives and general methodology for determining the cost of building roads, depending on the type of work, as well as varying degrees of complexity of road construction, the value of natural resources, and the specific qualities of the territory in the area of the road. The presented results and dependencies may be the basis for determining the basic cost of road construction.

Keywords: road construction, engineering and landscape zoning, landscape, road, integrated assessment

Введение

Инженерно-ландшафтное районирование – это система сбора и обработки информации о природных и техногенных условиях дорожного строительства, по результатам которой производится количественная оценка степени влияния характеристик компонентов географической среды на сложность дорожного строительства, что позволяет выделить и картировать территориальные комплексы, дорожные ландшафты и микроландшафты [9, 10].

В результате инженерно-ландшафтного районирования определяются [12, 13]:

1. Сложность условий строительства автомобильной дороги;
2. Ценность сельскохозяйственных угодий и территорий различного хозяйственного использования;
3. Местоположение территориальных комплексов (дорожных ландшафтов и микроланд-

шафтов) в различной степени сложности строительства автомобильной дороги.

Материалы и методы

Линейный характер дорожного строительства вызывает необходимость изучать общие и частные особенности природных и техногенных условий строительства автомобильных дорог. На значительных по площади территориях – дорожных ландшафтах – оценивается общая характеристика природных условий и деятельности человека. На локальных территориях – дорожных микроландшафтах – оцениваются конкретные, присущие только этой территории, особенности местоположения, микроклиматов, грунтов, растительности, ценности угодий [17–22].

Таким образом, инженерная оценка природных и техногенных условий дорожного строительства осуществляется в ходе регионального и линейного районирования.

1. Теоретические положения и методы дорожного районирования изложены в работах В.М. Сиденко, В.В. Сильянова, В.К. Курьянова, Д.Н. Афоничева, К.А. Яковлева. Авторы считают, что основным методом изучения географической среды является дорожное районирование – «метод объединения однородных территорий по каким-либо признакам, которые оказывают существенное влияние на проектирование, строительство или эксплуатацию автомобильных дорог». К основным географическим комплексам авторами отнесены климат, рельеф, геология, почвы, грунтовые и поверхностные воды, растительность, роль которых зависит от целей районирования [1, 3, 4 6–8, 17–20].

Метод подсчета объема информации осуществляются по дорожно-ландшафтному профилю, на котором приводятся количественные характеристики компонентов ландшафта. На профиле по всем этим показателям определяются $x_{i\max}$ и $x_{i\min}$ значения, задается ступень неразличимости признака ε . Число признаков определяется из выражения [2]

$$K_i = \frac{x_{i\max} + x_{i\min}}{\varepsilon}. \quad (1)$$

Информационная цена признака

$$P_i = 2(K_i - 1) \quad (2)$$

При движении по профилю происходит смена значений x_i к среднему значению x_{ij} . Вероятность такого перехода [5]

$$P = \frac{1}{P_i} = \frac{1}{2(K_i - 1)} \quad (3)$$

Удельная информация при этом (в битах)

$$\Delta Y = -P_i \log 2P_i = -\frac{1}{n_i} \cdot \log 2 \frac{1}{n_i} \quad (4)$$

Максимальная информация по каждой из характеристик географической среды определяется из выражения

$$\Delta Y_{\max} = (K_i - 1) \cdot P_i \log 2P_i. \quad (5)$$

Для определения информационного различия между соседними точками на профиле по всем характеристики (N) соответствующее коли-

чество информации на шаге профиля суммируется:

$$\Delta Y_{\text{л}} = -\sum_1^n \sum_{i=1}^j P_i \log 2P_i \quad (6)$$

Приращение информации носит линейный характер и лишь весьма приближенно отражает зависимость между характеристиками ландшафта и сложностью дорожного строительства. Однако для предварительной оценки информационный метод может быть использован в дорожном районировании [11, 14–16].

Используя балльную оценку, информационный метод, не были решены поставленные задачи. Это положение заставило нас обратиться к статистике и использовать корреляционный анализ для определения, в первую очередь, роли характеристик компонентов географической среды в сложности строительства автомобильной дороги.

