

УДК 634.0.377

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.2.95

ЛЕСОВОЗНЫЕ АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ В ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Е.В. Чернышова, канд. техн. наук

А.В. Скрыпников, д-р техн. наук, проф.

В.В. Самцов, экстерн, ст. преподаватель

М.А. Абасов, экстерн, ст. преподаватель

Воронежский государственный университет инженерных технологий, просп. Революции, д. 19, г. Воронеж, Россия, 394036; e-mail: elenabok@mail.ru, skrypnikov-vsafe@mail.ru, samcovVV@mail.ru, maxAb@mail.ru

Основным назначением лесовозных автомобильных дорог как технологических путей лесопромышленного предприятия является сбор и вывозка заготовленного леса. Рассредоточенность лесных запасов по площади предполагает наличие совокупности дорог, различных по своей капитальности и срокам действия, технологически увязанных в единую транспортную сеть предприятия. На структуру транспортной сети и размещение отдельных составляющих ее дорог в лесном массиве оказывает влияние целый ряд факторов. Противоречивые требования, предъявляемые к параметрам транспортных средств на вывозке лесоматериалов по дорогам низких категорий и капитальным магистралям, при больших расстояниях вывозки привели к разработке технологии двухступенчатой вывозки со специализацией транспортных средств, созданием перегрузочных пунктов древесины и соответствующим изменением структуры лесотранспортных путей. Руководствуясь разработанными ранее рекомендациями при камеральном трассировании конкретной лесовозной дороги, проектировщик вынужден укладывать трассу методом проб и ошибок, во многом полагаясь на свой опыт и интуицию. Принципиальную трудность при этом представляют неоднородность местности трассирования (рельефные, грунтовые и гидрологические особенности), необходимость учитывать концентрацию и размещение запасов древесины, а также соблюдать нормы проектирования. Разрешение противоречия между повышающимися требованиями к качеству проектируемых лесовозных дорог, с одной стороны, и примитивными способами их трассирования, с другой, следует искать в разработке принципиально новых методов поиска оптимальных решений на этапе камерального трассирования лесотранспортных путей при широком использовании математических методов и информационных технологий, а также отечественного и зарубежного опыта в этой области.

Для цитирования: Чернышова Е.В., Скрыпников А.В., Самцов В.В., Абасов М.А. Лесовозные автомобильные дороги в транспортной сети лесопромышленного предприятия // Лесн. журн. 2019. № 2. С. 95–101. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.2.95

Ключевые слова: лесовозная автомобильная дорога, трассирование, система автоматизированного проектирования.

Введение

Одними из основных факторов, влияющих на структуру транспортной сети и размещение отдельных составляющих ее дорог в лесном массиве, являются природно-климатические условия района расположения лесопромыш-

ленного предприятия, таксационные характеристики древостоев, в первую очередь неравномерность распределения запасов древесины по площади, рельефные, почвенно-грунтовые и гидрологические особенности территории лесосырьевой базы, обеспеченность района местными дорожно-строительными материалами, расположение карьеров, продолжительность зимнего и летнего периодов, распределение осадков по временам года, периоды весенней и осенней распутиц и др. Степень влияния перечисленных факторов на параметры лесотранспортной сети и их значимость для различных предприятий неодинаковы.

Каждое конкретное лесопромышленное предприятие стремится компенсировать неблагоприятные воздействия одних факторов и максимально использовать преимущества других за счет подбора соответствующей технологии заготовки и вывозки древесины, а также использования набора технических средств, реализующих эту технологию.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования служит лесовозная автомобильная дорога, а также процесс ее трассирования и проектирования. В ходе исследования рассматриваются методы автоматизированного проектирования лесовозных автомобильных дорог и их продольного профиля.

Результаты исследования и их обсуждение

Сезонность вывозки заготовленного леса компенсируется за счет создания технологических запасов у трасс лесовозных автомобильных дорог, на резервных или промежуточных складах [6, 9], выделения зон зимней и летней вывозки и т. д. Такое разнообразие технологических решений находит свое отражение в различных принципах построения дорожной сети конкретных лесопромышленных предприятий.

