

УДК 378.6:62:625.712.37

Руслан Мамедсалимович Джафаров, аспирант,

МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, tolstuy-89@mail.ru

Зоя Сергеевна Сазонова, канд. физ.-мат. наук, д-р пед. наук, проф.,

МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, zoia.sazonova@gmail.com

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ РАЗВЯЗОК КАК ОБЪЕКТ ИНЖЕНЕРНОГО ТВОРЧЕСТВА

Аннотация. Актуализируется проблема проектирования многофункциональных уровневых транспортных развязок (ТР) – стратегически важных технических объектов. Являясь результатом инженерного творчества, они имеют гуманистическую сущность и высокую социальную значимость. Современные транспортные развязки должны удовлетворять значительному числу требований и удовлетворять широкому спектру потребностей водителей. На основе анализа экспериментальных данных было установлено, что существует множество факторов, которые необходимо учитывать при проектировании транспортных развязок, удовлетворяющих предъявляемым к ним требованиям.

Ключевые слова: наука, творчество, инженерная педагогика, автомобильные дороги, интеллектуальные приборы, проектирование, транспортные развязки.

Ruslan M. Dzhafarov, postgraduate student,

MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, tolstuy-89@mail.ru

Zoia S. Sazonova, Ph. D., professor,

MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, zoia.sazonova@gmail.com

DESIGN OF TRANSPORT INTERCHANGES AS AN OBJECT OF ENGINEERING CREATIVITY

Abstract. Actualizes the problem of designing multifunctional road interchanges (RI) – strategically important technical facilities. As a result of engineering creativity, they are the essence of humanistic and social significance. Modern roundabouts have to meet a significant

number of requirements and satisfy the needs of a wide range of drivers. Based on the analysis of experimental data, it was found that there are many factors to be considered in the design of transport interchanges that satisfy requirements imposed on them.

Key words: science, art, engineering pedagogy, highways, intelligent instruments, road design, transport interchange.

Введение

Творчество – это процесс одухотворенной деятельности человека, результатами которого становятся качественно новые для него самого, а иногда и для всего человечества, уникальные духовные и материальные ценности. Уникальность является основным критерием как творческого процесса, так и его результата. Принципиально значимой ценностью творческой деятельности в любой сфере человеческой активности является ее созидательная сущность. Процесс и результат создания неповторимого продукта индивидуальной деятельности визуализируют индивидуальность ее автора и, стимулируя его к самопознанию, самораскрытию и саморазвитию, формируют «внутренние» условия, необходимые для новых достижений и непрерывного самосозидания.

Феномен творчества выражает главный смысл человеческой деятельности. Об особой значимости этого феномена свидетельствует, в том числе, и то, что соответствующий ему термин «творчество» одновременно является категорией философии, психологии, и культуры.

В условиях постиндустриального этапа жизнедеятельности российского общества инженерно-техническое творчество является принципиально важным фактором и средством для обеспечения инновационной сущности отечественной экономики, а также условием, необходимым для ее последующего устойчивого развития. Инновационная сущность экономики, главным образом, проявляется в ее способности к мобильному практическому использованию возможностей научно-

технического прогресса для создания принципиально новых востребованных обществом продуктов разного назначения.

В Московском автомобильно-дорожном государственном техническом университете (МАДИ) развитию инженерных наук и инженерно-технического творчества студентов, в том числе, и студентов, обучающихся на дорожно-строительном факультете, уделяется постоянное внимание [1]. Для студентов этого факультета преподаватели кафедры инженерной педагогики университета разработали и внедрили в учебный процесс междисциплинарные учебные модули «Основы инженерного творчества» и «Основы технического творчества». У научно-педагогического коллектива факультета есть много замечательных традиций, к числу которых относится приоритет научных исследований.

С момента основания МАДИ, организованного в 1930 г., прошло 85 лет. В течение всего этого времени дорожно-строительный факультет университета был и по настоящее время остается в числе основополагающих [2]. Он является самым большим по количеству входящих в его структуру кафедр (их – девять, пять из которых – «выпускающие»), а также и по контингенту обучающихся на нем студентов. Учитывая беспрецедентно высокую значимость системы отечественных дорог для обеспечения обороноспособности страны, а также для развития ее экономики, на факультете всегда уделялось и в настоящее время уделяется самое серьезное внимание:

- активизации научных исследований и выполнению проектов отраслевой направленности;
- развитию системы инженерных наук, являющихся основой для проектирования, строительства и эксплуатации всех типов дорожных объектов;
- развитию интереса к инженерно-техническому творчеству и формированию соответствующих способностей и компетенций у обучающихся на факультете студентов.

