



МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «БЕЛДОРНИИ»



МЕЖДУНАРОДНАЯ ЮБИЛЕЙНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ:
БЕЗОПАСНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ»**,

посвященная 90-летию Белорусской дорожной науки

INTERNATIONAL ANNIVERSARY
SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE

«HIGHWAYS: SAFETY AND RELIABILITY»,

dedicated to the 90th anniversary of the Belarusian road science

СБОРНИК ДОКЛАДОВ
Часть 1

CONFERENCE REPORTS
Part 1

22-23 НОЯБРЯ 2018 г., г. Минск
November 22-23, 2018 Minsk

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ПЕРВОЙ ДОРОЖНОЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ В БЕЛАРУСИ

***В. Н. Яромко**, доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки Республики Беларусь, главный научный сотрудник государственного предприятия «БелдорНИИ», г. Минск, Беларусь*

В докладе изложена краткая история создания первой дорожной научно-исследовательской организации в Беларуси.

ВВЕДЕНИЕ

В 2018 году исполняется 90 лет со дня официального создания в БССР (в настоящее время – Республика Беларусь) первой дорожной научно-исследовательской организации. Ниже на основе материалов Национального архива освещается начальный период (1928–29 гг.) создания и функционирования дорожной научно-исследовательской организации в Республике Беларусь.

Развитие дорожных исследований в Беларуси неразрывно связано с СоюздорНИИ, который был создан в СССР в 1926 году. В 1928 году при Главдортрансе БССР образовано дорожно-исследовательское бюро (ДИБ) [1], а после создания в 1930 году в Москве Центрального научно-исследовательского института автодорожного транспорта (ЦИАТ), в Минске на базе ДИБ был открыт его филиал – Белорусский государственный институт автодорожного транспорта (БелГИАТ). В 1936 году после организации в Москве на базе ЦдорНИИ Дорожного научно-исследовательского института (ДорНИИ) БелГИАТ был переименован в БелдорНИИ и просуществовал до Великой Отечественной войны. Сведений о работе БелдорНИИ в период войны нет.

С 1946 года при Ушосдоре БССР начала функционировать дорожно-испытательная станция (ДИС) по испытанию дорожно-строительных материалов и их внедрению в строительство дорог. Руководили ею видные специалисты дорожного дела Б. И. Курденков, А. П. Мурашова.

На базе ДИС в 1962 году в системе Гушосдора БССР был создан Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «БелдорНИИ», который в 2017 году отметил 55-летие со дня возрождения.

История развития дорожных исследований в Беларуси до 2018 года достаточно подробно освещена в литературных источниках [1–6].

КРАТКИЕ ИТОГИ СОВЕЩАНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНОГО ИНСТИТУТА СОВМЕСТНО С ГЛАВНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ШОССЕЙНЫХ И ГРУНТОВЫХ ДОРОГ И АВТОТРАНСПОРТА БССР

15-го декабря 1929 года на совещании с докладом о выполнении программы дорожно-исследовательских работ в 1928/29 г. и о программе дорожно-исследовательских работ на 1929/30 г. выступил руководитель Исследовательского Дорожного Бюро Главдортранса А. А. Лопатин.

Председательствовал на совещании Начальник Главдортранса БССР т. Яцкевич.

Присутствовали от Автомобильно-Дорожного Института т.т. Дубелир, Хитродумов, Пашков, Сумгин, Соколов, Васильев.

От Главдортранса БССР – т.т. Яцкевич, Колибрин, Шейковский, Мякинников, Остапенко, Нальчунас, Бекаревич, Левит, Вусыкин, Ладыгин, Дмитриев, Молотков, Григорьев, Подольник, Погорельцев, Машкевич, Драчев, Чернышев.

От Исследовательского Бюро Главдортранса БССР – т.т. Лопатин, Кузнецова, Симонова, Агеева, Калашников, Миценгендлер.

Представители дорожных организаций БССР: т.т. Синенко – Мозырь, Гаранин – Орша, Богомолов – Нараб 1, Проскуряков – Бобруйск, Пиотрович – Бобруйск, Свиткин – Орша, Юзвук – Гомель, Хавин – УНАРАБ 1, Тарасьев – Гомель, Верлин – Могилев, Шамесдингер – Полоцк, Даутыш – Минск, Прянишников – Гомельский клинкерный завод.

В докладе Исследовательского Дорожного Бюро Главдортранса БССР о выполнении программы дорожно-строительных работ в 1928/29 г. было отмечено, что Программа работ выполнена не полностью по ряду объективных причин, как-то: позднее начало работ Бюро, незаполненность штата, отсутствие помещения для Бюро, отсутствие точной программы, смена руководителя и пр., ввиду чего из ассигнованных 55 000 руб. израсходовано лишь 37 000 руб. Большая часть неизрасходованных сумм составляет остаток по зарплате, ввиду неукomплектования штата.

По данному докладу Начальник Главдортранса БССР Яцкевич отметил следующее.

Представленная Исследовательским Бюро программа работ на 1929/30 г. должна рассматриваться как предварительная наметка плана. По объему поставленных задач намеченные суммы должны быть признаны недостаточными, вопрос о дополнительных средствах – поднять.

Программу по исследованиям клинкерных глин можно сократить, так как в пятилетку намечено построить всего 1–2 завода и в тех местах, где полевые обследования уже произведены. Задачи Бюро этим упрощаются.

Необходимо поставить наблюдение за бетонной дорогой.

Работы по обследованию болот должны быть сконцентрированы по возможности в районе Минска; исследования в этом направлении производить необходимо. С этого года необходимо начать производить предварительные почвенные обследования дорог и результаты этих работ испытывать на последующих постройках.

В работах Бюро необходима тесная связь с Автомобильно-Дорожным Институтом и помощь последнего. Наметить месяца через 2 доклад Исследовательского Бюро о плане работ на предстоящем совещании при Главдортрансе БССР.

Директор Автомобильно-Дорожного Института проф. Г. Д. Дубелир сообщает, что Институт может выделить из кредитов КОМСТО на исследовательские опытные работы в Белоруссии около 20 000 рублей. Эти средства являются дотацией на исследования, связанные с производством работ.

Автомобильно-Дорожный Институт предполагает распределить эту сумму (20 000 руб.) на следующие темы:

- 1) Сравнение способов улучшения технического состояния полотна путем профилировки и путем внесения добавок – около 2 000 руб.
- 2) Исследования по черным дорогам – 3 000 руб.
- 3) Наблюдения за работой машино-дорожных отрядов с целью выяснения работы отдельных снарядов и сводных комплектов машин – около 4 000 руб.
- 4) Исследования дорог на болотах – 5 000 руб.
- 5) Исследования пучин – 3 000 руб.
- 6) Исследования бетонных дорог – 3 000 руб.

В разработке перечисленных тем принимают совместное участие Автомобильно-Дорожный Институт и Исследовательское Бюро Главдортранса БССР.

Программа этих работ должна быть составлена Главдортрансом БССР совместно с Автомобильно-Дорожным институтом. Институт по возможности окажет содействие в этой работе командировкой работников (инструкторов).

В результате этих работ должен быть составлен отчет по программе Института для напечатания в издании Института.

В полном объеме доклад А. А. Лопатина приведен ниже. В нем сохранен стиль изложения того времени.

ИТОГИ РАБОТЫ ДОРОЖНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО БЮРО ГЛАВДОРТРАНСА БССР ЗА 1928 ГОД И ЗАДАЧИ НА 1929 ГОД

А. А. Лопатин – руководитель Дорожно-Исследовательского Бюро в 1928–1929 гг.

Основными задачами Дорожно-Исследовательского Бюро являются изучение дорог и дорожного строительства в отношении их взаимодействия с окружающей природой и влиянием на дорогу действия проезда экипажей, изучение и исследование материалов, применяемых в дорожном строительстве, усовершенствование техники дорожного строительства.

Для решения этих общих задач Дорожно-Исследовательское Бюро занимается следующими вопросами: изучением природных условий БССР, влияющих как на методы постройки дорог, так и на способы их эксплуатации; таковыми являются геологические, почвенно-грунтовые, гидрологические и климатические условия БССР. Дорожно-Исследовательское Бюро, используя достижения в этих отраслях знания других научных организаций, дополняет их теми исследованиями, кои требуются для целей дорожного строительства, например, детализирует почвенно-грунтовые обследования, собирает данные о полезных ископаемых, применяемых в дорожном строительстве (камень, гравий, песок, глина для производства клинкера и глина и торф грунтовых добавок), выявляет влияние климатических и метеорологических факторов на условия проезжаемости дорог и изыскивает средства к улучшению последней, изучает влияние условий водного режима почв на состояние дорог и изыскивает методы к устранению вредных последствий неблагоприятного водного режима, изучает вопросы образования пучин и меры борьбы с ними, изучает вопросы постройки дорог на болотах. В целях изыскания способов правильного устройства полотна дорог Дорожно-Исследовательское Бюро занимается изучением физико-механических свойств грунтов, гравия, камня, клинкерных материалов для устройства бетонных и гудронированных дорог. Выявляет несущую способность разного рода дорожных покрытий, т. е. выявляет, какому грузообороту какой вид покрытия дорожного полотна наиболее соответствует.

Характер перечисленных выше вопросов вызывает известную двойственность в работе Дорожно-Исследовательского Бюро: ряд вопросов является тесно связанным с ведущимся дорожным строительством. Это вопросы обследования местных почвенно-грунтовых гидрологических и иных условий той местности, в которой пролегает данная дорога, выявление запасов материалов вблизи данной дороги, испытание качества материалов для дорожного строительства.

Другая часть вопросов, изучаемых Дорожно-Исследовательским Бюро, не имеет столь явной связи с дорожным строительством, но, тем не менее, весьма существенна. Это изучение свойств материалов и грунтов, исследование причин образования пучин, исследование свойств болотных грунтов и их поведение под действием находящегося на них дорожного сооружения.

Все эти последние вопросы не могут получить разрешения в короткий срок, требуют длительных наблюдений, значительного количества опытов, разработки самой методологии их исследования, и потому эти вопросы большинству практических дорожных работников мало понятны и кажутся бесполезными. Между тем, именно от решения этих вопросов зависит выработка рациональных способов постройки и содержания дорог (в местностях заболоченных или с грунтами, в коих проявляется пучинность, способы устройства и содержание грунтовых дорог, связанных с изучением свойств грунтов как дорожного материала, т. е. в первую очередь их физико-механических свойств), а следовательно, и снижение расходов как по постройке, так и по эксплуатации дорог в той части этого снижения, которые можно провести, помимо удешевления, за счет лучшей организации работ.

Ввиду того, что Дорожно-Исследовательское Бюро существует всего год и этот год своего существования находилось в чрезвычайно тяжелых условиях работы из-за отсутствия помещения (до октября 1929 г.), тесноты помещения (после октября 1929 г.), неукomплектованности личным составом, трудности приобретения необходимого оборудования, перегруженности работой по непосредственному обслуживанию производства и т. п., в отношении научной работы было сделано мало: удалось только приступить к изучению свойств болот и болотных грунтов и вопросов осадки насыпей на них. Ввиду чрезвычайной важности этих вопросов как для БССР, так и для СССР, что признано и Научно-Исследовательским Автодорожным институтом, собранные материалы были обработаны, чтобы в ближайшее время дать хотя бы. первую попытку подойти более или менее обоснованно к строительству дорог на болотах. Результаты этих работ были доложены в «сыром виде» в декабре на совещании при Белдортрансе, подверглись критике ряда специалистов на специальном совещании Научно-Исследовательского Автодорожного Института в Ленинграде в апреле месяце в обработанном уже виде и в настоящее время готовятся к печати (Научно-Исследовательский Институт постановил издать эту работу в ближайшее время).

В отношении изучения пучин, ввиду сложности этого вопроса, а также ряда указанных выше затруднений, пока только обследован ряд пучин на шоссе (у Слуцка) и на грунтовом участке (у дер. Сенница). В настоящее время материалы эти обрабатываются с тем, чтобы можно было наметить меры борьбы с пучинами (пока в виде опыта).