К исследованию привлечены статистические данные департамента автомобильных дорог республики Коми, что обеспечило возможность провести статистическую обработку средней стоимости одного километра подготовительных работ C_n , земляных работ C_z , малых искусственных сооружений $C_{и}$, морозозащитного и дренажного слоя $C_{дм}$, обстановки дороги C_o , т. е. всех тех видов работ, стоимость которых зависит от природных и техногенных факторов.

Планируя строительство ведомственной автомобильной дороги и выбирая рациональное ее положение на местности, инженер постоянно сталкивается с необходимостью учитывать особенности рельефа, климата, физико-географических процессов и явлений, поверхностных и подземных вод, грунтов, растительности, хозяйственной деятельности человека как факторов, определяющих, в первую очередь, стоимость затрат на строительство автомобильной дороги.

Общая удельная стоимость (C_y) строительства дороги по видам затрат может быть представлена следующим выражением:

$$C_y = C_n + C_z + C_{и} + C_{дм} + C_{до} + C_o + C_c + C_p + C_{np}, \quad (7)$$

$$C_y = /c_0^n + \Delta C_n / + / c_0^3 + \Delta C_3 / c_0^u + \\ + \Delta C_u / + / c_0^{\Delta M} + \Delta C_{\Delta M} / + / c_0^o + \Delta C_{\Delta o} + \\ + / c_0^c + \Delta C_c / + C_p + C_{np}$$

где удельная стоимость, соответственно:

C_n – подготовительных работ;

C_3 – земляного полотна;

C_u – малых искусственных сооружений;

$C_{\Delta M}$ – морозозащитного и дренирующего слоя;

$C_{\Delta o}$ – дорожной одежды;

C_o – обстановки дороги;

C_c – зданий и сооружений дорожной и автотранспортной службы;

C_p – рекультивации земель;

C_{np} – прочих работ и затрат;

$c_0^n, c_0^3, c_0^u, c_0^{\Delta M}, c_0^o, c_0^c$ – основная стоимость строительства дороги, не зависящая от природных и техногенных факторов;

$\Delta C_n, \Delta C_3, \Delta C_u, \Delta C_{\Delta M}, \Delta C_{\Delta o}, \Delta C_c$ – удорожание, обусловленное природными и техногенными характеристиками географической среды.

Роль и влияние природных и техногенных факторов на сложность строительства автомобильной дороги выявлялись в функции от нижеперечисленных в табл. 1 характеристик географической среды, выступающих как аргументы.

Проведенный по всем аргументам корреляционный анализ позволил установить наиболее важные характеристики компонентов географической среды, оказывающие влияние на сложность строительства лесовозной автомобильной дороги по видам затрат:

$$C_n, C_3, C_u, C_{\Delta M}, C_o, C_c.$$

Результаты корреляционного анализа в виде корреляционных отношений приводятся в табл. 1.

Указанные в таблице обозначения «С.о.» следует читать как «связь отсутствует».

По результатам проведенного корреляционного анализа выражение (7) можно записать:

$$C_y = /c_0^n + \Delta C_{nn} / + / c_0^3 + \Delta C_{3p} + \Delta C_{hp} + \Delta C_{\Delta M} / + / c_0^u + \\ + \Delta C_{up} + \Delta C_{hp} / + / c_0^o + \Delta C_{no} / + / c_0^{\Delta M} + \Delta C_{\Delta M} / + C_c + C_{\Delta o} + \\ + C_p + C_{np}, \quad (8)$$

где удорожание обусловлено:

ΔC_{nn} – плотностью населения;

ΔC_{3p} – ритмом рельефа;

ΔC_{hp} – средней глубиной расчленения рельефа;

$\Delta C_{\Delta M}$ – характеристикой эрозионных проявлений;

$\Delta C_{\Delta o}$ – видом грунта;

Таблица 1

Корреляционные отношения

Характеристики географической среды	Виды затрат				
	C_n	C_3	C_u	$C_{\Delta M}$	C_o
Ритм рельефа	-	0,70	0,66	-	-
Глубина расчленения	-	0,61	0,45	-	-
Родная эрозия	-	0,12	С.о.	-	-
Вид грунта	-	С.о.	С.о.	0,78	-
Плотность населения	0,43	С.о.	С.о.	С.о.	0,43

(собственные разработки)

$c_0^n, c_0^3, c_0^u, c_0^{\Delta M}, c_0^o$ – основная стоимость строительства соответственно подготовительных работ, земляного полотна, искусственных сооружений, морозозащитного и дренирующего слоя, обстановки дороги, не зависящая от природных и техногенных факторов;

$C_{\Delta o}$ – удельная стоимость дорожной одежды;

C_c – удельная стоимость зданий и сооружений дорожной и автотранспортной службы;

C_p – удельная стоимость рекультивации земель;

C_{np} – удельная стоимость прочих работ и затрат.

