

УДК 625.7

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ КАК СИСТЕМЫ

Ю.В. Краснощёков
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск

Аннотация. В статье анализируются преимущества методологии системного подхода при исследовании, проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений. На основе общей теории систем получена обобщенная модель автомобильных дорог в виде совокупности основных принципов: структурности, функционирования, надежности и эффективности. При этом использована гипотеза соответствия общесистемных принципов и принципов проектирования дорог и их сети. Сделан вывод о возможности применения полученной модели при проектировании сети дорог на разных уровнях развития с учетом изменяющихся условий.

Ключевые слова: автомобильные дороги, системный подход, общая теория систем, проектирование автомобильных дорог, сети автомобильных дорог.

Введение

Важнейшим условием функционирования экономических систем современных государств является развитие сети автомобильных дорог. Недостаточные темпы расширения автодорожной сети, низкое качество дорожного строительства, неравномерное обеспечение дорогами различных регионов страны – все эти факторы существенно снижают эффективность российской экономики и негативным образом влияют на потенциал ее дальнейшего развития [1].

Исходя из сказанного, любые объекты в области дорожного строительства рекомендуется рассматривать с системных позиций. В инженерной деятельности к системному подходу зачастую обращаются интуитивно, поэтому объективно оценить его эффективность не всегда удается. Результаты значительно улучшаются, если целенаправленно использовать принципы и закономерности системной методологии.

В наиболее общем понятии система – это упорядоченная совокупность функционально взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, образующих единое функциональное целое, предназначенное для решения определенных задач. Считается, что системный подход способствует адекватной постановке проблем и выработке эффективной стратегии их изучения [2].

Системный подход и общая теория систем являются основой системного анализа, к процедурам и методам которого обращаются при решении проблем в условиях неопределенности и отсутствии строгой количественной оценки. На этой основе можно получить

теоретическую модель, без которой выполнить научное исследование вообще невозможно. Особенно полезна системная модель при исследовании иерархических систем и процессов развития, когда объект исследования может усложняться и возникает необходимость многократного пересмотра обычных математических моделей.

На примере автомобильных дорог покажем, что собой представляет и как работает системная модель исследования объектов строительства в процессе развития.

Принципиальная модель автомобильных дорог

Автомобильные дороги – это иерархические системы, специфика которых в том, что они являются элементами более сложных систем (сети), а они сами и их элементы можно рассматривать в качестве систем другого уровня. Согласно иерархическому принципу сеть автомобильных дорог, наряду с железнодорожной, водной и воздушной сетями, является элементом более общей транспортной сети. Обеспечивая связи населенных пунктов и хозяйственных объектов с железнодорожными станциями, портами, аэропортами, терминалами автомобильные дороги создают возможность взаимодействия отдельных видов транспорта в едином транспортном процессе. На всех этапах жизненного цикла автомобильных дорог (планирование, моделирование, проектирование, строительство и эксплуатация) следует применять системный подход – общее направление, в основе которого лежит исследование объектов как систем.

Чтобы разобраться с особенностями системного подхода, обратимся к методологическому инструментарию общей теории систем, основные принципы которой применимы к любым системам. Значение общей теории систем неопределимо для решения проблем развития, так как она вооружает исследователя общей (принципиальной) моделью в виде совокупности принципов, характеризующих основные стороны и свойства системы и чёткой дедуктивно-диалектической логикой.

Наиболее общими принципами для любых систем являются [3]:

- принцип структурности (возможность описания системы в виде структуры с устойчивыми связями), характеризующий состав, свойства элементов и внутреннее строение системы;

- принцип целостности (отличие свойств и функций целого от свойств и функций частей целого – элементов, подсистем), характеризующий общесистемные, интегральные свойства, поведение системы;

- принцип взаимозависимости системы и среды (проявление и формирование свойств системы в процессе взаимодействия с внешней средой), характеризующий внешние свойства, качество системы;

- принцип множественности описания каждой системы (потребность построения множества различных моделей, каждая из которых описывает лишь определённый аспект системы).

Общие принципы взаимосвязаны и при объединении образуют обобщённую, принципиальную модель, которую можно представить в виде схемы (рис. 1).

