

Транспорт

УДК 656.13

DOI: 10.30987/article_5ba8a18cce1438.06383859

Т.А. Самисько, М.М. Курмаев

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ НАУЧНОЙ МЫСЛИ ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ СЕТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Проанализированы параметры сети автомобильных дорог. Рассмотрены методы, которые используются при долгосрочном прогнозировании параметров сети автомобильных дорог. Установлено, что основным недостатком при долгосрочном прогнозировании параметров сети автомобильных дорог является отсутствие системного подхода и

детального рассмотрения организационных характеристик системы при использовании метода эволюционно-вероятностного моделирования.

Ключевые слова: метод, прогноз, долгосрочное прогнозирование, дорожное движение, параметры, сеть автомобильных дорог.

T.A. Samisko, M.M. Kurmaev

BASIC STAGES OF SCIENTIFIC THOUGHT DEVELOPMENT ON PARAMETERS PREDICTION OF HIGHWAY SYSTEMS

In this work there is considered a parameter prediction of highway systems and methods used at the account of traffic intensity.

A comprehensive model of the transport system structural diagram of the Republic and the interconnection between its separate elements with the notation of organization environment of a traffic system with its constituents is shown. It allows solving problems of traffic organization and ensuring traffic safety at minimum costs scientifically substantiated.

On the basis of the study of qualitative and quantitative changes between a control system and a controlled one for traffic system efficient functioning there are defined advisable and efficient solutions. The characteristic of traffic system parameters is shown which is presented by three groups including a characteristic of highway states, structure and transport vehicle speed, traffic intensity and the amount of research works. There are emphasized and described typical peculiarities of methods used at the prediction of traffic

intensity, traffic speed, and at the elimination of existing drawbacks.

The analysis of considered methods, parameters, models and assessments on a long-term prediction of highway systems allowed defining advantages and disadvantages of existing methods, revealing a basic tool of all methods – a diagram of extrapolation, offering a suitable method with the purpose of current drawback elimination, presenting a model (formula) for a long-term prediction of a traffic speed, defining the most promising method for a long-term forecast of design loads.

The authors of the paper have offered a model for a long-term prediction of a traffic speed, there is considered and characterized an attitude in the system of “man-motor car- traffic environment” in the course of its evolution.

Key words: method, forecast, long-term prediction, road traffic, parameters, motor road system.

Вопросам прогнозирования параметров сети автомобильных дорог посвящено большое количество работ. Долгосрочное прогнозирование рассматривается в работах Н.В. Ярещенко [1-3] и И.В. Мусиенко [4]. Эти работы посвящены долгосрочному прогнозированию скоростей движения и расчетных нагрузок на автомобильных дорогах.

Вопрос долгосрочного прогнозирования таких параметров, как объем работ, выполненных дорожным хозяйством, и

потребность в инженерных кадрах, до сих пор остается нерешенным и актуальным.

В соответствии с законом Донецкой Народной Республики «О дорожном движении» к компетенции руководящих органов относится создание программ развития дорожного движения. При этом необходимо учитывать состояние транспортной системы страны и прогнозировать ее развитие. Состояние процесса дорожного движения, возникающее при перемещении людей и грузов с помощью транспортных средств, требует защищенности его участ-

ников и обеспечения комплекса организационно-правовых и организационно-технических мер по предоставлению государственного контроля в сфере безопасности дорожного движения. Интенсивность движения существенно меняется под влиянием развития и модернизации транспортной сети, которые включают градостроительное и социально-экономическое развитие окружающих территорий. В соответствии с мировым опытом для корректного прогнозирования состояния транспортной системы и её изменений необходимо использование комплексных параметров, методов и математических моделей, включающих описание всех этапов формирования транспортных потоков. Прогнозирование развития и интенсивно-

сти дорожного движения должно осуществляться с использованием специализированного программного обеспечения, которое должно соответствовать современному уровню развития технологий в данной сфере. Также руководством должны быть сформулированы требования и алгоритмы по улучшению развития дорожного движения, которые распространены в мировой практике и предложены разработчиками профессиональных программ транспортного моделирования, опубликованных в научной литературе.