Изменения затрат по видам работ в зависимости от изменения количественных показателей аргументов исследовались с помощью регрес-

сионного анализа. На рис. 1-7 представлены графики, характеризующие изменения стоимости затрат по видам работ в зависимости от характеристик рельефа, водной эрозии, видов грунтов, плотности населения.

Результаты и обсуждение

Подбор эмпирических формул, отражающих форму связи между исследуемыми зависимостями, выполнен с использованием современных информационных технологий. В результате обработки получены следующие результаты.

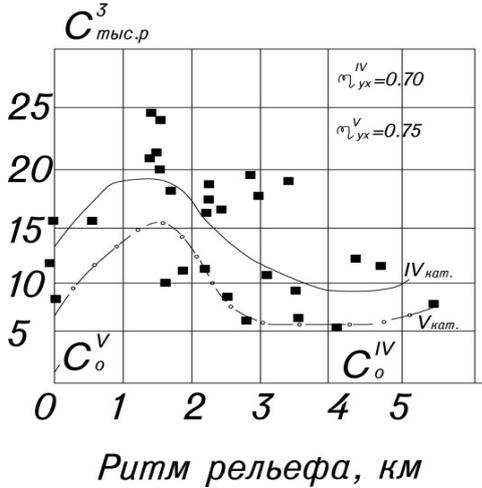


Рис. 1. Изменения стоимости земельного полотна в зависимости от ритма рельефа (собственные разработки)

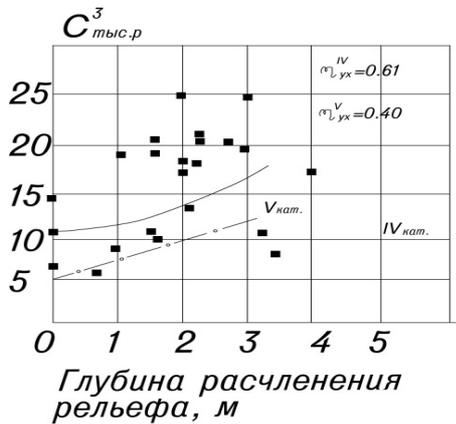


Рис. 2. Изменения стоимости земельного полотна в зависимости от средней глубины расчленения рельефа (собственные разработки)

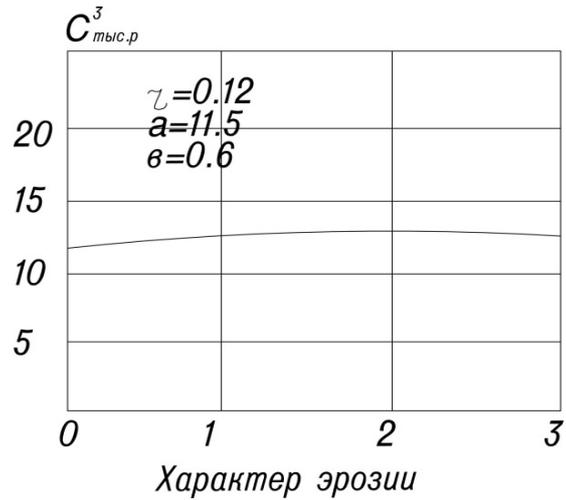


Рис. 3. Изменение стоимости земельного полотна в зависимости от характеристик эрозионного проявления (собственные разработки)

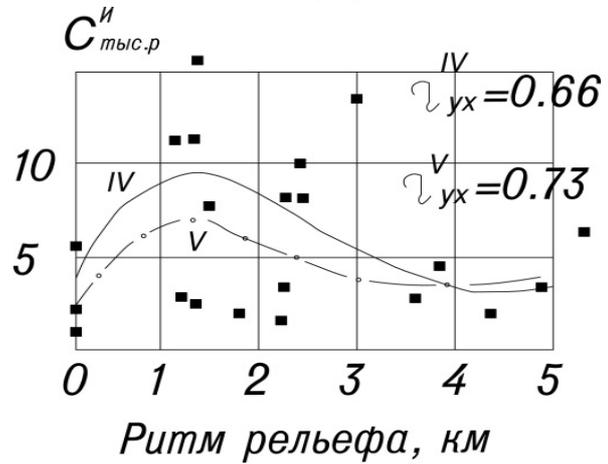


Рис. 4. Изменение стоимости малых и искусственных сооружений в зависимости от ритма рельефа (собственные разработки)