Научно-педагогические коллективы всех «выпускающих» кафедр факультета занимаются соответствующими их «профилям» научными исследованиями. Результаты выполненных исследований мобильно «встраиваются» в постоянно обновляемое содержание учебных дисциплин и используются в процессе выполнения различных проектов, актуальных для развития автомобильно-дорожной отрасли экономики. Одной из наиболее мощных научных школ МАДИ, хорошо известных не только в России, но и за ее рубежами, является созданная уже почти полвека назад доктором технических наук профессором Валерием Федоровичем Бабковым научная школа кафедры изыскания и проектирования дорог, в настоящее время возглавляемая доктором технических наук, профессором Павлом Ивановичем Поспеловым.

На кафедре успешно развиваются несколько научных направлений, к их числу относится научное направление, инициированное доктором технических наук профессором Валентином Васильевичем Сильяновым. Оно связано с моделированием движения транспортных потоков на основе методов имитационного моделирования, требующих наличия результатов «натурных» экспериментальных исследований потоков автомобилей в режиме реального времени. Исследовательская деятельность группы ученых, осуществляемая в рамках этого научного направления, интегрирует теоретический и экспериментальный компоненты. В настоящее время данное научное направление активно развивается за счет использования возможностей современных приборов и программных комплексов, обеспечивающих условия для получения дополнительных характеристик, которые необходимо учитывать при проектировании сложных транспортных сооружений. В данной статье в контексте актуальной для современности гуманистической парадигмы представлена информация о совместном развитии общества и техносферы.

«Жизнь есть там, где есть дорога»

Определить автора данных слов практически невозможно, так как дороги, являясь частью транспортной инфраструктуры, имеют общемировую значимость, которую трудно переоценить.

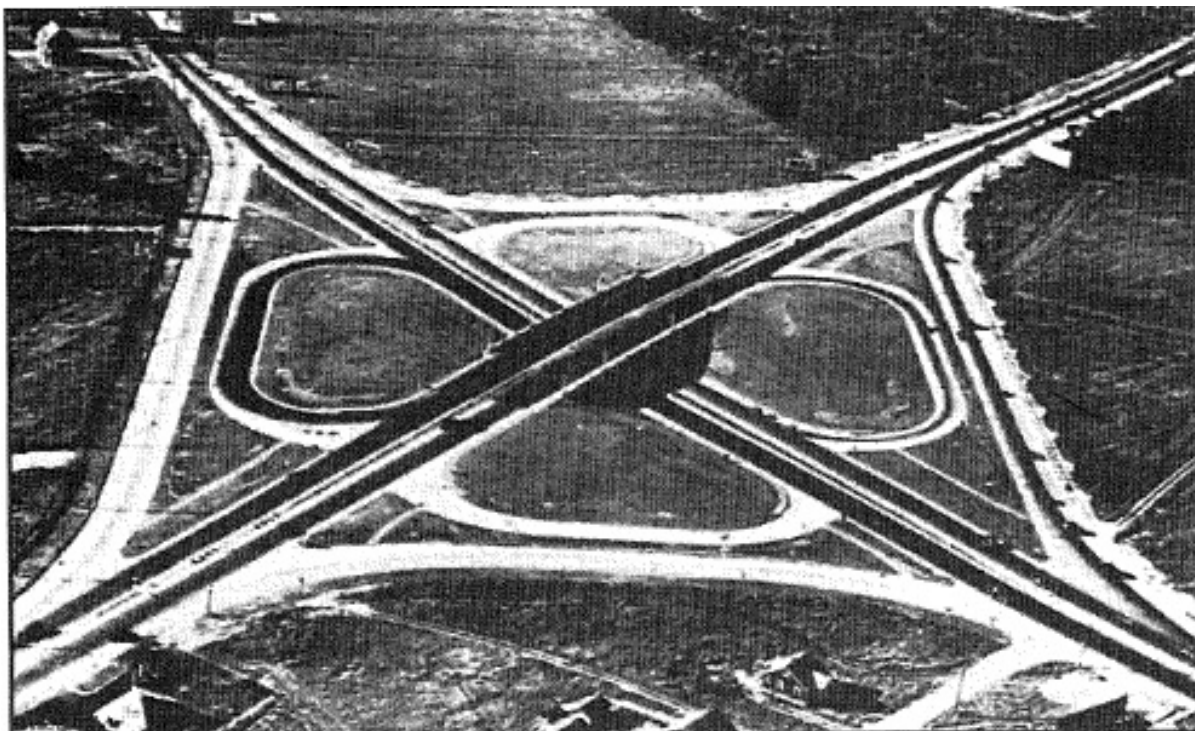
Еще в древние времена уровень развития цивилизации определялся наличием современных путей сообщения, которые имели не только социально-экономическое, но и военное значение. Вспомнить хотя бы Древний Рим, который начал свои великие завоевания со строительства современных, по тем меркам, дорог, некоторые из которых существуют до сих пор. Нельзя не вспомнить Великий Шелковый Путь, открывший мощнейший цивилизационный коридор из Китая в Европу. Данный путь положил начало не только развитию международных транспортных, экономических и культурных связей. С него начался процесс глобализации, сопровождающийся взаимным проникновением культур.