Наряду с широко распространенной практикой постепенного проектирования и строительства магистральных дорог по мере продвижения лесозаготовок вглубь лесного массива рекомендуется использовать разовое проектирование и строительство лесовозных магистралей на всю или значительную длину лесосырьевой базы предприятия. При этом магистраль и ветки объединяются в одну категорию пути, а дорога размещается по схеме «магистраль–усы–волоки».

Авторы работ [4, 5] предлагают изменить существующую традиционную структуру лесовозных автомобильных дорог «магистраль–ветка–усы–волоки» на схему «магистраль–усы–волоки» или даже на «магистраль–волоки» с параллельным расположением магистралей, сооружаемых за счет высвободившихся средств через 2...3 км.

Пять схем транспортного освоения, отличающихся количеством параллельно расположенных зимних и летних магистралей в зависимости от грузооборота нижнего склада, рассматриваются в работе [7].

Несмотря на многообразие технологических решений, как практически реализованных, так и рекомендуемых, анализ существующих схем транс-

портного освоения лесных массивов позволяет выделить в качестве типичных для проектирования именно лесотранспортных путей следующие две задачи:

1. Трассирование лесовозной автомобильной дороги для вывозки объема древесины, сосредоточенного в конечной точке пути, которая может быть транзитной. Подобная задача возникает при трассировании усов лесовозных дорог от контура лесосеки до точки их примыкания к ветке, дорог от перегрузочных пунктов хозяйственных дорог, транзитных участков веток и магистралей между точками примыкания к ним дорог низших категорий и т. д.

2. Трассирование лесовозной автомобильной дороги для вывозки нескольких объемов древесины, сосредоточенных в конечных точках, быть может транзитных, путей более низкой категории, примыкающих непосредственно к трассируемой дороге. Эта задача характерна для трассирования веток и магистралей лесовозных автомобильных дорог, грузосборочных дорог и т. д.

Во втором случае к трудностям, характерным для задач трассирования автомобильных дорог общего назначения, соединяющих, например, два населенных пункта, добавляются специфические сложности лесовозных автомобильных дорог, обусловленные их функциональным назначением.

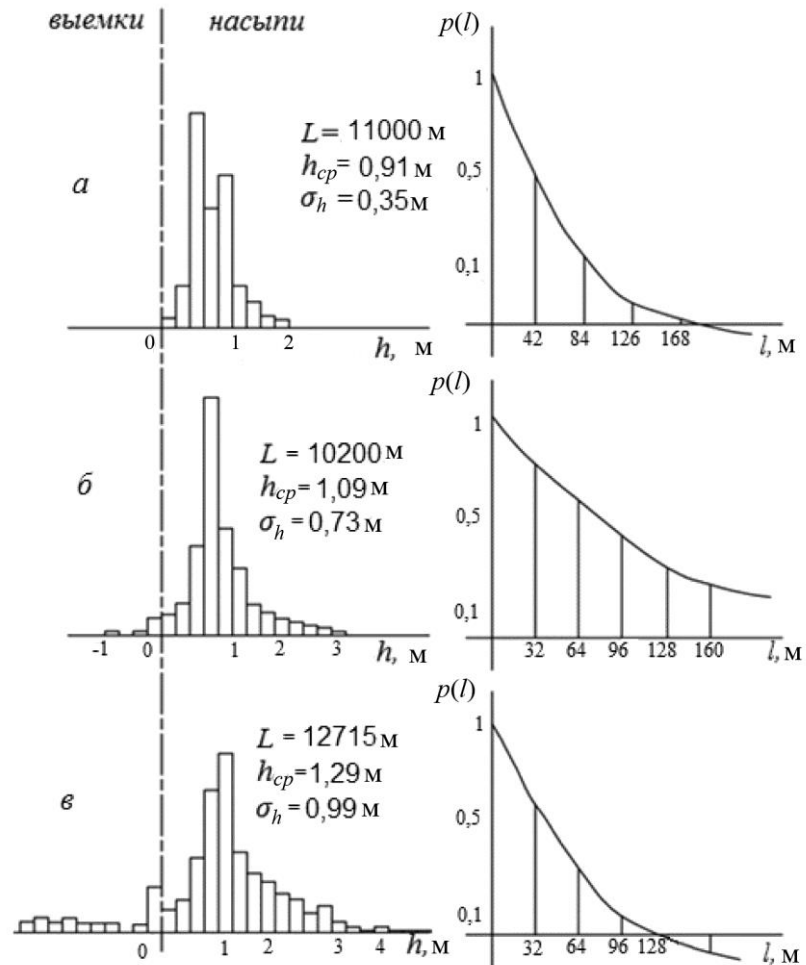
Необходимость учитывать размещение и концентрацию лесных запасов приводит к тому, что задача трассирования второго типа носит ярко выраженный пространственный характер, когда на положение дороги влияют не только локальные условия местности вблизи трассы, рельефные, грунтовые, гидрологические, но и удаленные от трассы участки лесного массива, для вывозки древесины из которых и предназначена проектируемая дорога.

