

УДК 656. 072

UDC 656. 072

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССОВ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ «ДОРОЖНЫЕ УСЛОВИЯ – ТРАНСПОРТНЫЕ ПОТОКИ»

THE METHODOLOGICAL BASIS OF THE PARAMETERS OF THE MODEL PROCESS OF THE “ROAD CONDITIONS – TRANSPORT FLOWS” MANAGEMENT SYSTEM

Сушков Артем Сергеевич
аспирант
Воронежская государственная лесотехническая академия, Воронеж, Россия

Sushkov Artem Sergeevich
postgraduate student
Voronezh State Academy of Forestry and Technologies, Voronezh, Russia

В данной работе рассмотрены вопросы формирования комплекса моделей системы ВАДС (водитель – автомобиль – дорога – среда) с точки зрения интенсивности транспортного потока по ним. Предложена двухуровневая модель управления системой ДУ – ТП, включающая стратегическое и оперативное (текущее) управление. Разработан алгоритм управления данной системой включающий движение автотранспорта в разных природно-климатических условиях, обеспечивающий нормативные и фактические параметры дороги. Предложены несколько уровней управления эксплуатацией дороги и дорожным движением

In this article we have considered the issues of forming a complex system of models of VADS (driver - vehicle - road - environment) in terms of the intensity of traffic on them. We have proposed the two-level model of governance system in DU-TP, which includes strategic and operational (current) management. The algorithm for management of this system including the movement of vehicles in different natural and climatic conditions, providing normative and actual parameters of the road has been studied. We also offer several levels of management exploitation of roads and traffic

Ключевые слова: СИСТЕМА, ОБСЛУЖИВАНИЕ, УПРАВЛЕНИЕ, УРОВЕНЬ, МОДЕЛЬ, АЛГОРИТМ, ИНТЕНСИВНОСТЬ, УСЛОВИЯ, МОЩНОСТЬ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ, РЕМОНТ, ДВИЖЕНИЕ, ПАРАМЕТР, ВОДИТЕЛЬ, ДОРОГА, СРЕДА, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

Keywords: SYSTEM, SERVICE, MANAGEMENT, LEVEL, MODEL, ALGORITHM, INTENSITY, CONDITIONS, POWER, MAINTENANCE, REPAIR, MOVEMENT, SETTING, DRIVER, ROAD, ENVIRONMENT, PRODUCTIVITY

Автомобильный транспорт в целом состоит из следующих основных элементов: подвижной состав, или парк автомобилей, т. е. автомобили всех видов; путевое хозяйство, или автомобильные дороги со всеми устройствами и сооружениями; материально-техническая база для обслуживания подвижного состава; материально-техническая база дорожного хозяйства.

С позиций системного анализа вышеназванные элементы могут быть объединены в единую автомобильно-дорожную систему. Отдельные объекты (части) системы называют подсистемами. Подсистемы для входящих в нее более мелких частей могут рассматриваться как самостоятельные системы и, наоборот, системы могут рассматриваться как подсистемы для более сложных или больших объектов (комплексов), в

которые они входят. Подвижной состав и автомобильные дороги представляют собой главные элементы автомобильно-дорожной системы, конечным продуктом взаимодействия которых являются автомобильные перевозки, а основным производственным процессом – движение автомобилей по дорогам.

В условиях быстрого роста интенсивности дорожного движения успешно обеспечить перевозочный процесс можно лишь при непрерывном совершенствовании его организации. Поэтому необходимо знать закономерности формирования транспортных потоков в различных дорожных условиях.

Дорожные условия (ДУ) – совокупность геометрических параметров и транспортно-эксплуатационных качеств дороги, имеющих непосредственное отношение к движению. Они подразделяются на постоянные и переменные (временные и кратковременные) параметры и факторы.

К *постоянным* отнесены параметры и характеристики дорог, не меняющиеся в процессе эксплуатации или изменяющиеся очень редко (при реконструкции или капитальном ремонте): параметры продольного профиля, радиусы кривых в плане, длина прямых и кривых и др.

