

ОЦЕНКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА В РАЙОНЕ ПРЕДПОЛАГАЕМОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ЛЕСОВОЗНОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

доктор технических наук, доцент **В.А. Зеликов**¹
кандидат технических наук, доцент **П.В. Тихомиров**²
кандидат технических наук, доцент **В.В. Никитин**³
студент **А.А. Скрыпников**⁴
аспирант **В.В. Самцов**⁴
аспирант **М.А. Бурдаков**¹

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

2 – ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет»,
г. Брянск, Российская Федерация

3 – ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)», г. Москва, Российская Федерация

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

На современном этапе развития нашей страны, при широком использовании инновационных методик, для решения сложных задач необходимо проводить комплексную оценку. Представленная статья содержит доказательств необходимости проведения комплексной оценки природных и техногенных условий строительства лесовозной автомобильной дороги. Разработанная методика комплексной оценки позволяет значительно упростить процесс выбора рационального местоположения трассы и исключить интуитивный подход к решению данной задачи. При проведении комплексной оценки на картосхемах наносится трасса проектируемой лесовозной дороги, проводится оценка природных условий и хозяйственной деятельности человека в районе изысканий. Предложенная методика позволяет легко и последовательно проанализировать особенности природных и техногенных условий в районе строительства лесовозной автомобильной дороги. Анализ основных компонентов ландшафтов позволяет сделать выводы об условиях увлажнения, высоте снежного покрова, количестве дней в году с метелями, рельефе района проложения лесовозной автомобильной дороги, физико-геологических явлениях, характеристиках грунтовых условий, характеристиках плотности населения, расположении уникальных природных комплексов и итоговом показателе сложности условий дорожного строительства. Показатель сложности строительства лесовозной автомобильной дороги отражает степень влияния природных условий, хозяйственной деятельности человека и ценность территорий. Представленная в статье методика помогает определить рациональное местоположение трассы лесовозной автомобильной дороги, оценивая влияние природных условий и хозяйственной деятельности человека на локальных территориях – микроландшафтах, каждый из которых представляет собой природный комплекс с различной сложностью условий дорожного строительства и ценностью земельных угодий. Предложенная комплексная оценка позволяет сравнивать микроландшафты по сложности дорожного строительства и находить территории, наиболее благоприятные для проложения лесовозной автомобильной дороги. Лесовозная автомобильная дорога, проложенная в пределах микроландшафтов, имеющих минимальный показатель сложности, будет отвечать экономическим и природоохранным требованиям. Минимальное значение итогового показателя характеризует микроландшафт с наиболее благоприятными условиями строительства лесовозной автомобильной дороги. Максимальное значение итогового показателя сложности характеризует микроландшафты с наиболее неблагоприятными условиями строительства лесовозной автомобильной дороги. При выборе варианта проложения трассы лесовозной автомобильной дороги срав-

нение предлагается производить по средневзвешенному показателю сложности дорожного строительства, средневзвешенному показателю ценности занимаемых земель и средневзвешенному итоговому показателю сложности дорожного строительства. Показатели сложности строительства лесовозной автомобильной позволяют в каждом дорожном ландшафте определять стоимость строительства по основным видам затрат. В рассматриваемой статье для оценки степени ландшафтного проложения лесовозной автомобильной дороги предложен ряд показателей, с помощью которых можно количественно охарактеризовать результаты трассирования. Представленная в статье методика позволяет осуществить выбор рационального местоположения трассы лесовозной автомобильной дороги.

Ключевые слова: лесовозная автомобильная дорога, комплексная оценка, природные и техногенные условия строительства, рациональное местоположение трассы, микроландшафт, средневзвешенный показатель сложности дорожного строительства, средневзвешенный показатель ценности занимаемых земель, средневзвешенный итоговый показатель сложности дорожного строительства, показатели трассирования, стоимость

EVALUATION OF HUMAN NATURAL CONDITIONS AND ECONOMIC ACTIVITIES IN THE AREA OF PROPOSED CONSTRUCTION OF A TRUCK HAUL ROAD

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

PhD (Engineering), Associate Professor **P.V. Tikhomirov**²

PhD (Engineering), Associate Professor **V.V. Nikitin**³

student **A. A. Skrypnikov**⁴

post-graduate student **V.V. Samtsov**⁴

post-graduate student **M.A. Burdakov**¹

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

2 – FSBEI HE "Bryansk State Technological University of Engineering", Bryansk, Russian Federation