В целях изучения грунтов как дорожного материала, именно как материала песчано-глинистых дорог, был построен небольшой опытный участок у дер. Сенница. Ввиду кратковременности опыта, а также вследствие того, что на этом участке текущей весной были обнаружены пучины, усложнившие условия производства опытов, дать результаты еще несколько преждевременно. Целью этих опытов ставилось выяснить, какие производственные методы при одинаковых местных условиях дают возможность получить лучший результат, какое минимальное количество добавки требуется для улучшения грунта и определить степень износа построенной дороги под влиянием проезда (при учете как расходов содержания участка, так и размеров движения). Кроме того, в Полоцком округе были сделаны небольшие опыты (ориентировочные) по торфованию песков для того, чтобы в дальнейшем поставить эти опыты в большем масштабе.

В текущем году проводятся опытные работы по устройству бетонных, клинкерных, гудронированных и гравийных дорог, продолжаются и опыты по улучшенным грунтовым дорогам, ставятся специальные опыты на болотах. При производстве этих опытов, помимо наблюдений за деформациями, зависимостью их от погоды и других естественно-исторических факторов, будет вестись и учет размеров движения. Вообще, суждение о результатах опыта можно иметь, только зная грузооборот.

В отношении обслуживания дорожных работ за истекшее время было сделано следующее: обследованы почвогрунты по ряду намеченных к постройке маршрутов – всего 570 км, собранный поле-

вой материал обработан, кроме одного тракта, который заканчивается обработкой в настоящее время (этот тракт в текущем году не строится). По каждому тракту в результате обследования составлялись почвенный профиль, ведомости грунтов, ведомости карьеров, переходов через болота и пояснительные записки, в которых давались, по возможности, полные указания.

В результате совместной работы почвенных и изыскательских партий сделаны выборы наивыгоднейших переходов через болота, освещены вопросы наличия запасов песка, гравия и камня. Последние не по всем трактам достаточно полны ввиду того, что уже после производства обследования бывали случаи изменения типов дорог: вместо грунтовых, как первоначально намечалось, при окончательном проектировании назначались мостовые или шоссейные дороги. По таким маршрутам часть проделанной работы, конечно, теряла значение, и данные о наличии камня оказывались недостаточно подробными.

Необходимо на будущее время, по возможности, изжить такие изменения. С использованием материалов почвенно-грунтовых обследований дело обстоит таким образом: дорожные работники, следящие за технической литературой по дорожному делу, используют материал довольно полно, остальные – частью используют недостаточно широко, частью же вовсе не могут использовать.

Выход из этого положения – поднять уровень знаний техперсонала, ввести в штат дорожных отделов почвоведов. В 1929 г. были проведены изыскания глины для постройки клинкерного завода в Бобруйском округе, материалы обрабатываются в настоящее время в Ленинграде в Научно-Исследовательском Дорожном Институте.

В отношении постановки дела дорожных исследований в БССР нужно сказать, что поставить его на должную высоту не удалось по ряду причин.

Дорожно-Исследовательское Бюро еще находится в организационной стадии, которая затягивается из-за затруднений, как пополнить личный состав, так и из-за недостаточности помещения, не дающих возможности развернуть полностью работу. В настоящее время более или менее удовлетворительно организована грунтовая лаборатория, испытывается только недостаток в личном персонале по ней, битумная лаборатория и механическая в настоящее время не развернуты, ибо для них нет персонала и помещения. Для битумной лаборатории значительная часть оборудования была приобретена в 1929 г. Ввиду невозможности развернуть ее при Дорожно-Исследовательском Бюро и необходимости обеспечить работы по постройке гудронированного шоссе полевой лабораторией для контроля качества материалов оборудование передано в управление Нараба 1 и будет использовано на месте работ; в дальнейшем намечено оставить комплект оборудования для полевой лаборатории, которая должна быть на месте крупных работ, а для лаборатории Дорожно-Исследовательского Бюро заказан другой комплект оборудования. Организация механической лаборатории, ввиду сложности установок, может быть только после представления Дорожно-Исследовательскому Бюро постоянного помещения, ибо переноски его с места на место затруднительны и вызывают значительные расходы. Так как постоянное помещение Дорожно-Исследовательское Бюро получит не раньше конца 1931 г., соответственно с этим и развитие Бюро затянется примерно до 1932 г. при условии достаточного обеспечения кредитами и принятия мер к подысканию и подготовке персонала, начиная с текущего года. Необходимо в течение ближайшего года подыскать и подготовить следующих работников: старшего лаборанта грунтовой лаборатории и 2-го аналитика, для битумной лаборатории – одного инженера и одного препаратора, для механической – одного инженера, одного препаратора и одного механика.

Для улучшения постановки дела почвенных обследований необходимо подыскать достаточно опытное лицо на должность старшего почвовед, который распределял бы работы среди полевых партий, контролировал их работу и непосредственно ею руководил. Для успешного проведения всей сово-

купности исследований по изучению болот нужно имеющегося болотоведа освободить от другой работы (по почвенным обследованиям). Только тогда можно будет поставить эту отрасль работы на должную высоту.

В целях более рационального использования времени заведующего Дорожно-Исследовательским Бюро нужно ввести в штат бюро должность конторщика-счетовода, который вел бы денежную и материальную отчетность, так как эта работа отнимает 50 % времени, которое заведующий мог бы использовать на более важную работу, требующую технических знаний. Для обеспечения персоналом приняты следующие меры: законтрактованы студенты-почвоведы – 3 человека, в 1931 г. они поступят на работу в Бюро; второй аналитик подыскивается в Минске, вероятно, в ближайшее время удастся подыскать подходящее лицо среди лиц, имеющих физико-математическое образование, имеющийся же аналитик-почвовед будет вести работу по определению состава грунтов и обслуживать запросы линии. Число почвоведов, имеющих в настоящее время, – 4 человека и один болотовед-почвовед, с 3-мя законтрактованными почвоведом – этого количества будет достаточно для удовлетворения потребностей пятилетки, при условии, что в штаты дорожных отделов будут введены должности почвоведов, как мною запроецировано при составлении данных по контрольным цифрам на 1930/1931 гг.

В материальном отношении Дорожно-Исследовательское Бюро средствами обеспечено достаточно. В 1928–1929 гг. было получено и израсходовано 37 тыс. руб., на текущий год смета утверждена в сумме 92,700 руб., чего вполне достаточно. В текущем году были ненормальности с утверждением сметы, последняя была утверждена только 16 мая, пролежала без движения в Белдортрансе с января месяца. Также несвоевременно даются и задания на производство полевых обследований, что затрудняет подготовку к ним. Из других затруднений наиболее серьезным является приобретение оборудования как для лаборатории, так и для полевых партий, готового на рынке нет, заказы размещаются с трудом и выполняются в весьма длительные сроки. В дальнейшем нужно будет давать все заказы, примерно, за 8–12 месяцев до того момента, когда потребуются нужные предметы, иначе не избежать задержек в работе.

Подводя итоги проделанной Дорожно-Исследовательским Бюро работы за время с 1928–1929 гг. и прошедшую часть текущего года, нужно сказать, что результатом этой работы явилось создание небольшого ядра работников, вошедших в курс дела, создана, хотя в силу обстоятельств и не вполне удобная, но все же такая, в которой работать можно, грунтовая лаборатория, намечены вехи дальнейшего планомерного развития Бюро.

Из достижений в работе Дорожно-Исследовательского Бюро имеются весьма ценные материалы по исследованию болот, ряд материалов, используемых более или менее линией по почвенно-грунтовым обследованиям дорог, запросы линии на отдельные определения, хотя выполняются недостаточно быстро, но уже в более короткие сроки, и с укомплектованием персонала задержки будут изжиты окончательно. Материалы по выявлению наличия каменных материалов постепенно собираются, хотя говорить о составлении полной и подробной сводки по всей БССР еще не приходится ввиду огромности этой задачи, но при увязке этого вопроса с Геологическим институтом Б.А.Н. и Горной группой ВСНХ все же можно будет и этот вопрос подвинуть вперед.

Конкретные мероприятия, необходимые для успешной работы Дорожно-Исследовательского Бюро, следующие.

Обязать техническую группу давать задания на полевые обследования грунтов возможно раньше, чтобы до начала полевых работ можно было изучить по литературным данным, картам и другим материалам районы, подлежащие обследованию.

При даче заданий уточнить их цель, т. е. указать, для какого вида дорог они предназначаются.

При приступе к зимней обработке материалов обязать техническую группу давать план сдачи обработанных материалов.

Ввести в штаты дорожных отделов должность почвовед в целях непосредственного обслуживания производства.

Обеспечить Дорожно-Исследовательское Бюро личным составом инженерно-технических работников за счет контрактации.

Обеспечить Дорожно-Исследовательское Бюро надлежащим помещением.

Выделить часть персонала, непосредственно обслуживающего производство, от части, занимающейся научно-исследовательской работой, с тем, чтобы последнюю можно было поставить на должную высоту – именно в первую очередь выделить почвовед-болотовед для той же цели.

В целях большей увязки дорожно-исследовательской работы с производством сделать обязательным участие в технических совещаниях руководителя Дорожно-Исследовательского Бюро.

Вести обработку полевого материала совместно с персоналом изыскательских партий в целях более своевременного использования последними материалов при составлении проектов.

Секции ИТР связаться с Дорожно-Исследовательским Бюро и уведомлять о своих собраниях сотрудников Бюро, а последним поставить ряд докладов в целях достижения более полной увязки в работе инженерно-технических работников с работой исследователей, чего до сих пор, к сожалению, не было.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яромко, В. Н. Очерки истории развития дорожной отрасли / В. Н. Яромко [и др.] / Комитет по автомобильным дорогам Республики Беларусь. – Минск : ГП «Минсктиппроект», 1999. – 249 с.
2. Кравченко, С. Е. Становление белорусской дорожной науки / С. Е. Кравченко, В. К. Шумчик, В. Н. Яромко // Автомобильные дороги и мосты. – 2008. – № 2. – С. 8–15.
3. Национальный архив Республики Беларусь // Фонд № 24, опись № 1, дело № 172, листы № 41, 42, 43.
4. Яромко, В. Н. Проблемы геотехники при строительстве автомобильных дорог и как их решала белорусская дорожная наука : доклад в настоящем сборнике.
5. Библиографические указатели работ сотрудников БелдорНИИ за 1962–2008 гг.
6. Научно-технический журнал «Автомобильные дороги и мосты». – 2008–2018 гг.



ПРОБЛЕМЫ ГЕОТЕХНИКИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И КАК ИХ РЕШАЛА БЕЛОРУССКАЯ ДОРОЖНАЯ НАУКА

Яромко В.Н., доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки Республики Беларусь, главный научный сотрудник государственного предприятия «БелдорНИИ», г. Минск, Беларусь

В настоящем докладе рассмотрены проблемы дорожной геотехники, т. е. вопросы исследования, строительства и содержания дорожных земляных сооружений и оснований с

учетом специфики их работы под действием транспортных нагрузок и во взаимодействии с окружающей средой. Показано развитие геотехнических исследований в Беларуси при строительстве автомобильных дорог общего пользования, прежде всего общегосударственного и республиканского значения, и ведомственных дорог (лесных и сельскохозяйственных) с освещением основных достижений в области грунтоведения и механики грунтов.

Рассматривается период начиная с 20-х годов прошедшего столетия до настоящего времени, т. е. примерно в течение 90 лет. Эту знаменательную дату отмечает белорусская дорожная наука в текущем 2018 году.