Модель структурной схемы транспортной системы страны и взаимосвязь между отдельными ее элементами приведены на рис. 1.

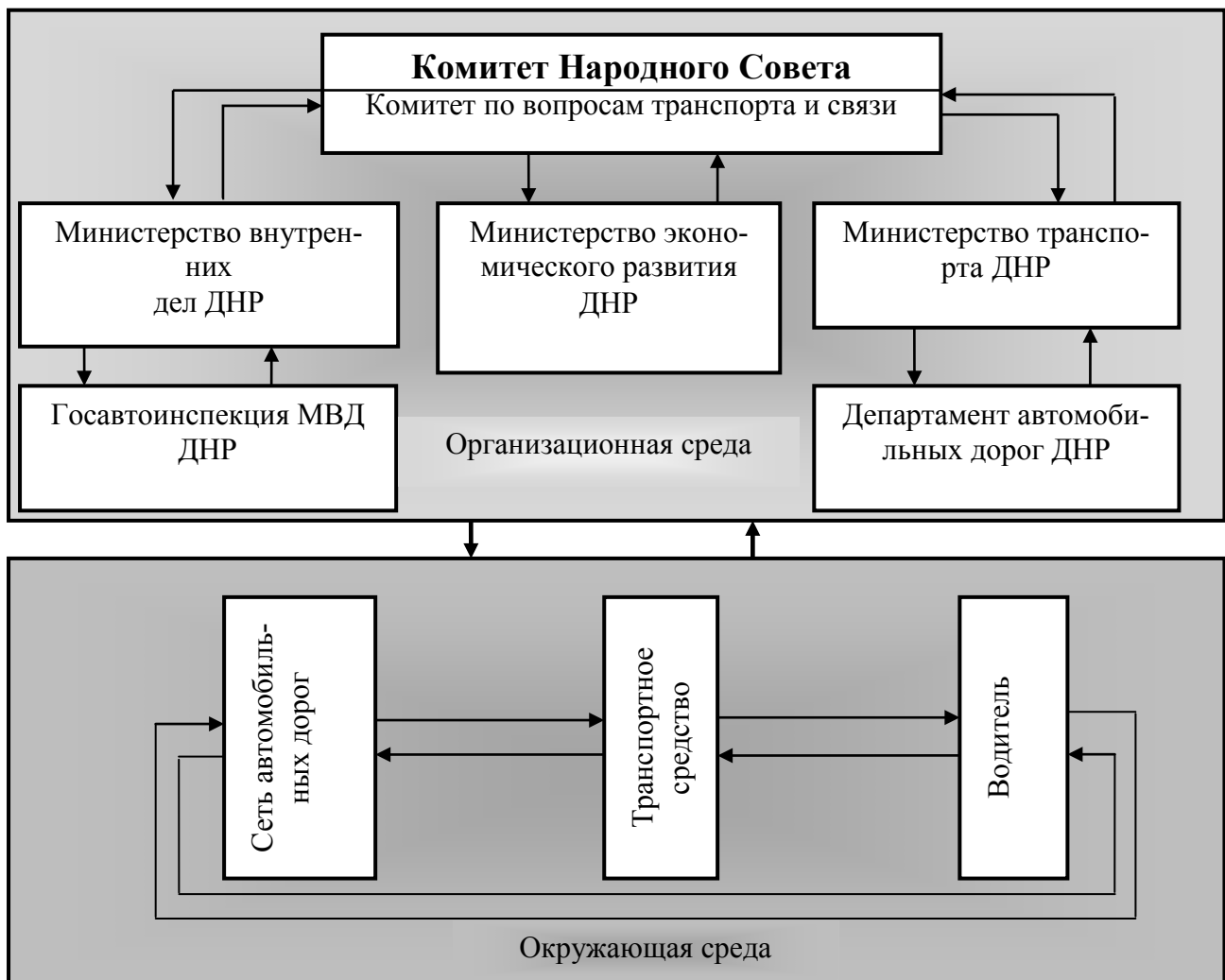


Рис. 1. Структура взаимодействия организационной среды транспортной системы страны с ее составляющими

Выделение в данной системе различных подсистем и элементов, изучение их взаимодействия позволяют научно и обоснованно решать проблемы организации транспортных потоков, обеспечения безопасности дорожного движения и т.п. при минимальных затратах.