3 – FSBEI HE "Bauman Moscow State Technical University", Moscow, Russian Federation

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

Abstract

At the present stage of development of our country with the widespread use of innovative methods, it is necessary to conduct a comprehensive assessment in order to solve complex problems. The presented article contains evidence of the need for a comprehensive assessment of the natural and man-made conditions for the construction of logging road. The developed methodology for integrated assessment can significantly simplify the process of choosing a rational location of the route and eliminate the intuitive approach to solving this problem. When conducting a comprehensive assessment, the route of the designed logging road is plotted on the cartographic diagrams, and the environmental conditions and human economic activities in the survey area are assessed. The proposed technique allows you to easily and consistently analyze the features of natural and technogenic conditions in the area of logging road construction. An analysis of the main components of the landscapes enables to draw conclusions about the conditions of humidification, the height of the snow cover, the number of days in a year with snowstorms, the relief of the area where the forest road was laid, physical and geological phenomena, characteristics of soil conditions, characteristics of population density, the location of unique natural complexes and the total complexity of road construction conditions. The complexity indicator for the logging road construction reflects the degree of influence of natural conditions, human economic activity and the value of the territories. The methodology presented in the article helps to determine the rational location of the forest road route by assessing the impact of natural conditions and human economic activity on local territories - micro-landscapes, each of which is a natural complex with varying complexity of road construction conditions and land value. The proposed comprehensive assessment enables to compare microlandscapes by the complexity of road construction and find the areas most favorable for logging road construction. A forest road constructed within micro-landscapes with a minimum complexity will meet economic and en-

vironmental requirements. The minimum value of the final indicator characterizes the micro landscape with the most favorable conditions for logging road construction. The maximum value of the final complexity indicator characterizes micro-landscapes with the most unfavorable conditions for the construction of a logging road. When choosing the option of laying the route of a forest road, a comparison is proposed to be made according to the weighted average indicator of the complexity of road construction, the average weighted indicator of the value of occupied land and the average weighted total indicator of the complexity of road construction. Indicators of the complexity of logging road construction make it possible to determine the cost of construction by the main types of costs for every road landscape. In this article a number of indicators have been proposed to assess the degree of landscape lying of logging road. These indicators can be used to quantitatively characterize the results of tracing. The methodology presented in the article makes it possible to choose a rational location of the forest road route.

Keywords: truck haul road, comprehensive assessment, natural and technological conditions of construction, rational location of the route, microlandscape, average weighted indicator of the complexity of road construction, average weighted indicator of the value of occupied land, average weighted total indicator of the complexity of road construction, tracing indicators, cost

Для оценки природных условий и хозяйственной деятельности человека в районе предполагаемого строительства лесовозной автомобильной дороги на картосхемах наносится трасса проектируемой дороги и проводится оценка природных условий и хозяйственной деятельности человека в районе изысканий [1, 2].

Данная методика позволяет легко и последовательно проанализировать особенности природных и техногенных условий в районе строительства и, опираясь на эти данные, разработать основные рекомендации по проектированию инженерного сооружения.

Для оценки природных условий и хозяйственной деятельности человека в районе проложения лесовозной автомобильной дороги используются карты-схемы, отражающие пространственное распределение и количественные характеристики компонентов ландшафта на территории.

Анализ основных компонентов ландшафтов, таких как климат, рельеф, неблагоприятные физико-геологические процессы, грунты, хозяйственная деятельность человека, позволяют сделать выводы о природных и техногенных условиях района строительства.

Опыт оценки природных условий и хозяйственной деятельности человека с помощью набора специальных картосхем компонентов географической среды позволяет сделать следующие выводы:

1. Региональное районирование исключает элемент недооценки природных и техногенных

характеристик компонентов ландшафта при проектировании лесовозных автомобильных дорог.

2. Акцентирует внимание проектировщиков и изыскателей на наиболее сложных и неблагоприятных природных процессах и явлениях.

3. Экономит время и средства на сбор и обработку исходных данных о характеристиках климата, рельефа, геологических условиях, хозяйственной деятельности человека, статистическую разработку многолетних наблюдений за высотой снегового покрова, влажностью грунтов открытого поля и др.

