

СТАТЬИ

УДК 625.7/8:69.003

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСОВОЗНЫХ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

**¹Боровлев А.О., ¹Высоцкая И.А., ¹Скрыпников А.В., ²Тихомиров П.В.,
³Никитин В.В., ¹Мацнев М.В., ¹Болтнев Д.Е.**

¹*Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж,
e-mail: borovlevAOI@mail.ru, i.a.trishina@gmail.com, skrypnikovvsafe@mail.ru;*

²*Брянский государственный инженерно-технологический университет,
Брянск, e-mail: vtichomirov@mail.ru;*

³*Мытищинский филиал Московского государственного технического университета
им. Н.Э. Баумана, Мытищи, e-mail: nikitinvv@bmstu.ru*

В работе рассматриваются и анализируются параметры проектирования лесовозных автомобильных дорог. Несмотря на некоторое снижение в последние годы показателей аварийности на дорогах, проблема безопасности дорожного проектирования имеет приоритетную значимость. Ежегодные экономические потери вследствие дорожно-транспортных происшествий наносят огромный ущерб предприятиям и отраслям экономики. Неудачные участки, которые позже приведут к денежным убыткам компании грузоперевозок, обнаруживаются только на построенной дороге, когда их исправление уже невозможно. Поэтому повышение эффективности дорожно-строительного производства связано с усовершенствованием методик расчетов проектирования и строительства лесовозных автомобильных дорог. Увеличение транспортно-эксплуатационных затрат по мере роста интенсивности движения на лесовозных автомобильных дорогах является аддитивным процессом, поэтому важным параметром при проектировании выступает скорость движения автомобилей, по которой можно оценивать степень влияния параметров лесовозной автомобильной дороги на экономические показатели её работы. Скорость движения зависит от плавности проектируемой дороги. Как следствие, основными характеристиками элементов трассы являются различные теоретические параметры, которые обуславливают предел безопасной скорости движения лесовозного автотранспорта. Плавное изменение направления дороги в перспективе (и в плане) обеспечивает постепенность режима движения и, следовательно, повышает эффективность лесовозной автомобильной дороги.

Ключевые слова: проектирование дорог, план трассы, профиль трассы, экономические потери, лесовозные автомобильные дороги

IMPROVING THE EFFICIENCY OF FORESTRY ROADS

**¹Borovlev A.O., ¹Vysotskaya I.A., ¹Skrypnikov A.V., ²Tikhomirov P.V.,
³Nikitin V.V., ¹Matsnev M.V., ¹Boltnev D.E.**

¹*Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh,
e-mail: borovlevAOI@mail.ru, i.a.trishina@gmail.com, skrypnikovvsafe@mail.ru;*

²*Bryansk State Engineering and Technological University, Bryansk, e-mail: vtichomirov@mail.ru;*

³*Mytischki branch of the Moscow State Technical University N.E. Bauman, Mytischki, e-mail: nikitinvv@bmstu.ru*

The paper discusses and analyzes the design parameters of timber transport roads. Despite a slight decrease in the accident rate on the roads in recent years, the problem of road design safety is of priority importance. The annual economic losses due to road traffic accidents wreak havoc on businesses and industries. Unsuccessful sections, which later lead to financial losses for the trucking company, are only discovered on the constructed road, when it is no longer possible to fix them. Therefore, an increase in the efficiency of road construction production is associated with the improvement of calculation methods for the design and construction of timber highways. The increase in transport and operating costs as the traffic intensity on timber highways increases is an additive process, therefore, an important parameter in the design is the speed of vehicles, which can be used to assess the degree of influence of the parameters of the timber road on the economic performance of its operation. The driving speed depends on the smoothness of the projected road. As a consequence, the main characteristics of the elements of the route are various theoretical parameters that determine the limit of the safe movement speed of timber vehicles. A smooth change in the direction of the road in the future (and in plan) provides a gradual movement mode and, therefore, increases the efficiency of the timber road.