За последние годы произошли качественные и количественные изменения между управляющей подсистемой и подсистемой, подлежащей управлению.

В целом для эффективного функционирования транспортной системы страны желательно:

1. Создание геоинформационной системы сети автомобильных дорог для принятия управленческих решений.

2. Прогнозирование параметров сети автомобильных дорог.

3. Создание программ развития сети автомобильных дорог.

Сеть автомобильных дорог имеет большое количество параметров (рис. 2), которые можно объединить в три группы: геометрические (плотность дорог, протяженность дорог, профиль дорог); эксплуатационные (состав потока, интенсивность потока транспортных средств, нагрузка на ось автомобиля, скорость движения транспортных средств); функциональные (интенсивность потока, состав потока, инфраструктурные, объем эксплуатационных работ, объем строительных работ, численность рабочих, объем научно-исследовательских работ).



Рис. 2. Параметры сети автомобильных дорог:
 - параметры, которые уже исследованы другими авторами

Существует много методов, которые применяют при прогнозировании интенсивности дорожного движения. К основным из них следует отнести: методы, основанные на использовании данных об изменении интенсивности движения за предыдущие годы (методы экстраполяции) [5]; методы, основанные на анализе транспортных связей в районе [5]; методы, основанные на многофакторном анализе хозяйственной деятельности; методы экспертных оценок.

Основными недостатками методов прогнозирования интенсивности дорожного движения являются ограниченный срок прогнозирования и достаточно большие погрешности [7; 8].

Требования к точности прогноза интенсивности движения определяются целями прогнозирования. По данным В.В. Сильянова, достаточная точность оценки интенсивности движения может быть следующей: при выборе категории дороги - до 30%, при определении числа полос - до 30%, при конструировании дорожной одежды - 15-27%, при выборе методов и средств регулирования дорожного движения - до 20%.

Анализ существующих методов прогнозирования позволяет сделать вывод, что период опережения надежных количественных характеристик интенсивности движения не превышает 15 лет. Количественные методы долгосрочного прогнозирования интенсивности движения (с опережением 20-30 лет) отсутствуют, а применение логистической кривой невозможно, если отсутствует прогноз сроков качественного преобразования транспортной системы в целом.

При прогнозировании скоростей движения использовались следующие методы: экстраполяции, анализа транспортных связей, многофакторного анализа, экспертных оценок. Указанные методы прогнозирования скоростей движения включают два этапа. На первом этапе прогнозируется интенсивность движения, на втором - скорость при прогнозируемых интенсивности, составе движения и заданных технических характеристиках дороги. Возмо-

жны изменения технических характеристик автомобилей, автомобильных дорог и психологических характеристик человека. Прогнозируемое время не учитывалось [1].

Основным инструментом всех методов прогнозирования является схема экстраполяции, которая включает изучение временных рядов и составление их упорядоченных во времени наборов изменений. В результате аппроксимации полученного набора любой функцией можно получить жестко фиксированную модель тренда. Данная модель экстраполируется на будущее. При этом предполагается, что характеристики сети автомобильных дорог в будущем будут такими же, как и в прошлом. Но в действительности характеристики сети автомобильных дорог непрерывно изменяются, что приводит к резкому падению надежности прогноза. Поэтому существующие методы являются непригодными для долгосрочного прогнозирования характеристик сети автомобильных дорог. Существенным недостатком существующих методов при прогнозировании скорости движения является неучет прогноза эволюции автомобиля, дороги и человека, что приводит к значительным ошибкам.