Как отмечалось выше, принципиальную трудность при камеральном трассировании автомобильной дороги представляют рельеф и неоднородность района трассирования (под «неоднородной местностью» будем понимать территорию с выделенными участками (областями неоднородности), отличающимися затратами на строительство и содержание 1 км дороги, – озера, болота, овраги, участки местности с различными по условиям разработки грунтами, территории, запрещенные для трассирования, и т. п.).

Кроме перечисленных факторов, влияющих на положение лесовозной автомобильной дороги на местности, при решении задачи оптимального трассирования следует учитывать односторонность грузового потока, которая накладывает различные ограничения на продольные уклоны пути; в порожнем направлении допускаются более крутые подъемы, чем в грузовом.

Лесовозные автомобильные дороги с переходным типом покрытия, как правило, проектируются по обертывающей (или огибающей), когда проектная линия повторяет в основном естественные изгибы земной поверхности. При сооружении земляного полотна этих дорог преобладают насыпи высотой 0,5...1,5 м с небольшим разбросом рабочих отметок.

На рисунке приведены статистические характеристики трех лесовозных автомобильных дорог с гравийным покрытием, полученные обработкой ведомостей поикетных объемов земляных работ из рабочих проектов ООО «Атлантида» [3].



Статистические характеристики продольных профилей лесовозных автомобильных дорог с переходным типом покрытия: *а* – ветка; *б* – лесовозная дорога; *в* – лесовозная и хозяйственная дороги (где L – протяженность рассматриваемого участка дороги; h_{cp} – средняя для данного участка высота насыпи земляного полотна; σ_h – разброс рабочих отметок)

Statistical characteristics of longitudinal sections of logging roads with transition pavement: *a* – side track; *б* – forest road; *в* – forest and tore road (where L – length of the considered road section; h_{cp} – average depth of earthwork fill for this site; σ_h – dispersion of position factors)

Общую картину позволяет составить совместный анализ двух основных характеристик продольного профиля – гистограммы рабочих отметок и нормированной автокорреляционной функции $p(l)$ (l – длина участка) продольного профиля, рассматриваемого как случайная функция пикетных отметок [1]. Высокая плотность значений рабочих отметок имеет небольшие среднеквадратические отклонения, не превышающие 1 м.

Отдельные короткие участки с высокими насыпями до 5 м приходятся, как правило, на места мостовых переходов через водотоки или другие искусственные сооружения и могут быть предусмотрены заранее при анализе ситу-

ации по картам или материалам аэрофотосъемки. Медленное убывание автокорреляционной функции $\rho(l)$ отражает более тесную связь близлежащих отметок профиля дороги и, соответственно, меньший статистический разброс их значений, чем для удаленных друг от друга точек трассы. Плавный характер изменения соседних рабочих отметок продольного профиля, огибающего без резких перепадов линию земли, приводит к тому, что расхождение соседних рабочих отметок существенно меньше их максимального разброса для всей трассы, за исключением отдельных «особых» участков, о которых было сказано выше.

Результаты проведенных исследований лесовозных автомобильных дорог в целях разработки методов автоматизированного проектирования их продольного профиля позволили установить, что основным методом построения проектной линии этих дорог является огибающее проектирование [8, 10].

Вывод о преобладании принципа наложения проектной линии по огибающей для автомобильных дорог общего назначения приведен в [2, 3]. В этих работах исследовалась корреляционная связь параметров продольного профиля автомобильных дорог и рельефа местности путем сравнения двух случайных функций: $X(l)$ – линии продольного профиля местности по оси трассы; $\varphi(l)$ – линии продольных уклонов дороги.