Keywords: road design, route plan, route profile, economic losses, timber transport roads

Рост экономики страны невозможен без развития инфраструктуры, одной из составляющей которой является сеть автомобильных дорог в целом и лесовозных дорог в частности. 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 протяжённых ин-

женерных объектов, проектирование которых представляет во времени и пространстве сложный и многофункциональный процесс. Основой формообразования будущей дороги является ее трасса, а очертания этой трассы во многом определяют технические и транспортно-эксплуатационные качества будущей дороги. Необходимо учитывать денежные и материальные затраты, а также полученный экономический и ланд-

шафтно-архитектурный эффект, удовлетворяющий непрерывно возрастающему культурному уровню населения.

В проектах лесовозных автомобильных дорог в качестве элементов плана трассы встречаются прямые линии, переходные кривые, описываемые в последние годы чаще всего по клотоиде, и круговые кривые. Кривые линии могут быть также подразделены при анализе перспективных изображений по направлению их изогнутости на левые и правые, а переходные кривые, по их отношению к направлению движения лесовозного подвижного состава, на входные и выходные. Продольный профиль, как правило, проектируют, используя горизонтальные и наклонные прямые, вогнутые и выпуклые параболы (или круговые кривые). Обычно применяемые элементы плана и профиля трассы могут образовать 28 взаимных сочетаний (комбинаций) [1]. Таким образом, путем сочетания элементов плана и профиля получают элементы трассы в пространстве.

Возможность повышения качества проектных решений лесовозных автомобильных дорог связана с учетом зрительного восприятия трассы. Вид дороги в перспективе должен ориентировать водителя, быть зрительно ясным, обеспечивать постоянство режима движения транспортного потока.

Существует ряд методов проверки зрительной плавности и ясности проектируемых лесовозных автомобильных дорог. Наиболее широко ясность и плавность дороги оценивают по ее наглядным изображениям, т.е. по перспективам и моделям. Однако оценка перспектив и моделей во многом зависит от квалификации проектировщика и поэтому зачастую субъективна. Кроме того, отсутствуют общепризнанные и теоретически обоснованные рекомендации по выбору точки зрения для анализа плавности дороги по перспективным изображениям. Целью работы является анализ современных проектных решений лесовозных автомобильных дорог и их рассмотрение с точки зрения возможных экономических потерь.

Выбор методов исследования условий зрительной плавности и ясности лесовозных автомобильных дорог

В случае неудачного выбора точек зрения или при недостаточном их количестве предварительная оценка проектирования оказывается малоэффективной. Неудачные участки, которые позже приведут к денежным убыткам компании грузоперевозок, обнаруживаются только на построенной

дороге, когда их исправление уже невозможно. До последнего времени построение перспективных изображений являлось весьма трудоемким процессом, чем объясняется недостаточность проверок плавности и ясности в практике работы проектных организаций.

Опыт показал, что проверку плавности лесовозных автомобильных дорог по ее гибким универсальным моделям в настоящее время можно признать наиболее всесторонней. Принимая точки зрения на каждом пикете, а при необходимости и чаще, можно обнаружить неплавные или неясные участки лесовозной автомобильной дороги. С повышенных точек трассы можно также проверить ее гармоничность в целом в пределах участков, открытых для обозрения.

Метод моделирования позволяет просто и быстро определить нужные для повышения степени плавности и ясности исправления плана и профиля и является особо удобным при проектировании вариантов. Точность построения моделей пока еще отстает от перспективных изображений. Поэтому для характерных точек зрения, установленных по модели, приходится строить перспективные изображения для тех участков, где нужна более точная оценка плавности и ясности.

Аналитический метод контроля плавности и ясности будет обеспечивать возможность применения креативных критериев оценки и позволит использовать возможности автоматизированного проектирования для определения характеристик.

Наиболее распространенные элементы трассы изображены на рис. 1. Поскольку скорость движения в основном определяется кривыми плана и продольными уклонами, а нормы закруглений профиля определяются из условий обеспечения опасности движения, то названия элементов трассы целесообразно определять, принимая за основу элементы плана: прямую, переходную и круговую кривую. Названия основных элементов трассы согласно рис. 1 представлены на рис. 2.

