Лесной журнал, 2018, №6, P. 117-127
Published: July 25, 2018

Теоретические основы и методы математического моделирования лесовозных автомобильных дорог

В.Г. Козлов
Д-р техн. наук Воронежский государственный университет инженерных технологий, просп. Революю-ции, д. 19, г. Воронеж, Россия, 394036; e-mail: vya-kozlov@yandex.ru, skrypnikovvsafe@mail.ru, elenabok@mail.ru, e_v_chircov@mail.ru, r-mogutnov@mail.ru

А.В. Скрыпников
Д-р техн. наук, проф. Воронежский государственный университет инженерных технологий, просп. Революю-ции, д. 19, г. Воронеж, Россия, 394036; e-mail: vya-kozlov@yandex.ru, skrypnikovvsafe@mail.ru, elenabok@mail.ru, e_v_chircov@mail.ru, r-mogutnov@mail.ru

Е.В. Чернышова
Канд. техн. наук Воронежский государственный университет инженерных технологий, просп. Революю-ции, д. 19, г. Воронеж, Россия, 394036; e-mail: vya-kozlov@yandex.ru, skrypnikovvsafe@mail.ru, elenabok@mail.ru, e_v_chircov@mail.ru, r-mogutnov@mail.ru

Е.В. Чирков
Экстерн Воронежский государственный университет инженерных технологий, просп. Революю-ции, д. 19, г. Воронеж, Россия, 394036; e-mail: vya-kozlov@yandex.ru, skrypnikovvsafe@mail.ru, elenabok@mail.ru, e_v_chircov@mail.ru, r-mogutnov@mail.ru

С.А. Поставничий
Экстерн Воронежский государственный университет инженерных технологий, просп. Революю-ции, д. 19, г. Воронеж, Россия, 394036; e-mail: vya-kozlov@yandex.ru, skrypnikovvsafe@mail.ru, elenabok@mail.ru, e_v_chircov@mail.ru, r-mogutnov@mail.ru

Р.В. Могутнов
Экстерн Воронежский государственный университет инженерных технологий, просп. Революю-ции, д. 19, г. Воронеж, Россия, 394036; e-mail: vya-kozlov@yandex.ru, skrypnikovvsafe@mail.ru, elenabok@mail.ru, e_v_chircov@mail.ru, r-mogutnov@mail.ru

Abstract

Научные основы проектирования лесовозных автомобильных дорог, заложенные в трудах ведущих ученых в области обеспечияихтранспортно-эксплуатационных характеристик, базируются на теории автомобиля. На начальном этапе требования к элементам плана и профиля определялись из условия обеспечения движения одиноч-ного автомобиля,по динамическим характеристикам и динамической устойчивости на отдельных участках дорог, т. е. из условия взаимодействия системы «автомобиль–дорога». С увеличением количества автомобилей на дорогах появилась необходи-мость обеспечить пропуск транспортных потоков различной интенсивности, для чего потребовалось изучить взаимодействие системы «дорожные

условия–транспортные дороги». Исследованиям этих проблем посвящены работыА.К. Бирули, В.Ф. Бабкова, Е.В. Кондрашова, В.В. Сильяноваи др., которые создали основы теории движения транспортных потоковв различных дорожных условиях. Применение теорий вероят-ности и массового обслуживания к изучению процессов движения в работах Я.А. Ка-лужского, В.В. Сильянова, И.В. Бегма, В.М. Кислякова и Д. Дрю существенно углу-било понимание закономерностей движения транспортных потоков и управления ими. В связи с увеличением динамичности автомобилей и совершенствованиемдорог воз-росли и скорости движения, что повысило роль водителя в выборе оптимальных ре-жимов и обеспечении безопасности. Следовательно, одиниз перспективных путей повышения эффективности работы лесовозного автомобильного транспорта –изуче-ние взаимодействия системы «водитель–условия движения». Выполненные исследо-вания показывают, что поскольку главным звеном в процессе взаимодействия ком-плекса «водитель–автомобиль–дорога–среда» является водитель, требованияк пара-метрам дорог должны исходить из создания наиболее благоприятных условий дляегоработы. С учетом этих требований должны разрабатываться и методы ландшафтного и пространственного проектирования лесовозных автомобильных дорог. В настоящий момент отсутствуют требования к допускаемым изменениям транспортно-ксплуатационных качеств дорог в зависимости от природно-климатических и погод-ных условий и методы оценки их влияния на режим и безопасность движения. Это не позволяет оценивать как качество проектов, так и эффективность деятельности до-рожно-эксплуатационной службы по обеспечению удобства и безопасности движения на дороге