Развитие современной дорожной сети стало следствием индустриальной революции и становления автомобильной промышленности. По мере развития экономик большинства стран, расширялась и усложнялась сеть автомобильных дорог. Автомобилизация предъявила свои требования к дорогам и повысила значение дорог как самостоятельного вида путей сообщения [3]. Получила распространение фраза «Дороги – капилляры экономики».

Для повышения скорости, безопасности, удобства движения и снижения потерь времени в местах пересечений автомобильных дорог с другими автомобильными, железными дорогами, реками, пешеходными и велосипедными маршрутами и т.д. потребовалось устройство транспортных развязок. Транспортная развязка – это сложное наукоемкое инженерное сооружение, расположенное в одном, или в разных уровнях, предназначенное для обеспечения быстрого, безопасного и удобного

изменения направлений движения автомобильного транспорта, а также для его доступа к прилегающей территории.

Первой и самой популярной схемой транспортной развязки, расположенной в разных уровнях, является схема «клеверный лист». В начале XX в. многие инженеры рассуждали о возможности применения данной схемы развязки, но первый патент на эту схему получил американский инженер Артур Хале в 1916 г.. Проект транспортной развязки был реализован только в 1928 г. в Вудбридже (штат Нью-Джерси, США). В Европе первый «клеверный лист» был построен в 1936 г. в Германии, недалеко от Лейпцига.



*Рис. 1. Первая транспортная развязка по типу «клеверный лист»,
Вудбридж штат Нью-Джерси США, 1928 г.*

В СССР послевоенного периода, во время целенаправленного восстановления народного хозяйства страны автомобильный транспорт выполнял принципиально важную роль. Состав автомобильного парка в этот период времени был весьма специфичным, в нем преобладали грузовые автомобили. Специфичными были и характеристики движения: и

скорости, и интенсивности движения были невысокими. Постепенно, по мере роста интенсивности движения и аварийности на дорогах, стали строиться транспортные развязки. Первые из них появились на дорогах СССР в 1936 г. Они представляли собой развязки по типу «клеверный лист». Результатом всеобщей унификации и экономии стало массовое применение типового подхода к проектированию транспортных развязок. Повсеместно использовались разработанные типовые решения («клеверный лист» или «труба») лишь с некоторыми изменениями, учитывающими конкретные условия. При тех параметрах движения, которые были характерны для рассматриваемого периода, такой подход к формированию системы транспортных развязок был вполне оправдан.

Осуществляемый позднее «болезненный» переход страны к рыночной экономике положил начало неконтролируемой автомобилизации всей страны, и ранее созданная транспортная инфраструктура оказалась абсолютно неспособной к обеспечению непрерывного движения значительно увеличившегося количества автомобилей. Общая нехватка средств, необходимых для реконструкции и нового строительства, а также упадок в сфере науки и в промышленных секторах отечественной экономики привели к существенному отставанию уровня развития дорожной сети от потребностей экономики и реалий транспортных потоков. Существующие в те годы схемы транспортных развязок стали «тромбами» и местами концентрации ДТП на дорожной сети России, что являлось тормозом в развитии всей отрасли.

За рубежом (США, Канада, Германия и др.) похожие проблемы возникали постепенно и гораздо раньше, чем у нас, – 1940-е годы в США и 1960-е гг. в Европе. Первая транспортная развязка с улучшенными транспортно-эксплуатационными показателями была построена в 1954 г. в Лос-Анжелесе (США). Она имела 4 уровня (рис. 2).



Рис. 2. Первая четырех уровневая развязка, Лос-Анжелес (США) 1954 г.