Составленная из ряда пространственных или плоских линий трасса может быть описана в целом лишь неэлементарной функцией, которая определена несколькими аналитическими выражениями для различных интервалов изменения аргумента.

Основными характеристиками элементов трассы являются их теоретические параметры, протяженность, уклоны, а также формирование в перспективе. Эти параметры обуславливают предел безопасной скорости движения лесовозного автопоезда. Этот предел водители улавливают интуи-

тивно, нередко при этом ошибаясь. Завися от внешних природных условий (дождь, гололед и др.), предел безопасности скорости существенно меняется в течение года. Считается, что полностью безопасный режим движения можно осуществить только при автоматическом управлении автомобилем, когда исключается возможность ошибок водителя [2–4].

В системе «дорога – автомобиль – водитель» элементы трассы оказывают на скорость движения косвенное влияние через восприятие водителем их сочетаний, который оценивает крутизну поворотов и уклонов зрительно и по ощущению уско-

рений вестибулярным аппаратом. При этом водитель управляет автомобилем на режиме, который ему кажется безопасным и удобным, как правило, отклоняясь от предельно возможного безопасного режима. Наблюдения показывают, что ошибки в оценке скорости иногда достигают 30–50% [5].

Отклонения от предельно безопасного режима движения в сторону уменьшения скорости ведут к повышению себестоимости перевозок, т.е. к экономическим потерям. А превышение же скорости является причиной дорожно-транспортных происшествий, и создается угроза критических ситуаций.

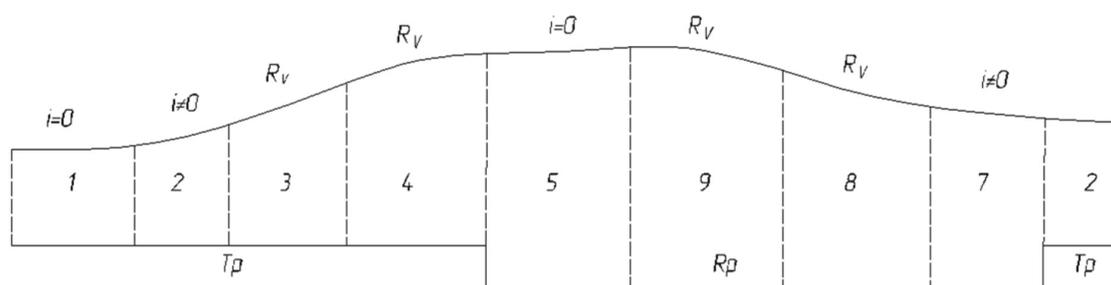


Рис. 1. Схема разбивки трассы на элементы: R_p , R_v – радиусы кривых в плане и продольном профиле; T_p – прямая в плане; i – продольный уклон; 1–9 – элементы трассы

№ п/п	План и продольный профиль	Группы элементов	Элементы трассы
1.		Прямые	Горизонтальная прямая
2.			Наклонная прямая
3.		Плоские кривые	("Вогнутая кривая") Плоская вогнутая кривая
4.			("Выпуклая прямая") Плоская выпуклая кривая
5.			Горизонтальная кривая
6.			Кривая постоянного уклона (винтовая)
7.		Пространственные кривые	"Вогнутая кривая" (пространственная вогнутая кривая)
8.			"Выпуклая кривая" (пространственная выпуклая кривая)

Рис. 2. Основные элементы трассы

**Результаты исследования
и их обсуждение**

Водитель автомобиля при движении смотрит на дорожное полотно под малым углом зрения. Воспринимаемая его глазами картина является центральной проекцией (перспективой) дороги. Примерно 80% информации, нужной для управления автомобилем, водитель воспринимает при помощи зрения. Поэтому вид дороги в перспективе является основным источником информации, исходя из которой водитель должен безошибочно воспринимать направление дороги в плане, а также выбирать безопасную скорость. Поэтому перспектива лесовозной автомобильной дороги в первую очередь должна быть верно ориентирующей, или, как принято называть, зрительно ясной.