Keywords: лесовозные автомобильные дороги, проектирование дорог, информационное обеспечение, эксплуатационные характеристики

Введение

Системному изучению эксплуатационных свойств элементов комплекса «автомобиль-водитель-дорога» посвящены работы В.Н. Иванова, В.Н. Ерохова, Е В Кондрашовой, Т.В. Скворцовой, А.Г. Чистякова, А.Ю. Арутюнян, Р.Н. Котлярова, П.И. Морозова и др. [4, 6, 8, 9, 11]. Их исследования направлены на совершенствование организации и управления всего транспортного процесса.

Выполненный авторами анализ условий движения и дорожно-транспортных происшествий на автомобильных лесовозных дорогах показывает, что на эффективность транспортного процесса существенное влияние оказывают погодно-климатические условия. Под их воздействием изменяются транспортно-эксплуатационные характеристики дорог, психофизиологическое состояние водителя, состояние систем и узлов автомобиля, а также режим движения транспортного потока, как результат взаимодействия всех элементов комплекса. Однако влияние природных и климатических условий в настоящее время учитывается главным образом в требованиях к прочности и работоспособности дорожных одежд и устойчивости земляного полотна. На основании исследований, выполненных В.Ф. Бабковым, А.К. Бирулей, Д. Дрю, Я.А. Калужским, И.В. Бегма, И В Чернышовой и др. [1-3, 5, 16], разработаны методы расчета дорожных одежд, в которых учитывается совместное воздействие природно-климатических условий и подвижной нагрузки. Прочность дорожных одежд рассчитывается по условиям самого неблагоприятного весеннего периода.

В районах с холодным климатом для предотвращения морозного пучения предусматриваются морозозащитные слои, толщина которых определяется методами, предложенными в работах [2, 7, 12], в районах с повышенной влажностью сооружаются дренирующие устройства по методикам [7, 10, 13, 15]. Достижения отечественной науки в области исследования воднотеплового режима земляного полотна признаны мировой дорожной наукой.

Объекты и методы исследования

Методы проектирования лесовозных автомобильных дорог базируются на учете механического взаимодействия дороги и одиночного автомобиля, движущегося с расчетной скоростью.

Движение транспортных потоков учитывается только при определении числа полос движения, некоторых геометрических элементов и прочности дорожных одежд.

Результаты исследования и их обсуждение

В нормативно-технической литературе за расчетную скорость принимается наибольшая возможная скорость движения одиночных автомобилей при сухой или увлажненной чистой поверхности покрытия, при этом гололед, снежный накат, слой рыхлого снега, загрязненность покрытия, степень увлажнения, грязные обочины не учитываются, обеспеченность расчетных скоростей в проектах дорог не определяется. Например, величина максимального продольного уклона устанавливается, исходя из динамических характеристик автомобиля-тягача в автопоезде, и проверяется независимо от категории дороги и района ее прокладки по сцеплению для мокрого, но не загрязненного, заснеженного или обледенелого покрытия.

Известно, что коэффициент сцепления колеса автомобиля с сухим покрытием колеблется от 0,40 до 0,80, с влажным - от 0,20 до 0,40, с заснеженным или покрытым гололедом - от 0,07 до 0,27. При назначении геометрических элементов дорог, в частности при нахождении такого важного параметра, как видимость поверхности дороги, расчет ведется по коэффициенту сцепления 0,30... 0,5.

При определении поперечного сцепления колеса с дорогой значение радиуса кривых в плане также принимается постоянным для всех районов нашей страны. В Строительных нормах и правилах имеется только указание об ограничении поперечного уклона до 4 % в районах с частыми туманами и длительными периодами гололеда с одновременным увеличением радиусов кривых.