Наиболее проблемными и сложными были вопросы строительства земляного полотна на участках переходов через болота, особенно в период 30–40-х годов прошлого столетия, когда в Советском Союзе началось строительство автомагистралей. После окончания войны связи с резким увеличением объемов дорожного строительства в начале 60-х годов вновь возросла актуальность проблемы снижения стоимости строительства дорог на болотах. Новое направление исследований было основано на гипотезе о возможности и целесообразности использования болотных грунтов в качестве несущего основания насыпи. Начало этих исследований положено И. Е. Евгеньевым, который руководил работами в БелдорНИИ с 1962 по 1976 год. Большие работы по исследованию свойств слабых грунтов, особенно торфов, были проведены специалистами институтов Академии наук БССР, занимающихся вопросами мелиорации болот (К. П. Лундин, А. Ф. Печкуров, П. А. Дрозд, И. И. Лиштва).

За рассматриваемый период в основном были решены теоретические вопросы обоснования рациональных методов строительства земляного полотна на переходах через болота и в широких масштабах внедрены на территории Беларуси, Прибалтики и Западной Сибири. Для обычных условий в основном решены проблемы обеспечения водно-теплового режима земляного полотна и устойчивости высоких насыпей, включая устойчивость откосов, технологию их возведения и контроля качества работ.

ВВЕДЕНИЕ

Исследования по геотехническим проблемам проектирования и строительства земляного полотна автомобильных дорог в Белоруссии начались в конце 20-х годов XX столетия в Дорожно-исследовательском бюро Главдортранса БССР, и в довоенный период получили широкое развитие в бывших ДорНИИ и БелГИАТЕ [1]. В дальнейшем эти работы проводились в БелдорНИИ (с 1992 по 1999 г. – институт «Дорстройтехника»), Белорусском политехническом и технологическом институтах, Институте мелиорации водного хозяйства, Белорусской сельскохозяйственной академии по следующим основным направлениям: ускорение консолидации и обеспечение устойчивости и стабильности земляного полотна на болотах; водно-тепловой режим земляного полотна и пути обеспечения морозоустойчивости дорожных одежд; технология строительства земляного полотна и методы контроля качества его уплотнения; применение геосинтетических материалов для повышения прочности, устойчивости и долговечности.

ДОРОГИ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Разработка методов проектирования и строительства дорог через болота является многоплановой комплексной научно-технической проблемой. Еще в 1928–1941 гг. были проведены широкие ла-

бораторные и полевые исследования на строящихся дорогах БССР (ныне – Республика Беларусь), где были апробированы технологии выторфовывания болот (взрывное, механическое, перегрузки с устройством торфоприемников), а также технология строительства «плавающих» насыпей. В работах принимали участие сотрудники ДорНИИ Н. Н. Иванов, В. Ф. Бабков, Н. П. Кузнецова, сотрудники БелГИАта Б. А. Сергиевский, А. Н. Лутохин, В. Г. Гмошинский и др. [2], [3].

По оценкам специалистов, развитие технологии дорожного строительства в СССР в то время отставало от европейского уровня на 10–20 лет, остро не хватало дорожной техники и механизмов, однако имевшаяся база позволяла начать возведение первых отечественных автомагистралей. Автомагистрали по техническим условиям резко отличались от всех ранее сооружавшихся дорог страны. Принципиально новым было то, что в основу расчетов (видимости в плане, радиусов кривых и др.) была положена скорость движения автомобиля (120 км/ч). Первые в СССР технические условия на строительство автомагистралей были утверждены только в 1939 г. [4].

По своим характеристикам первые советские шоссе, в том числе и Москва – Минск, соответствовали магистралям США 1930-х гг. (highway) и автобану (autobahn) Кельн – Бонн в Германии.

В качестве одного из примеров внедрения научных разработок в практику строительства земляного полотна можно привести опыт строительства первой в СССР автомагистрали Москва – Минск в 1936–1941 гг. [3].

Самыми проблемными для строителей на этой трассе были большие болота в БССР. Для их перехода тогда применили новаторский взрывной метод выторфовывания, разработанный под руководством профессора Н. Н. Иванова и доцента Н. П. Кузнецовой, который заключается в выдавливании разрыхленного торфа тяжестью ранее возведенной насыпи. С этой целью при переходе болота возле г. Крупки (Минская область, БССР) несколько тысяч глиняных горшков с узким горлышком были заряжены аммонитом, соединены звонковым проводом со взрывной машиной и через обсадные трубы опущены на глубину залегания торфов и илов. В дальнейшем этот метод был усовершенствован и нашел применение на других объектах.

Достаточно широко применялся метод временной пригрузки, предложенный в 1935 году сотрудником БелдорНИИ Б. А. Сергиевским при устройстве земляного полотна автомобильных дорог на торфяных болотах [2].

В связи с резким увеличением объемов дорожного строительства в начале 60-х годов прошлого столетия вновь возросла актуальность проблемы снижения стоимости строительства дорог на болотах. Новое направление исследований было основано на гипотезе о возможности и целесообразности использования болотных грунтов в качестве несущего основания насыпи. Начало этих исследований положено И. Е. Евгеньевым, который руководил работами в БелдорНИИ с 1962 по 1976 год [5]. В дальнейшем в БелдорНИИ эти исследования проводились при участии и под руководством В. Н. Яромко [6].

Тема строительства дорог на болотах в 70–80-е годы прошлого столетия была весьма актуальной: в Советском Союзе шло интенсивное освоение нефтегазовых месторождений в сильно заболоченных районах Западной Сибири, где трудились и белорусские строители, дорожники, автомобилисты.

В БелдорНИИ были теоретически обоснованы, разработаны и внедрены эффективные технологии строительства дорог на слабых грунтах.

При возведении насыпи на сильносжимаемых слабых грунтах происходит их уплотнение (консолидация) во времени. В механике грунтов процесс консолидации условно принято делить на две стадии: первичную (фильтрационную) и вторичную консолидацию. Считают, что в слабых глинистых грунтах вторичная консолидация обусловлена ползучестью скелета, а в слабых грунтах органического

происхождения – совместным протеканием фильтрации поровой жидкости и ползучестью скелета. Вместе с тем, поскольку процесс консолидации протекает длительное время, логично предположение, что с течением времени стадия вторичной консолидации должна перейти в стадию ползучести. В соответствии с этим в общем случае процесс консолидации болотных грунтов может быть описан следующей схемой, предложенной БелдорНИИ. Помимо условно-мгновенной деформации, он может включать четыре стадии: 1 и 4 – ползучести скелета; 2 – первичной фильтрационной консолидации, 3 – вторичной фильтрационной консолидации. В зависимости от свойств слабого основания и величины действующей нагрузки любая из стадий, кроме ползучести, может отсутствовать при консолидации грунта.

Форма кривой консолидации, т. е. состав и количество входящих в нее стадий консолидации, зависит от изменения величины относительной деформации сжатия в процессе уплотнения. Всего для реальных слабых оснований из болотных грунтов выявлено семь видов кривых консолидации [6]. В зависимости от того, какая из стадий консолидации является преобладающей, можно выделить три типа оснований по характеру консолидации [7]. Для оснований I типа преобладающими являются первичные фильтрационные осадки, II типа – вторичные фильтрационные осадки, III типа – осадки ползучести. Установлено, что первичная фильтрационная консолидация может иметь место и в предварительно уплотненных основаниях, если изменение относительной деформации в процессе уплотнения равно или больше 0,15.

Исследовано влияние масштабного фактора при проведении консолидационных испытаний. Из проведенных исследований следует, что только в двух случаях (при $\lambda < 0,05$ и $\lambda > 0,4$) расчет продолжительности осадок можно проводить по простейшим расчетным схемам: соответственно теории ползучести и теории фильтрационной консолидации Терцаги-Герсеванова-Флорина. В остальных случаях требуется учет совместного протекания фильтрационных (первичных и вторичных) и осадок ползучести.

В 1980–1985 гг. в БелдорНИИ была разработана новая типизация слабых оснований по устойчивости, что повлекло за собой необходимость разработки методики расчета осадок с учетом сжимаемости и прочностных свойств болотных грунтов. Для облегчения расчетов и учета величины осадки при ее расчете разработан оригинальный метод расчета и номограмма, по которой сразу (без обычных в этих случаях последовательных приближений) определяют величину конечной осадки основания [6].

Для прогнозирования осадки болотного грунта во времени разработан метод, рассматривающий процесс консолидации в целом, без разделения на первичную и вторичную консолидацию. Получены расчетные формулы и корреляционные зависимости, в основу которых положены данные натурных наблюдений. Это позволило значительно упростить методику и уменьшить объем лабораторных и полевых исследований для определения консолидационных параметров.

Разработана универсальная номограмма для расчета продолжительности осадки на основе решения задачи консолидации с гиперболическим ядром консолидации для ступенчатой, линейной и ступенчато-линейной нагрузки.

Введено понятие «строительная высота насыпи», что явилось теоретической основой для разработки нового способа возведения насыпей на болотах и оперативного контроля качества работ.

Разработан и внедрен в практику строительства автомобильных дорог одностадийный метод строительства дорог на болотах. Метод основан на применении новых конструктивно-технологических решений временной пригрузки. Предложена технология интенсивной статической консолидации, реализуемая с помощью, так называемой движущейся пригрузки, позволяющей сразу после возведения земляного полотна устраивать дорожную одежду.

Разработана новая процедура экспресс-контроля качества возведения насыпи на болоте, при которой контролируется только высота насыпи (а не толщина, как это принято), что позволяет повысить оперативность контроля, снизить его стоимость и уменьшить объемы работ по отсыпке насыпи [8], [4].

Впервые проведен цикл исследований по изучению работы системы «насыпь – торф» при движении автомобиля. Изучены динамические характеристики (частоты свободных колебаний и коэффициенты демпфирования) системы «дорожная одежда – насыпь – болотный грунт», разработаны и обоснованы критерии предельного состояния дорожных одежд по условиям статики и динамики. Впервые разработан и широко апробирован на практике динамический расчет дорожных насыпей на болотных грунтах [9].

В БелдорНИИ В. Е. Сеськовым разработана методика зондирования болот методами сейсморазведки и методика определения физико-механических характеристик болотных грунтов непосредственно в залежи с использованием поперечных волн [10].

Для исследования и решения геотехнических вопросов в 1975–1980 гг. по техническому заданию БелдорНИИ дорожно-строительным трестом № 1 была построена Витебская дорожно-климатическая станция, в состав которой входили полигон для изучения водно-теплового режима земляного полотна и дорожных одежд и экспериментальная насыпь на слабых грунтах. Результаты наблюдений, полученные на этой станции, в полной мере были использованы при разработке новых нормативно-технических документов [11], [12], [13].

Ускоренные методы контроля степени уплотнения земляных сооружений

Существовавшие традиционные формы и методы технического контроля при строительстве земляного полотна (объемно-весовой метод, прибор Ковалева, радиационные методы и др.) не удовлетворяли в достаточной мере современным требованиям: в методике контроля отсутствовали теоретически обоснованные критерии оценки качества уплотнения грунтов; оперативность контроля была низка, в результате чего он находился в отрыве от производственного процесса вместо того, чтобы быть его неотъемлемой частью; дорожные лаборатории недостаточно были оснащены современными средствами контроля.

Комплекс проведенных в БелдорНИИ исследований (В. Н. Яромко, В. В. Штабинский, В. Е. Сеськов, Н. Д. Банников) позволил разработать в 1978 году республиканские строительные нормы по контролю качества уплотнения земляного полотна автомобильных дорог ускоренными методами [11]. Этот нормативный документ стал первым шагом к изменению технологии контроля качества уплотнения грунтов земляного полотна: контроль переносился из помещения дорожной лаборатории на строительную площадку. С использованием достаточно надежных корреляционных зависимостей и графиков, определяющих связь косвенных показателей методов и коэффициента уплотнения или плотности сухого грунта, по непосредственным измерениям приборами в уплотненном слое можно было судить о качестве уплотнения грунта.

Позднее (в 1986, 1991, 2010 и 2011 гг.) данный документ был переработан и, в отличие от прежней Инструкции, позволял производить оперативный контроль степени уплотнения как насыпных, так и намывных песчаных грунтов, а также пылевато-глинистых грунтов [13].

