

## Влияние рельефа местности и почвенно-грунтовых условий на величину оптимального расстояния между путями лесотранспорта

В.В. Никитин<sup>1а</sup>, А.В. Скрыпников<sup>2b</sup>, И.А. Высоцкая<sup>2с</sup>, А.Ю. Жук<sup>3d</sup>,  
Ю.М. Чемшикова<sup>4е</sup>, Е.В. Михайленко<sup>4f</sup>

<sup>1</sup> Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, ул. 1-я Институтская, 1, Мытищи, Россия

<sup>2</sup> Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр. Революции, 19, Воронеж, Россия

<sup>3</sup> Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, Братск, Россия

<sup>4</sup> Ухтинский государственный технический университет, ул. Первомайская, 13, Ухта, Республика Коми, Россия

<sup>а</sup> nikitinvv@bmstu.ru, <sup>б</sup> skrypnikovvsafe@mail.ru, <sup>с</sup> i.a.trishina@gmail.com, <sup>д</sup> lpf@brstu.ru,

<sup>е</sup> ychemshikova@mail.ru, <sup>ф</sup> emihaylenko@ugtu.net

<sup>а</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5284-8116>, <sup>б</sup> <https://orcid.org/0000-0003-1073-9151>, <sup>с</sup> <https://orcid.org/0000-0001-6521-9570>,

<sup>д</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1808-245X>, <sup>е</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5675-3800>, <sup>ф</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5675-9800>

Статья поступила 07.10.2021, принята 29.10.2021

*При исследовании вопроса об оптимизации расстояний между путями лесотранспорта в специфических условиях лесозаготовок, встречаемых в нашей стране, необходимо принимать во внимание множество факторов. Разрабатываемая методика расчета должна уделить особое внимание учету природных факторов и, прежде всего, требованиям со стороны лесоустройства, т. е. учитывать влияние способов ведения лесного хозяйства и видов рубок главного пользования на величину оптимальных расстояний между путями первичной и вторичной транспортировки леса. В связи с концентрацией лесозаготовительных работ необходимо учитывать длительный срок службы путей. Трелевочные волоки будут в этих условиях использоваться от одного до нескольких лет, а лесовозные автомобильные дороги — в течение длительных сроков, порядка нескольких десятилетий. Состояние лесовозных дорог и их расположение относительно лесных ресурсов являются одними из важных экономических факторов, способствующих развитию предприятий лесного хозяйства. Лесотранспортная дорожная сеть должна обеспечивать как транспортировку леса, так и выполнение лесохозяйственных мероприятий в течение всего периода лесозаготовки. Строительство сети лесовозных дорог обеспечивает доступ к лесным ресурсам и является одной из наиболее затратных статей расходов для лесозаготовительных предприятий. Дороги относятся к разряду капиталоемких линейно протяженных инженерных объектов, проектирование которых представляет во времени и пространстве сложный и многодельный процесс. В работе рассматриваются вопросы оптимизации расстояния между путями лесотранспорта и влияния различных факторов на него.*

**Ключевые слова:** лесовозная автомобильная дорога; магистральные волоки; расположение трелевочного волока; пути лесотранспорта.

## Influence of the terrain and soil-ground conditions on the value of optimal distance between forest transport paths

V.V. Nikitin<sup>1а</sup>, A.V. Skrypnikov<sup>2b</sup>, I.A. Vysotskaya<sup>2с</sup>, A.Yu. Zhuk<sup>3d</sup>,  
Yu.M. Chemshikova<sup>4е</sup>, E.V. Mikhailenko<sup>4f</sup>

<sup>1</sup> Mytishchi Branch of the Moscow State Technical University named after N.E. Bauman; 1, 1st Institutskaya St., Mytishchi, Russia

<sup>2</sup> Voronezh State University of Engineering Technologies; 19, Revolution Ave., Voronezh, Russia

<sup>3</sup> Bratsk State University; 40, Makarenko St., Bratsk, Russia

<sup>4</sup> Ukhta State Technical University; 13, Pervomayskaya, Ukhta, Republic of Коми

<sup>а</sup> nikitinvv@bmstu.ru, <sup>б</sup> skrypnikovvsafe@mail.ru, <sup>с</sup> i.a.trishina@gmail.com, <sup>д</sup> lpf@brstu.ru,