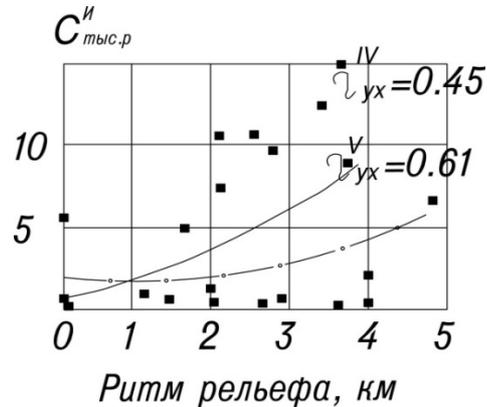


Рис. 5. Изменения стоимости искусственных сооружений в зависимости от среды глубины расчленения рельефа (собственные разработки)

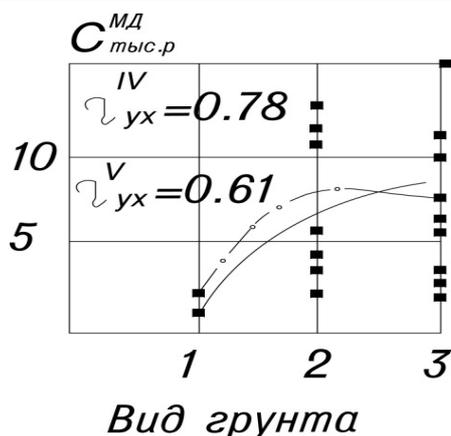


Рис. 6. Изменения стоимости морозозащитного и дренирующего слоя в зависимости от вида грунта (собственные разработки)

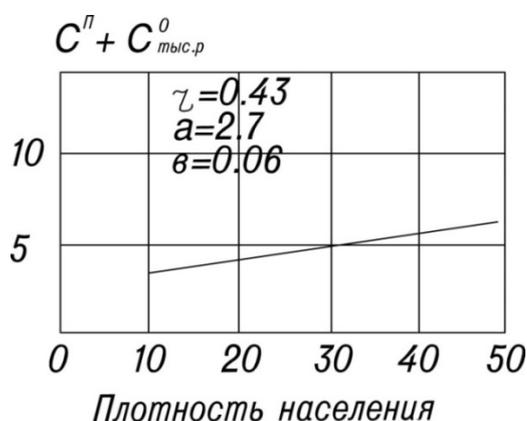


Рис. 7. Изменения стоимости подготовительных работ и обстановки дороги в зависимости от плотности населения (собственные разработки)

Выводы

Используя графики зависимости (рис. 1-7), представляется возможным определить основную (C_o) стоимость строительства одного километра дороги по видам работ. Например, стоимость строительства земляного полотна автомобильной дороги зависит от ритма рельефа, глубины расчленения, характера эрозионных проявлений; C_o^z – по графику зависимости $C_3 = f(\varepsilon p)$.

Определенная таким образом основная стоимость строительства автомобильной дороги является минимально необходимой для осуществления строительства и принята как «эталон», характеризующий наиболее благоприятные природные и техногенные условия.

Изменение одной или нескольких характеристик географической среды повлечет за собой приращение стоимости, которое рассматривается как показатель сложности дорожного строительства.