Нормированные корреляционные и взаимная корреляционная функции обеих случайных функций $X(l)$ и $\varphi(l)$, построенные по материалам обработки проектов 8 участков дорог общей протяженностью 99,8 км, практически полностью совпадали, что свидетельствует о тесной взаимосвязанности изучаемых объектов и преобладании принципа проектирования автомобильных дорог по обертывающей.

Заключение

Анализ научно-исследовательских разработок в области транспортного освоения лесных массивов показывает, что в основе традиционного камерального трассирования линейных объектов по топографическим картам в горизонталях или по материалам аэрофотосъемки лежат методы проектирования по огибающей, среди которых широко используется распространенный способ укладки линии нулевых работ на участках напряженного хода трассы дороги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Донперт В.А.* и др. Модель многоуровневого процесса последовательной переработки многоуровневых интегрированных структур в лесопромышленном комплексе / Воронеж. гос. лесотехн. акад. Рукоп. деп. 17.07.2006, № 938-В2006.
2. *Курьянов В.К., Скрыпников А.В., Урюпин А.И.* Стратегия управления запаса годности машины в процессе управления ее ремонтным обеспечением на уровне элемента / Воронеж. гос. лесотехн. акад. Рукоп. деп. 07.11.2007, № 1027-В2007.
3. *Курьянов В.К., Скрыпников А.В., Ярошутин А.С., Донперт В.А.* Управление дорожно-строительными потоками многоуровневых интегрированных структур в лесопромышленном комплексе / Воронеж. гос. лесотехн. акад. Рукоп. деп. 26.06.2006, № 859-В2006.
4. *Скрыпников А.В.* Алгоритм комплексного моделирования процесса функционирования автомобильной лесовозной дороги. М.: МГУЛ, 2005. 6 с.

5. *Скряпников А.В.* Оценка транспортно-эксплуатационных свойств автомобильных лесовозных дорог с учетом движения нескольких скоростных групп автомобилей по однополосной дороге без обгона. М.: МГУЛ, 2005. 5 с.
6. *Умаров М.М., Скряпников А.В., Чернышова Е.В., Микова Е.Ю.* Применение цифровых моделей местности для трассирования лесных автомобильных дорог // Лесн. журн. 2018. № 2. С. 58–69. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.2.58
7. *Kozlov V.G., Skrypnikov A.V., Chernyshova E.V., Mogutnov R.V., Levushkin D.M.* Mathematical Modeling of Damage Function when Attacking File Server // Journal of Physics: Conference Series. 2018. Vol. 1015. Article no. 032069. 11 p. DOI: 10.1088/1742-6596/1015/3/032069
8. *Ptitsyn P.S., Radko D.V., Skrypnikov A.V.* Development of the Method for Integration of Mobile Applications and Corporate Information Systems // Journal of Digital Information Management. 2016. Vol. 14, no. 5. Pp. 322–332.
9. *Skrypnikov A.V., Chernyshova E.V., Zemlyanukhin M.Yu.* Firewall as a Tool of Implementation of Security Policy // Science and Education: Materials of the VIII International Research and Practice Conference, Munich, March 19–20, 2015. Munich: Publishing office Vela Verlag Waldkraiburg, 2015. Pp. 345–350.
10. *Skrypnikov A.V., Dorokhin S., Kozlov V.G., Chernyshova E.V.* Mathematical Model of Statistical Identification of Car Transport Informational Provision // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. Vol. 12, iss. 2. Pp. 511–515.

Поступила 02.11.18

UDC 634.0.377

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.2.95

Logging Roads in a Transportation Network of a Forest Industrial Enterprise

E.V. Chernyshova, Candidate of Engineering Sciences

A.V. Skrypnikov, Doctor of Engineering Sciences, Professor

V.V. Samtsov, External Student, Senior Lecturer

M.A. Abasov, External Student, Senior Lecturer

Voronezh State University of Engineering Technologies, pr. Revolyutsii, 19, Voronezh, 394036, Russian Federation; e-mail: elenabok@mail.ru, skrypnikovvsafe@mail.ru, samcovVV@mail.ru, maxAb@mail.ru