Следует отметить, что разработанные методы и приборы для ускоренного определения плотности грунтов в производственных условиях, особенно метод динамического зондирования с использованием динамических плотномеров, нашли широкое применение не только в дорожных и строительных организациях Республики Беларусь, но и в строительных организациях других стран СНГ.

Обеспечение устойчивости и стабильности земляного полотна

Для обеспечения равномерного и непрерывного производства работ по устройству дорожной одежды земляное полотно должно возводиться с опережением (заделом). Однако не всегда возможно обеспечить задел земляного полотна требуемой протяженности. Проведенные в БелдорНИИ исследования позволили разработать новые требования к степени и однородности земляного полотна, обеспечивающие его стабильность и устойчивость. В результате этих исследований разработана технология скоростного строительства и организации работ при разработке выемок и возведению высоких насыпей, а также производстве работ в зимних условиях. Эти работы имеют большое практическое значение, поскольку дают возможность сократить продолжительность технологического перерыва между окончанием возведения земляного полотна и началом устройства монолитных слоев дорожной одежды [14].

Опыт строительства дорог на грунтах повышенной влажности и из таких грунтов показывает, что недостаточное знание особенностей физико-механических свойств таких грунтов, их поведения под нагрузками и во времени, а также неполный учет этих особенностей в проектных решениях приводят к развитию недопустимых деформаций в покрытии (за счет неравномерных осадок насыпи, снижения несущей способности грунта в рабочем слое, откосов и обочин).

Для успешного строительства дорожного земляного полотна из глинистых грунтов повышенной влажности необходимо в проектных решениях учитывать особенности этих грунтов, а также, как показал опыт строительства Второй кольцевой автомобильной дороги вокруг г. Минска в 2015–2016 гг., осуществлять научно-техническое сопровождение работ при проектировании и строительстве.

Применение геосинтетических материалов в дорожном строительстве

Важным моментом в снижении сроков строительства земляного полотна и повышении его качества является применение конструктивных прослоек из геосинтетических нетканых материалов. Применение геосинтетических материалов, кроме того, позволяет уменьшить объемы земляных работ, а также использовать местные грунты взамен привозных. В земляном полотне геосинтетические материалы рационально использовать в качестве армирующих прослоек при возведении насыпей на слабых грунтах, дренажирующих прослоек при возведении насыпей из переувлажненных грунтов, а также защитных покрытий откосов земляного полотна и водоотводных сооружений.

Особенно перспективно применение геосинтетических материалов в качестве дренажирующих и защитных прослоек при переводе дорог с гравийным покрытием в дороги с усовершенствованным покрытием.

При переводе существующих гравийных дорог в дороги с усовершенствованным покрытием возникает необходимость устройства дренажирующего слоя из кондиционных песков, дальность возки которых в отдельных случаях составляет 40–60 км. Поэтому применение геосинтетических материалов может служить одним из мероприятий по снижению материалоемкости дорожных одежд при реконструкции дорог с гравийными покрытиями. Уложенный по выравнивающему слою на существующем гравийном основании геосинтетический материал служит не только в качестве дренажирующей, но и армирующей прослойки. При этом толщина основания каменного материала может быть уменьшена на 5–10 см.

Проведенные опытно-технологические работы на реальных объектах показали эффективность применения геосинтетических материалов при реконструкции автомобильных дорог с гравийным пок-

рытием. Разработан государственный стандарт Республики Беларусь [15], который регламентирует требования к нетканым геотекстильным материалам, применяемым в конструкциях земляного полотна и дорожных одежд.

Одним из перспективных методов защиты откосов земляного полотна и водоотводных сооружений от паводка и ветровой эрозии является применение геосинтетических материалов, содержащих в своей основе семена многолетних трав. По сравнению с другими методами защиты грунта к преимуществам геосинтетического материала с семенами трав относятся: небольшая масса, способствующая уменьшению трудоемкости и проведению работ в труднодоступных местах; гибкость, обеспечивающая наилучшее облегание поверхности откоса или водоотводного сооружения; защита семян трав от смыва; создание «парникового» эффекта, способствующего росту растительности и препятствующего резкому испарению влаги. До тех пор, пока семена растений не прорастут, геосинтетический материал обеспечивает стабильность грунта во время дождей.

Исследования по разработке волокнистого материала с семенами многолетних трав были начаты в институте «Дорстройтехника» в 1992 году (В. В. Штабинский, В. Н. Яромко, П. А. Людчик). В результате проведенных исследований был разработан нетканый материал из полиамидных нитей с семенами трав [16], освоен его промышленный выпуск, разработаны: конструкции укрепления откосов земляного полотна, в том числе откосов насыпей у водопропускных труб; конструкции укрепления водоотводных сооружений; технология выполнения укрепительных работ; указания по эксплуатации укреплений. Наличие производственной базы по выпуску материала позволило провести широкую производственную проверку разработанных конструктивно-технологических решений. Укрепительные работы производили на строящихся и эксплуатируемых дорогах. Широкая опытная проверка разработанного материала на реальных объектах позволила убедиться в конкурентоспособности его по отношению к применявшимся ранее капитальным типам укреплений. Стоимость укрепительных работ снизилась в 4–6 раз.

В 2001–2002 гг. при реконструкции МКАД по рекомендациям БелдорНИИ построено земляное полотно на слабых грунтах мощностью 12–21 м (без их удаления) с применением временной пригрузки и армирующих прослоек из геосинтетических материалов для обеспечения устойчивости, прочности и стабильности [17].

В 1969–1986 гг. проведен цикл исследований по водно-тепловому режиму земляного полотна и дорожных одежд (Р. З. Порицкий, В. П. Корюков, А. Л. Горелик) для условий Беларуси [18]. Разработано дорожно-климатическое районирование Беларуси с учетом специфики природно-климатических условий, дана новая дорожная классификация грунтов для проектирования и сооружения земляного полотна, и на основе данных наблюдений на сети постоянно действующих наблюдательных постов, расположенных на автомобильных дорогах, находящихся в различных условиях увлажнения, разработаны методы прогнозирования расчетных показателей грунтов земляного полотна с учетом природных условий [18].

Большое внимание уделено проектированию земляного полотна на участках с необеспеченным возвышением низа дорожной одежды над расчетным уровнем подземных вод (гидроизолирующие, термоизолирующие, дренирующие, капилляропрерывающие и морозозащитные слои, армирующие прослойки).

Признано необходимым вернуться к нормированию возвышения не поверхности покрытия, а низа дорожной одежды, поскольку водно-температурные воздействия имеют значение для грунта земляного полотна, а не для слоев дорожной одежды, в которых практически отсутствует морозное пучение.

Особое внимание уделено проектированию поверхностного и подземного водоотвода для предохранения земляного полотна от переувлажнения и размыва.

Рассмотрен круг вопросов, связанных с расчетом устойчивости насыпей и выемок, включая расчет общей устойчивости откосов насыпей и выемок, расчет устойчивости земляного полотна на косогорах 1:3, а также местной устойчивости поверхности откосов. Показаны пути обеспечения устойчивости земляного полотна путем правильного назначения вида применяемых грунтов, способа их разработки, размещения в теле насыпи, отсыпки и уплотнения, а также за счет применения армирующих прослоек из геотекстилей и георешеток [19].

В результате применения армирующих и разделяющих прослоек из геосетки толщина щебеночных оснований дорожных одежд снижается на 10 %–15 %, исключается применение в дорожной конструкции технологического слоя из песчано-гравийного материала, снижаются транспортные расходы при возведении щебеночных оснований дорожной одежды [20].

ЛЕСНЫЕ ДОРОГИ

Ведение лесного хозяйства требует постоянного совершенствования инфраструктуры лесных дорог. Содержание их в хорошем состоянии дает возможность снизить транспортные затраты и увеличить ресурс техники.

В 1936 году был принят закон о создании водоохранных лесов. Сотрудники почвенно-гидрологической лаборатории (П. П. Роговой и др.) провели на стационарах в условиях леса и поля изучение водного режима почвогрунтов. Результаты этого большого научного труда изложены в монографии «Водный режим почвогрунтов на территории Белоруссии», которую П. П. Роговой издал в 1972 году.

Высказанные на основе исследований идеи о происхождении лёссовых отложений, о сезонности подзолообразовательного процесса, о динамике элементов почвенного питания имеют важное теоретическое значение до настоящего времени.

На основе этих работ в 1949 году коллективом ведущих почвоведов под редакцией академиков П. П. Рогового и И. С. Лупиновича была подготовлена и издана карта почв БССР, а в 1952 году – монография «Почвы БССР». Эти научные труды долгое время являлись настольной книгой научных работников, студентов и специалистов сельского и лесного хозяйства БССР, а по некоторым теоретическим положениям актуальны и на сегодняшний день.

Научные исследования, выполненные И. И. Леоновичем и Н. П. Вырко в Белорусском технологическом институте (1968–1975 гг.), в области водно-теплого режима позволили им обосновать расчетные схемы и методику расчета минимально необходимой высоты насыпи в различных грунтовых, гидрологических и климатических условиях; разработать методику определения глубины промерзания грунтов земляного полотна; методику прогнозирования пучинообразования, а также произвести районирование территории Республики Беларусь по условиям пучинообразования; установить закономерности передвижения влаги в грунт земляного полотна из боковых канав, что является существенным вкладом в теорию и практику проектирования и строительства лесных дорог, которые строятся на территории лесного фонда, где в ряде случаев грунты имеют недостаточную несущую способность, заболочены, а в боковых канавах вода задерживается более 30 суток [21].

В 1970–1978 гг. в БТИ им. С. М. Кирова были проведены исследования процесса осадки водонасыщенных слабых оснований насыпей лесовозных автомобильных дорог (Т. К. Богданович, И. И. Леонович) с применением метода электрогидродинамических аналогий (метод ЭГДА) [22].

В последние годы в БГТУ проведены исследования по использованию геосинтетических материалов при строительстве местных дорог и созданию оригинальных конструкций дорожных покрытий при строительстве лесных дорог (П. А. Лыщик, С. С. Макаревич, М. Т. Насковец) [23].

Профессорско-преподавательским составом на протяжении последних лет проводятся работы по созданию нормативно-технической базы проектирования строительства и эксплуатации лесных дорог, что позволило разработать и ввести в действие в 2014 году ТКП 500-2013 «Лесные автомобильные дороги. Нормы проектирования и правила устройства». Этот документ базируется также на правилах проектирования и строительства дорог общего пользования с учетом белорусской специфики. При разработке документа был широко изучен опыт стран дальнего и ближнего зарубежья, в том числе финский. В этой связи следует отметить, что условия эксплуатации лесных дорог в Беларуси несколько отличаются от условий эксплуатации в других странах.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ДОРОГИ НА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ

Вопросам строительства автомобильных дорог на мелиорированных землях белорусскими учеными уделялось большое внимание. Основанием дорог являлись торфяные грунты, свойства и структура которых является важнейшим фактором, определяющим их свойства как оснований и среды для возведения сооружений. Изучению структуры торфяных грунтов посвящены работы В. М. Наумовича, К. П. Лундина, С. Г. Солопова, И. И. Лиштвана и др.

Водно-физические свойства торфа изучены достаточно широко многими авторами: К. П. Лундин, В. Ф. Шебеко, Н. С. Костюк, И. И. Лиштан и др. Исследования, выполненные современными радиоиндикаторными методами, дают возможность определить содержание различных категорий воды в торфе, что имеет большое значение при расчетах уплотнения торфяных грунтов и осушения торфяной залежи [24].

В результате проведенных исследований обнаружены коренные отличия в характере разрушения торфяной залежи от классического вида разрушений минеральных грунтов, описанного Н. Г. Герсевановым. Впоследствии рядом авторов (С. С. Корчунов, П. А. Дрозд, В. Н. Заяц, В. П. Сельченко, А. П. Рубан и др.) показано, что при постепенном наращивании нагрузки на штамп кривая зависимости деформации от нагрузки имеет плавное очертание, а выпор торфа вокруг штампа отсутствует. Осадка торфа возрастает с увеличением размеров штампа.