С целью устранения существующих недостатков методов прогнозирования характеристик сети автомобильных дорог, в частности скорости движения, в работе [1] был использован метод эволюционно-вероятностного прогнозирования, предложенный Е.В. Гавриловым. Недостатками его являются необходимость большого количества наблюдений, отсутствие распределения технических средств на автомобиль и дорогу, невозможность раздельного учета влияния на скорость движения эволюции технических характеристик автомобилей, автомобильных дорог и психологических характеристик человека.

Анализ скорости показывает, что изменение конструктивных скоростей автомобиля во времени имеет волнообразный характер [1]. Периоды устойчивого роста скоростей сменяются периодами их стабилизации. В периоды стабилизации происходят конструктивные изменения автомобилей. В последующие периоды устойчи-

вого роста скоростей реализуются возможности этих изменений [1].

Согласно схеме квантования времени эволюции системы, в ее структуре выделяют периоды замкнутого и разомкнутого состояния [9]. В разомкнутом состоянии изменяется максимальная энтропия системы за счет присоединения к ее структуре элементов окружающей среды. Такому состоянию соответствуют периоды стабилизации рекордных скоростей движения. В замкнутом состоянии максимальная энтропия системы остается неизменной. Эволюция системы в таком состоянии происходит за счет формирования детерминизма отношений между ее компонентами. Этому состоянию системы соответствуют периоды устойчивого роста скоростей движения.

Согласно [1], параметрами модели прогнозирования скоростей движения на автомобильных дорогах являются начальная V_0 и конечная V_k скорости.

Поскольку скорость движения отражает отношения между компонентами системы «водитель - автомобиль - дорога - среда» (ВАДС) и системы в целом с окружающей средой, то данная характеристика может использоваться в качестве параметра заданного состояния. С другой стороны, известно, что вероятности перехода из фактического в заданное состояние могут использоваться как весовые коэффициенты [5]. Итак, модель долгосрочного прогнозирования скорости движения в соответствии с [1] можно представить в виде

$$V(m) = V_0 q(m) + V_s P(m),$$

где $V(m)$ - скорость движения на каждом этапе эволюции системы; V_0 - скорость движения на начальном этапе эволюции; $q(m)$ - вероятность того, что система не перешла в заданное состояние; V_s - скорость движения при заданном состоянии системы ВАДС; $P(m)$ - вероятность перехода системы в заданное состояние; $m = 1, 2, 3, \dots$ - шаги эволюции.

Начальная скорость движения для отдельного автомобиля может быть определена через индивидуальную норму скорости в дорожных условиях, соответствует

начальному времени эволюции системы ВАДС.

При оценке конечной скорости движения были учтены исследования Е.В. Гаврилова, которые показывают, что в процессе движения оптимальной для водителя является скорость, равная $V_{ниж}$ [5]. То есть в процессе эволюции автомобильной дороги индивидуальная норма скорости V_n будет приближаться к функциональной норме $V_{ниж}$.

Основным недостатком использования метода эволюционно-вероятностного моделирования при долгосрочном прогнозировании скоростей движения на автомобильных дорогах является отсутствие учета особенностей изменения системы в периоды ее развития.

Первые прогнозы расчетных нагрузок имели гипотетический характер. Примером таких прогнозов является прогноз, опубликованный в 30-е годы [5], автор которого высказывает мнение прогностического характера с учетом дорожной одежды об увеличении нагрузки в ближайшие годы примерно в 10-15 раз.

Существующие методы прогнозирования расчетных нагрузок имеют ряд недостатков. К ним следует отнести: сложность анализа изменяемых характеристик, отсутствие учета влияния на расчетные характеристики конкретного компонента системы эволюции других компонентов и психологических характеристик человека, многоступенчатое прогнозирование (приводит к погрешности прогноза) [10].