Библиографический список

1. Автоматизированное проектирование лесовозной дороги / А. Ю. Арутюнян [и др.] // Автоматизация. Современные технологии. – 2016. – № 6. – С. 38–41.
2. Методика определения влияния природных факторов на стоимость строительства земляного полотна лесовозных дорог / Д. В. Бурмистров [и др.] // Системы. Методы. Технологии. – 2016. – № 2 (30). – С. 179–184.
3. Гусев, Ю. В. Проектирование структуры информационного обеспечения лесовозного автомобильного транспорта / Ю. В. Гусев // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2016. – № 217. – С. 131–141.
4. Комплексные экспериментальные исследования изменения параметров и характеристик дорожных условий, транспортных потоков и режимов движения под влиянием климата и погоды / Ю. А. Зеликова [и др.] // Лесотехнический журнал. – 2018. – Т. 8. – № 2 (30). – С. 156–168. – DOI: 10.12737/article_5b240611858af4.37544962.
5. Исследования по использованию укрепленных грунтов, местных материалов и отходов промышленности для строительства дорожных одежд лесовозных дорог / А. А. Камусин [и др.]. – Saint-Louis, Missouri, USA: Science and Innovation Center Publishing House, 2017. – 184 с.

6. Козлов, В. Г. Методы, модели и алгоритмы проектирования лесовозных автомобильных дорог с учетом влияния климата и погоды на условия движения : специальность 05.21.01 «Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства» : дис. ... д-ра техн. наук : защищена 28.11.2017 / Козлов Вячеслав Геннадиевич. – Архангельск : САФУ, 2017. – 406 с.

7. Влияние погодно-климатических факторов на системы комплекса «водитель – автомобиль – дорога – среда» / В. Г. Козлов [и др.] // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2019. – № 1. – С. 30–36.

8. Кондрашова, Е. В. Алгоритм поиска оптимального транспортного плана с оптимизацией вывозки лесопродукции / Е. В. Кондрашова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2011. – № 9. – С. 34–41.

9. Котляров, Р. Н. Теоретическое обоснование условий безопасности движения лесовозных автопоездов в автомобильных потоках / Р. Н. Котляров // Лесотехнический журнал. – 2011. – № 2. – С. 41–44.

10. Методологическое обоснование особенностей проектирования трассы по методу опорных элементов / В. С. Логойда [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 12-1. – С. 62–68.

11. Ломакин, Д. В. Оценка влияния на скорость движения постоянных параметров плана и профиля при различных состояниях поверхности дороги / Д. В. Ломакин, Е. Ю. Микова // Лесной вестник. – 2017. – Т. 21. – № 6. – С. 43–49. – DOI: 10.18698/2542-1468-2017-6-43-49.

12. Ломакин, Д. В. Применение экономико-математических методов для определения областей использования видов покрытий / Д. В. Ломакин, Е. Ю. Микова // Лесной вестник. – 2017. – Т. 21. – № 5. – С. 23–32. – DOI: 10.18698/2542-1468-2017-5-23-32.

13. Меркулов, С. Н. Энергосберегающие технологии проектирования автомобильных дорог / С. Н. Меркулов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2008. – Т. 2. – № 2. – С. 174–180.

14. Рябова, О. В. Воздействие автодорожного комплекса на окружающую среду: состояние и прогноз / О. В. Рябова // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Матер. межрегион. науч.-практ. конференции «Высокие технологии в экологии». – 2010. – № 1. – С. 170–174.

15. Рябова, О. В. Проектирование энергосберегающих конструкций автомобильных дорог / О. В. Рябова // Информационные технологии моделирования и управления. – 2008. – № 1 (44). – С. 106–113.

16. Сиденко, В. М. Технология строительства автомобильных дорог. Ч. 2. Технология строительства дорожных одежд / В. М. Сиденко, О. Т. Батраков, А. И. Леушин. – Киев : Вища школа, 1970. – 230 с.

17. Chernyshova, E. V. Mathematical modeling of damage function when attacking file server / E. V. Chernyshova, R. V. Mogutnov, D. M. Levushkin // Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – № 1015 (3). – DOI: 10.1088/1742-6596/1015/3/032069.

18. Gulevsky, V. A. Method of individual forecasting of technical state of logging machines / V. A. Gulevsky, V. S. Logoyda, A. S. Menzhulova // Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – № 327 (4). – DOI: 10.1088/1757-899X/327/4/042056.

19. Development of the method for individual forecasting of technical state of logging machines / V. S. Logoyda, P. V. Tikhomirov, V. A. Zelikov [et al.] // International Journal of Engineering and Advanced Technology. – 2019. – № 8 (5). – P. 2178–2183.

20. Dorokhin, S. V. Mathematical model of statistical identification of car transport informational provision / S. V. Dorokhin, E. V. Chernyshova // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2017. – Vol. 12. – № 2. – P. 511–515.