<sup>е</sup> ychemshikova@mail.ru, <sup>ф</sup> emihaylenko@ugtu.net

<sup>а</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5284-8116>, <sup>б</sup> <https://orcid.org/0000-0003-1073-9151>, <sup>с</sup> <https://orcid.org/0000-0001-6521-9570>,

<sup>д</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1808-245X>, <sup>е</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5675-3800>, <sup>ф</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5675-9800>

Received 07.10.2021, accepted 29.10.2021

*When studying the issue of optimizing the distances between forest transport paths in specific conditions of logging found in Russia, many factors should be taken into account. The developed method of calculation should pay special attention to the accounting of*

natural factors and, above all, the requirements from the forest management, i.e., take into account the influence of ways of maintaining forestry and the types of logging of main use by the magnitude of the optimal distances between the routes of primary and secondary forest transportation. Due to the concentration of logging operations, the long service life of the tracks must be taken into account. Skidding trails will be used in these conditions from one to several years, and timber roads for long periods of time, about a few decades. The condition of forest roads and their location in relation to forest resources is one of the important economic factors contributing to the development of forestry enterprises. The timber transport road network must ensure both the transportation of timber and the implementation of forestry activities during the entire period of forest exploitation. The construction of a network of logging roads provides access to forest resources and is one of the most expensive items of expenditure for logging companies. Roads belong to the category of capital-intensive linearly extended engineering objects, the design of which is a complex and busy process in time and space. The paper discusses the issue of optimizing the distance between the paths of timber transport and the influence of various factors on it.

**Keywords:** timber road; trunk roads; logger-road location; timber transport paths.

**Введение.** При определении оптимальных расстояний между путями лесотранспорта необходимо учитывать влияние рельефа местности и почвенно-грунтовых условий, от которых зависят протяженность путей, способ трелевки, размещение волоков, стоимость строительства и другие факторы [1; 2].

**Оптимальное расстояния между путями лесотранспорта.** Влияние рельефа местности на протяженность путей принято оценивать коэффициентом развития трассы [3]:

$$k_p = \frac{L_0}{L_g}$$

где:  $L_0$  – действительная длина пути, км;  $L_g$  – длина пути по воздушному направлению, км.

Величина коэффициента развития трассы зависит от типа дороги, ее категории, рельефа местности, руководящего подъема и вида транспорта.

Характеристику рельефа местности можно получить, используя топографическую карту местности [4], на которую наносится предварительная трасса дороги. В равнинной местности определение коэффициента развития трассы не представляет большой сложности, достаточно лишь учитывать местные препятствия, которые придется обойти. Для этого с некоторым приближением можно воспользоваться следующей формулой [5; 6]:

$$k_{pm} = \frac{1000 * w * L * s}{\pi * r^2 * J_{ск}}, \quad (1)$$

где  $w$  — расстояние между горизонталями,  $m$ ;  $s$  — масштаб карты;  $J_{ск}$  — средний уклон косогора, %;  $r$  — радиус контрольной площадки на карте,  $mm$ ;  $L$  — общая протяженность горизонталей на контрольной площадке,  $mm$ .

Контрольные площадки можно размещать вдоль ожидаемого прохода трассы пути или по регулярной сетке. Следует отметить, что коэффициент учитывает влияние рельефа местности при проектировании путей с проходом оси по нулевым отметкам, т. е. трелевочных волоков и грунтовых косогорных дорог. Кроме того, формула (1) пригодна только при укладке трассы дороги на спокойных склонах гор, не изрезанных косогорными ущельями. Эта формула подтверждается результатами [7], где показано, что на величину коэффициента развития трассы в холмистой и горных местностях наибольшее влияние оказывает средняя длина горизонтали на единице площади. Однако в этой формуле не учитываются тип дороги и ее категория, т. е.

такие параметры, как величина допускаемого руководящего подъема и величина допускаемых радиусов поворота. В зависимости от категории дороги величину следует уменьшать, вводя дополнительный коэффициент учета этого фактора. При этом повышение категории дороги вызовет увеличение стоимости строительства за счет увеличения объема земляных работ, устройства стен и т. п. с соответствующим уменьшением коэффициента развития трассы. Пример расчета коэффициента для  $r = 20$  мм:

$$J_{ск} = 100 \%, w = 3 \text{ м}; L = 520 \text{ мм}; s = 1:10 \text{ 000}$$

Рельеф местности оказывает большое влияние на условия проведения лесозаготовок [8]. С учетом влияния крутизны склонов в лесном массиве выделяют зоны применения наиболее экономически и технически целесообразных способов трелевки. Разделение эксплуатационной лесной площади на зоны необходимо производить с учетом следующих критериев: а) грунтовых условий; б) уклонов местности; в) способов ведения лесного хозяйства, видов рубок, размеров и способа расположения лесосек по косогору.