К *переменным временным*, или *сезонным* отнесены параметры и характеристики дорог, изменяющиеся в результате сезонных колебаний метеорологических условий и качества содержания дороги: ровность и сцепные качества покрытия, фактическая ширина проезжей части и обочин, наличие и состояние съездов и пересечений, инженерного оборудования, видимость в плане и др.

К *переменным кратковременным* отнесены факторы, влияющие на режим и безопасность движения в течение короткого времени (от

нескольких часов до одного месяца): осадки, туман, гололед, ветер, метеорологическая видимость и др.

Состояние окружающей среды (С) – совокупность метеорологических или погодных условий в данный момент, включая рельеф местности, ландшафт, растительность и животный мир, что существенно усложняет анализ. По отношению к автомобилю дорожные условия, транспортный поток и окружающая среда составляют условия движения.

Условия движения (УД) – реальная обстановка на дороге, в которой движется автомобиль в данный момент: дорожные условия, транспортный поток и состояние окружающей среды.

С учетом вышеизложенного, главная роль принадлежит системе «дорожные условия – транспортные потоки» (ДУ – ТП), каждый элемент которой отдельно и в совокупности все элементы зависят от влияния окружающей среды *С*. Дорожное движение – это результат взаимодействия комплекса «водитель – автомобиль – дорога – среда» как единого целого.

Режим движения характеризуется скоростью одиночных автомобилей и всего потока, интервалами между автомобилями в потоке (плотностью потока), числом обгонов, перестроений и их траекториями, режимом разгонов и торможений. Режим движения – главная выходная характеристика функционирования всего комплекса, которая интегрально отражает его эффективность и качество.

Функция, характеризующая режим движения *i*-го автомобиля

$$P_i = f(B_i; A_j; D; C), \quad (1)$$

где B_i , A_j , – параметры, характеризующие, соответственно, данный автомобиль и данного водителя; D и C – параметры, характеризующие, соответственно, дорогу и среду.

Объединение элементов дорожной и транспортной составляющих в подсистемы и в единый комплекс позволяет анализировать роль каждого элемента в обеспечении надежного и эффективного функционирования всего комплекса.

Основой теории эксплуатации дорог и организации движения служит качественное и количественное описание сущности и закономерностей взаимодействия элементов и систем комплекса ВАДС. Методическую базу теории эксплуатации дорог и организации движения составляет системный подход, позволяющий определить оптимальные взаимосвязи и характеристики отдельных элементов и подсистем.

В качестве "теоретической" базы управления состоянием и организацией движения можно выделить следующие положения:

1) несмотря на существенные изменения, происходящие в процессе функционирования как в отдельных элементах комплекса ВАДС, так и во взаимодействиях его систем, конечные результаты (производительность, пропускная и провозная способности дорог, себестоимость перевозки, удобство и безопасность движения) могут быть постоянными или колебаться в заданных пределах в любых природно-климатических условиях;

2) взаимодействие систем комплекса ВАДС – управляемый процесс, причем управляемыми являются общее функционирование комплекса и взаимодействие его отдельных систем;

3) эксплуатационные качества системы – «дорожные условия» также управляемы и могут быть обеспечены в заданных пределах независимо от природно-климатических условий;

4) транспортно-эксплуатационные характеристики дорог определяются на этапе проектирования и должны поддерживаться на заданном уровне в процессе эксплуатации.

Особенности функционирования комплекса ВАДС с теоретико-операционных позиций.

Главная особенность – децентрализация взаимодействия систем ВАДС, так как комплекс охватывает многочисленные самостоятельно действующие элементы и факторы, решения и управляющие воздействия, принятые изолированно друг от друга.

Другая особенность комплекса ВАДС имеет во многом случайный (стохастический) характер функционирования, поскольку все его системы подвержены воздействию неблагоприятных факторов климата. По стохастическим законам формируется и транспортный поток.

К основным управляемым элементам комплекса относят дорожные условия и транспортные потоки, а также их взаимодействие, поскольку параметры подсистемы «водитель – автомобиль» изменяются менее динамично и на определенном этапе могут быть приняты средне-статистическими.

В процессе функционирования имеются обширные возможности перевода комплекса ВАДС из одного состояния в другое с использованием соответствующих управляющих воздействий на отдельные подсистемы (например, на состояние дорог, распределение транспортных потоков по сети дорог, интенсивность и состав транспортного потока или на несколько подсистем одновременно).