4. Значительно сокращает объем пояснительной записки, а самое важное, улучшает ее содержание.

Решения, связанные с выбором рационального проложения трассы лесовозной автомобильной дороги, рассматриваются и в процессе проведения подобных технических изысканий. Определяя местоположение трассы лесовозной автомобильной дороги, инженер сталкивается с необходимостью оценивать влияние природных условий и хозяйственной деятельности человека на локальных территориях – микроландшафтах, каждый из которых представляет собой природный (изученный хозяйственной деятельностью) комплекс с различной сложностью условий дорожного строительства и ценностью земельных угодий.

Комплексная оценка природных и техногенных условий строительства лесовозной автомобильной дороги позволяет значительно упростить

процесс выбора рационального местоположения трассы и исключить интуитивный подход к решению этой важнейшей задачи.

В практике могут встретиться два случая:

1. Наиболее благоприятный – имеется региональное районирование и по району изысканий крупномасштабные картографические материалы, аэрофотосъемка с применением беспилотных летательных аппаратов (1:25000; 1:10000);

2. Региональное районирование и картографический материал отсутствуют.

В первом случае для построения структурных моделей микроландшафтов используются материалы регионального районирования для определения основных характеристик географической среды. Рельеф изучается и оценивается по картографическому материалу.

Во втором случае характеристики рельефа, растительность, почвогрунты, хозяйственная деятельность человека определяются в ходе рекогносцировочных работ по воздушной линии между опорными точками трассы.

Для определения рационального проложения трассы лесовозной автомобильной дороги необходимо исследовать природные условия на локальных территориях по проведению, близкому к воздушной линии между контрольными точками, определенными заданием на проектирование [3, 4].

Оценка природных условий проводится в ходе линейного дорожно-ландшафтного районирования методом построения дорожно-ландшафтного профиля [5, 6].

Материалы для линейного районирования:

1. Ситуационный план района изысканий в М – 1:10000;

2. Продольный профиль по ранее намеченному варианту;

3. Рекогносцировочные исследования грунтово-геологических условий в районе строительства.

Ценность земель определена по данным экспертной оценки, исполненной применительно к специфике сельскохозяйственных угодий и природных комплексов на территории.

Основные характеристики компонентов микроландшафтов и показатели ценности земель в

районе проложения лесовозной автомобильной дороги приводятся в графах 1-9 дорожно-ландшафтного профиля.

Итоговый показатель сложности определяется по формуле

$$P_{ит} = ((P_{рк}^{п+0} + P_0^{п+0}) + (P_{rp}^3 + P_{hp}^3 + P_{3B}^3 + P_0^3)) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 + (P_{rp}^и + P_{hp}^и + P_0^и) + (P_{BГ}^{МД} + \frac{P_0^{МД}}{K_y} + P_0^C) \cdot K_{цт} \cdot K_K. \quad (1)$$

Сложность строительства лесовозной автомобильной дороги определена на участках, границами которых являются высота снегового покрова, возможности снеготаносов, наличие и глубина болот, тип местности по условиям увлажнения, вид грунта.

Каждый из таких участков является микроландшафтом, которому присущи характерные особенности.

Показатели сложности определены по видам затрат и представлены в графах 10-16 дорожно-ландшафтного профиля.

В графе 16 приводится итоговый показатель сложности строительства лесовозной автомобильной дороги по каждому микроландшафту, отражающий степень влияния природных условий, хозяйственной деятельности человека и ценность территорий. Комплексная оценка позволяет сравнивать микроландшафты по сложности дорожного строительства и находить территории, наиболее благоприятные для проложения лесовозной автомобильной дороги.

Лесовозная автомобильная дорога, проложенная в пределах микроландшафтов, имеющих минимальный показатель сложности, будет отвечать экономическим и природоохранным требованиям [7-10].

Набор микроландшафтов с минимальным показателем сложности в направлении воздушной линии между контрольными точками трассы является искомым коридором трассирования [11, 12].