Primary use of logging roads as technological routes of a forest industrial enterprise consists of timber gathering and hauling. Distribution of forest reserves by area implies the existence of a set of roads different in their importance and useful time technologically linked into the united transportation network of the enterprise. Structure of the transportation network and location of certain components of its roads in the forest area is affected by the wide range of factors. Conflicting requirements for the vehicle parameters of timber hauling down the secondary roads and highways for long haul distances led to the development of a two-step haulage technology with vehicle's specialization, creation of wood transfer points and corresponding change in the structure of timber transportation routes. Guided by the existing recommendations for the cameral laying out of a certain logging road, a designer is forced to lay out the route through trial and error, broadly relying on his experience and intuition. Fundamental difficulties in this case are heterogeneity of the laying out terrain (relief, ground and hydrological features), necessity to consider concentration and placement of wood stocks, as well as observation the design regulations. Resolution of contradiction between the increasing quality requirements for the designing logging roads, on the one hand, and the primitive methods of their laying out, on the other, should be sought in the

development of fundamentally new methods of optimizing at the stage of cameral laying out of hauling routes based on the wide use of mathematical methods and information technologies, as well as local and foreign experience in this field.

For citation: Chernyshova E.V., Skrypnikov A.V., Samtsov V.V., Abasov M.A. Logging Roads in a Transportation Network of a Forest Industrial Enterprise. *Lesnoy Zhurnal* [Forestry Journal], 2019, no. 2, pp. 95–101. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.2.95

Keywords: logging road, laying out, computer-aided design system.

REFERENCES

1. Doppert V.A. et. al. *Multilevel Process Model of Sequential Processing of Multilevel Integrated Structures in the Forest Industry Complex*. Voronezh State Forestry Engineering Academy. Deposited Manuscript. 17.07.2006, no. 938-B2006.
2. Kur'yanov V.K., Skrypnikov A.V., Uryupin A.I. *Strategy for Managing the Roadworthiness of a Car in Maintenance Support at the Element Level*. Voronezh State Forestry Engineering Academy. Deposited Manuscript. 07.11.2007, no. 1027-B2007
3. Kur'yanov V.K., Skrypnikov A.V., Yaroshutin A.S., Doppert V.A. *Management of Road-Building Flows of Multilevel Integrated Structures in the Forest Industry Complex*. Voronezh State Forestry Engineering Academy. Deposited Manuscript. 26.06.2006, no. 859-B 2006.
4. Skrypnikov A.V. *Algorithm of Complex Simulation of Operation Process of a Logging Road*. Moscow, MGUL Publ., 2005. 6 p.
5. Skrypnikov A.V. *Assessment of Transport and Operational Properties of Logging Roads Taking into Account the Movement of Several High-Speed Groups of Cars on a Single-Lane Road without Overtaking*. Moscow, MGUL Publ., 2005. 5 p.
6. Umarov M.M., Skrypnikov A.V., Chernyshova E.V., Mikova E.Yu. Digital Elevation Model for Forest Road-Location. *Lesnoy Zhurnal* [Forestry Journal], 2018, no. 2, pp. 58–69. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.2.58
7. Kozlov V.G., Skrypnikov A.V., Chernyshova E.V., Mogutnov R.V., Levushkin D.M. Mathematical Modeling of Damage Function when Attacking File Server. *Journal of Physics: Conference Series*, 2018, vol. 1015, Article no. 032069. 11 p. DOI: 10.1088/1742-6596/1015/3/032069
8. Ptitsyn P.S., Radko D.V., Skrypnikov A.V. Development of the Method for Integration of Mobile Applications and Corporate Information Systems. *Journal of Digital Information Management*, 2016, vol. 14, no. 5, pp. 322–332.
9. Skrypnikov A., Dorokhin S., Kozlov V.G., Chernyshova E.V. Mathematical Model of Statistical Identification of Car Transport Informational Provision. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2017, vol. 12, iss. 2, pp. 511–515.
10. Skrypnikov A.V., Chernyshova E.V., Zemlyanukhin M.Yu. Firewall as a Tool of Implementation of Security Policy. *Science and Education: Materials of the VIII International Research and Practice Conference, Munich, March 19–20, 2015*. Munich, Publishing office Vela Verlag Waldkraiburg, 2015, pp. 345–350.

Received on November 02, 2018