Установлено, что характер деформирования торфяных грунтов при испытании штампом ограниченных размеров сильно отличается от сжимаемости в случае компрессионных испытаний.

Компрессионные свойства торфа достаточно широко описаны в работах К. П. Лундина, А. Ф. Печурова, А. Ф. Цыганкова, П. А. Дрозда, В. Н. Зайца, Ф. П. Винокурова, А. Е. Тетеркина, М. А. Питермана и др. [25], [26]. Результаты компрессионных испытаний используются для расчета конечной осадки основания, а также коэффициента уплотнения торфа, необходимого для расчета фильтрационной консолидации.

Сдвиговая прочность торфяных грунтов в лабораторных условиях подробно изучена А. Ф. Печуровым [27].

Исследования академика И. И. Лиштвана, посвященные изучению физико-механических свойств торфяных залежей, проблемам мелиорации заболоченных земель отличаются высокой практической направленностью [28].

В условиях массового строительства сооружений на осушаемых массивах необходимо изыскивать более простые и дешевые методы улучшения свойств торфа в основании сооружений. Одним из

таких методов является предварительное уплотнение торфа временной или постоянной пригрузкой с последующим строительством сооружений уже на уплотненном основании. Как показывает опыт, предварительное уплотнение является весьма эффективным средством улучшения свойств торфа. Теоретически торф можно предварительно уплотнить до любой заданной плотности, обеспечивающей деформации в основании данного вида сооружения в пределах допустимых величин.

Исследования процессов уплотнения и разуплотнения торфа (П. К. Черник) показали, что метод предварительного уплотнения является весьма эффективным средством улучшения свойств торфа и его можно рекомендовать для практического применения в мелиоративном строительстве. Полученные расчетные зависимости позволяют определить необходимую величину нагрузки и время ее действия, при которых достигаются заданные свойства основания [29].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кравченко, С. Е. Становление белорусской дорожной науки / С. Е. Кравченко, В. К. Шумчик, В. Н. Яромко // Автомобильные дороги и мосты. – 2008. – № 2. – С. 8–15.
2. Сергиевский, Б. А. Постройка дорог на болотах // Дорога и автомобиль. – 1935. – № 3.
3. Устройство земляных насыпей на болотах взрывным способом : сб. ст. / под ред. Н. Н. Иванова / ДорНИИ. – М., 1938.
4. Технические правила на проектирование, постройку и содержание дорог на болотах. – М. : Дориздат, 1939.
5. Евгеньев, И. Е. Земляное полотно автомобильных дорог на слабых грунтах / И. Е. Евгеньев, В. Д. Казарновский. – М. : Транспорт, 1976. – 271 с.
6. Яромко, В. Н. Дорожные насыпи на болотных грунтах: научные основы ускоренных методов проектирования и строительства. – Минск : НПО «Белавтодорпрогресс», 1998. – 399 с.
7. Яромко, В.Н. О типизации слабых оснований по характеру консолидации // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1983. – № 4.
8. Пособие по проектированию земляного полотна автомобильных дорог : П2-01 к СНиП 2.05.02-85. – Минск, 2001. – 114 с.
9. Методические рекомендации по учету воздействия транспортной нагрузки при проектировании автомобильных дорог на болотах. – Минск : Полымя, 1972.
10. Методические рекомендации по инженерно-геологическому обследованию болот методами сейсморазведки / Госстрой БССР. – Минск, 1976.
11. РСН 26-78 Инструкция по контролю качества уплотнения земляного полотна автомобильных дорог ускоренными методами : РСН 26-78 / Госстрой БССР. – Минск, 1978.
12. Пособие П12-2000к СНБ 5.01.01-99 Контроль степени уплотнения грунтов при возведении земляных сооружений : пособие П12-2000к СНБ 5.01.01-99. – Минск, 2002;
13. Строительство. Земляные сооружения. Контроль степени уплотнения грунтов : СТБ 2176-2011.
14. Инструкция по сооружению земляного полотна при скоростном строительстве автомобильных дорог : ВСН 28-80 / Миндорстрой БССР. – Минск, 1980.
15. Полотно иглопробивное геотекстильное для транспортного строительства : СТБ 1104-98.
16. Материал нетканый синтетический с семенами многолетних трав : СТБ 1030-96.

17. Опыт проектирования и строительства земляного полотна на переходах через болота при реконструкции кольцевой дороги вокруг г. Минска // Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и мостов : сб. науч. тр. БелдорНИИ. – Вып. 14. – Ч. 1. – Минск, 2002.
18. Инструкция по назначению расчетных показателей грунтов земляного полотна автомобильных дорог в условиях БССР : РСН 14-76 / Госстрой БССР. – Минск : БелдорНИИ, 1976.
19. Автомобильные дороги. Правила проектирования : ТКП 200-2009 (02191).
20. Рекомендации по применению нетканых синтетических материалов с семенами многолетних трав при выполнении укрепительных работ на откосах земляного полотна и водоотводных сооружениях / Минстройархитектуры Республики Беларусь. – Минск, 1996. – 35 с.
21. Леонович, И. И. Водно-тепловой режим земляного полотна [Электронный ресурс] : пособие для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» / И. И. Леонович, Н. П. Вырко. – Минск : БНТУ, 2013. – 332 с.
22. Богданович, Т. К. Исследование процесса осадки водонасыщенных слабых оснований насыпей лесовозных автомобильных дорог : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Минск : 1978. – 22 с.
23. Насковец, М. Т. Транспортное освоение лесов Беларуси и компоненты лесотранспорта / Белорусский государственный технологический университет. – Минск : БГТУ, 2010. – 176 с.
24. Лундин, К. П. Осадка торфа под насыпями. – Минск : Гос. изд-во Белоруссии, 1935. – 94 с.
25. Винокуров, Ф. П. Строительные свойства торфяных грунтов. – Изд-во Акад. наук БССР, 1962 (совм. с А. Е. Тетеркиным, М. А. Питерманом).
26. Дрозд, П. А. Сельскохозяйственные дороги на болотах. – Минск : Урожай, 1966. – 168 с.
27. Печкуров, А. Ф. Уплотнение торфа под нагрузкой // Тр. ин-та мелиорации, водного и болотного хозяйства АН БССР. – Минск, 1956. – Т. VII. – С. 3–27.
28. Лиштван, И. И. Физические свойства торфа и торфяных залежей / Е. Т. Базин, В. И. Косов. – Минск : Наука и техника, 1985. – 240 с.
29. Черник, П. К. Особенности деформации торфяных грунтов / Сб. «Мелиорация и использование осушенных земель». – Т. XVIII. – Минск : Урожай, 1970.



ВКЛАД УЧЕНЫХ БГТУ В ТЕОРИЮ И ПРАКТИКУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ЛЕСНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

И. И. Леонович,

доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки и техники БССР, Почетный доктор Белорусского государственного технологического университета, г. Минск, Беларусь

В докладе приведена информация об итогах научных исследований, проведенных в Белорусском государственном технологическом университете (БГТУ) по проблемам лесных автомобильных дорог. Рассмотрены основные выводы, содержащиеся в 17 кандидатских и 2 докторских диссертациях. Они связаны с проектированием и строительством дорог на территории лесного фонда Республики Беларусь, земляного полотна в условиях повышенной влажности грунтов и дорожных покрытий с использованием местных грунтов и геосинтетических материалов. Многие решения по использованию геосинтетиков и созданию

сборно-разборных покрытий защищены авторскими свидетельствами и патентами. Для дальнейшего развития сети и повышения качества лесных автомобильных дорог приведен перечень возможных направлений, по которым в первую очередь следует проводить дальнейшие исследования.

ВВЕДЕНИЕ

Лес является важнейшим природным богатством государства. Для воспроизводства лесов, выполнения мероприятий по повышению продуктивности и качества насаждений, усиления их водоохранных, климаторегулирующих и санитарно-гигиенических функций, а также для рационального использования лесных ресурсов необходимы развитая сеть лесных автомобильных дорог и соответствующие лесотранспортные средства.

Лесные автомобильные дороги имеют целый ряд отличительных особенностей. Они многофункциональны. Предназначены и используются для вывозки заготовленной древесины, выполнения работ по лесовозобновлению, уходу за насаждениями, при борьбе с пожарами и вредителями леса, заготовке живицы, сборе грибов и ягод и т. п. По сроку службы они делятся на постоянные и временные, а по расположению в лесном массиве – на магистральные и подъездные.

В настоящее время общая площадь земель лесного фонда Беларуси составляет 9582 тыс. га. Лесные автомобильные дороги на землях лесного фонда имеют протяженность около 120 тыс. км, в том числе дороги круглогодичного действия составляют более 17 тыс. км, по которым ежегодно перевозится более 20 млн м³ древесины. Лесные автомобильные дороги в зависимости от интенсивности движения разделены на три типа: I^а_л – интенсивность движения более 25 авт./сут; I^б_л – интенсивность движения менее 25 авт./сут; II_л и III_л – одиночное движение. В соответствии с Государственной программой «Леса Беларуси» на 2016–2020 годы Министерства лесного хозяйства РБ, в Беларуси ежегодно строится более 100 км лесных автомобильных дорог.

Современная сеть формировалась сообразно с развитием производственной и научной базы лесного хозяйства, лесной и деревообрабатывающей промышленности. Ее структура и эксплуатационные качества всецело зависели от используемых транспортных средств.

ЗАРОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО АВТОМОБИЛЬНЫМ ДОРОГАМ В БГТУ

Появление автомобилей на вывозке древесины в СССР можно отнести к 30-м годам XX столетия, а в Беларуси – после Великой Отечественной войны. Актуальность дорожной проблемы очень возросла в последние десятилетия, хотя в учебном процессе по сухопутному транспорту леса и в научных поисках ученых лесоинженерной специальности эта проблема существовала и раньше. С созданием Лесотехнической академии в Санкт-Петербурге (1803 г.) – первого в России высшего учебного заведения лесотехнического профиля, работы по проблемам лесотранспорта и благоустройству проездов в лесу стали проводиться более системно и целенаправленно. В Беларуси аналогичные работы стали проводиться с 1932 г. – после открытия Лесотехнического института в г. Гомеле (с 1945 г. – в г. Минске). 15.06.1961 – БЛТИ переименован в технологический институт, а 16.11.1993 – в Белорусский государственный технологический университет. Дорожными проблемами в этом вузе всегда занималась профилирующая кафедра лесного дорожного профиля, которая на различных этапах имела различное наименование (транспорт леса, сухопутного транспорта леса, лесных дорог и организации вывозки древесины и др.). Проблемами лесных дорог в послевоенные годы занимались кандидаты технических

наук Б. Г. Гастев, В. В. Жуков и некоторые инженеры Минлеспрома БССР. Для развития научных исследований в 1953 г. была открыта аспирантура по специальности «Сухопутный транспорт леса». Одновременно со строительством нового учебного корпуса был запроектирован и построен грунтовый канал $2,8 \times 20$ м с системой регулирования влажностного режима дорожной конструкции и передвижной тележкой для имитации колесной транспортной нагрузки и испытания рабочих органов дорожных машин. Финансирование работ по дорожной тематике осуществлялось за счет госбюджета и хоздоговорных работ, выполняемых по заданию Минлеспрома БССР.

Тематика исследований была в значительной степени продиктована запросами производственных организаций. Учитывалась также диссертательность тем и личная заинтересованность сотрудников кафедры и НИЛ «Механизация лесозаготовок», которая была открыта 21.01.1961. Группу дорожников возглавляли вначале Н. П. Вырко, а затем Ю. Г. Бабаскин. Финансирование лаборатории было госбюджетное, за счет фондов Минлеспрома БССР. В начале 1980-х годов дорожный сектор был переведен в БПИ с образованием там НИЛ, которая функционировала до 2016 г. Нами впервые в Беларуси были проведены исследования производства битумных эмульсий, построен опытный участок на территории Бобруйского ФАНДОКа и на автомобильной дороге Кличев – Скачек (Р. И. Герман, Г. Г. Давыдулин, В. В. Жуков, А. Л. Оковитый и др.). Для работы в НИЛ были приглашены математики и химик, выпускники БГУ, и организованы исследования прочности дорожных одежд с упруговязкопластичными свойствами материалов, химического укрепления грунтов путем смешения и инъектирования. Учитывались при этом основные положения, которые были озвучены в моем присутствии академиком П. А. Ребиндером на конференции в МГУ по стабилизации грунтов, проведенной под председательством проф. Б. А. Ржаницина. Результаты исследований сотрудников БТИ им. С. М. Кирова по этим направлениям опубликованы в статьях Ю. Г. Бабаскина, А. П. Лашенко, Я. Ф. Лущика и др.