Показатели сложности дорожного строительства определены в ходе линейного ландшафтного районирования, изменяются в широком диапазоне значений от 1,18 до 6,45. Минимальное значение итогового показателя характеризует микроландшафт с наиболее благоприятными условиями

строительства лесовозной автомобильной дороги (песчаные и супесчаные грунты, первый тип местности по условиям увлажнения, территория в пределах микроландшафта не представляет ценности для сельскохозяйственного освоения). Максимальное значение итогового показателя сложности характеризует микроландшафты с наиболее неблагоприятными условиями строительства лесовозной автомобильной дороги (заторфованные территории с мощностью торфа до 8,0 м, ценные сельскохозяйственные угодья, сады).

Показатель сложности увеличивается в зависимости от ценности земель. Минимальные значения имеют территории, занятые кустарником, границы угодий, заторфованные площади. Максимальное значение $K_{цт} = 3,5$; $3,2$ имеют территории, занятые садами, пашней.

Таким образом, учитывая ценность территорий, ландшафтный коридор трассирования будет состоять из микроландшафтов, в которых $K_{цт}$ имеет минимальное значение.

Анализ микроландшафтов в районе изысканий позволяет наметить дополнительный вариант местоположения трассы лесовозной автомобильной дороги между контрольными точками, которые для сопоставления вариантов приняты общими.

Сравнение вариантов трассы дороги выполнено по следующим показателям:

1. Средневзвешенному показателю сложности дорожного строительства $P_{длм}$;
2. Средневзвешенному показателю ценности занимаемых земель $K_{цт}$;
3. Средневзвешенному итоговому показателю сложности дорожного строительства $P_{ит}$.

Результаты расчетов приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчетов

Показатели	Основной ход	Вариант
Показатель сложности $P_{длм}$	2,00	1,98
Показатель ценности земель $K_{цт}$	1,80	1,58
Итоговый показатель сложности $P_{ит}$	3,28	3,17

(собственные вычисления авторов)

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что варианты местоположения трассы лесовозной автомобильной дороги являются конкурирующими, однако предпочтение следует отдать варианту трассы, а не основному ходу, так как на 14 % сокращается площадь ценных земель, отводимых под строительство лесовозной автомобильной дороги, что, в свою очередь, дает определенный экономический эффект.

Оценка локальных территорий для определения рационального местоположения трассы лесовозной автомобильной дороги выполнена беспилотными летательными аппаратами путем рекогносцировочного исследования по линии дорожно-ландшафтного профиля.

Инженерно-ландшафтное районирование позволило выделить в районе изысканий микроландшафты с различными показателями сложности строительства и ценностью территорий и помимо основного хода, определенного заданием проектирования, наметить вариант, который по своим показателям является конкурирующим. Интересно отметить, что конкурирующим является традиционный водораздельный ход.

Как и в предыдущем примере, сравнение вариантов выполнено по средневзвешенному показателю сложности строительства лесовозной автомобильной дороги $P_{длм}$, коэффициенту ценности занимаемых земель $K_{цт}$ и итоговому показателю сложности строительства $P_{ит}$. Результаты сравнения приводятся в табл. 2.

Таблица 2

Результаты сравнения

Показатели	Основной ход	Вариант
$P_{длм}$	1,40	1,80
$K_{цт}$	2,04	1,58
$P_{ит}$	2,86	2,93

(собственные вычисления авторов)

При определении ориентировочной стоимости строительства, а также в процессе планирования капитальных затрат на строительство лесовозных автомобильных дорог могут быть использованы материалы регионального районирования. Определенные показатели сложности строительства лесовозной автомобильной ($P_{длм}$) позволяют в ка-

ждем дорожном ландшафте определять стоимость строительства по основным видам затрат (подготовительные работы, земляное полотно, морозозащитный слой, обстановка дороги). Разработан комплекс электронно-вычислительных программ, с помощью которого легко определить затраты на 1 км дороги для $P_{дл}$ в районе предполагаемого строительства.

Для определения стоимости строительства C^y расчет выполняется по формуле

$$C^y = (C + C^p + C^{до}) \cdot K_{п}, \quad (2)$$

где C – стоимость 1 км дороги, определяется по графику в зависимости от показателя сложности дорожного ландшафта;

C^p – стоимость рекультивации земель на 1 км лесовозной автомобильной дороги;

$C^{до}$ – стоимость 1 км дорожной одежды;

$K_{п}$ – коэффициент, учитывающий увеличение стоимости строительства за счет прочих работ и затрат.

Для оценки степени ландшафтного проложения лесовозной автомобильной дороги предложен ряд показателей (табл. 3), с помощью которых можно количественно охарактеризовать результаты трассирования.