Как показали исследования [9–11], в местности с суглинистыми и гравийными грунтами и склонами, не превышающими 400 %, можно применить тракторную трелевку по постоянно действующей сети волоков, так как в этом случае наличие легкоразрабатываемых грунтов позволяет строить дешевые косогорные дороги и трелевочные волоки. В случае каменистых грунтов возрастает стоимость строительства путей, и охват площади с тракторной трелевкой должен быть ограничен уклоном 200 %.

На склонах гор с крутизной свыше 20–22° возникает необходимость в дополнительном транспортном звене между тракторной трелевкой и вывозкой леса — канатно-подвесных установках или замене тракторной трелевки тросовой, т. е. тоже с использованием канатных установок. Замена гусеничных тракторов колесными позволяет увеличить производительность труда на трелевке в горах на 50–80 %.

Расстояния между путями лесотранспорта во многом зависят от способа освоения эксплуатационной площади. При этом могут быть два варианта освоения: а) при односторонней трелевке, что характерно для холмистой и горной местности, т. е. в случаях, когда вся эксплуатационная площадь тяготеет к одной дороге, и б) при двухсторонней трелевке, когда эксплуатационная площадь ограничена двумя дорогами

или дорога проходит по ее середине, что характерно для равнинной местности. С учетом этого среднее расстояние трелевки равно:

$$l_{cp} = \frac{k*d}{\sin\alpha},$$

где  $d$  — расстояние между путями лесотранспорта;  $\alpha$  — угол между направлением волоков и направлением лесовозного пути, град.;  $k$  — коэффициент, зависящий от обеспеченности эксплуатационной площади лесотранспорта. Для односторонней трелевки  $k = 0,5$ , для двухсторонней  $k = 0,25$ .

**Расположение трелевочного волокна.** В местности с односторонней трелевкой величина предельного допустимого угла примыкания магистральных волоков к лесовозной дороге зависит от величины руководящего подъема на волоках [12], от способа рубки, размещения площади лесосеки по склону, крутизны склона и других факторов. По соображениям безопасности работы и лучшего использования силы тяги величину руководящего подъема на волоках принимают обычно не больше 100–150 %, а спуски — не более 200 % [13].

Рассмотрим схему расположения трелевочного волокна на косогоре (см. рисунок). На рисунке видно, что зависимость между  $\alpha, \beta, \gamma$  можно выразить формулой:

$$\sin\alpha = \frac{tg\beta}{tg\gamma} \text{ или } \sin\alpha = \frac{i}{n} \quad (2)$$

где:  $\alpha$  — угол между направлением трелевочного волокна и направлением лесовозной дороги, град.;  $\beta$  — угол наклона трелевочного волокна, в град., или  $i$  — его уклон в %;  $\gamma$  — угол наклона косогора, в град. или  $n$  — его уклон в %.

При определении среднего расстояния трелевки по формуле (2) не учтено влияние направления трелевки по отношению к направлению вывозки, а также влияние продольного уклона лесовозной автомобильной дороги. Направление и способ примыкания трелевочных волоков к лесовозной автомобильной дороге зависят от рельефа местности, размещения и размеров лесосек, технологии лесозаготовок и других технических и экономических факторов [10; 14; 15]. Для сокращения среднего расстояния трелевки трелевочные волокна приходится прокладывать с максимально допускаемым спуском в грузовом направлении. При  $tg\beta = tg\gamma$ , угол  $\alpha = 90^\circ$ . При  $tg\beta < tg\gamma$ , т. е. когда крутизна косогора превышает предельное значение уклона трелевочного волокна, необходимо принять угол примыкания магистральных волоков к лесовозной дороге меньше  $90^\circ$ . Трелевочные волокна могут примыкать направлением, совпадающим с направлением вывозки (прямая  $l_1$ ), или против направления вывозки (прямая  $l_2$ ). При одинаковом угле  $\beta$  более выгодным следует считать первый вариант, однако при втором варианте значительно сокращается среднее расстояние трелевки. Условие целесообразности второго варианта будет выполнено тогда, когда дополнительные затраты на трелевку превысят сумму затрат на строительство