Успешному решению задач по развитию научных исследований по дорожным проблемам в БТИ им. С. М. Кирова способствовали связи кафедры как с научными организациями Беларуси, так и с зарубежными.

В 1953 г., сразу после окончания БТИ им. С. М. Кирова, мне представилась возможность принять участие в исследованиях воздействия нового лесовозного автомобиля МАЗ-200 на гравийное дорожное покрытие. Исследования проводились под руководством кандидата технических наук ЦНИИМЭ В. А. Горбачевского. Потом эти исследования были продолжены асс. К. Б. Абрамовичем и отражены в его кандидатской диссертации. Для меня они послужили основой для поступления в заочную аспирантуру ЦНИИМЭ (г. Химки, Московская обл.).

Большой интерес в то время представила для науки и практики IV научно-техническая конференция дорожников СССР (г. Рига, 1964 г.). В работе конференции приняли участие известные ученые и специалисты из различных научных школ и производственных организаций. Среди них: Н. Н. Иванов, В. А. Каминский, К. С. Теренецкий, В. М. Сегеркранц, Л. Б. Гезенцвей, А. В. Калерт, Н. Я. Хархута, Л. Б. Гибшман и др. От Беларуси был И. Е. Евгениев – директор БелдорНИИ. Доклады имели в основном теоретическую направленность. Касались расчета дорожных одежд, земляного полотна и мостов, технической политики в строительстве усовершенствованных покрытий, технологии и организации дорожных работ. Экскурсии для ознакомления с опытом строительства, обустройства и эксплуатации автомобильных дорог в Латвии состоялись в районы Вентспилс, Кулдига, Сигулда, Елгава, Даугавпилс и др., а также в центральную лабораторию дорожного управления. Мне представилась возможность обсудить с профессорами Н. Н. Ивановым, А. В. Калертом и К. С. Теренецким актуальность избранного в БТИ им. С. М. Кирова направления исследований по расчету прочности сборно-разборных покрытий лесных дорог, возможность использования их трудов в практике проектирования местных дорог. Спус-

тя некоторое время с Н. Н. Ивановым мы продолжили беседы на эти темы в МАДИ, а с А. В. Калертом в Ленинградской военной академии тыла и транспорта.

Для руководителей и инженерно-технических работников лесного хозяйства и лесной промышленности Беларуси очень важным является опыт Финляндии. Это касается и лесных дорог. В 1964 и 1972 годах я был командирован в Финляндию. Первый раз Минвузом СССР для чтения лекций в Хельсинкском университете, а второй – в составе делегации по закупке технологического оборудования (руководитель министр А. Я. Кийков). Кроме работы на кафедре университета, была выполнена обширная программа по ознакомлению с организацией учебного процесса в вузах Финляндии, содержанием учебных планов и программ по дорожным специальностям, работой завода в Тампере по производству дорожно-строительных машин, опытом строительства и содержания зимних лесных дорог за Полярным кругом (регион Рованиеми), организацией проектирования дорог и особенностями содержания нормативной проектной документации. По итогам месячного пребывания в Финляндии была подготовлена книга «Лесная промышленность Финляндии» (Минск, Высш. школа, 1966). В проектной организации «МЕТСЕТЕХО» была получена техническая документация по проектированию автомобильных дорог. Посещение технологического института в Отаниеми (пригород г. Хельсинки) и ознакомление с подготовкой инженеров по безопасности дорожного движения позволили сделать вывод о необходимости подготовки аналогичных специалистов и в СССР. После возвращения в Минск мною было подготовлено соответствующее обоснование и Советом Министров БССР предложение было направлено в Госплан СССР. МАДИ (проф. В. Ф. Бабков) как головной вуз дорожного профиля поддержал предложение Беларуси. В номенклатуру специальностей по высшему образованию была введена новая специальность «Организация и безопасность дорожного движения». Подготовка инженеров по этой специальности была поручена МАДИ, КАДИ и БПИ. Она существует в настоящее время. Связи с Хельсинкским университетом продолжались многие годы. Я был избран член-корреспондентом Общества лесных специалистов Финляндии. Профессор Кале Путкисто посещал БТИ им. С. М. Кирова. С финскими дорожниками часто встречались на конференциях в МАДИ.

Проводимые и БТИ (БГТУ) исследования по автомобильным лесным (лесовозным, лесохозяйственным) дорогам в тематическом плане были в значительной степени связаны с диссертационными работами сотрудников.

К числу первых диссертаций по лесным автомобильным дорогам относится работа [1]. В 1954 г. приказом министра лесной промышленности СССР я, ассистент кафедры «Транспорт леса», был зачислен в аспирантуру ЦНИИМЭ без отрыва от производства (руководитель канд. техн. наук Б. Е. Епифанов). В диссертации исследованы конструкции колейных лесных автомобильных дорог с лежневым покрытием. Разработана методика расчета как конструкции на отдельных упругих опорах, так и на сплошном упругом основании. В Тверской области были проведены тензометрические исследования. Предложенная методика использована при разработке производственно-технологических инструкций в ЦНИИМЭ. Дальнейшие исследования конструкций лесовозных дорог по всему комплексу прочностных и геометрических параметров были обобщены в докторской диссертации [2]. Кандидатская диссертация была защищена в Московском лесотехническом институте, а докторская – в Ленинградской лесотехнической академии.

Вопросы водно-теплого режима земляного полотна автомобильных лесных дорог и способы его регулирования достаточно полно освещены в диссертациях проф. Н. П. Вырко [3], [4] и профессора кафедры П. А. Лыщика [5]. Они раскрывают особенности климатических и геологических условий Беларуси, физическую сущность водно-тепловых процессов, протекающих в земляном полотне, теорию влагонакопления, а также инженерные мероприятия по регулированию водно-теплого режима доро-

жной конструкции. Для практического применения предложен статистический метод определения глубины промерзания грунтов, районирование территории по условиям пучинообразования и др. Разработаны дорожные конструкции с применением геосинтетических материалов. Обобщенные данные результатов исследований, которые проводились профессорами Н. П. Вырко и И. И. Леоновичем на протяжении 50 лет приведены в монографии – учебно-методическом пособии [6].

Весьма актуальным при освоении лесных массивов на заболоченных территориях является устройство земляного полотна и дорожных покрытий, обеспечение проезжаемости лесовозных автомобилей с установленными расчетными осевыми нагрузками и их значительными общими весовыми параметрами.

Для временных участков лесной дорожной сети Л. Р. Мытько в своей диссертации [7] предложил оригинальное решение – многократно переносить специально разработанные звенья дорожного покрытия и тем самым создавать условия для непрерывного лесопользования при ограниченных строительно-монтажных затратах. Новизна конструкций переносных покрытий защищена документально авторскими свидетельствами и патентами. Но Л. Р. Мытько занимался не только переносными покрытиями, его творчество охватывает и другие важные направления проектирования и строительства автомобильных дорог. После перехода из БТИ им. С. М. Кирова он успешно работает в БНТУ: более 10 лет заведует кафедрой «Проектирование дорог».

По проблемам лесных автомобильных дорог многие годы проводит исследования профессор кафедры дорожного профиля БГТУ, канд. техн. наук М. Т. Насковец. Его кандидатская диссертация [8] базируется на глубоком анализе состояния сети лесных автомобильных дорог Беларуси, разработке и испытаниях конструкций дорожных покрытий и производственной проверке полученных результатов. В диссертации обоснованы инновационные конструкции покрытий для лесных автомобильных дорог и исследована их работоспособность в условиях слабых грунтовых оснований. Новизна решений защищена 30 авторскими свидетельствами и патентами.

Наряду с деревянными переносными и сборно-разборными покрытиями, в 60-е годы XX столетия на лесных дорогах стали применяться цементобетонные армированные плиты. Из плит размером 1,0 × 1,5 м устраивались полосы, соответствующие накату колес автомобиля. На кафедре «Сухопутный транспорт и дорожные машины» соискателем П. С. Бобарыко были проведены исследования аглопоритобетонных плит [9]. Обоснованы требования к аглопоритной смеси и прочностным характеристикам разработанной конструкции плиты. Изучение технических свойств аглопорита и методики расчета смеси были включены в программу учебной дисциплины «Дорожно-строительные материалы».

Структура сети лесных дорог и местоположение каждого ее элемента всегда были в центре внимания ученых и инженерно-технических работников. В БТИ им. С. М. Кирова аналитические работы по этому направлению выполняли кандидаты технических наук Б. Г. Гастев, В. В. Жуков, В. Д. Мартынихин, ст. препод. П. М. Калашников, асс. Р. И. Герман, Г. С. Корин и др. Целенаправленное научное обоснование сети лесных дорог было дано в диссертациях [10], [11].

В целевой аспирантуре с отрывом от производства на кафедре сухопутного транспорта леса и дорожных машин в 1974–1977 гг. обучался сотрудник Ухтинского индустриального института, ассистент кафедры ТМЛ А. М. Чупраков. В 1979 г. в специализированном Совете К 056.01.01 БТИ им. С. М. Кирова он защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук [10]. В диссертации даны рекомендации по проектированию структуры магистральных и подъездных лесных автомобильных дорог с учетом лесосырьевых ресурсов и закономерностей их использования, обоснованы требования к их эксплуатационным качествам. Опыт исследований, приобретенный им в Беларуси,

был использован в научной и педагогической деятельности в Республике Коми. В настоящее время он работает в Ухтинском государственном техническом университете.

В диссертации Е. И. Бавбель [11] всесторонне и глубоко рассмотрены проблемы структурообразования лесотранспортной сети, использованы при этом существующие основы математического моделирования, которые увязаны с динамикой прогнозных изменений лесоводственно-таксационных характеристик насаждений. Научные выводы и практические рекомендации можно рассматривать как существенный вклад в теорию оптимизации дорожно-транспортного освоения лесных территорий. Основные их положения включены в ТКП 500-2016 «Лесохозяйственные дороги. Нормы проектирования и правила устройства». По теме диссертации опубликовано более 10 научных статей. Результаты использованы в организации Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь.

На всех этапах жизненного цикла автомобильных дорог природно-климатические факторы играют важную, а иногда и определяющую роль. Вот почему сотрудники БТИ им. С. М. Кирова в исследованиях по лесным дорогам большое внимание уделяли климатическим факторам, вопросам водно-теплого режима земляного полотна и дорожных одежд.

При строительстве автомобильных дорог всегда учитывается консолидация грунтового основания и устойчивость насыпей, возводимых в специфических грунтово-геологических условиях. В диссертации кандидата технических наук, доцента Т. К. Богданович [12] детально рассмотрены процессы консолидации грунтов, величина осадки насыпей и их устойчивость под воздействием транспортных нагрузок. При исследовании использован метод электрогидродинамического моделирования. Предложенные методы расчета устойчивости насыпей на слабых грунтовых основаниях имеют важное практическое значение и используются в учебном процессе. По теме диссертации Т. К. Богданович продолжала исследования и после перехода на кафедру «Строительство и эксплуатация дорог» Белорусского национального технического университета.

В заочной аспирантуре Белорусского технологического института в период с 1974–1978 гг. обучался сотрудник БелдорНИИ В. В. Штабинский. Научным руководителем у него был проф. И. И. Леонович, а научным консультантом проф. В. Н. Яромко. В качестве диссертации была утверждена тема [13], которая программно согласовалась с научным направлением БелдорНИИ и была весьма актуальной в те годы не только в Беларуси, но и в других республиках СССР. Результаты исследований В. В. Штабинского вошли в нормативные документы дорожной отрасли, используются в учебном процессе и являются основополагающими при проведении современных научных исследований земляного полотна и дорожных одежд.

