

O. HODOSKINA, PhD, Associate Professor, A. CHERNEVSKAYA
Belarusian State University of Transport

THE APPLICATION OF THE ELEMENTS OF THE "DIGITAL TWIN" AS A FACTOR OF INCREASING THE COMPETITIVENESS OF THE TRANSPORT SERVICE

In connection with the widespread introduction of digitalization, the further application of digital twin technology elements in the transport complex is the most promising. The opportunities that open up for the railway transport of the Republic of Belarus in the case of further use of such a technological solution will reduce operating costs, improve the safety of the transport process, etc. as a result, to increase the competitiveness of the transport service.

Принято 07.10.2022

**ISSN 2225-6741. Рынок транспортных услуг
(проблемы повышения эффективности).
Вып. 15. Гомель, 2022**

УДК 330:625.7/.8:624.21

И. М. ЦАРЕНКОВА, канд. экон. наук, доцент, Я. В. ШУТОВ
Белорусский государственный университет транспорта

СИСТЕМА ПРИОРИТЕТОВ В МОДЕРНИЗАЦИИ АВТОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РЫНКА ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ

Представлено системное теоретико-методологическое исследование комплекса приоритетных направлений в оценке возможностей развития автомобильных дорог и мостовых сооружений с позиции повышения их ценности для пользователей. Выполнен анализ проектных решений в отечественной и зарубежной практике.

Своевременное обеспечение развития и функционирования объектов автодорожной инфраструктуры на уровне, соответствующем требованиям экономики, первоначально в решении актуальных транспортно-логистических задач. На протяжении всего периода строительства и развития автодорожной инфраструктуры, в особенности автомобильных дорог, изменялись стратегии, способы управления, масштабы и источники ресурсов, формы пространственной организации сети, используемые в дорожном хозяйстве. В целом характерно проведение активной экономической, научно-технической и социальной государственной политики в области дорожной деятельности. Это обосновано первоочередным значением функционирования автомобильных дорог и дорожных сооружений в пределах допустимых значений их качественных характеристик в силу их стратегического положения при обеспечении однородности экономического пространства страны, проявляющегося в т. ч. в территориальной

дифференциации транспортно-эксплуатационного состояния дорог, влияющего на эффективность применения факторов производства.

Подробному анализу выбора проектных решений, оценке эффективности организационных мероприятий и применяемых технологий, поиску закономерностей в смене концептуальных подходов к проектированию дорожных объектов посвящены работы ведущих отечественных и зарубежных ученых [1, 2]. Отмечается, что приоритет в развитии дорожных объектов формировался всегда исходя из сложившейся практики проектирования с учетом особенностей текущего этапа, отражающихся в требованиях нормативно-технической документации, разработанных в соответствии с уровнем развития социально-экономической системы и перспективных направлений ее развития. Соответственно, в зависимости от наличия дорожно-строительных материалов с конкретными свойствами, уровня развития промышленности по производству дорожной техники и других условий, характерных для состояния экономической системы государства на конкретном этапе изменялись ключевые аспекты проектирования и эксплуатации объектов автодорожной инфраструктуры.

Так, Бабков В. Ф. отмечал, что конструкции дорог и методы их сооружения претерпевали значительные изменения на разных этапах развития человеческого общества, совершенствуясь по мере накопления опыта и знаний в близких отраслях техники [3, с. 5].

В проектировании автомобильных дорог выделены три крупных исторических этапа, смена которых обусловлена смещением акцентов с одних элементов системы на другие: технический, системотехнический и антропоцентрический [4]. Выполненные исследования позволяют установить последовательное совершенствование выделенных подходов к проектированию дорог от учета частных взаимодействий технических систем «автомобиль – дорога», до системных исследований единого комплекса «человек – автомобиль – дорога – среда». В основу современного антропоцентрического подхода положены потребности человека и его функции в экономической системе, которые в конечном итоге проявляются в результатах реализации различных видов экономической деятельности. Несмотря на указанные изменения, выделяется общий вектор – обеспечение стабильного функционирования автодорожной инфраструктуры и формирование комфортных условий мобильности грузов и населения на основе совершенствования качества объектов, обеспечивающих своими конструктивными параметрами заданную эффективность функционирования автомобилей.