участка дороги АВ и перевозку леса по этому участку, где  $C_{Тр}$  — стоимость трелевки  $1 \text{ м}^3$  на расстояние 1 км. Величина участка АВ определяется по формуле:

$$AB = \frac{\cos\beta}{\cos\varepsilon} \sqrt{l_1^2 + l_2^2 - 2l_1l_2(\sin\alpha_1\sin\alpha_2 - \cos\alpha_1\cos\alpha_2)}$$

или

$$AB = \frac{h_1'' + h_2''}{\sin\varepsilon} \text{ км.} \quad (3)$$

Особенности рельефа местности [10] могут предопределять необходимость применения обоих видов примыкания трелевочных волоков к лесовозной дороге. В условиях использования имеющейся сети дорог, когда в основном ставится вопрос уменьшения затрат на трелевку, второй вариант может иметь явное преимущество. Расстояние трелевки по первому ( $l_1$ ) и по второму ( $l_2$ ) варианту находится в следующем соотношении друг к другу:

$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{tg\beta - tg\varepsilon}{tg\beta + tg\varepsilon}$$

$$l_2 = l_1 * \frac{tg\beta - tg\varepsilon}{tg\beta + tg\varepsilon}$$

где  $\varepsilon$  — угол наклона продольной оси лесовозной автомобильной дороги к горизонту.

Например, при  $tg\beta = 0,25$ ,  $tg\varepsilon = 0,10$  и  $l_1 = 500 \text{ м}$  и среднее расстояние трелевки по второму варианту равно:  $l_2 = 500 * \frac{0,25 - 0,10}{0,25 + 0,10} = 214 \text{ м}$  т.е. уменьшится больше чем в два раза.

Учитывая уклон лесовозной дороги ( $tg\varepsilon$ ) при одной и той же ширине полосы тяготеющей и лесовозной дороге ( $d$ ) и одинаковых по обоим вариантам значения  $\gamma$  и  $\beta$  среднее расстояние трелевки по первому варианту больше, а по второму меньше среднего расстояния трелевки определенного по формуле (3).

Рассмотрим схему расположения трелевочного волокна с направлением трелевки совпадающим с направлением вывозки. На рисунке видно, что

$$Aa' = \frac{Ab'}{\cos\alpha} = \frac{Ac' \cos(\alpha - \alpha_1)}{\cos\alpha} = \frac{h' ctg\varepsilon \cos(\alpha - \alpha_1)}{\cos\alpha}, \quad (4)$$