Исследования аспиранта Б. И. Врублевского были связаны с вопросами укрепления грунтов, используемых при строительстве лесных дорог [14]. По этой теме он исследовал возможность использования амбарной нефти с добавкой карбамидных смол, различных полимерных материалов; способы применения комплексных вяжущих и др. Были установлены оптимальные нормы используемых вяжущих с учетом влажности и физико-механических свойств укрепляемого грунта. По теме диссертации опубликовано 15 статей, причем одна в соавторстве с известным ученым СоюздорНИИ В. М. Безруком. После защиты кандидатской диссертации Б. И. Врублевский расширил круг своих исследований. Многие работы имеют экономическую направленность. Ему присвоено звание профессора по экономике.

В диссертации аспиранта А. К. Гармазы [15] обоснована классификация и определены области применения геотекстильных материалов с учетом их физико-механических свойств и эксплуатационных качеств. Разработана методика расчета дорожных конструкций с прослойками из геотекстиля, отличающаяся учетом прочности материала. Предложен способ устройства и метод расчета предвари-

тельного натяжения прослойки геотекстиля, позволяющий определить первоначальную деформацию материала для получения армирующего эффекта.

Исследования И. И. Тумашика [16] имеют комплексный характер и охватывают все грунтово-геологические условия строительства лесных автомобильных дорог. В диссертационной работе обоснованы конструкции дорожных одежд с целью улучшения грунтовых лесных дорог. Разработаны способы и методы расчета дорожных конструкций на основе геосинтетики для песчаных грунтов и на основе термической стабилизации для грунтовых оснований из суглинистых и глинистых грунтов. Предложенные конструкции прошли производственную проверку и позволяют улучшить проезжаемость лесной дорожной сети и обеспечить вывозку заготовленной древесины в течение всего года.

Аспирантом С. В. Красковским в результате проведенных исследований [17] разработан метод определения прочностных и деформационных характеристик структуры «грунт – георешетка» (силы сцепления, коэффициента внутреннего трения, модуля упругости), позволяющий оценить ее сдвиговую прочность в дорожной конструкции. Установлены закономерности влияния геометрических параметров объемных георешеток (длины грани ячеек, угла наклона между гранями) на модуль упругости грунтов и песчано-гравийных смесей. Обоснована методика расчета дорожных конструкций с объемными георешетками, основанная на анализе свойств грунтовых слоев и структуры «грунт – георешетка», позволяющая прогнозировать напряженное состояние упрочненных лесных дорог и обосновывать их оптимальное конструктивное исполнение в зависимости от природно-производственных условий.

В аспирантуре кафедры «Сухопутный транспорт леса и дорожные машины» по заочной форме в 1969–1973 гг. обучался ассистент кафедры К. Б. Абрамович. Он проводил исследования по теме связанной с эксплуатационным состоянием автомобильных лесных дорог [18]. В его диссертации исследована степень ровности автомобильных лесных дорог и получены статистические характеристики микропрофиля. Определено влияние степени ровности дорожного покрытия на скорость движения и дополнительные затраты мощности лесовозных автомобилей. Исследованы причины образования и развития волнообразных неровностей, разработаны практические решения по улучшению степени ровности дорог. Выводы и рекомендации автора диссертации сформулированы с учетом теории колебания лесовозных автопоездов, разработанной доктором технических наук, профессором БГТУ А. В. Жуковым.

В связи с ежегодным увеличением объемов строительства лесных автомобильных дорог, особенно в сложных почвенно-грунтовых условиях, при использовании местных грунтов требуется их улучшение. Выполненные А. И. Науменко [19] исследования позволили разработать и внедрить новый состав композиционного вяжущего на основе портландцемента и микронаполнителей, в качестве которых используются отходы промышленных производств: зола-уноса, гранитоидные отсеивы и отходы асбестоцементных производств. Разработаны дорожные конструкции из укрепленного грунта и арматурного каркаса «георешетка – цементогрунт», обладающие повышенной долговечностью и прочностью.

Общая оценка научных работ сотрудников БГТУ в области лесных автомобильных дорог нами произведена на основе информации, которая содержится в авторефератах диссертаций и некоторых статьях. Более глубокий анализ в перспективе целесообразно провести, воспользовавшись критериями эффективности науки: финансовые затраты; кадровое обеспечение; инновационность результатов исследований; библиометрические данные и др. В условиях кафедр высших учебных заведений библиометрический анализ обычно осуществляется по методикам и индикаторам, которые приняты в соответствующих областях науки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложенная выше информация о вкладе ученых БГТУ в теорию и практику лесных автомобильных дорог является подтверждением актуальности проведенных исследований. На современном этапе в условиях интенсивного развития материаловедения, информационных технологий, фундаментальных естественных наук и систем управления перед учеными прикладных наук, включая сферу лесных дорог, возникают новые задачи. Их необходимо решать на более высоком теоретическом уровне, учитывать всю совокупность факторов, которая определяет долговечность, надежность и экономичность сооружения.

Принимая решения по конструкции и сети лесных автомобильных дорог необходимо учитывать, что:

1. Экономически обоснованная структура и плотность сети позволяет оптимизировать затраты на трелевку леса, снижать непроизводительные работы технологических лесных машин, добиваться более высокой производительности труда лесозаготовителей.

2. Высокое качество лесных дорог позволяет обеспечивать круглогодичную заготовку и вывозку древесины, включая периоды распутицы.

3. Благодаря лесным дорогам, достигается оптимизация расходов на складирование древесины, а потребителям поставляется свежая, неповрежденная древесина.

4. Достаточно развитая сеть лесных автомобильных дорог позволяет выбирать оптимальные, более экономически выгодные маршруты движения лесовозных автомобилей.

5. За счет качественной сети лесных автомобильных дорог можно достичь значительного эффекта при выполнении работ в лесной отрасли по лесовосстановлению и уходу за молодняком, при борьбе с вредителями леса, подсочке.

Основными перспективными научными направлениями в области лесных автомобильных дорог по мнению ученых БГТУ могут быть:

1. Обновление существующих и разработка дополнительно новых нормативно-методических документов по всему жизненному циклу лесных автомобильных дорог, отражающих новейшие научные достижения, передовую производственную практику и положительный зарубежный опыт.

2. Учет комплекса технических, лесоводственно-таксационных и экологических требований, а также грунтово-геологических, гидрологических и погодно-климатических условий при разработке прогнозов развития лесных автомобильных дорог.

3. Разработка методики расчета конструкции дорожных одежд (покрытий), учитывающей физико-механические свойства материалов, характер внешних лесотранспортных нагрузок и возможную допускаемую деформируемость дорожной конструкции.

4. Изыскание местных, новых геосинтетических и полимерных материалов для устройства высокопрочных с увеличенными сроками эксплуатации дорожных конструкций.

5. Создание инвентарных блоков и сеток из прочных полимерных (геосинтетических) материалов для устройства ленточных сборно-разборных покрытий на проездах по участкам со слабыми местными грунтами.

6. Обоснование конструкции и создание дорожного комбайна для производства комплекса дорожных, ремонтно-строительных и мелопиративных работ в сложных природных условиях лесных территорий.

Успешно решать комплекс научных проблем по дорожно-транспортному освоению территории лесного фонда можно на основе глубоких теоретических исследований при активном взаимодействии научных учреждений и производства. В Республике Беларусь эти проблемы могут решаться общими

усилиями ученых НАН Беларуси, БелдорНИИ, БНТУ, БГТУ совместно с холдингом «Белавтодор» и Министерством лесного хозяйства Республики Беларусь.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Леонович, И. И. Исследование работы лежневого покрытия автомобильных лесовозных дорог : дис. ...канд. техн. наук : 05.21.01 : защищена 25.04.1961 : утверждена 06.09.1961 / Иван Иосифович Леонович. – М., 1961. – 161 с.
2. Леонович, И. И. Исследование параметров и прочности автомобильных лесовозных дорог : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.10 : защищена 25.05.1972 : утверждена 29.01.1974 / Иван Иосифович Леонович. – Л., 1972. – 350 с.
3. Вырко, Н. П. Исследование водно-теплового режима земляного полотна автомобильных лесовозных дорог Беларуси : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.11 : защищена 27.05.1970 : утверждена 09.10.1970 / Николай Павлович Вырко. – Минск, 1970. – 146 с.
4. Вырко, Н. П. Обеспечение круглогодичной работы автомобильного лесовозного транспорта на вывозке заготовленного леса : дис. ... д-ра техн. наук : 05.21.01 : защищена 05.10.1999 : утверждена 22.12.1999 / Николай Павлович Вырко. – Минск, 1999. – 226 с.
5. Лыщик, П. А. Исследование способов регулирования водно-теплового режима автомобильных лесовозных дорог : дис. ... канд. техн. наук : 05.21.01 : защищена 29.12.1976 : утверждена 21.09.1977 / Петр Алексеевич Лыщик. – Минск, 1976. – 153 с.
6. Леонович, И. И. Водно-тепловой режим земляного полотна автомобильных дорог / И. И. Леонович, Н. П. Вырко. – Минск : БГТУ, 2015. – 285 с.
7. Мытько, Л. Р. Разработка и исследование многосекционных покрытий для лесовозных усов, обеспечивающих поточную технологию лесозаготовок : дис. ... канд. техн. наук : 05.21.01 : защищена 30.09.1981 : утверждена 03.02.1982 / Леонид Романович Мытько. – Минск, 1981. – 170 с.
8. Насковец, М. Т. Разработка конструкции и технологии строительства сборных покрытий подъездных путей лесозаготовительных предприятий : дис. ... канд. техн. наук : 05.21.01 : защищена 24.06.1992 : утверждена 16.09.1992 / Михаил Трофимович Насковец. – Минск, 1992. – 185 с.
9. Бобарыко, П. С. Исследование свойств аглопоритобетона с целью применения для строительства покрытий автомобильных лесовозных дорог : дис. ... канд. техн. наук : 05.21.01 : защищена 25.12.1974 : утверждена 29.06.1975 / Петр Степанович Бобарыко. – Минск, 1974. – 169 с.
10. Чупраков, А. М. Исследование и обоснование эксплуатационных показателей дорожно-транспортной сети лесозаготовительных предприятий : дис. ... канд. техн. наук : 05.21.01 : защищена 17.01.1979 : утверждена 25.06.1979 / Александр Михайлович Чупраков. – Минск, 1979. – 186 с.
11. Бавбель, Е. И. Прогнозирование расположения лесотранспортной сети на основе динамики лесоводственно-таксационных характеристик насаждений : дис. ... канд. техн. наук : 05.21.01 : защищена 29.12.2009 : утверждена 19.05.2010 / Евгения Ивановна Бавбель. – Минск, 2009. – 153 с.
12. Богданович, Т. К. Исследование процесса осадки водонасыщенных слабых оснований насыпей лесных автомобильных дорог : дис. ... канд. техн. наук : 05.21.01 : защищена 17.01.1979 : утверждена 16.09.1979 / Тамара Казимировна Богданович. – Минск, 1979. – 183 с.
13. Штабинский, В. В. Разработка методики и технических средств контроля уплотнения земляного полотна из песчаных грунтов при строительстве автомобильных дорог : дис. ... канд. техн. наук : 05.21.01 : защищена 21.12.1983 : утверждена 11.04.1984 / Владислав Владиславович Штабинский. – Минск, 1983. – 217 с.