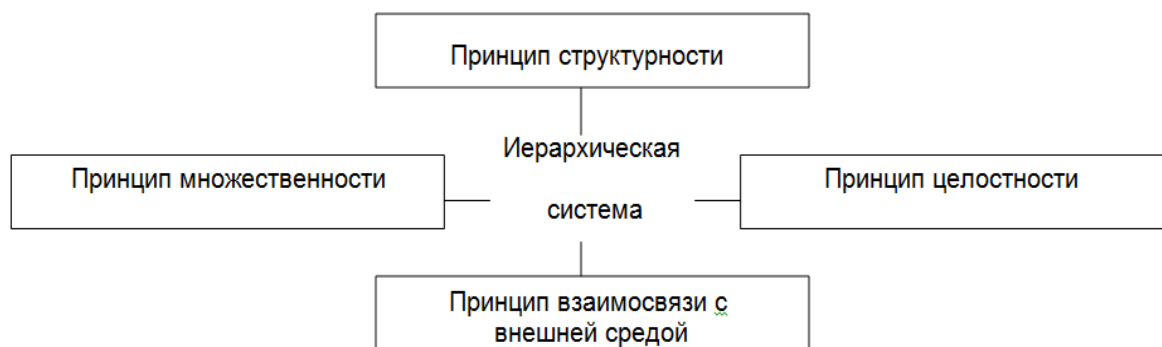


Рис. 1. Принципиальная схема иерархической системы

Использование принципов общей теории систем даёт возможность конкретизировать модель исследования на основе общих требований к дорогам [4]. Для построения системной модели автомобильных дорог использован метод логического перехода от общего

знания к частному, от общей системы к конкретной [5].

В качестве основной предпосылки принята гипотеза соответствия общесистемных принципов и принципов проектирования дорог и их сети (рис. 2).

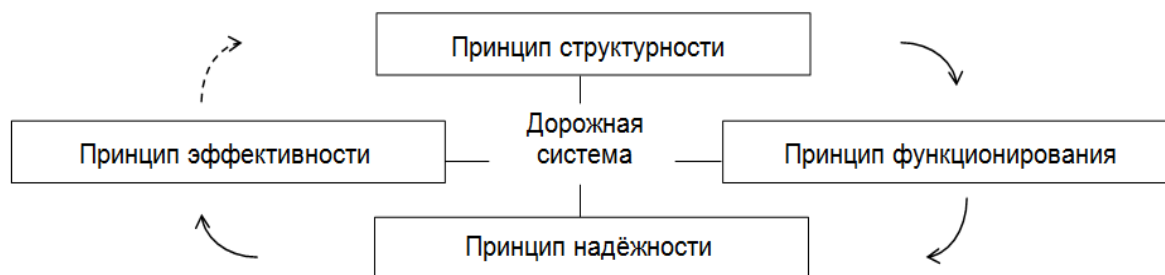


Рис. 2. Принципиальная модель дорожных систем

Подобная модель разработана для конструктивных систем зданий и сооружений [6, 9].

Очевидно, что общесистемный принцип структурности полностью соответствует принципу, характеризующему внутреннее

строение автомобильных дорог и их сети. Как структурное образование любая система рассматривается в виде целостного объекта, который допускает различные варианты декомпозиции (членения на составные части – элементы и подсистемы). Из общей теории систем известно, что не всякое членение позволяет получить простые и достаточно доступные для изучения части. Эффективность решения этой задачи зависит от числа связей (соединений), объединяющих выделяемый элемент с остальными частями. С выявления необходимых и устойчивых узловых связей начинается познание системы, поэтому принцип структурности следует признать первичным при исследовании дорожных систем.

Понятие связи, объединяющей основные элементы в единое целое, играет важную роль не только при исходном расчленении объекта изучения, но и в процессе его воспроизведения в целостной теоретической модели и в реальном виде. В сети автомобильных дорог существуют связи, которые определяют взаимодействие дорог между собой и с элементами пересечений (переездами, переправами, населенными пунктами и т.п.). Здесь речь идет не только о конструктивных решениях соединений, но и технологических, экологических, эстетических, логистических и других особенностях взаимодействия отдельных дорог.

Принцип целостности общей теории систем объединяет основные требования к функциональным свойствам, поведению системы, обусловленному взаимодействием элементов. Применительно к дорожным системам действие принципа функционирования проявляется в том, что в результате взаимодействия элементов сеть дорог приобретает специфические (системные) свойства, отличающиеся в той или иной степени от свойств отдельных элементов. Например, в результате простоев автомобильного транспорта на 135 железнодорожных переездах автомобильных дорог федерального значения (51 % от общего количества) интенсивность движения на подходах к ним превышает 7 тысяч автомобилей в сутки [1]. Это ведет к значительным экономическим потерям и повышенному загрязнению окружающей среды.

Любая система должна быть способна к функционированию в той или иной среде (рельеф, климат и т.п.), в результате чего происходит их взаимодействие. Взаимозависимость системы со средой наиболее наглядно проявляется в оценке надежности автомобильных дорог, поэтому принцип взаимозависимости системы со средой следует

отождествлять с принципом надежности. Надежность и эффективность сети автомобильных дорог принципиально зависят от внешних факторов: типа расселения, распределения промышленности, транспортной подвижности и т.д.