Не существует метода учета погодно-климатических условий и при определении таких важных параметров, как радиусы вертикальных выпуклых и вогнутых кривых, ширина и поперечный уклон проезжей части, ширина обочин и переходных краевых полос, ширина и конструкция укрепления обочин при выборе сочетаний элементов плана и профиля дорог.

Обеспечение требуемых эксплуатационных качеств существующих дорог, организация дорожного движения и управление им возложено на дорожно-эксплуатационную службу. В ее задачи входит обеспечение круглогодичного, непрерывного, безопасного и удобного движения автомобилей, сохранности дорог и дорожных сооружений, повышение технического уровня и эксплуатационных качеств дорог с учетом роста интенсивности движения.

Сведения, содержащиеся в работах других авторов [7, 14] показывают, что взаимодействие автомобиля и дороги можно рассматривать как сложный комплекс, анализ состояния которого позволяет определить воздействие движущихся автомобилей на дорожную одежду, а также влияние погодноклиматических факторов на нее. Предложены многочисленные показатели эксплуатационных качеств лесовозных автомобильных дорог, каждый из которых оценивается соответствующим коэффициентом. К числу этих показателей относится скорость движения, непрерывность движения по дороге, прочность и ровность дорожной одежды, сцепные качества, интенсивность движения и др. Разработана классификация дорожно-ремонтных работ и периодичность их проведения, которая учитывает изменение состояния дорог под воздействием автомобильного движения и погодно-климатических факторов. На основе комплекса объективных показателей разработана методика оценки эффективности дорожно-ремонтных работ.

Однако исследования не содержат обоснованные нормативные требования ко многим транспортно-эксплуатационным показателям автомобильных лесовозных дорог в процессе эксплуатации. Так, не установлены требования к минимально допустимым скоростям движения транспортного потока и одиночного автомобиля, пропускной способности и уровню безопасности, непрерывности проезда в зависимости от категории дороги и погодноклиматических условий. Не обоснованы и не дифференцированы по категориям дорог требования к таким важнейшим показателям, как ровность,

сцепные качества покрытий и коэффициент сопротивления качению, требования к эффективной ширине проезжей части и обочин, которые существенно влияют на скорость, безопасность и себестоимость перевозок. При проектировании лесовозных автомобильных дорог не анализируется изменение перечисленных показателей в процессе эксплуатации, не предусматривается специальных мер для их обеспечения.

В условиях климата России для большинства районов лесозаготовок особые трудности в обеспечении удобного и безопасного движения на лесовозных дорогах возникают в зимний период. Условия работы дорог зимой рассмотрены в работах А.К. Бирули, В.Ф. Бабкова, Д.С. Птицина, Д.В. Радько [1, 2, 18]. Выполненные этими авторами исследования положены в основу районирования территорий по трудности снегоборьбы, ими предложено деление участков дорог по снегозаносимости в зависимости от соотношения геометрических размеров земляного полотна. Разработаны комплекс инженерных и организационных мероприятий по защите лесовозных автомобильных дорог от снежных заносов и требования к проектированию плана и профиля дороги по условиям снегозаносимости. Накоплен обширный опыт содержания дорог в зимний период.

При проектировании дорог не производится сравнение вариантов обеспечения требуемого состояния их поверхности в зимних условиях различными сочетаниями конструктивных и эксплуатационных мероприятий, не оцениваются возможность и вероятность образования гололеда и снежного наката на дорожных покрытиях, не предусматриваются меры по их предупреждению и ликвидации.

Во многих работах отмечаются значительные трудности зимнего содержания дорог на участках кривых малого радиуса в плане, на узлах примыканий и пересечений в одном и разных уровнях и в других стесненных условиях. Это требует изучения влияния геометрических элементов дорог и их сочетаний на состояние дорог и режимы движения в сложных погодных условиях.

Схемы установки дорожных знаков, разметки, конструкции ограждений, направляющих устройств и другого инженерного оборудования приняты одинаковыми для всей территории страны, для всех периодов года и климатических условий. Не учитывается, что направляющие столбики, тумбы и парапеты, дорожные знаки, установленные в пределах земляного полотна,

приводят к снежным заносам, сужают его поверхность, мешают снегоочистке.