Проектирование таких сложных объектов, как автомобильные дороги и расположенные на них мостовые сооружения, выполняется в строгом соответствии с требованиями нормативной производственно-технологической документации. Следует отметить, что в настоящее время в экономической системе активизируются аспекты, которые можно отнести к усилению роли эстетического восприятия, а также инклюзивности реализуемых инфра-

структурных проектов. Очевидно, что надежность выбранных решений, обеспечивающих долговечность возводимых конструкций, является безусловным приоритетом при вариантной проработке альтернатив. Не углубляясь в дискуссию по поводу реализации научно-технической и инвестиционной политики в области дорожной деятельности, акцентируем внимание на системе приоритетов, на наш взгляд, формирующих целостное гармоничное представление о значимости функционирования каждого объекта автодорожной инфраструктуры. Соответственно, при выборе направлений модернизации действующих объектов следует уделить внимание проработке каждого из указанных направлений: архитектурная эстетика, инклюзивность, уникальность, технологичность, удобство эксплуатации, комфортность, социальная значимость, энергоэффективность, цифровизация.

Формирование эстетических принципов связано с удовлетворением экзистенциальных потребностей человека в комфорте. Выделяются следующие принципы в эстетике дорог: 1) соединение понятий красоты и пользы дороги, ее функционально-эстетическая целесообразность; 2) внешняя красота самой дороги, архитектурная эстетика объекта в пространстве; 3) красота дороги, понимаемая как сумма зрительных впечатлений от проезда по ней, красота дорожного окружения [5]. Приведенные принципы взаимообусловлены и неотделимы от технических характеристик дорожных конструкций.

Так, архитектурные решения каждого моста индивидуальны. Его внешний облик становится акцентом в речных панорамах, придает своеобразие городскому облику. Архитектурные особенности часто сопряжены со специально разрабатываемыми, с учетом особенностей объекта, конструкторскими решениями. Например, применение металлического пролетного строения, усиленного гибкой аркой циркульного очертания, благоприятно сказывается на внешнем силуэте моста. Такие конструкции состоят из разрезной системы на промежуточных массивных опорах с металлическим арочным русловым пролетным строением со сквозными фермами с ездой понизу и железобетонных балочных пойменных пролетных строений.

Автомобильные дороги должны гармонично вписываться в существующий ландшафт. Отсутствие в полосе отвода густой растительности позволяет пользователям беспрепятственно осматривать прилегающую территорию. При этом конструкция земляного полотна должна обеспечить снегонезаносимость дороги. Когда участки дорог проходят по исторически значимым местам, проектные решения проложения трассы должны выгодно подчеркивать особенность таких мест.

Инклюзивность объектов автодорожной инфраструктуры предполагает их органичную интеграцию в уже существующие транспортно-логистические процессы без радикальных изменений или перестройки цепей поставок. Активное использование современных решений возможно практически в каждом направлении: от обеспечения долговечности дорожной конструкции до комфортной эксплуатации пользователями. Габариты мостов должны

соответствовать технической категории автомобильной дороги, на которой они расположены. Также должен учитываться судоходный габарит по высоте. Дорожные объекты после их реконструкции или модернизации должны обеспечивать существующие транспортные связи при использовании современных стандартных решений.

Уникальность каждого объекта дорожного строительства состоит в примененных конструкторских и организационно-технологических решениях. Она отражена в архитектурно-планировочных и конструктивных параметрах, а также обусловлена особенностями технологических процессов. Все проектные решения обосновываются с учетом индивидуальных особенностей объекта: инженерно-геологических условий, состава транспортного потока и др.

Например, применение пролетного строения в виде гибкой металлической арки с затяжкой, вантовыми подвесками и железобетонной плитой проезжей части является новым решением для Республики Беларусь, однако в истории мостостроения известным. Также следует отметить применение температурно-неразрезных пролетных строений и организацию строительства временного автомобильного комбинированного моста с использованием инвентарных мостовых конструкций БАМ.

Оценивая технологичность объекта с точки зрения объемно-конструктивных решений, следует отметить его достаточные геометрические параметры, позволяющие обеспечить необходимые условия движения транспортных средств.