В России наблюдавшийся в последние годы подъем экономики позволил инициировать процедуру обновления дорожной сети. В крупных городах страны взамен устаревшим «клеверным листам» стали появляться современные транспортные развязки с направленными съездами (МКАД, КАД, ЗСД, ТТК, ЧТК и др.). Развязка с направленными съездами представляет собой транспортное сооружение с отдельными съездами для поворачивающих потоков в виде эстакад или тоннелей (рис. 3). Очевидно, что они обладают существенно лучшими транспортно-эксплуатационными показателями в сравнении с существующими ТР – «трубами» и «клеверными листьями». Транспортные развязки этого типа обеспечивают высокую скорость и безопасность движения, имеют большую пропускную способность и экономят времени в пути за счет отсутствия у них главного недостатка «клеверного листа» – зоны «переплетения потоков».



*Рис. 3. Транспортная развязка с направленными съездами
на пересечении МКАД и Ленинского проспекта*

Многолетний зарубежный опыт эксплуатации транспортных развязок с направленными съездами (ТР с НС) показывает, что имеющийся у них потенциал существенно больше, чем мы наблюдаем в нашей стране. Главной причиной неполноценного использования возможностей ТР с НС является отсутствие системного подхода к их проектированию. Большинство проектов реконструкции существующих развязок реализованы путем «вписывания» новой схемы развязки в уже существующую сеть, которая ранее проектировалась и создавалась без учета различных потребностей водителей, стремящихся использовать ее в качестве средства, необходимого для достижения своих индивидуальных «пространственно-временных» целей.

ТР с НС – это сложные и дорогостоящие сооружения, характеристики которых зависят от большого количества факторов. Комплексное изучение этих факторов требует применения современного

высокоточного оборудования. С целью их изучения кафедрой изысканий и проектирования дорог МАДИ было приобретено выпускаемое английской фирмой Racelogic устройство (рис. 4), записывающие данные, поступающие со спутника – GPS-логгер, обеспечивающий также возможность для записи видео.



Рис. 4. Комплект GPS оборудования Racelogic

В его структуру входят следующие компоненты:

– GPS/ГЛОНАСС-логгер, работающий на частотах, находящихся в диапазоне от 10 до 100 Гц, и позволяющий записывать телеметрические данные с высокой точностью (скорость – до 0,01 км/ч; ускорение – до 0,01g; определение координат – до 0,01 м в пространстве);

- двухкамерный видеорекордер со специальными характеристиками, предназначенный для автомобильных съемок;
- CAN-шины, служащие для записи данных, поступающих с датчиков ABS и бортовых систем автомобиля (обеспечивают возможность при потере GPS-сигнала определить скорость, положение акселератора и тормоза, данные о температуре и давлении в различных узлах и агрегатах, а также и многое другое);
- программного обеспечения, предназначенного для анализа полученных результатов.

Важным преимуществом приобретенного многофункционального прибора (представляющего собой сложную интеллектуальную техническую систему) является возможность его дооборудования дополнительными инерционными датчиками и гироскопами.

Данная система записывает видео и необходимые исследователю количественные данные об участке дороги, автомобиле, а также о действиях водителя. Использование специального программного обеспечения позволяет проанализировать поступающую из разных источников информацию: о скорости, продольном и поперечном ускорениях, траектории движения, обстановке на дороге. Уникальный прибор позволяет также выявить те участки дороги, которые не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к: минимальному расстоянию видимости, допустимому диапазону боковых перегрузок, сцеплению колеса с покрытием (гололед и др.). Одновременно с этим предоставляемая прибором информация позволяет судить об особенностях поведения водителя и сделать обоснованный вывод о наличии, или отсутствии участков возможной концентрации ДТП.

На основе анализа экспериментальных данных, полученных с помощью приобретенного многофункционального прибора, было установлено, что существует значительное число факторов, влияющих на

«обеспеченную» по условиям безопасности скорость движения автомобиля на транспортных развязках и подходах к ним. Помимо основных факторов, характерных для любого участка дороги, существуют и такие, которые являются особо значимыми именно для транспортных развязок. К ним относятся: тип и конфигурация съезда, обеспечение информационными знаками, тип деформационного шва на искусственном сооружении, тип и параметры переходно-скоростной полосы. Большинство из этих факторов обуславливает психофизиологический эффект «ожидания водителя» – восприятие водителем дорожной ситуации.

Ожидания водителя должны быть связаны с целями и задачами, которые он стремится достичь посредством услуг, предоставляемых автомобильной дорогой и транспортной развязкой. Перед началом проектирования ТР (на предпроектном этапе) разработчикам проекта необходимо задаваться вопросом о целях поездки водителей, пользующихся транспортной развязкой. Какие пункты назначения являются «целевыми» для каждого из них? Приведем пример.