Назначению оптимальных скоростей движения транспортных потоков в реальных условиях посвящены многочисленные исследования, которые отражают большой накопленный опыт организации движения и управления им. Они охватывают широкий круг дорожных условий, различные сочетания геометрических элементов дорог, интенсивности и состава движения, однако подавляющая часть наблюдений выполнена в летний период года, т. е. в наиболее благоприятных погодных условиях [14]. Исключением являются исследования режимов эксплуатации лесовозных автопоездов в зимний и осенне-весенний периоды года, которые посвящены изучению работы только автомобилей в условиях бездорожья, но не касаются режимов движения транспортных потоков [19]. В связи с этим необходимо продолжить изучение режимов движения одиночных автомобилей и транспортных потоков во время действия отдельных метеорологических факторов и их сочетаний в различные периоды года. Тем более, что произошел определенный прогресс в развитии методов, систем и технических средств управления движением. Появились знаки со сменной информацией, автоматические системы сбора информации о транспортных потоках, внедряются автоматизированные системы управления движением на автомагистралях с использованием ЭВМ, телевизионных устройств, управляемых дорожных знаков и различных приборов для сбора информации о параметрах дорог и метеорологических условиях.

Ведутся работы по изучению влияния дорожных условий на количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Особое значение имеют разработанные В.Ф. Бабковым [1] методы оценки безопасности движения на автомобильных дорогах с учетом коэффициентов аварийности и безопасности. Для оценки вариантов проектных решений плана и профиля дорог используются коэффициенты относительной безопасности, обратные по величине коэффициентам аварийности [1]. Однако эти методы учитывают влияние только некоторых отдельных метеорологических факторов на безопасность движения.

Представляет интерес попытка разработать метод оценки влияния всех элементов комплекса «водитель-автомобиль-дорога-среда» на безопасность движения. Многофакторная модель ДТП связана с погодно-климатическими условиями. На

примере анализа ДТП А.В. Скрыпникова, Е.В. Кондрашовой и др. [8] получено уравнение множественной корреляции, связывающее количество ДТП с девятью факторами, которое не может считаться исчерпывающим, так как не включает многие важные элементы и параметры дорог. Таким образом, необходимость учета влияния погодно-климатических условий на безопасность движения остается актуальной.

Требуют уточнения и некоторые вопросы технико-экономического обоснования капиталовложений в дорожное строительство в различных климатических зонах.

Основным источником экономической эффективности строительства автомобильной лесовозной дороги является сокращение времени доставки лесоматериалов и пассажиров за счет увеличения скоростей движения автомобилей. Расчеты эффективности основаны на определении себестоимости перевозок до и после строительства дороги, причем себестоимость прежде всего связана с типом покрытия проезжей части, в зависимости от которого принимается и расчетная скорость. В технике-экономических расчетах скорость движения и себестоимость перевозок принимаются для летних условий и считаются постоянными в течение всего года, что не соответствует действительности.

Необходимо разработать методику учета влияния погодноклиматических условий на состояние дорог и условия движения. Анализ состояния лесовозных автомобильных дорог, условий движения, изменения скоростей движения и наличия ДТП в зависимости от состояния дорог для различных периодов года и погодных условий, выполненный совместно с анализом методов проектирования, организации ремонта, содержания дорог и регулирования движения с учетом погодных условий, позволяет сделать ряд важных выводов [9, 11, 17].

С позиций системного анализа функционирование автомобильнодорожной системы представляет собой сложный многомерный процесс, непрерывно изменяющийся во времени и пространстве. Эффективность функционирования всей системы определяется состоянием отдельных подсистем, соответствием параметров одной подсистемы требованиям другой, их взаимодействием в различных условиях эксплуатации.

Лесовозные автомобильные дороги и вся дорожная сеть являются одним из главных элементов системы, степень развития, технический уровень и состояние которой существенно влияют на себестоимость автомобильных перевозок

лесоматериалов, скорость, удобство и безопасность движения. Следовательно, необходимо непрерывное управление развитием сети лесовозных автомобильных дорог, их техническим уровнем и состоянием в целях обеспечения требуемой эффективности их работы как основной части автомобильно-дорожной системы.