21. Enhancing quality of road pavements through adhesion improvement / S. I. Sushkov, I. N. Kruchinin, I. V. Grigorev [et al.] // Journal of the Balkan Tribological Association. – 2019. – № 25 (3). – P. 678–694.

22. Афоничев, Д. Н. Совершенствование расчета объемов земляных работ в системе автоматизированного проектирования автомобильных дорог / Д. Н. Афоничев ; Воронежская государственная лесотехническая академия. – Воронеж, 2007. – 117 с. – Деп. в ВИНТИ 26.02.2008, № 164-B2008.

References

1. Arutyunyan A.Yu. (et al.) (2016) Avtomatizirovannoye proyektirovaniye lesovoznoy dorogi. *Avtomatizatsiya. Sovremennyye tekhnologii*, № 6, pp. 38-41 (in Russian).
2. Burmistrov D.V. (et al.) (2016) Metodika opredeleniya vliyaniya prirodnykh faktorov na stoimost' stroitel'stva zemlyanogo polotna lesovoznykh dorog. *Sistemy. Metody. Tekhnologii*, № 2 (30), pp. 179-184 (in Russian).
3. Gusev Yu.V. (2016) Proyektirovaniye struktury informatsionnogo obespecheniya lesovoznogo avtomobil'nogo transporta. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii*, № 217, pp. 131-141 (in Russian).
4. Zelikova Yu.A. (et al.) (2018) Kompleksnyye eksperimental'nyye issledovaniya izmeneniy parametrov i kharakteristik dorozhnykh usloviy, transportnykh potokov i rezhimov pod vliyaniem klimata i pogody. *Lesotekhnicheskyy zhurnal* [Forestry Engineering Journal], Vol. 8, No. 2 (30), pp. 156-168 (in Russian). DOI: 10.12737/article_5b240611858af4.37544962.
5. Kamusin A.A. [et al.] *Issledovaniya po ispol'zovaniyu ukreplennykh gruntov, mestnykh materialov i otkhodov*. Sent-Luis, shtat Missuri, SSHA: Nauchno-innovatsionnyy tsentr, izdatel'skiy dom, 2017, 184 p. (in Russian).
6. Kozlov V.G. *Metody, modeli i algoritmy proyektirovaniya lesovoznykh avtomobil'nykh dorog: dis. ... d-ra tekhn. nauk*. Arkhangel'sk: SAFU, 2017, 406 p. (in Russian).
7. Kozlov V.G. (et al.) (2019) Vliyaniye pogodno-klimaticheskikh faktorov na sistemu kompleksa "voditel' - avtomobil' - doroga - sreda". *Transport. Transportnyye sooruzheniya. Ekologiya*, № 1, pp. 30-36 (in Russian).
8. Kondrashova E.V. (2011) Algoritm poiska optimal'nogo transportnogo plana s optimizatsiyey vyvozki lesoproduktsii. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, № 9, pp. 34-41 (in Russian).
9. Kotlyarov R.N. (2011) Teoreticheskoye obosnovaniye usloviy bezopasnosti dvizheniya lesovoznykh avtopoyezdov v avtomobil'nykh potokakh. *Lesotekhnicheskyy zhurnal* [Forestry Engineering Journal], Vol. 1, No. 2, pp. 41-44 (in Russian).
10. Logoyda V.S. (et al.) (2016) Metodologicheskoye obosnovaniye proyektirovaniya trassy po metodu opornykh elementov. *Fundamental'nyye issledovaniya*, № 12-1, pp. 62-68 (in Russian).
11. Lomakin D.V., Mikova E.Yu. (2017) Otsenka vliyaniya na skorost' dvizheniya postoyannykh parametrov plana i profilya pri razlichnykh sostoyaniyakh poverkhnosti dorogi. *Lesnoy vestnik*, Vol. 21, № 6, pp. 43-49 (in Russian). DOI: 10.18698/2542-1468-2017-6-43-49.
12. Lomakin D.V., Mikova E.Yu. (2017) Primeneniye ekonomiko-matematicheskikh metodov dlya opredeleniya ispol'zovaniya vidov pokrytiya. *Lesnoy vestnik*, Vol. 21, № 5, pp. 23-32 (in Russian). DOI: 10.18698/2542-1468-2017-5-23-32.
13. Merkulov S.N. (2008) Energoberegayushchiye tekhnologii proyektirovaniya avtomobil'nykh dorog. *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo*. Vol. 2, № 2, pp. 174-180 (in Russian).
14. Ryabova O.V. (2010) Vozdeystviye avtodorozhnogo kompleksa na okruzhayushchuyu sredu: sostoyaniye i prognoz. *Nauchnyy vestnik Voronezhskogo GASU. Materialy mezhregional. nauch.-prakt. konf. "Vysokiyte tekhnologii v ekologiyi"*, № 1, pp. 170-174 (in Russian).
15. Ryabova O.V. (2008) Proyektirovaniye energoberegayushchikh konstruksiy avtomobil'nykh dorog. *Informatsionnyye tekhnologii modelirovaniya i upravleniya*, № 1 (44), pp. 106-113 (in Russian).
16. Sidenko V.M., Batrakov O.T., Leushin A.I. *Tekhnologiya stroitel'stva avtomobil'nykh dorog. Ch. 2. Tekhnologiya stroitel'stva dorozhnykh odezhd*. Kiev: Vishcha shkola, 1970, 230 p. (in Russian).
17. Chernyshova E.V., Mogutnov R.V., Levushkin D.M. (2018) Mathematical modeling of damage function when attacking file server. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series. № 1015 (3). DOI: 10.1088/1742-6596/1015/3/032069.