На рис. 3 и 4 приведены перспективные изображения некоторых типичных участков трассы, часто встречающихся на дорогах. Короткая вертикальная кривая в пределах

кривой в плане создает в перспективе зрительное впечатление «просадки» проезжей части (рис. 3). При скорости движения 80 км/ч взгляд водителя сосредотачивается на расстоянии 500 м впереди автомобиля. Если на пути расположен зрительно крутой поворот, вполне вероятно и снижение скорости, несмотря на то, что элементы плана и профиля обеспечивают возможность проезда без такого снижения.

Если кривая в плане значительно короче вертикальной кривой (рис. 4), дорога в перспективе получает беспокойный, негармоничный вид. Проезд такого участка связан с повышенной эмоциональной напряженностью водителя.

Нередко пологие в плане воспринимаются издалека как резкие повороты или изломы дороги, что также заставляет водителей снизить скорость [6]. Результаты исследований [7] показали, что снижение скорости на подходах к кривым достигает 10–15% по сравнению со скоростью на прямом участке.

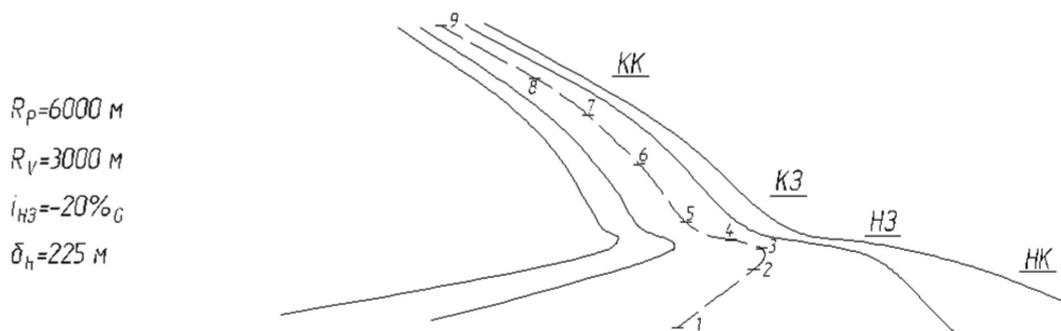


Рис. 3. Кривая в плане, перекрывающая вертикальное закругление: НК, КК – начало и конец кривой в плане; НЗ, КЗ – начало и конец вертикальной кривой; δ_n – смещение точек НК и НЗ; R_p, R_v – радиусы кривых в плане и продольном профиле; $i_{нз}$ – продольный уклон

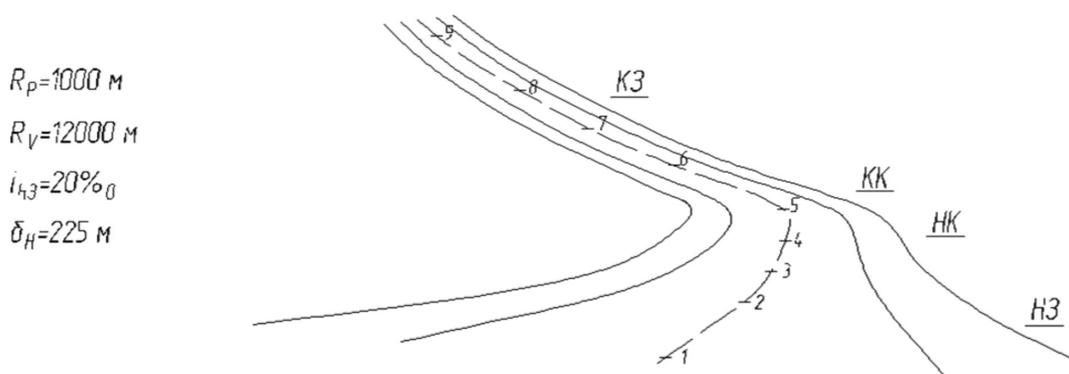


Рис. 4. Короткая кривая в плане, размещенная в пределах вертикальной кривой: НК, КК – начало и конец кривой в плане; НЗ, КЗ – начало и конец вертикальной кривой; δ_n – смещение точек НК и НЗ; R_p, R_v – радиусы кривых в плане и продольном профиле; $i_{нз}$ – продольный уклон

Установлено, что чем меньше радиус кривой, тем значительнее эмоциональная напряженность водителя [7]. В равнинной местности наиболее заметное влияние на скорость движения оказывают кривые, радиусом менее 400 м, а повышенная эмоциональная напряженность водителей наблюдается на подъездах к кривым, радиус которых меньше 800 м.