Погодно-климатические и метеорологические условия, которые можно отнести к характеристикам окружающей среды, оказывают положительное или отрицательное влияние на состояние лесовозных автомобильных дорог, режим и безопасность движения лесовозов. Под воздействием условий изменяются транс портно-эксплуатационные характеристики дороги и окружающая обстановка, режим работы систем автомобиля, психофизиологическое состояние водителя, что приводит к изменению взаимодействия всего комплекса «водитель-автомобиль-дорога-среда» и его выходных параметров. При этом чем больше совершенствуются параметры автомобилей и автомобильных дорог и выше интенсивность и скорость движения, тем более существенным становится влияние погодно-климатических условий на взаимодействие систем комплекса и тем совершеннее должны быть методы управления параметрами комплекса и их взаимодействием в реальных условиях функционирования.

Существующие методы проектирования автомобильных лесовозных дорог недостаточно учитывают изменения условий движения лесовозов под воздействием неблагоприятных погодно-климатических условий и не предусматривают всего комплекса мер по обеспечению удобного и безопасного движения в любые периоды. Погодно-климатические условия учитываются при определении прочности дорожных одежд и устойчивости земляного полотна, но часто игнорируются при назначении параметров дорог, наиболее существенно влияющих на удобство и безопасность движения. Основные геометрические параметры плана, продольного поперечного профиля лесовозных автомобильных дорог, транспортно-эксплуатационные характеристики и элементы обустройства рассчитываются, как правило, на работу в летнее, наиболее благоприятное, время и не проверяются на их обеспеченность в другие периоды года, когда существенно изменяются интенсивность и состав движения. Не разработаны методы прогноза и определения необходимого уровня транспортно-эксплуатационных характеристик дорог, что снижает ответственность проектных организаций за соблюдение нормальных условий движения лесовозного подвижного состава

в процессе эксплуатации дорог в сложных погодных условиях. Вся ответственность за обеспечение удобного и безопасного движения возлагается на службу эксплуатации, не сравниваются различные варианты требуемой мощности и ресурсов для содержания дорог, имеющих различные технические параметры в неблагоприятные периоды года.

Таким образом, имеется разрыв в единой цепи создания и функционирования лесовозных автомобильных дорог. Существующие методы их ремонта и содержания направлены главным образом на сохранение естественно сложившихся ненормированных режимов и уровней безопасности движения, а в неблагоприятные периоды года и в сложных погодных условиях - на обеспечение непрерывности движения. Не разработаны научно-обоснованные методы определения минимально-допустимых показателей состояния дорог в неблагоприятные периоды года, показателей режимов движения, путей и ресурсов для их обеспечения.

Заключение

Закономерности движения транспортных потоков в неблагоприятных погодно-климатических условиях не исследованы и поэтому не имеют достаточного отражения в требованиях к элементам лесовозных автомобильных дорог и организации движения. Отсутствие данных о закономерностях движения транспортных потоков в неблагоприятные периоды года не позволяет прогнозировать режимы движения, пропускную способность дорог и уровень обеспечения безопасности движения, а также учитывать эти изменения в технико-экономических расчетах.

Все крупные инженерные сооружения рассчитываются на определенные критические условия работы или критические нагрузки, при которых они должны обладать необходимым запасом прочности и устойчивости. Современная лесовозная автомобильная дорога является сложным и дорогостоящим сооружением и для обеспечения высокой скорости и безопасности движения должна сохранять определенный минимум транспортно-эксплуатационных качеств в критических условиях эксплуатации.

Таким образом, возникает задача обоснования расчетных условий движения в зависимости от назначения дороги и