Комплекс ВАДС (водитель – автомобиль – дорога – среда) и систему ДУ – ТП (дорожные условия – транспортные потоки) можно рассматривать как децентрализованную систему обслуживания со случайными стохастическими входами [1]. К этим входам относят спрос на пользование дорогами со стороны транспортного потока, т.е. его интенсивность и состав движения $N = f(\text{ТП})$, а также возмущающие воздействия окружающей среды $\omega = f(C)$. Модель двухуровневого управления (см. рис.)

функционированием системы ДУ – ТП включает стратегическое, или программное, и оперативное, или текущее управление [1].

Первый уровень управления системой ДУ – ТП (стратегическое, или программное) состоит в назначении и выборе параметров и характеристики дороги на стадии проектирования и в полноте реализации этих решений при строительстве или реконструкции. Этот уровень предполагает обоснование мощности и ресурсов дорожной службы для обеспечения требуемого уровня содержания дороги, исходя из принятых проектных решений в конкретных условиях эксплуатации.

Второй уровень управления (оперативное, или текущее) осуществляется мероприятиями по содержанию и ремонту дороги, организации и обеспечению безопасности движения в период эксплуатации. Большое влияние на эффективность II уровня управления оказывают основные параметры и характеристики дороги, принятые на I уровне (x_1' и x_1'').

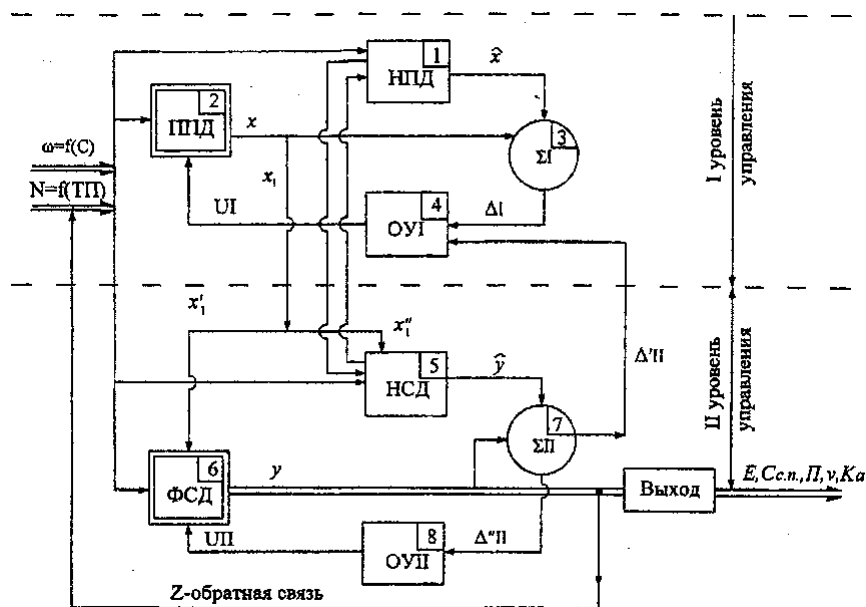


Рисунок. Модель двухуровневого управления функционированием системы ДУ ТП (основные блоки):

- 1 – нормативные характеристики постоянных параметров дороги (НП Д);
- 2 – проектные характеристики параметров дороги (ППД); 3 – сумматор (сравнитель) I уровня управления;
- 4 – блок выбора оптимальных управляющих решений I уровня ОУI;
- 5 – нормативные характеристики состояния дороги (НСД);

6 – фактические характеристики состояния дороги (ФСД); 7 – сумматор 11 уровня управления; 8 – блок выбора оптимальных решений II уровня (ОУП)

Выходными характеристиками модели управления являются конечные показатели функционирования комплекса ВАДС и системы ДУ – ТП: приведенные затраты E , себестоимость перевозок C_{cn} , производительность автомобилей П, скорость v , безопасность движения K_a и др.