$$H = d \sin\gamma, \quad (5)$$

$$H + h' = Aa' tg\varepsilon. \quad (6)$$

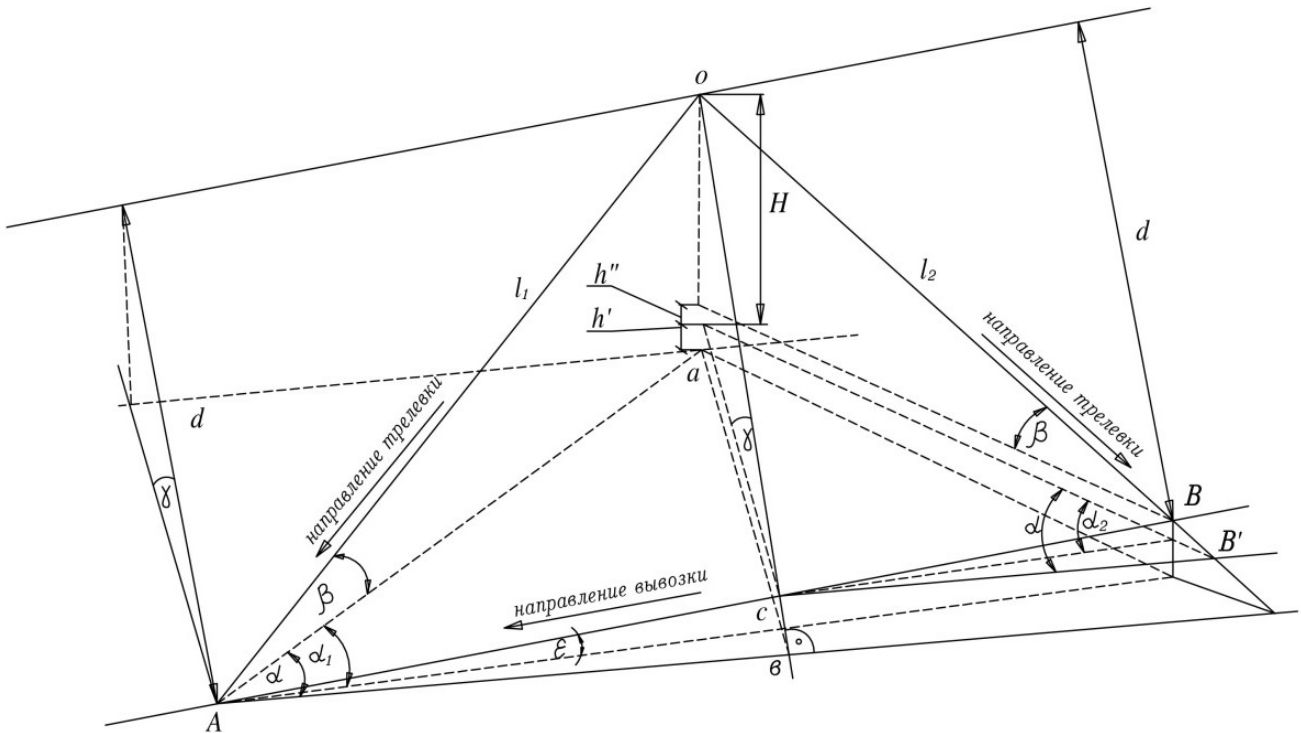
Сопоставим выражение (5) и (6) и подставив вместо  $Aa'$  выражение (4) после преобразований, получим:

$$h' = \frac{d \sin\gamma tg\varepsilon \cos\alpha}{tg\beta \cos(\alpha - \alpha_1) - tg\varepsilon \cos\alpha} \text{ км.}$$

Отметим, что

$$l_1 = \frac{H + h'}{\sin\beta} = \frac{d \sin\gamma}{\sin\beta} \left[ 1 + \frac{tg\varepsilon \cos\alpha}{tg\beta \cos(\alpha - \alpha_1) - tg\varepsilon \cos\alpha} \right] \text{ км}$$

$$l_1 = \frac{d \sin\gamma \cos(\alpha - \alpha_1)}{\cos\beta [tg\beta \cos(\alpha - \alpha_1) - tg\varepsilon \cos\alpha]}$$



**Рис.** Расчетная схема для определения расстояния трелевки и предельного угла примыкания магистральных волоков к лесовозной автомобильной дороге в зависимости от крутизны склона и уклона трелевочного волока, расположенного в направлении трелевки, совпадающим ( $l_1$ ) и против ( $l_2$ ) направления вывозки

Аналогичным путем можно определить величину  $h''$  для схемы расположения трелевочного волока с направлением трелевки против направления вывозки. Тогда

$$h'' = \frac{d \sin \gamma t g \epsilon \cos \alpha}{t g \beta \cos(\alpha - \alpha_1) - t g \epsilon \cos \alpha} \text{ км,}$$

$$l_2 = \frac{H * h''}{\sin \beta} = \frac{d \sin \gamma}{\sin \beta} \left[ 1 - \frac{t g \epsilon \cos \alpha}{t g \beta \cos(\alpha - \alpha_1) + t g \epsilon \cos \alpha} \right] \text{ км,}$$

$$l_2 = \frac{d \sin \gamma \cos(\alpha_2 - \alpha)}{\cos \beta [t g \beta \cos(\alpha_2 - \alpha) + t g \epsilon \cos \alpha]} \text{ км.}$$

На рисунке видно, что  $\alpha_1, \alpha_2$  – угол между направлением трелевки и направлением вывозки (с учетом лесовозной автомобильной дороги), соответственно по первому и второму вариантам.