Технологичность автомобильных дорог может быть обеспечена практически в каждом конструктивном элементе: использовании современных технологий при возведении земляного полотна (применение разделяющей прослойки из нетканого геотекстильного полотна), конструкции дорожной одежды (жесткая конструкция под большую транспортную нагрузку, обладающая рядом преимуществ при эксплуатации), решениях водоотвода (устройство дождеприемных колодцев с полиэтиленовыми гофрированными трубами), при обеспечении безопасности движения, обработке гидрофобными составами, защищающими покрытие в зимний период и др. Технологичность объекта обеспечивается комплексным подходом к проектированию с учетом удобной для пользователей и надежной для дорожных служб эксплуатации дороги в течении всего жизненного цикла.

В мостовых сооружениях следует особо отметить применение пролетных строений из цельноперевозимых предварительно напряженных балок, которые обеспечивают технологичность транспортирования конструкций, а также позволяют уменьшить количество деформационных швов. Технологичность эксплуатации обеспечивается антикоррозионной защитой открытых бетонных поверхностей, гидроизолирующей пролетных строений, окраской лакокрасочными материалами металлическими элементами. Применение технологии надвигки с дальнейшим опусканием в проектное положение пролет-

ного строения позволяет сократить время строительства временных мостов из инвентарных мостовых конструкций.

Мировой опыт показывает, что наиболее целесообразной конструкцией временных мостов являются металлические сборно-разборные системы: средний автодорожный разборный мост модернизированный (далее – САРМ-М), большой автодорожный разборный мост (далее – БАРМ). Они предназначены для возведения новых и восстановления разрушенных высоководных мостов на автомобильных дорогах в короткие сроки.

Из элементов комплекта САРМ-М возводят однопролетные и многопролетные мосты с пролетами 18,6; 25,6 и 32,6 м как разрезной, так и неразрезной систем под одно- и двухполосное движение с промежуточными опорами, устанавливаемыми на основания, которые сооружаются на инвентарных винтовых сваях или из местных материалов.

Из материальной части БАРМ также возводят одно- и многопролетные мосты с пролетами по 52,5 м как разрезной, так и неразрезной под одно- и двухполосное движение с промежуточными опорами, устанавливаемыми на основания, которые сооружаются на инвентарных винтовых сваях или из местных материалов.

Монтаж мостов осуществляется при помощи стреловых кранов и минимального расчета монтажников из не менее 20 человек для однопутного искусственного сооружения длиной 32,6 метра. Время сборки моста – до 30 часов [6].

Удобство эксплуатации достигается широким использованием эффективных инновационных систем и решений. Конструкции мостов отличаются по возможности сравнительно небольшими габаритами. Целесообразно применение относительно новой комбинированной системы, названной гибкой аркой с жесткой затяжкой. Затяжка развита в мощную жесткую балку, а арка, наоборот, сделана гибкой, способной воспринимать только продольную сжимающую силу. Можно при этом считать, что изгибающий момент и поперечную силу полностью воспримет балка жесткости. Балка жесткости создает удобства для продольной надвигки пролетного строения, перевозки его на плаву и сборки в пролете моста на редко расставленных промежуточных опорах, сооружаемых по высоте только до уровня низа пролетного строения. Повышение срока эксплуатации обеспечивается также антикоррозионной защитой открытых бетонных поверхностей, гидроизоляцией пролетных строений, окраской лакокрасочными материалами металлических элементов.

Для автомобильных дорог актуально строительство инженерно-технологических комплексов управления движением и содержанием дороги, что на данном этапе развития относится к инновационным решениям в дорожном хозяйстве страны.

Комфортность эксплуатации дорожных объектов автомобильным транспортом и населением обеспечивается применением разнообразных конструкторских решений (транспортные развязки в разных уровнях, дополни-

тельные проезды, пешеходные тоннели и мост, наружное освещение). В целях снижения уровня шума на цементобетонном покрытии в районе жилой застройки устанавливаются шумозащитные экраны. Их прозрачность также можно отнести к достоинствам. К уникальным положительным характеристикам можно отнести наличие пандусов для людей с ограниченными возможностями и камер видеонаблюдения.

Комфортность проезда по искусственным сооружениям обеспечивается соблюдением необходимых габаритов, что также необходимо учитывать при строительстве временного моста. Учитывая, что мост подвергается действию различных значительных по величине специфических нагрузок, все принятые проектные решения должны удовлетворять требованиям, связанным с прочностью, выносливостью и жесткостью несущих элементов.