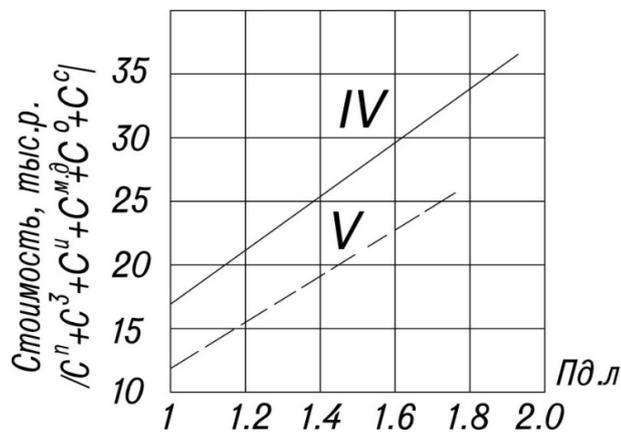


Рис. 1. График для определения стоимости строительства лесовозной автомобильной дороги (собственные разработки)

Таблица 3

Показатели количественных характеристик результатов трассирования

Показатели	Обозначения
Оценка экономичности	
Средневзвешенный показатель сложности дорожного строительства	$I_{дкм} = \frac{\sum P_{длм} \cdot l}{L}$
Оценка взаимосвязи трассы с рельефом	
Показатель ритма трассы в плане	$P_{рпл} = \frac{r_{пл}}{r_p}$
Показатель ритма трассы в проекте	$P_{рпр} = \frac{r_{пр}}{r_p}$
Показатель пространственной плавности	
Коэффициент ритмичности	$K_p = \frac{P_{рпл}}{P_{рпр}}$
Показатель взаимосвязи трассы с ситуационной обстановкой	
Стиль трассы	$C_{тр} = \frac{L_{кр}}{L}$
Оценка степени рационального использования земель	
Коэффициент использования ценности земель	$K_{цт} = \frac{\sum P_{цт} \cdot l}{L}$

(собственные экспериментальные данные авторов)

Первый приведенный в таблице показатель $P_{длм}$ отражает влияние природных и техногенных условий и определяется из отношения суммарного протяжения трассы в пределах микроландшафта с различными показателями сложности к общей длине трассы. Критерием оценки экономичности проложения трассы дороги предлагается считать наименьшее значение $P_{длм}$ в районе изысканий, т. е. $P_{длм} - P_{длм} \min$.

Показатель $P_{рпл}$ характеризует степень увязки трассы дороги в плане с рельефом и определяется как отношение ритма трассы к ритму рельефа или наоборот, в зависимости от того, какой из этих показателей имеет большее числовое значение.

$$R_{пл} = \frac{L}{n+1}, \quad (3)$$

где L – длина трассы, км;

n – количество вершин углов поворота в плане;

$n + 1$ – количество интервалов между вершинами углов поворота.

Оптимальное соотношение достигается при $P_{rПл} = 1,0$.

Показатель $P_{rПр}$ характеризует степень увязки трассы с рельефом в профиле. Этот показатель определяется как отношение ритма трассы в профиле к ритму рельефа или наоборот, в зависимости от того, какой из этих показателей имеет большее условное значение.

Количество пониженных и повышенных точек определяется по продольному профилю, при этом для лесовозных автомобильных дорог рекомендуется принимать перегибы с глубиной расчленения выше 5 м

$$r_{Пр} = \frac{L}{m+1}, \quad (4)$$

где L – длина трассы, км;

m – количество перегибов в профиле;

$m + 1$ – количество интервалов между перегибами.

Оптимальное состояние достигается при $P_{rПл} = 1,0$.

Считается доказанным, что пространственная плавность трасс обеспечивается совмещением в плане и профиле углов поворотов в кривых. Исходя из этого положения, мы предлагаем характеризовать пространственную плавность трассы коэффициентом ритмичности (K_r). Оптимальное значение этого показателя достигается при $K_r = 1,0$.