Наиболее перспективным методом для долгосрочного прогнозирования расчетных нагрузок является метод эволюционно-вероятностного прогнозирования, предложенный

Е.В. Гавриловым [3]. К основным его достоинствам следует отнести простоту и наглядность. Основными недостатками являются большое количество наблюдений и отсутствие деления на автомобиль и дорогу.

В работе [4] рассмотрено отношение в системе «человек - автомобиль - среда движения» в процессе ее эволюции.

Первым элементом системы является человек. Влияние на систему человека как

отдельного элемента может характеризоваться через фактическую загрузку автомобиля, то есть ту нагрузку от подвижных средств, которая непосредственно влияет на дорогу [4].

Вторым элементом системы является автомобиль, который характеризуется конструктивными нагрузками, то есть нагрузками, предусмотренными заводом-изготовителем. Конструктивные нагрузки зависят от грузоподъемности транспортных средств и их собственной массы [4].

Третий элемент системы - среда движения. Отражением влияния автомобиля на среду движения является изменение расчетных нагрузок [4].

Таким образом, все три элемента связаны в системе «человек - автомобиль - среда движения» через расчетные, конструктивные и фактические нагрузки.

Нагрузки во времени меняются и имеют определенный характер: ускоренный рост сменяется замедленными темпами роста. В каждом случае в периоды замедленных темпов роста осуществляется переход к новым методам исследования.

В период ускоренного роста нагрузки система находится в замкнутом состоянии, а в период, когда новые знания реализуются на практике (приводящий к изменению

энтропии системы), - в разомкнутом состоянии.

В работе [4] автор доказал, что в эволюции системы «человек - автомобиль - среда движения» есть три периода замкнутого и три периода разомкнутого состояния системы. Продолжительность периодов замкнутого состояния в пределах каждого этапа уменьшается, а периодов разомкнутого состояния - возрастает по арифметической прогрессии. Автором был впервые применен метод определения состояния системы, основанный на исследовании изменения максимальной и текущей энтропии, что позволило учесть количественные изменения транспортной системы при прогнозировании.

Анализ работ по долгосрочному прогнозированию позволяет сделать вывод, что все прогнозы в них выполнялись на основании этапов становления и развития компонентов транспортной системы.

Основным недостатком при долгосрочном прогнозировании расчетных нагрузок на автомобильных дорогах является отсутствие системного подхода и детального рассмотрения организационных характеристик системы при использовании метода эволюционно-вероятностного моделирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ярещенко, Н.В. Долгосрочное прогнозирование скоростей движения на автомобильных дорогах: дис. ... канд. техн. наук / Н.В. Ярещенко. - Харьков, 1999. - 160 с.
2. Дацко (Ярещенко), Н.В. Общественно необходимая скорость движения / Н.В. Дацко (Ярещенко), И.Э. Линник // Вестн. ХГАДТУ. - Харьков: Изд-во ХГАДТУ, 1997. - Вып. 6. - С. 29-30.
3. Гаврилов, Э.В. Прогнозирование общественно необходимых скоростей движения на автомобильных дорогах / Э.В. Гаврилов, И.А. Школярченко, Н.В. Дацко (Ярещенко) // Проблемы развития автотранспорта и транзитных коммуникаций в Центрально-Азиатском регионе: сб. тр. междунар. науч.-техн. конф. - Ташкент, 1996.
4. Мусиенко, И.В. Долгосрочное прогнозирование расчетных нагрузок на автомобильных дорогах: дис. ... канд. техн. наук / И.В. Мусиенко. - Харьков, 2004. - 155 с.
5. Араб-Оглы, Э.А. Рабочая книга по прогнозированию / Э.А. Араб-Оглы, И.В. Бестужев-Лада, Н.Ф. Гаврилов [и др.]. - М.: Мысль, 1982. - 430 с.
6. Горелова, В.Л. Основы прогнозирования систем: учеб. пособие для инж.-экон. спец. вузов / В.Л. Горелова, Е.Н. Мельникова. - М.: Высш. шк., 1986. - 285 с.
7. Каганович, В.Е. Прогнозирование интенсивности движения методами математической статистики / В.Е. Каганович, В.К. Пашкин // Повышение транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог Казахской ССР. - Алма-Ата: ЦБНТИ Минавтодора КазССР, 1971. - С. 67-91.
8. Lewis, Al. Automobiles of the World / Al. Lewis, W.A. Musciano. - New York: Simon and Schuster, 1977. - 731 p.
9. Мацкерле, Ю. Автомобиль сегодня и завтра: [пер. с чеш.] / Ю. Мацкерле. - М.: Машиностроение, 1980. - 384 с.