Мостовые сооружения относятся к социально значимым объектам, так как служат практически безальтернативным путем сообщения разделенных водной преградой территорий. Большинство мостов ввиду длительных сроков эксплуатации имеют значительные дефекты, влияющие на безопасность движения, поэтому проведение капитального ремонта обеспечивает дальнейшую надежную и безопасную эксплуатацию искусственного сооружения в составе автомобильной дороги. Следует отметить, что при возведении временного моста на период производства работ также следует учитывать требования безопасного движения транспорта и пешеходов за счет сооружения тротуара.

Реконструкция автомобильных дорог с переводом в более высокую категорию позволяет повысить скорость и комфорт движения, снизить количество дорожно-транспортных происшествий, а также достигнуть других целей в обеспечении экономически выгодной эксплуатации автомобильного транспорта и удовлетворении социальных потребностей населения.

Энергоэффективность в условиях ограниченности ресурсов является важной характеристикой разрабатываемых проектов. Эксплуатация мостов обеспечивает экономию времени и транспортных расходов при перевозке грузов и пассажиров. Помимо этого, такие объекты оборудуются современными осветительными опорами со светильниками.

При реконструкции дорог широко используются эффективные инновационные решения, которые обеспечивают значительный определяемый положительный эффект. Применение бетонного покрытия позволяет увеличить межремонтный срок и сократить затраты по содержанию дороги, а также не вводить сезонные ограничения в движении транспортных средств. Освещение проектируется с использованием энергоэффективных светильников и автономным управлением освещенностью. Применение армирующей прослойки из геосетки в дорожной конструкции на границе контакта щебеночного основания и песчаного слоя позволяет исключить взаимопроникновение щебня и песка, уменьшить толщину щебеночного слоя и не устраивать технологический слой из песчано-гравийной смеси.

При всех вышеперечисленных возможных достоинствах объектов автодорожной инфраструктуры их проектирование требует проведения детальных пространственных расчетов, моделирования, различных лабораторных испытаний, пространственного трехмерного проектирования элементов. Современным проектировщикам доступны к применению новейшие технологии интеллектуального проектирования и информационного управления. При этом особое место занимает создание единого информационного пространства управления жизненным циклом автомобильных дорог [7]. Действительно эффективная система *цифровизации* автомобильных дорог должна охватить все стадии инвестиционного цикла, обеспечив единую работу информационных подсистем по ключевым инвестиционным и строительным процессам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бусел, А. В. Ремонт автомобильных дорог / А. В. Бусел. – Минск : Арт Дизайн, 2004. – 207 с.
- 2 Дингес, Э. В. Методы оценки эффективности дорожных проектов : учеб. пособие / Э. В. Дингес, В. А. Гусейналиев. – М. : МАДИ, 2016. – 148 с.
- 3 Бабков, В. Ф. Автомобильные дороги / В. Ф. Бабков. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1983. – 280 с.
- 4 Гаврилов, Э. В. Системное проектирование автомобильных дорог / Э. В. Гаврилов, А. М. Гридчин, В. Н. Ряпухин. – Белгород : АСВ, 1997. – 152 с.
- 5 Сардаров, А. С. Архитектура автомобильных дорог / А. С. Сардаров. – М. : Транспорт, 1993. – 272 с.
- 6 Бокарев, С. А. О предпосылках создания новых конструкций временных мостовых сооружений / С. А. Бокарев, Д. В. Проценко // Науковедение. – Вып. № 5. – 2014. – С. 24–33.
- 7 Царенкова, И. М. Возможности цифровой трансформации дорожного хозяйства // Вестник НГИЭИ. – 2020. – № 6 (109). – С. 57–64.

*I. TSARENKOVA, PhD, Associate Professor, Ya. SHUTOV
Belarusian State University of Transport*

THE SYSTEM OF PRIORITIES IN THE MODERNIZATION OF THE MOTOR ROAD INFRASTRUCTURE OF THE TRANSPORT SERVICES MARKET

The article presents a systematic theoretical and methodological research of the complex of priority directions in estimating the possibilities of development of highways and bridges from the position of increasing their value for the users. The analysis of design solutions in domestic and foreign practice is carried out.

Получено 03.10.2022