Стиль трассы ($C_{Ст}$) определяется как отношение суммы нелинейных участков к общей длине трассы и характеризует степень увязки трассы с ситуацией в районе проложения лесовозной автомобильной дороги. В природе отсутствуют несвойственные ей прямые линии, поэтому ландшафтная трасса должна иметь показатель $C_{Ст} = 1,0$. Коэффициент использования ценных земель $K_{ЦТ}$ характеризует рациональное проложение трассы лесовозной автомобильной дороги в пределах лесохозяйственных угодий и территорий различного хозяйственного использования. Этот коэффициент определяется из отношения суммарного протяже-

ния трассы в пределах контуров с различными показателями ценности земель к общему протяжению трассы. Критерием оценки рационального использования ресурсов является показатель $K_{ЦТ} = 1,0$.

Используя частные оценки, характеризующие степень удовлетворения экономических, эргономических и природоохранных показателей, рекомендуется общая оценка степени ландшафтного проложения дороги, которая определяется для равнинного рельефа по формуле

$$P_D = \frac{P_{ДЛМ} \cdot K_{ЦТ}}{C_{Ст}} - P_{ит} \min, \quad (5)$$

для пересеченного рельефа по формуле

$$P_L = \frac{P_{ДЛМ} \cdot K_{ЦТ}}{C_{Ст}} \cdot P_{rПл} \cdot P_{rПр} \cdot K_r - P_{ит} \min, \quad (6)$$

где P_L – показатель степени ландшафтного проложения трассы лесовозной автомобильной дороги;

$P_{ДЛМ}$ – средневзвешенный показатель сложности дорожного строительства;

$K_{ЦТ}$ – коэффициент использования ценных земель;

$C_{Ст}$ – стиль трассы;

K_r – коэффициент ритмичности;

$P_{ит} \min$ – показатель, характеризующий минимальную сложность дорожного строительства и ценность территории в пределах района изысканий;

$P_{rПл}$ – показатель, характеризующий степень увязки трассы в плане с рельефом;

$P_{rПр}$ – показатель, характеризующий степень увязки трассы в профиле с рельефом.

Разработанная комплексная оценка природных и техногенных условий строительства лесовозной автомобильной дороги позволяет значительно упростить процесс выбора рационального местоположения трассы и исключить интуитивный подход к решению этой важнейшей задачи.

Данная методика позволяет легко и последовательно проанализировать особенности природных и техногенных условий в районе строительства и, опираясь на эти данные, разработать основные рекомендации по проектированию инженерного сооружения.

Анализ микроландшафтов в районе изысканий позволяет наметить дополнительный вариант

местоположения трассы лесовозной автомобильной дороги между контрольными точками, который по своим показателям является конкурирующим.

Используя частные оценки, степень удовлетворения экономических, эргономических и природоохранных показателей, рекомендуется разработанная комплексная технико-экономическая оценка инженерно-ландшафтного проектирования проложения трассы лесовозной автомобильной дороги на основе введения количественных показателей,

характеризующих результаты трассирования лесовозной автомобильной дороги.

Проведенные исследования и проектные проработки позволяют предложить для проектирования набор методов и моделей, с помощью которых легко проводить общую оценку природных условий и хозяйственной деятельности человека при изысканиях и проектировании лесовозных автомобильных дорог.