Водитель направляется на местную улицу или в торговый центр, расположенный на незначительном расстоянии. Транспортная развязка должна обеспечить водителю возможность «доступа» с любой из пересекающихся дорог к пункту его назначения и возможность вернуться в обратном направлении. Развязка выполняет распределительную функцию. Целевой функцией распределительной развязки является обеспечение каждому подъезжающему к ней водителю системы условий, необходимых для мобильного и безопасного доступа к прилегающей территории.

Если водитель направляется в другой город или в аэропорт (находящиеся на значительном расстоянии от «точки старта»), то перед ним стоит задача достижения цели с минимальными временными затратами в условиях высокого уровня безопасности. В данном случае целевой функцией является скорость транзита.

Несомненным является то, что критерий времени всегда является существенным, однако в разных конкретных случаях он имеет различный «уровень весомости»:

- торговый центр: короткое расстояние, задача местного уровня, для водителя основным критерием качества предоставляемой транспортной развязкой услуги являет удобный «доступ» к территории, значение максимально допустимой скорости не является принципиально важным;
- аэропорт: дальнейе расстояние, задача системного характера, в этом случае для водителя приоритетным становится критерий скорости.

Выполнение процедуры функциональной классификации пересекающихся «вылетных» магистралей и МКАД, на которых устроены новые столичные развязки с направленными съездами, позволяет сделать вывод о том, что их «целевое» назначение состоит в том, чтобы (согласно нормативному документу «Нормы и правила проектирования планировки и застройки г. Москвы») выделить основные транспортные и функционально-планировочные оси города. Они формируют направления преимущественного развития Московской системы расселения, а также обеспечивают международные, республиканские, региональные и городские связи. Эти трассы имеют выходы на внешние автомобильные дороги, к аэропортам, крупным зонам массового отдыха и поселениям в регионе». Участки их продолжения, согласно утратившему силу СНиП 2.05.02-85 «Автомобильные дороги» (в действующем СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги» данный пункт исключен), обеспечивают связи столицы Российской Федерации со столицами независимых государств, столицами республик в составе Российской Федерации, административными центрами краев и областей, а также и международные автотранспортные связи. Таким образом, эти участки улиц и дорог предназначены, прежде всего, для обеспечения стратегически и экономически важных связей между крупными городами, аэропортами и

другими объектами, расположенными на дальних расстояниях друг от друга. Однако, наряду с первоочередной функцией, они выполняют и другую – функцию по обеспечению доступа к прилегающей территории (торгово-развлекательные центры, жилые и офисно-деловые территории), что мешает выполнению их главной функции. Основной проблемой является то, что доступ к прилегающей территории осуществляется за счет большого количества примыканий (въездов-выездов), что существенным образом снижает скорость транзитных потоков. Следствием вынужденного уменьшения скорости и безопасности на подходах к развязкам с направленными съездами является понижение уровня их эффективности.

Идея функциональной классификации улиц, дорог и территорий не является новой. Она широко освещена в отечественных [4] и зарубежных источниках [5], [6], а также в нормативной документации рекомендательного характера. Применительно к проектированию транспортных развязок в нашей стране эта идея широкого практического применения не получила. По-видимому, это связано с тем, что практически общепринятой является убежденность в том, что транспортная развязка должна выполнять те же функции и обеспечивать тот же уровень обслуживания, что и пересекающиеся дороги. Отсутствие в действующих нормативных документах функциональной классификации транспортных развязок приводит к несоответствию проектных решений потребностям водителей.

Наше предложение состоит в классификации транспортных развязок по функциональному признаку на:

– системные – обеспечивающие связи улиц и дорог высоких категорий, предназначенных для движения транспорта на дальние расстояния, с ограниченным доступом;

– распределительные – обеспечивающие связи улиц и дорог не высоких категорий, (обеспечивающих), а также доступ к прилегающей территории.

При пересечении дорог высоких категорий проектирование развязок необходимо выполнять в составе проекта единого транспортного коридора с обеспечением контроля доступа, оценкой влияния поворачивающих автомобилей на транзитные потоки и с возможностью стадийного развития узла. При необходимости в едином транспортном коридоре допускается проектирование параллельных взаимосвязанных дорог, выполняющих различные функции (транзит для связи на дальнем расстоянии и распределительная сеть с доступом к прилегающей территории).