Алгоритм управления системой ДУ – ТП состоит в следующем. На основе анализа многолетнего опыта работы дорог с различной интенсивностью движения в разных природно-климатических условиях разрабатывают технические нормативы и требования проектирования дорог НПД, которые должны обеспечить принятые в нормах выходные характеристики функционирования системы ДУ – ТП (вектор x). Эти выходные характеристики могут быть достигнуты только при определенных нормативах содержания и организации движения НСД, которые принимают в проекте. На стадии проектирования, исходя из перспективной интенсивности и состава движения [вектор $N = f(\text{ТП})$] и погодно-климатических условий [вектор $\omega = f(\text{ТП})$], определяют проектные параметры дороги ППД, которые должны обеспечивать проектные выходные параметры функционирования комплекса (вектор x). После назначения параметров дороги определяют рассогласование $A = x - x$, т.е. оценивают, насколько проектные значения выходных параметров функционирования комплекса отличаются от нормативных. Если рассогласование больше допустимого, то принимают оптимальное управляющее воздействие I уровня VI, т.е. вносят коррективы в проектные решения. Переменными I уровня управления являются основные технические параметры и характеристики дорог, а также характеристики дорожной службы.

Особое место на I уровне управления занимает этап создания дороги с принятыми проектными показателями, т.е. этап строительства. От полноты и точности реализации проектных решений, их улучшения (или ухудшения) в процессе строительства во многом зависит качество будущей дороги.

На II уровне управления, исходя из фактического технического уровня построенной дороги (векторы j_s , j_{sj} , x_j), фактической интенсивности и состава движения, реальных погодных-климатических условий и уровня содержания, формируются фактическое состояние дороги ФСД и выходные характеристики функционирования комплекса ВАДС.

Многие рассогласования могут быть устранены средствами содержания, т.е. воздействиями II уровня. При возрастании интенсивности движения и воздействий погодных-климатических условий, которые, накапливаясь, приводят к ухудшению состояния дороги, управляющие воздействия II уровня не обеспечивают нормального функционирования дороги. Требуется управляющее воздействие I уровня – ремонт или реконструкция дороги, что приводит к изменению ее постоянных параметров и основных транспортно-эксплуатационных характеристик, т.е. параметров аппарата обслуживания. При отсутствии управляющих воздействий в начальной стадии происходит самоуправление, или саморегулирование, которое выражается в изменении скорости транспортного потока и пропускной способности. Между выходящими характеристиками и вектором спроса N существует обратная связь Z . Чем лучше дорога, тем больше она привлекает автомобилей, и наоборот.

Математическая модель задачи управления системой ДУ – ТП относится к классу задач о принятии решения в условиях неопределенности, поскольку успех управления зависит от трех групп факторов и условий [2]: *заранее известные* (например, район проложения дороги, его природные условия); *зависящие* от управляющего органа или

задаваемые им элементы решения, которые могут изменяться в заданных пределах (геометрические параметры дороги, уровень ее содержания и т.д.); *неизвестные* в каждый данный момент факторы (например, метеорологические условия, интенсивность и состав движения). Как следует из модели и алгоритма управления системой ДУ – ТП, основным этапом формирования качества ее функционирования является проектирование дороги.

Однако во многих случаях при проектировании условия будущей эксплуатации учитывают плохо, параметры и характеристики дороги рассчитывают только на обеспечение движения в теплый период года. Проектные организации практически освобождены от ответственности за транспортно-эксплуатационные характеристики дорог в процессе эксплуатации. Недостаточная изученность всего многообразия реальных условий, их неполный учет или пренебрежение при проектировании и строительстве наносят значительный ущерб транспортно-эксплуатационным показателям дорог в процессе эксплуатации (ТЭП АД). Дорожная служба вынуждена устранять не только закономерно возникающие изменения в дороге, но и ошибки и упущения проектировщиков и строителей, поскольку на нее возлагается вся ответственность перед потребителями за качество и состояние дороги.