Библиографический список

1. 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.
2. Implementing road safety measures in conditions limited by budget / V. A. Korchagin, A. K. Pogodaev, V. E. Kliavin, V. A. Zelikov // *Transportation Research Procedia*. Thirteenth International Conference on Organization and Traffic Safety Management in Large Cities Saint Petersburg, 27-29 September, 2018. – Vol. 36. – P. 308–314. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146518304411>. – DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.090.
3. Афоничев, Д. Н. Совершенствование расчета объемов земляных работ в системе автоматизированного проектирования автомобильных дорог / Д. Н. Афоничев. – Воронеж, 2007. – 117 с.
4. Theoretical foundations of the method of designing a clothoid track with approximation of succession of points / A. V. Skrypnikov, V. G. Kozlov, A. N. Belyaev, E. V. Chernyshova // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. – 2019. – Vol. 726. – P. 654–667.
5. Курьянов, В. К. Информационные технологии в лесопромышленном производстве : учеб. пособие : в 2-х ч. / В. К. Курьянов, В. Е. Межов, В. Н. Харин. – Воронеж : Воронеж. гос. лесотехн. акад., 2002. – 311 с.
6. Бабков, В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения : учеб. для вузов / В. Ф. Бабков. – Москва : Транспорт, 1993. – 271 с.
7. Комплексные экспериментальные исследования изменения параметров и характеристик дорожных условий, транспортных потоков и режимов движения под влиянием климата и погоды / В. Г. Козлов, А. В. Скряпников, Е. Ю. Микова [и др.] // *Лесотехнический журнал*. – 2018. – Т. 8. – № 2 (30). – С. 156–168.
8. Methodology of Formation of Diagnostic Criteria for Evaluation of Safety of Motor Transport Public Service / M. Z. Erknepeshyan, V. A. Zelikov, K. A. Yakovlev, V. A. Ivannikov // *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. – 2016. – Vol. 11, № 3. – P. 1787–1792. – URL: http://www.arpnjournals.org/jeas/research_papers/rp_2016/jeas_0216_3568.pdf.
9. Повышение эффективности функционирования системы «Водитель-Автомобиль-Дорога-Среда» в лесном комплексе / В. К. Курьянов, О. В. Рябова, Е. В. Кондрашова [и др.]. – Москва : «Флинта», «Наука», 2010. – 130 с.
10. Mathematical models to determine the influence of road parameters and conditions on vehicular speed / V. G. Kozlov, A. V. Skrypnikov, V. V. Samcov [et al.] // *Journal of Physics: Conference Series The proceedings International Conference "Information Technologies in Business and Industry"*. – 2019. – P. 032041.
11. Формирование модели проектирования системы "дорожные условия – транспортные потоки" и пути ее реализации / В. Г. Козлов, А. В. Скряпников, Е. Ю. Микова [и др.] // *Лесотехнический журнал*. – 2018. – Т. 8. – № 1 (29). – С. 100–111.
12. Иванников, В. А. Моделирование информационных систем грузопотоков на лесозаготовительных предприятиях / В. А. Иванников, А. В. Быков, А. С. Сушков // *Строительные и дорожные машины*. – 2012. – № 2. – С. 24–28.

13. Бабков, В. Ф. Проектирование автомобильных дорог. Ч. I / В. Ф. Бабков, О. В. Андреев. – Москва : Книга по Требованию, 2013. – 368 с.
14. Трескинский, С. А. Склоны и откосы в дорожном строительстве / С. А. Трескинский. – Москва : Транспорт, 1984. – 157 с.
15. Теоретические основы рекреационной географии / [отв. ред. В.С. Преображенский] ; АН СССР, Ин-т географии. – Москва : Наука, 1975. – 224 с.