Заключение

Учитывая многофакторность и многозадачность проблем проектирования современных транспортных развязок, их всестороннему анализу и вопросам системного обоснования каждого конкретного решения, выбранного из множества принципиально возможных вариантов, при подготовке в технических университетах будущих компетентных инженеров-проектировщиков, следует уделить особое внимание [7]. Будущий дипломированный инженер, стремящийся заниматься проектированием транспортных развязок, должен обладать целостной системой предусмотренных образовательной программой компетенций и успешным опытом их совместного применения в процессе выполнения не только профессионально ориентированных учебных проектов, но и тех проектов, которые выполняются научно-педагогическим коллективом «выпускающей» кафедры в соответствии с поступившим от работодателей заказом. Молодой специалист, планирующий связать свою профессиональную деятельность с проектированием дорог и транспортных развязок, должен обладать многокомпонентным набором общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций, которые он будет использовать как личностные средства, необходимые для ответственного принятия научно обоснованных и эффективных решений, а также для обеспечения

непрерывного процесса самообразования и повышения уровня профессиональной квалификации. Для этого необходимо знать не только те вопросы, которые изучаются в общем курсе проектирования дорог, но и вопросы моделирования транспортных потоков, а также мостовые сооружения. Одним из наиболее трудоемких и ответственных вопросов является разработка проектов организации строительства этих сложных сооружений. В число целей этой деятельности входит обеспечение компромисса между, с одной стороны, – ритмичным строительством сооружения, характеризуемого высоким качеством и надежностью а, с другой стороны, – минимизацией отрицательного воздействия этого процесса на окружающую среду и удобство движения транспорта и пешеходов.

Список литературы

1. Московский автомобильно-дорожный институт (государственный технический университет). История создания и развития научных школ / под ред. В.М. Приходько, Л.Е. Грачевой, В.П. Носов. М.: Изд-во ООО «РТВ-Медиа», 2005. 444 с.
2. История создания и развития научных школ МАДИ. 4-е изд., перераб. и доп. М.: МАДИ, 2015. 496 [64] с.
3. Бабков В.Ф. Автомобильные дороги: учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1983. 280 с.
4. Фишельсон М.С. Городские пути сообщения: учеб. пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. Школа. 1980. 296 с.
5. National Research Council (U.S.). Transportation Research Board. Highway Capacity Manual (HCM) 2010. Volume 1: Concepts. 5th ed. Four-volume format. Washington, D.C.: Transportation Research Board (TRB) of the National Academies, 2010. 311 p.
6. A Policy on geometric design of highways and streets 2004, 5th edition. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) 444 North Capitol Street, N.W., Suite 249 Washington, D.C., 2004. 942 p.

7. Джафаров Р.М., Федюкина Т.В. Компетентностно-ориентированная подготовка инженеров в области проектирования автомобильных дорог // Инженерная педагогика: сб. науч. ст. по материалам V международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы подготовки современных инженеров и научно-педагогических кадров», Москва, 11–12 марта 2015 г. В 3 т. М.: Центр инженерной педагогики МАДИ, 2015. Т. 2. 254 с.

References

1. *Moskovskij avtomobil'no-dorozhnyj institut (gosudarstvennyj tehničeskij universitet). Istorija sozdanija i razvitija nauchnyh shkol* (Moscow automobile and road Institute (state technical University). The history of creation and development of scientific schools), Moscow, Izd-vo ООО «RTV-Media», 2005, 444 p.
2. *Istorija sozdanija i razvitija nauchnyh shkol MADI* (The history of creation and development of scientific schools of MADI), Moscow, MADI, 2015, 496 [64] p.
3. Babkov V.F. *Avtomobil'nye dorogi* (Road), Moscow, Transport, 1983, 280 p.
4. Fishel'son M.S. *Gorodskie puti soobshhenija* (Urban communications), Moscow, Vyssh. Shkola, 1980, 296 p.
5. National Research Council (U.S.). Transportation Research Board. Highway Capacity Manual (HCM) 2010. Volume 1: Concepts. 5th ed. Four-volume format. Washington, D.C.: Transportation Research Board (TRB) of the National Academies, 2010, 311 p.
6. A Policy on geometric design of highways and streets 2004, 5th edition. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) 444 North Capitol Street, N.W., Suite 249 Washington, D.C., 2004. 942 p.
7. Dzhafarov R.M., Fedjukina T.V. *Inženernaja pedagogika*, Sbornik statej, Moscow, MADI, 2015, 2 v., 254 p.