18. Gulevsky V.A., Logoyda V.S., Menzhulova A.S. (2018) Method of individual forecasting of technical state of logging machines. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. № 327 (4). DOI: 10.1088/1757-899X/327/4/042056.

19. Logoyda V.S., Tikhomirov P.V., Zelikov V.A. (et al.) (2019) Development of the method for individual forecasting of technical state of logging machines. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*. № 8 (5), pp. 2178-2183.

20. Dorokhin S.V., Chernyshova E.V. (2017) Mathematical model of statistical identification of car transport informational provision. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 12, № 2, pp. 511-515.

21. Sushkov S.I., Kruchinin I.N., Grigorev I.V. (et al.) (2019) Enhancing quality of road pavements through adhesion improvement. *Journal of the Balkan Tribological Association*, № 25 (3), pp. 678-694.

22. Afonichev D.N. *Sovershenstvovaniye rascheta ob'yemov zemlyanykh robot v sisteme avtomatizirovannogo proyektirovaniya avtomobil'nykh dorog*. Voronezh, 2007. 117 s. Dep. v VINITI 26.02.2008, № 164-V2008 (in Russian).

Сведения об авторах

Зеликов Владимир Анатольевич – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой организации перевозок и безопасности движения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: zelikov-vrn@mail.ru.

Скрыпников Алексей Васильевич – доктор технических наук, профессор, декан факультета управления и информатики в технологических системах ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: skrypnikovvsafe@mail.ru.

Самцов Вадим Викторович – экстерн кафедры информационной безопасности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж, Российская Федерация, e-mail: samcovVV@mail.ru.

Саблин Сергей Юрьевич – экстерн кафедры информационной безопасности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж, Российская Федерация, e-mail: sablinSYu@mail.ru.

Боровлев Антон Олегович – экстерн кафедры информационной безопасности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж, Российская Федерация, e-mail: borovlevAOI@mail.ru.

Information about authors

Zelikov Vladimir Anatolyevich – DSc (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Organization of Transportation and Traffic Safety, FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", Voronezh, Russian Federation; e-mail: zelikov-vrn@mail.ru.

Skrypnikov Aleksey Vasilyevich – DSc (Engineering), Professor, FSBEI HE "Voronezh State University of Engineering Technologies", Voronezh, Russian Federation; e-mail: skrypnikovvsafe@mail.ru.

Samtsov Vadim Viktorovich – external student, Department of Information Security, FSBEI HE "Voronezh State University of Engineering Technologies", Voronezh, Russian Federation; e-mail: samcovVV@mail.ru.

Sablin Sergey Yuryevich – external student, Department of Information Security, FSBEI HE "Voronezh State University of Engineering Technologies", Voronezh, Russian Federation; e-mail: sablinSYu@mail.ru.

Borovlev Anton Olegovich – external student, Department of Information Security, FSBEI HE "Voronezh State University of Engineering Technologies", Voronezh, Russian Federation; e-mail: borovlevAOI@mail.ru.