Таким образом, необходимо изучать особенности работы дорог в различных условиях для того, чтобы совершенствовать методы их проектирования, строительства и эксплуатации. В этом отношении в последние годы произошел определенный прогресс. СНиП впервые предусмотрел ряд требований, направленных на более полный учет условий эксплуатации при проектировании, введена обязательная оценка проектных решений по показателям обеспеченности скорости и безопасности движения в неблагоприятные периоды года с учетом затрат на ремонт и

содержание дорог. Введено принципиально новое понятие расчетной скорости. Под расчетной понимают максимально обеспеченную по условиям безопасности движения, взаимодействия с дорогой и динамическим характеристикам скорость легкового автомобиля на увлажненном покрытии в эталонных условиях погоды, которым соответствует летний период года при температуре воздуха 20 °С, его относительной влажности – 50 %, отсутствии ветра и атмосферном давлении – 0,1 МПа.

При неблагоприятных погодно-климатических условиях допускается снижение максимальной обеспеченной скорости, по сравнению со скоростью, принятой при проектировании элементов плана и продольного профиля, но не более 25 % в расчетные по условиям движения осенне-весенний и зимний периоды и, как исключение, не более 50 % в зимний период при гололеде, метелях и сильных снегопадах. Проектные решения должны назначаться, исходя из этих требований.

Технический уровень и эксплуатационное состояние дорог, экономичность перевозок, удобство и безопасность движения зависят от многих решений и воздействий, принимаемых на разных уровнях управления.

Управление развитием и функционированием автомобильно-дорожной системы осуществляется на уровне плановых и директивных органов страны, краев и областей, дорожных министерств и ведомств. Управляющие воздействия включают законодательные акты, планово-экономические, организационные и технические решения и мероприятия.

Управление функционированием сети дорог осуществляется на уровне дорожного органа страны, края или области. Оно включает комплекс целенаправленных воздействий на технические параметры и

транспортно-эксплуатационные характеристики дорог в процессе проектирования и эксплуатации, на формы, методы и организацию работ по ремонту и содержанию, организации и управлению дорожным движением в целях достижения минимума затрат на реализацию транспортного процесса.

Управление дорожным движением неразрывно связано с функционированием автомобильной дороги и включает комплекс воздействий на водителей, дорожные условия, транспортные потоки и режимы движения в целях достижения высокой пропускной и провозной способности дороги, экономической эффективности перевозок, удобства и безопасности движения.

На отдельной дороге задача управления движением в общем виде может быть сформулирована следующим образом:

- *при заданных характеристиках* транспортного потока $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$, характеристиках постоянных и переменных параметров дороги $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$, уровня содержания дороги и организации движения $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$, ресурсах на ремонт и содержание дороги $\Phi_r(x_1, x_2, \dots, x_n) = C_r$ (где $r = 1, 2, \dots, n$);

- *с учетом метеорологических условий* x_1, x_2, \dots, x_n , заданных законами распределения вероятностей ожидания $P_i = f_i(x_i)$ зависимостей состояния дорог от метеорологических условий $\gamma_i = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, *обеспечить требуемые* показатели функционирования дороги Π, V, K_a , определенные из условия обеспечения минимума приведенных дорожно-транспортных затрат на перемещение грузов и пассажиров. Исходя из этого, разрабатывают стратегию и тактику управления дорожным движением для достижения поставленных целей.

Организация дорожного движения – комплекс инженерно-технических и организационных мероприятий, направленных на наиболее эффективное распределение траекторий движения

автомобилей в поперечном профиле и по длине дороги. К организации движения относят также информацию о наиболее целесообразных маршрутах и особенностях дорожных условий, установку знаков указателей, разметку дорог, применение разграничительных, ориентирующих и направляющих устройств, помогающих водителю определить положение автомобиля и дальнейший путь. Организация дорожного движения – первая и самая необходимая часть, без которой немислимо управление. Однако, в отличие от управления дорожным движением, она не обеспечивает оптимальных режимов движения.

Регулирование дорожного движения – один из способов управления транспортным потоком на ограниченном участке или по ограниченному числу параметров.

Вывод. Организация и управление движением – составная часть функционирования дороги, она не может быть оторвана от общих задач эксплуатации дороги как транспортного сооружения. Эффективные организация и управление движением возможны только на основе глубокого знания особенностей работы дороги в различные периоды года и в сложных погодных условиях, ресурсов и возможностей дорожной службы. Исходя из этого, организация и управление движением должны осуществляться дорожной службой в контакте с автотранспортными организациями, органами ГИБДД и метеорологической службой.

Список литературы

1. 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.
2. 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.