погодно-климатических характеристик района, где она расположена. Необходимо разработать комплекс конструктивных и организационных решений, которые позволили бы обеспечить движение лесовозного подвижного состава в любых погодноклиматических условиях с требуемыми скоростями и уровнем безопасности, заложенными в проект. Выполнение требований расчета условий движения в зависимости от характеристик дороги и погодно-климатических условий может повлечь дополнительные затраты и поэтому должно быть экономически оправданным. Не во всех случаях полный комплекс мероприятий может быть экономически целесообразен, т. е. необходимы частные решения, которые могли бы локализировать влияние отдельных климатических факторов или значительно ослабить их. В этом случае должны быть заранее определены допускаемые режимы движения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: учеб, для вузов. М.: Транспорт. 1993. 271 с.
2. Бируля А.К. Эксплуатация автомобильных дорог: учеб. М.: Транспорт, 1966. 326 с.
3. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. М.: Транспорт, 2012.424 с.
4. Пеанов В.Н., Ерохов В.Н. Влияние параметров автомобильных дорог на расход топлива // Автомобильные дороги. 2014. № 8. С. 10-13.
5. Калужский ЯД., Бегма II.В., Кисляков В.М., Филиппов В.В. Применение теории массового обслуживания в проектировании автомобильных дорог. М.: Транспорт. 1969. 136 с.
6. Кондрашова Е.В., Скворцова Т.В. Совершенствование организации дорожного движения в транспортных системах лесного комплекса // Системы управления и информационные технологии. 2008. № 3.2(33). С. 272-275.
7. Силъянов В.В.. Ситников ЮМ. Расчет скоростей движения при проектировании автомобильных дорог // Тр. МАДИ. 1974. Вып. 72. С. 47-66.

8. Скрынников А.В., Кондрашова Е.В., Скворцова Т.В., Чистяков А.Г. Моделирование поведения водителя при управлении автотранспортным средством // Вести. ВГУИТ. 2015. № 1(63). С. 97-104.'
9. Скрыпников А.В., Козлов В.Г., Скворцова Т.В., Арутюнян А.Ю. Автоматизированное проектирование лесовозной дороги // Автоматизация. Современные технологии. 2016. № 6. С. 38-41.
10. Скрыпников А.В., Котляров Р.Н. Теоретическое обоснование условий безопасности движения лесовозных автопоездов в автомобильных потоках // Лесотехн, жури. 2011. №2. С. 41-44.
11. Скрыпников А.В., Котляров Р.Н., Морозов П.II. Проектирование и планирование обустройства лесовозных автомобильных дорог // Лесотехн. жури. 2011. № 2. С. 36-41.
12. Скрыпников А.В., Умаров ММ., Арутюнян А.Ю., Чернышова Е.В. Анализ методов оценки надежности сложных технических комплексов // Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии агропромышленного комплекса: материалы между нар. науч.-практ. конф., Воронеж, 08-09 аир. 2015 г. Воронеж: ВГУИТ. 2015. С. 76-81.
13. Скрыпников А.В., Чернышова Е.В., Микова Е.Ю., Логойда В.С. Выбор критерия принятия решений при управлении информационным обеспечением автомобильного транспорта // Автоматизация. Современные технологии. 2017. Т. 71. № 10. С. 476-478.
14. Хомяк Я.В. Проектирование сетей автомобильных дорог. М.: Транспорт. 1983.207 с.
15. Чернышова Е.В. Алгоритм решения задачи оптимального трассирования лесовозной автомобильной дороги на неоднородной местности // Вести. ВГУИТ. 2017. Т. 79, № 2(72). С. 113-120.
16. Чернышова Е.В. Методы формирования цифровой модели местности при трассировании лесовозных автомобильных дорог // Системы. Методы. Технологии. 2017. №3(35). С. 143-148.
17. Skrypnikov A., Dorokhin 8., Kozlov EG., Chernyshova E.У. Mathematical Model of the Statistical Identification of Car Transport Informational Provision I IARPN Journal of

Engineering and Applied Sciences. Vol. 12, no. 2. Pp. 511-515. Режим доступа: http://www.arpnjoumals.org/jeas/research_papers/rp_2017/jeas_0117_5647.pdf (дата обращения: 01.02.2017).

18. Ptitsyn P.S., Radko D.V., Skrypnikov A.V Analysis of Security Identity and Access Management Systems // International Journal of Control Theory and Applications. Vol. 9. no. 1. Pp. 105-117.
19. Ptitsyn P.S., Radko D.V., Skrypnikov A.V. Development of the Method for the Integration of Mobile Applications and Corporate Information Systems I I Journal of Digital Information Management. Vol. 14. iss. 5. Pp. 322-332. Режим доступа: http://dline.info/lpaper/jdim/vl4i5/jdimvl4i5_5.pdf (дата обращения: 01.11.2016).