1. Yareshchenko, N.V. *Long-Term Prediction of Traffic Speeds on Highways: Thesis for Can. Sc. Tech. Degree* / N.V. Yareshchenko. – Kharkov, 1999. – pp. 160.
2. Datsko, (Yareshchenko), N.V. Socially essential traffic speed / N.V. Datsko (Yareshchenko), I.E. Linnik // *Bulletin of KhSATU*. – Kharkov: Publishing House of KhSATU, 1997. – Publication 6. – pp. 29-30.
3. Gavrilo, E.V. Prediction of socially essential traffic speeds on highways / E.V. Gavrilo, I.A. Shkolyarenko, N.V. Datsko (Yareshchenko) // *Problems of Vehicle and Transport Communications Development in Central Asia Region: Proceedings of the Inter. Scientific-Tech. Conf.* - Tashkent, 1996.
4. Musienko, I.V. *Long-Term Prediction of Calculated Loads on Highways: Thesis for Can. Sc.Tech. Degree* / I.V. Nusienko. – Kharkov, 2004. – pp. 155.
5. Arab-Ogly, E.A. *Working Book on Prediction* / E.A. Arab-Ogly, I.V. Bestuzhev-Lada, N.F. Gavrilov [et al.]. – M.: Thought. 1982. – pp. 430.
6. Gorelova, V.L. *System Prediction Fundamentals: manual for engineering-economic colleges* / V.L. Gorelova, E.N. melnikova. – M.: Higher School, 1986. – pp. 285.
7. Kaganovich, V.E. Traffic intensity prediction through mathematical statistics methods / V.E. Kaganovich, V.K. Pashkin // *Transportation-Operation Indices Increase of Kazakhstan SSR Highways*. – Alma-Ata: CBSTI Min. of Motor Roads, 1971. – pp. 67-91.
8. Lewis, Al. *Automobiles of the World* / Al. Lewis, W.A. Musciano. - New York: Simon and Schuster, 1977. - 731 p.
9. Matskerle, Yu. *Motor-Car Today and Tomorrow: [transl. from Czech]* / Yu. Matskerle. – M.: Mechanical Engineering, 1980. – pp. 384.

Статья поступила в редакцию 24.04.18.

Рецензент: д.т.н., профессор Автомобильно-дорожного института
Донецкого национального технического университета

Мельников Е.П.

Статья принята к публикации 14.05.18.

Сведения об авторах:

Самисько Татьяна Александровна, к.т.н., доцент, декан факультета «Транспортные и информационные технологии» Автомобильно-дорожного института Донецкого национального технического университета, e-mail: tasuly@rambler.ru.

Samisko Tatiana Alexandrovna, Can. Sc. Tech., Assistant Prof., Dean of the Faculty “Transport and Information Technologies”, Motor-car and Road Institute of Donetsk National Technical University, e-mail: tasuly@rambler.ru.

Курмаев Марат Маратович, магистр гр. ОПУТ - 16 МАГ Автомобильно-дорожного института Донецкого национального технического университета, e-mail: marat.kurmaev.95@yandex.ua.

Kurmaev Marat Maratovich, Master of Group OPUT-16 MAG, Motor-car and Road Institute of Donetsk National Technical University, e-mail: marat.kurmaev.95@yandex.ua.