References

1. Kozlov V.G. *Metody, modeli i algoritmy proyektirovaniya lesovoznykh avtomobil'nykh dorog s uchetom vliyaniya klimata i pogody na usloviya dvizheniya*. Dis. dokt. tekhn. nauk [Methods, models and design algorithms of forest roads taking into account the influence of climate and weather on traffic condition. DSc thesis]. Arkhangel'sk, 2017, 406 p. (in Russian)
2. Korchagin V.A., Pogodaev A.K., Kliavin V.E., Zelikov V.A. (2018) Implementing road safety measures in conditions limited by budget. *Transportation Research Procedia*, Vol. 36, pp. 308-314. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146518304411>. doi: 10.1016/j.trpro.2018.12.090.
3. Afonichev D.N. *Sovershenstvovaniye rascheta ob'yemov zemlyanykh rabot v sisteme avtomatizirovannogo proyektirovaniya avtomobil'nykh dorog* [Improving the calculation of the volume of earthwork in the computer-aided design of roads]. Voronezh, 2007. 117 p. (in Russian).
4. Skrypnikov A.V., Kozlov V.G., Belyaev A.N., Chernyshova E.V. (2019) Theoretical foundations of the method of designing a clothoid track with approximation of succession of points. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, Vol. 726, pp. 654-667.
5. Kuryanov V.K., Mezhev V.E., Kharin V.N. *Informatsionnyye tekhnologii v lesopromyshlennom proizvodstve* [Information technology in forestry production]. Voronezh, 2002. 311 p. (in Russian).
6. Babkov V.F. *Dorozhnyye usloviya i bezopasnost' dvizheniya* [Road conditions and traffic safety]. Moscow, 1993. 271 p. (in Russian)
7. Kozlov V.G., Skrypnikov A.V., Mikova E.Yu. (et al.) (2018) *Kompleksnyye eksperimental'nyye issledovaniya izmeneniya parametrov i kharakteristik dorozhnykh usloviy, transportnykh potokov i rezhimov dvizheniya pod vliyaniem klimata i pogody* [Comprehensive experimental studies of changes in the parameters and characteristics of road conditions, traffic flows and traffic modes under the influence of climate and weather]. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry engineering Journal], Vol. 8, no. 2 (30), pp. 156-168 (in Russian).
8. Erknapehshyan M.Z., Zelikov V.A., Yakovlev K.A., Ivannikov V.A. (2016) Methodology of Formation of Diagnostic Criteria for Evaluation of Safety of Motor Transport Public Service. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 11, no. 3, pp. 1787-1792. URL: http://www.arpnjournals.org/jeas/research_papers/rp_2016/jeas_0216_3568.pdf.
9. Kuryanov V.K., Ryabova O.V., Kondrashova E.V. (et al.) *Povysheniye effektivnosti funktsionirovaniya sistemy «Voditel'-Avtomobil'-Doroga-Sreda» v lesnom komplekse* [Increasing the efficiency of the "Driver-Car-Road-Environment" system in the forest complex]. Moscow, 2010. 130 p. (in Russian).
10. Kozlov V.G., Skrypnikov A.V., Samcov V.V. (et al.) (2019) Mathematical models to determine the influence of road parameters and conditions on vehicular speed. *Journal of Physics: Conference Series The proceedings International Conference "Information Technologies in Business and Industry"*, p. 032041.
11. Kozlov V.G., Skrypnikov A.V., Mikova E.Yu. (et al.) (2018) *Formirovaniye modeli proyektirovaniya sistemy "dorozhnyye usloviya - transportnyye potoki" i puti yeye realizatsii* [Formation of the design model of the system "road conditions - traffic flows" and the ways of its implementation]. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry Engineering Journal], Vol. 8, no. 1 (29), pp. 100-111 (in Russian).
12. Ivannikov V.A., Bykov A.V., Sushkov A.S. (2012) *Modelirovaniye informatsionnykh sistem gruzopotokov na lesozagotovitel'nykh predpriyatiyakh* [Modeling of information systems of cargo flows at logging enterprises]. *Stroitel'nyye i dorozhnyye mashiny* [Construction and road machines], no. 2, pp. 24-28 (in Russian).

13. Babkov V.F., Andreev O.V. *Proyektirovaniye avtomobil'nykh dorog* [Road design]. 2013, 368 p. (in Russian).
14. Treskinskiy S.A. *Sklony i otkosy v dorozhnom stroitel'stve* [Slopes and slopes in road construction]. Moscow, 1984. 157 p. (in Russian).
15. Preobrazhenskiy V.S. *Teoreticheskiye osnovy rekreatsionnoy geografii* [Theoretical foundations of recreational geography]. Moscow, 1975. 224 p. (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.

Тихомиров Петр Викторович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой транспортно-технологических машин и сервиса ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Российская Федерация; e-mail: vtichomirov@mail.ru.

Никитин Владимир Валентинович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии и оборудования лесопромышленного производства ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва, Российская Федерация; e-mail: nikitinvv@bmstu.ru.

Скрыпников Алексей Алексеевич – студент факультета управления и информатики в технологических системах ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: skrypnikovasafe@mail.ru.

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

Бурдаков Максим Алексеевич – аспирант автомобильного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: opbd_vglta@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.

Tikhomirov Petr Viktorovich – PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Transport-Technological Machines and Services, FSBEI HE "Bryansk State Technological University of Engineering", Bryansk, Russian Federation; e-mail: vtichomirov@mail.ru.

Nikitin Vladimir Valentinovich – PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology and Equipment for Forestry Production, FSBEI HE "Bauman Moscow State Technical University", Moscow, Russian Federation; e-mail: nikitinvv@bmstu.ru.

Skrypnikov Aleksey Alekseevich – student of the Faculty of Management and Informatics in Technological Systems, FSBEI HE "Voronezh State University of Engineering Technologies", Voronezh, Russian Federation; e-mail: skrypnikovasafe@mail.ru.

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

Burdakov Maksim Alekseevich – post-graduate student, Faculty of Automotive, FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", Voronezh, Russian Federation; e-mail: opbd_vglta@mail.ru.