Наконец, принцип множественности общих систем можно отождествить с принципом эффективности, так как именно в многообразии вариантов мы находим наиболее приемлемое, оптимальное решение.

Системное исследование начинается с определения целого (системы) и частей (элементов), анализа их связей и формирования структурной модели в виде некоторой схемы, которую целесообразно сопроводить описанием (анализом) системы по составу и структуре с разными комбинациями членения целого на части.

Простейшей моделью функционирования дорожной системы является описание механизма взаимодействия элементов. Знание такого механизма позволяет исследователю сформулировать требования к поведению, работе системы в различных условиях и обосновать расчетные схемы. В первую очередь, функциональные требования связывают с назначением дорог. Но зачастую такой подход условен, так как в общем случае все дороги многофункциональны. Теория систем располагает следующим доказательством: для реализации системой любой его функции необходимо, чтобы хоть один элемент реализовал эту функцию.

Комплексное представление о дорожной системе можно получить из структурно-функционального анализа, способа системного исследования объектов как структурно-расчлененной целостности, в которой каждый элемент имеет определенное функциональное назначение. Особенно полезен такой метод при моделировании дорожных сетей.

К исследованию надежности, направленной на обеспечение безопасности дорог, приступают после выбора структурной и расчетной моделей с учетом взаимодействия с внешней средой. Основными свойствами надежности являются безотказность и долговечность, которые достигаются обоснованными запасами.

Поскольку под надежностью понимается, прежде всего, надежность функционирования, то и основные модели надежности связаны с расчетными схемами, численными экспериментами и статистическим моделированием.

Практически все задачи по обеспечению надёжности систем могут быть решены методами теории надёжности [7].

Для реализации принципа надёжности применяют особые модели надёжности в ви-

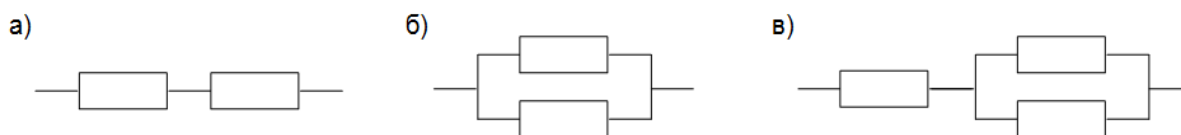


Рис. 3. Структурные схемы надёжности

В структурных моделях отражаются не все свойства элементов, да и членения на элементы зачастую условны. Главная цель таких моделей заключается в выявлении связей и степени влияния элементов на надёжность системы. Структурные схемы применимы не только для статических моделей, отражающих состояние системы в определенный момент времени, но и при оценке уровня надёжности с учетом фактора времени (динамические модели). Учет времени совершенно необходим для решения задач развития систем.

Эффективность – это степень выполнения требований (технических, экономических) или достижения цели. В общем случае исходным пунктом исследования эффективности является цель исследования. Операция по достижению цели включает стратегию, средства и объект исследования, а также способ измерения эффективности.

Различают три критерия эффективности: пригодности, оптимальности и адаптивности. Применительно к сетям автомобильных дорог в быстрорастущих мегаполисах и агломерациях вокруг них особое значение приобретает принцип адаптивности, так как нередко выясняется, что выстроенная ранее, казалось бы, оптимальная и хорошо продуманная сеть дорог, зачастую оказывается совершенно неразумной в свете изменившейся ситуации.

С системных позиций целесообразно использовать критерии, позволяющие проводить комплексную оценку решений с учётом временного фактора, например, в виде соотношения полезного эффекта сети дорог при использовании её по назначению и затрат на создание и применение.

При сравнительной экономической оценке решений обычно используют критерий сравнительной эффективности вариантов, например, в виде целевой функции

$$\sum_{i=1}^I C_i \rightarrow \min, \quad (1)$$

де структурных схем (рис. 3) с последовательным (а), параллельным (б) или смешанным (в) соединением элементов.

где C_i – стоимость i -го варианта в единицу времени с учетом рисков на всевозможные отказы.

Кроме решения сравнительных или оптимизационных задач принцип эффективности предполагает выполнение требований в направлениях [8]:

- улучшения технико-эксплуатационных параметров и характеристик (надёжности функционирования, срока службы);
- применения прогрессивных материалов и технологий;
- применения средств исследования, проектирования и эксплуатации (усовершенствования методов расчёта, автоматизации проектирования, моделирования).

Реализацией принципа эффективности завершается цикл проектирования сети автомобильных дорог для конкретных условий.

В связи с изменяющимися условиями функционирования, появлением новых материалов, механизмов и технологий возникает потребность изменения ранее принятых решений и совершенствования их. Однако и на более высоком уровне остается справедливой принципиальная модель сети автомобильных дорог. Поэтому модель развития (планирования) сети автомобильных дорог может быть представлена в виде последовательной реализации циклов проектирования с учетом изменяющихся условий (рис. 2).