Места резкого снижения скорости являются потенциальными местами дорожно-транспортных происшествий [8–10]. Поэтому дорога должна плавно изменять свое направление в перспективе для обеспечения динамической постепенности режима движения и, следовательно, повышения ее эффективности. Наличие структурированных данных о том, какие сочетания параметров плана и профиля наилучшим образом обеспечивают зрительную плавность и ясность поворотов трассы лесовозной автомобильной дороги, улучшает бедующие проектные решения.

Выводы

Развитие лесовозных дорог и их расположение относительно лесных ресурсов является одним из важных экономических факторов, способствующих расширению предприятий лесного хозяйства.

Признано, что зрительная плавная и явная дорога обеспечивает постоянный или плавно переменный режим движения, уменьшает напряженность и утомляемость водителя, снижает транспортные затраты в результате выбора наиболее оптимального режима движения. Поэтому задача повышения качества проектных решений, а как следствие, повышение эффективности лесовозных автомобильных дорог остается весьма актуальной.

Основными причинами часто получавшихся неудачных сочетаний кривых плана и продольного профиля являются недостаточная изученность зрительной ясности и особенно плавности, недостаточный опыт практического использования в проектных организациях известных принципов пространственного проектирования лесовозных автомобильных дорог и трудоемкость применяемых методов контроля зрительной плавности и ясности. Предлагается:

– более подробное изучение условий зрительной ясности и плавности и формулирование рекомендаций по проектированию поворотов дороги;

– разработка более простых методов контроля плавности и ясности, требующих значительно меньших затрат времени, чем при построении перспективных изображений.

Таким образом, рекомендуется, чтобы сочетания смежных элементов трассы обеспечивали возможность движения автомобилей с постоянной или плавно изменяющейся скоростью. Для этого при проектировании некоторых автомобильных магистралей должно соблюдаться условие, согласно которому изменение скорости на соседних элементах трассы не должно было превышать 8–13 км/ч.

Качество проектных решений в первую очередь влияет на рациональное положение трассы и на многие годы определяет ее экономическую эффективность и транспортно-эксплуатационные характеристики (скорость, уровень безопасности, пропускную способность и пр.).

Список литературы

1. Вырко Н.П. Строительство и эксплуатация лесовозных дорог: учебник. Минск: БГТУ, 2005. 446 с.
2. 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.
3. Kozlov V.G., Skrypnikov A.V., Sushkov S.I., Kruchinin I.N., Grigorev I.V., Nikiforov A.A., Pilnik Y.N., Tep-poev A.V., Lavrov M., Timokhova O.M. Enhancing quality of road pavements through adhesion improvement. Journal of the Balkan Tribological Association. 2019. V. 25. № 3. P. 678–694.
4. 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. V. 12. № 2. P. 511–515.
5. Литвинов А.С. Управляемость и устойчивость автомобиля. М.: Машиностроение, 1971. 416 с.
6. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: учебник для вузов. М.: Транспорт, 1993. 271 с.
7. Морозов П.И. Проектирование и планирование обустройства лесовозных автомобильных дорог // Лесотехнический журнал. 2011. № 2. С. 36–41.
8. Козлов В.Г. Анализ существующих методов проектирования трассы лесных автомобильных дорог // Фундаментальные исследования. 2017. № 3. С. 35–39.
9. Kozlov V.G., Skrypnikov A.V., Samcov V.V., Levushkin D.M., Nikitin A.A., Zaykin 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.
10. Быстрянец Е.В. Исследование технологии экспертной оценки качества информационного обеспечения автомобильного транспорта // Автоматизация. Современные технологии. 2017. Т. 71. № 9. С. 429–432.