*Литература*

1. Боровлев А.О., Скрыпников А.В., Высоцкая И.А., Брюховецкий А.Н., Никитин В.В. Сочетания криволинейных участков плана и продольного профиля трассы лесовозных автомобильных дорог // Изв. С.-Петерб. лесотехн. акад. 2021. № 235. С. 196-207.
2. Никитин В.В., Козлов В.Г., Арутюнян А.Ю., Умаров М.М. Имитационная модель функционирования лесовозной автомобильной дороги // Вестн. Московского гос. ун-та леса. Лесной вестник. 2016. Т. 20. № 2. С. 167-172.
3. Kozlov V.G., Skrypnikov A.V., Sushkov S.I., Kruchinin I.N., Grigorev I.V., Nikiforov A.A., Pilnik Y.N., Teppoev A.V., Lavrov M., Timokhova O.M. Enhancing quality of road pavements through adhesion improvement // Journal of the

Зависимость этих углов от крутизны косогора и уклона лесовозной дороги выражается формулой:

$$\sin(\alpha - \alpha_1) = \sin(\alpha_2 - \alpha) = \frac{t g \epsilon}{t g \gamma}.$$

Отсюда

$$\alpha_1 = \alpha - \arcsin \frac{t g \epsilon}{t g \gamma},$$

$$\alpha_2 = \alpha + \arcsin \frac{t g \epsilon}{t g \gamma}.$$

**Заключение.** При размещении оптимальной сети дорог в лесу перспективными следует считать предложенные способы расчета с применением для этой цели интеллектуальных информационных систем, позволяющих получить вариант, близкий по экономическим показателям к оптимальному [16–20].

Balkan Tribological Association. 2019. V. 25. № 3. P. 678-694.