Заключение

При исследовании и проектировании автомобильных дорог можно применять обобщенную модель в виде последовательности операций по реализации основных принципов системного подхода. Особенностью применения системного подхода к иерархическим системам, к которым относятся дороги, является не только знание элементов, составляющих систему, но и роли (функции) конкретной дороги, которую она выполняет в качестве элемента более сложной системы (сети). Это особенно важно учитывать при ре-

шении проблем планирования и развития сети автомобильных дорог.

Библиографический список

1. О перспективах развития сети автомобильных дорог на территории Российской Федерации / Совет Федерации Федерального Собрания Российской Федерации, Аналитическое управление Apparata Совета Федерации // Аналитический вестник. – 2015. – № 3 (556). – 64 с.
2. Дитрих, Я. Проектирование и конструирование. Системный подход / Я. Дитрих. – М.: Мир, 1981. – 456 с.
3. Садовский, В.Н. Основания общей теории систем. Логико-методологический анализ / В.Н. Садовский. – М.: Наука, 1974. – 280 с.
4. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*. – М., 2013. – 135 с.
5. Исаханов, Г. В. Основы научных исследований в строительстве / Г. В. Исаханов. – Киев: Вища школа, 1985. – 208 с.
6. Краснощеков, Ю. В. Научные основы исследований взаимодействия элементов железобетонных конструкций / Ю. В. Краснощеков. – Омск: СибАДИ, 1997. – 276 с.
7. Болотин, В.В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений / В.В. Болотин. – М.: Стройиздат, 1981. – 351 с.
8. Диксон, Д. Проектирование систем: изобретательство, анализ и принятие решений / Д. Диксон. – М.: Мир, 1969. – 440 с.
9. Краснощеков, Ю. В. Исследование конструктивных систем. Системный подход / Ю. В. Краснощеков. - Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2014. - 164 с.

ROADS AS A SYSTEM

Yu.V. Krasnoshchekov

Abstract. The article analyzes the advantages of the methodology of the system approach in the study, design, construction and operation of facilities. On the basis of the general theory of systems obtained generalized model of roads in the form of a set-sti basic principles: structural, performance, reliability and effectively-sti. This hypothesis is used system-wide compliance with the principles and the Half-dressing design of roads and their networks. The conclusion about the possibility of using the obtained models in

the design of the road network at different levels of development in response to changing conditions.

Keywords: roads, systemic approach, general systems theory, design of roads, road network.

References

1. O perspektivah razvitiya seti avtomobil'nyh dorog na territorii Rossijskoj Federacii / Sovet Federacii Federal'nogo Sobraniya Rossijskoj Federacii. Analiticheskoe upravlenie Apparata Soveta Federacii // Analiticheskij vestnik. – 2015. – №3(556). – 64 s.
2. Ditrih, YA. Proektirovanie i konstruirovaniye. Sistemnyj podhod / YA. Ditrih. – M.: Mir, 1981. – 456 s.
3. Sadovskij, V.N. Osnovaniya obshchej teorii sistem. Logiko-metodologicheskij analiz / V.N. Sadovskij. – M.: Nauka, 1974. – 280 s.
4. SP 34.13330.2012 Avtomobil'nye dorogi. Aktualizirovannaya redakciya SNiP 2.05.02-85*. – M.: 2013. – 135 s.
5. Isahanov, G.V. Osnovy nauchnyh issledovaniy v stroitel'stve / G.V. Isahanov. – Kiev: Vishcha shkola, 1985. – 208 s.
6. Krasnoshchekov, YU.V. Nauchnye osnovy issledovaniy vzaimodejstviya ehlementov zhelezobetonnyh konstrukcij / YU.V. Krasnoshchekov. – Omsk: SibADI, 1997. – 276 s.
7. Bolotin, V.V. Metody teorii veroyatnostej i teorii nadezhnosti v raschetah sooruzhenij / V.V. Bo-lotin. – M.: Strojizdat, 1981. – 351 s.
8. Dikson, D. Proektirovanie sistem: izobretatel'stvo, analiz i prinyatie reshenij / D. Dikson. – M.: Mir, 1969. – 440 s.
9. Krasnoshchekov, YU.V. Issledovanie konstruktivnyh sistem. Sistemnyj podhod / YU.V. Krasnoshchekov. Palmarium Academic Publishing, 2014. - 164 s.

Краснощеков Юрий Васильевич (Омск, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры строительных конструкций ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: kras1942@mail.ru).

Yuri V. Krasnoshchekov (Omsk, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of building structures, Omsk «SibADI» (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail: kras1942@mail.ru).