4. Никитин В.В., Новоселов И.С. Модель оптимального развития сети лесных дорог в лесосырьевом массиве // Вестн. Московского гос. ун-та леса. Лесной вестник. 2013. № 2. С. 121-125.
5. Skrypnikov A.V., Kozlov V.G., Belyaev A.N., Chernyshova E.V. Theoretical foundations of the method of designing a clothoid track with approximation of succession of points // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2019. V. 726. P. 654-667.
6. Kozlov V.G., Skrypnikov A.V., Samcov V.V., Levushkin D.M., Nikitin A.A., Zaikin A.N. 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». 2019. P. 32-41.
7. Богданов А.И. Математическая модель плана трассы новых железных дорог // Проектирование развития региональной сети железных дорог. 2019. № 7. С.17-23.
  8. Камусин А.А., Борисов В.А., Акинин Д.В., Кирей В.В., Казначеева Н.И. К вопросу выбора эффективного вида дорожного покрытия лесных дорог при анализе лесных ресурсов // International Journal of Advanced Studies in Computer Engineering. 2018. № 1. P. 20-28.
  9. Кантор И.И. Изыскание и проектирование железных дорог. М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. 288 с.
  10. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М.: Высш. школа, 1991. 366 с.
  11. Тарарыков А.В. Оценка показателей транспортно-эксплуатационных характеристик на сложных участках автомобильных дорог // Информационные технологии моделирования и управления. 2008. № 1 (44). С. 103-106.
  12. Быстрянец Е.В. Исследование технологии экспертной оценки качества информационного обеспечения автомобильного транспорта // Автоматизация. Современные технологии. 2017. Т. 71. № 9. С. 429-432.
  13. Боровлев А.О., Высоцкая И.А., Скряпников А.В., Тимофеев В.А., Брюховецкий А.Н. Математическое обоснование показателей зрительной ясности криволинейных участков трассы лесовозной автомобильной дороги // Транспорт Урала. 2021. № 2 (69). С. 90-92.
  14. Хромых В.В., Хромых О.В. Цифровые модели рельефа. Томск: НТЛ, 2011. 188 с.
  15. Литвинов А.С. Управляемость и устойчивость автомобиля. М.: Машиностроение, 1971. 416 с.
  16. Сухов Д.Ю. Имитационное моделирование транспортного потока для оценки транспортно-эксплуатационных характеристик лесовозных автомобильных дорог // Системы управления и информационные технологии. 2008. Т. 33. № 3.2. С. 276-278.
  17. Кероглу Л.А. Исследование пропускной способности автомобильных дорог. М.: Автотрансиздат, 1963. 66 с.
  18. Бурмистров Д.В. Рабочая гипотеза ритмичного строительства лесовозных автомобильных дорог и ее экономико-математическое развитие // Лесной вестн. Forestry Bulletin. 2018. Т. 22. № 5. С. 69-76.
  19. Козлов В.Г. Анализ существующих методов проектирования трассы лесных автомобильных дорог // Фундаментальные исследования. 2017. № 3. С. 35-39.
  20. Вырко Н.П. Строительство и эксплуатация лесовозных дорог. Минск: БГТУ, 2005. 446 с.
  21. pavements through adhesion improvement // Journal of the Balkan Tribological Association. 2019. V. 25. № 3. P. 678-694.
  22. Nikitin V.V., Novoselov I.S. A model of optimal development of a network of forest roads in a forest resource array // Moscow state forest university bulletin - Lesnoy vestnik. 2013. № 2. P. 121-125.
  23. Skrypnikov A.V., Kozlov V.G., Belyaev A.N., Chernyshova E.V. Theoretical foundations of the method of designing a clothoid track with approximation of succession of points // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2019. V. 726. P. 654-667.
  24. Kozlov V.G., Skrypnikov A.V., Samcov V.V., Levushkin D.M., Nikitin A.A., Zaikin A.N. 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». 2019. P. 32-41.
  25. Bogdanov A.I. Mathematical model of the route plan of new railways // Proektirovanie razvitiya regional'noj seti zheleznih dorog. 2019. № 7. P. 17-23.
  26. Kamusin A.A., Borisov V.A., Akinin D.V., Kirej V.V., Kaznacheeva N.I. On the issue of choosing an effective type of road surface for forest roads in the analysis of forest resources // International Journal of Advanced Studies in Computer Engineering. 2018. № 1. P. 20-28.
  27. Kantor I.I. Railway survey and design. M.: IKC «Akademkniga», 2003. 288 p.
  28. Isachenko A.G. Landscape studies and physical and geographical zoning. M.: Vyssh. shkola, 1991. 366 p.
  29. Tararykov A.V. Assessment of indicators of transport and operational characteristics on difficult sections of highways // Informacionnye tekhnologii modelirovaniya i upravleniya. 2008. № 1 (44). P. 103-106.
  30. Bystryancev E.V. Research of the technology of expert assessment of the quality of information support of motor transport // Automation. Modern technologies. 2017. V. 71. № 9. P. 429-432.
  31. Borovlev A.O., Vysockaya I.A., Skrypnikov A.V., Timofeev V.A., Bryuhoveckij A.N. Mathematical substantiation of visual clarity indicators of curved sections of the logging highway route // Transport of the Urals. 2021. № 2 (69). P. 90-92.
  32. Hromyh V.V., Hromyh O.V. Digital terrain models. Tomsk: NTL, 2011. 188 p.
  33. Litvinov A.S. Handling and stability of the car. M.: Mashinostroenie, 1971. 416 p.
  34. Suhov D.YU. Simulation modeling of traffic flow to assess the transport and operational characteristics of logging roads // Sistemy upravleniya i informacionnye tekhnologii. 2008. V. 33. № 3.2. P. 276-278.
  35. Keroglu L.A. Investigation of the capacity of highways. M.: Avtotransizdat, 1963. 66 p.
  36. Burmistrov D.V. The working hypothesis of rhythmic construction of logging roads and its economic and mathematical development // Lesnoj vestn. Forestry Bulletin. 2018. V. 22. № 5. P. 69-76.
  37. Kozlov V.G. Analysis of existing methods of forest highway route design // Fundamental research. 2017. № 3. P. 35-39.
  38. Vyrko N.P. Construction and operation of logging roads. Minsk: BG TU, 2005. 446 p.

#### References

1. Borovlev A.O., Skrypnikov A.V., Vysockaya I.A., Bryuhoveckij A.N., Nikitin V.V. Combinations of curved sections of the plan and the longitudinal profile of the route of logging roads // Izvestia SPbLTA. 2021. № 235. P. 196-207.
2. Nikitin V.V., Kozlov V.G., Arutyunyan A.YU., Umarov M.M. Simulation model of the functioning of a logging road // Moscow state forest university bulletin - Lesnoy vestnik. 2016. V. 20. № 2. P. 167-172.
3. Kozlov V.G., Skrypnikov A.V., Sushkov S.I., Kruchinin I.N., Grigorev I.V., Nikiforov A.A., Pilnik Y.N., Teppoev A.V., Lavrov M., Timokhova O.M. Enhancing quality of road