14. Врублевский, Б. И. Исследование комплексного укрепления грунтов карбамидной смолой и нефтью с целью строительства лесовозных автомобильных дорог : дис. ... канд. техн. наук : 05.21.01 : защищена 10.06.1970 : утверждена 15.11.1970 / Бронислав Иванович Врублевский. – Минск, 1970. – 319 с.
15. Гармаза, А. К. Совершенствование конструкции автомобильных лесовозных дорог с применением геотекстилей : дис. ... канд. техн. наук : 05.21.01 : защищена 27.12.2002 : утверждена 04.06.2003 / Андрей Константинович Гармаза. – Минск, 2002. – 145 с.
16. Тумашик, И. И. Повышение прочности транспортно-технологических лесных путей на основе применения геосинтетики и термостабилизации грунтов : дис. ... канд. техн. наук : 05.21.01 : защищена 23.12.2003 : утверждена 31.03.2004 / Игорь Иванович Тумашик. – Минск, 2003. – 143 с.
17. Красковский, С. В. Обоснование конструкций лесных дорог с объемными георешетками для обеспечения непрерывности лесозаготовительного производства : дис. ... канд. техн. наук : 05.21.01 : защищена 06.07.2009 : утверждена 09.11.2009 / Станислав Владимирович Красковский. – Минск, 2009. – 152 с.
18. Абрамович, К. Б. Исследование образования и развития волнообразных неровностей на автомобильных лесовозных дорогах с гравийным покрытием и их влияние на технико-эксплуатационные показатели работы автотранспорта : дис. ... канд. техн. наук : 05.06.02 (05.420) : защищена 12.03.1975 : утверждена 28.09.1975 / Казимир Болеславович Абрамович. – Минск, 1975. – 210 с.
19. Наumenко, А. И. Совершенствование дорожных конструкций лесотранспортных путей на основе композиционного малоцементного вяжущего : дис. ... канд. техн. наук : 05.21.01 : защищена 30.10.2015 : утверждена 10.02.2016 / Андрей Иванович Наumenко. – Минск, 2015. – 153 с.



ОЦЕНКА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ОТ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

Ю. Бибик, заведующий отделом Государственного предприятия «Государственный дорожный научно-исследовательский институт имени М. П. Шульгина», г. Киев, Украина

Дорожно-транспортные происшествия (ДТП), которые приводят к гибели и ранению участников дорожного движения, потере материальных ценностей, в конечном итоге наносят значительный социально-экономический ущерб государству. В условиях рыночной экономики невозможно в абсолютном измерении рассчитать и установить норматив ущерба от ДТП в результате гибели или ранения людей, а затем использовать его в течение длительного периода. В процессе таких расчетов нужно прежде всего учитывать величину валового внутреннего продукта (ВВП) как основного показателя экономического потенциала страны. Именно поэтому был разработан механизм расчета стоимостной оценки ущерба от ДТП на каждый конкретный год.

ВВЕДЕНИЕ

Современные методы экономико-математического моделирования позволяют провести расчет стоимостной оценки потерь от ДТП на каждый конкретный год с учетом постоянно действующих инф-

ляционных процессов. Рассмотрим алгоритм определения убытков, содержащийся в М 218-03450778-695:2011 «Методика определения социально-экономических потерь от дорожно-транспортных происшествий».

РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ УЩЕРБА ОТ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

Согласно экономико-математической модели социально-экономических потерь от ДТП их величина оценивается на основе расчета прямых и косвенных народнохозяйственных потерь.

К прямым потерям, в частности, относятся:

- убытки службы по эксплуатации дорог от ликвидации последствий аварий;
- расходы Управления безопасности дорожного движения Национальной полиции Украины и юридических органов на расследование ДТП; медицинских учреждений – на лечение пострадавших; предприятий, сотрудники которых стали жертвами аварий, – на оплату временной нетрудоспособности и предоставления материальной помощи семьям в связи с потерей кормильца;
- выплаты государственных органов социального обеспечения (пенсии);
- страховые выплаты и единовременные выплаты на захоронение погибших.

Расчет потерь от ДТП основывается на стоимостной оценке (СО) гибели (ранения) одного человека и количества погибших (пострадавших). Для стоимостной оценки учитывается возможный доход, который принес бы человек, если бы работал с момента гибели до пенсии. Величина СО рассчитывается по формуле

$$CO = \sum_{n=1}^m D \cdot (1 + t_p) \cdot i^n / (1 + r)^n, \quad (1)$$

где m – среднее количество лет, которые человек работал с момента гибели до пенсии;

D – недополученный ВВП в расчете на одного человека в час, на который ведется расчет, ден. ед.;

t_p – прогноз темпа роста ВВП, рассчитывается в долях в сопоставимых ценах;

i – величина индекса ВВП за этот период, в долях в текущих ценах;

r – коэффициент дисконтирования, в долях единицы.

Для расчета недополученного валового внутреннего продукта необходимо использовать соотношение суммы конечных потребительских расходов домашних хозяйств, сектора общего государственного управления и валовых накоплений за год, на который ведется расчет, к среднегодовой численности экономически активного населения. Темп роста валового внутреннего продукта рассчитывается на основе статистических данных за последние 10 лет, индекс ВВП рассчитывается ежегодно Государственной службой статистики; средний возраст, в котором случаются смертельные ДТП, составляет около 42 лет; коэффициент дисконтирования в соответствии с рекомендациями Всемирного банка – 12 %.

Отдельно следует выделять долю погибших/пострадавших, которые имели семью, поскольку общие потери от таких ДТП увеличиваются вследствие необходимости выплаты пособия по случаю потери кормильца ($B_{пк}$). Выплаты по случаю потери кормильца рассчитываются по формуле

$$B_{пк} = \left(\sum_{n=1}^p \frac{B_{пк} \cdot (1 + t_p) \cdot i^n}{(1 + r)^n} + B_{пк} \right) \cdot N_c, \quad (2)$$

где $B_{пк}$ – среднегодовая помощь в связи с потерей кормильца за год, на который ведется расчет, ден. ед.;

p – средний период выплаты помощи пострадавшим в связи с потерей кормильца, лет;

N_c – среднее количество членов семьи, получающих пособие в связи с потерей кормильца, лиц.

Стоимостную оценку потерь, связанных с получением пострадавшими инвалидности ($C_{ин}$), ден. ед., можно вычислить по формуле

$$C_{ин} = 0,98 \cdot CO + H_{п} + H_{леч} + H_{в} + D_{леч}, \quad (3)$$

где $H_{п}$ – сумма пенсии, которая выплачивается инвалидам за период до достижения ими пенсионного возраста, ден. ед.,

$$H_{п} = \sum_{n=1}^l \frac{P_{сп} \cdot (1+t_p) \cdot i^n}{(1+r)^n} + P_{сп}, \quad (4)$$

где $P_{сп}$ – среднегодовая пенсия по инвалидности за год, на который ведется расчет, ден. ед.;

$H_{леч}$ – расходы на стационарное лечение со средней продолжительностью пребывания пострадавшего в больнице при тяжелом ранении (120 дней), ден. ед.;

$H_{в}$ – оплата временной нетрудоспособности со средней продолжительностью временной нетрудоспособности (150 дней), ден. ед.;

$D_{леч}$ – доходы, которые принес бы человек, если бы работал в период пребывания в больнице, ден. ед.

Стоимостная оценка ущерба от ранения без получения инвалидности, то есть от временной нетрудоспособности ($C_{вн}$), ден. ед., рассчитывается по формуле

$$C_{вн} = H_{леч} + H_{в} + D_{ввн}, \quad (5)$$

где $H_{леч}$ – расходы на стационарное лечение со средней продолжительностью пребывания пострадавшего в больнице при легком ранении (20 дней), ден. ед.;

$H_{в}$ – оплата временной нетрудоспособности со средней продолжительностью временной нетрудоспособности (30 дней), ден. ед.;

$D_{ввн}$ – потери общества за время лечения в больнице и временной нетрудоспособности, ден. ед.

Стоимостную оценку потерь от ДТП в результате гибели детей ($D_{нреб}$) можно определить по формуле определения стоимостной оценки погибших, однако при этом необходимо учесть экономию государства из-за отсутствия необходимости в обучении. Такая экономия может быть рассчитана на основе данных о средней стоимости обучения в средних и высших учебных заведениях, а также статистики по количеству учащихся и студентов. Таким образом, общая формула имеет следующий вид

$$D_{нреб} = \left(\sum_{n=1}^{n=5} \frac{D \cdot (1+t_p) \cdot i^n}{(1+r)^n} \right) \cdot 0,24 + \sum_{n=6}^{n=42} \frac{D \cdot (1+t_p)^n}{(1+r)^n} - P_{шк} - P_{тив} - 3П_{шк} - 3П_{тив}, \quad (6)$$

где 0,24 – коэффициент, учитывающий долю учащихся, которые начали работать в 16 лет;

$P_{шк}$ – расходы на обучение в школе (от 9 до 16 лет), ден. ед.;

$P_{тив}$ – расходы на обучение в средних специальных и высших учебных заведениях, ден. ед.;

$3П_{шк}$ – заработная плата родителей, приходящаяся на детей, обучающихся в школе, ден. ед.;

$3П_{тив}$ – заработная плата родителей, которая приходится на детей, обучающихся в среднем специальном или высшем учебном заведении, ден. ед.

Потери от предоставления первой медицинской помощи ($\Pi_{пп}$) определяются по формуле

$$\Pi_{пп} = K_{пд} \cdot B_{пд/д}, \quad (7)$$

где $K_{пд}$ – количество пострадавших (в том числе погибших) лиц;

$B_{пд/д}$ – стоимостная оценка затрат на оказание первой медицинской помощи в расчете на душу населения, ден. ед.

Потери для государственного бюджета (Пп) в связи с гибелью людей определяются по величине потерянных отчислений на единый социальный взнос (в процентах) или других обязательных отчислений, не учтенных в составе начисленной заработной платы.

Кроме потерь, связанных с травмированием и гибелью людей, необходимо учитывать потери владельцев транспортных средств. Стоимостная оценка ущерба от повреждения транспортного средства рассчитывается в соответствии с Методикой товароведческой экспертизы и оценки колесных транспортных средств, утвержденной приказом Министерства юстиции Украины и Фондом государственного имущества Украины от 24.11.2003 № 142/5/2092. Убытки от повреждения автомобильной дороги и ее элементов в результате ДТП определяются калькуляционным методом на основе нормативов финансовых затрат на работы по их восстановлению, которые рассчитываются ежегодно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Бесспорно, экономическая оценка ущерба от ДТП необходима прежде всего для принятия управленческих решений в сфере безопасности дорожного движения: она дает возможность объективно оценивать масштабы и значимость проблемы дорожно-транспортной аварийности, определять объемы финансовых и материальных ресурсов, которые целесообразно направлять на ее решение, оценивать эффективность различных мероприятий и целевых программ, направленных на уменьшение количества аварийности. К тому же оценка стоимости потерь от ДТП и доведение этой информации до населения имеет мощный социально-психологический эффект: таким образом людей предупреждают об угрозе их жизни и здоровью, в результате чего они начинают осознавать значение мероприятий по повышению уровня безопасности и комфортности движения на автомобильных дорогах. Поэтому постепенно формируется общественная поддержка для их внедрения.

В Украине за 2016 год произошло около 100 тыс. ДТП, в которых погибло около 4 тыс. человек. Суммарные социально-экономические потери от этих аварий составляют около 3 % от ВВП, или 1300 грн на душу населения. Стоимость потерь от ДТП на одного пострадавшего оценивается на уровне 1,5–2,0 млн грн. Конечно, такие убытки негативно сказываются на социально-демографическом состоянии населения и темпах развития ВВП. Поэтому необходимо любыми способами пытаться повысить безопасность движения на украинских автомобильных дорогах.



К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕРЕДОВОГО ОПЫТА УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

С. В. Богданович, кандидат технических наук, заместитель директора по научной работе государственного предприятия «БелдорНИИ», г. Минск, Беларусь

В Республике Беларусь более 10 лет наблюдается снижение количества ДТП, а также погибших и раненых в них. Однако при сравнении аварийности с использованием относительных показателей ситуация с аварийностью в Беларуси оказывается существенно хуже, чем в большинстве стран ЕС. В докладе рассматриваются меры по повышению безопасности дорожного движения (БДД), предпринимаемые европейскими странами при реализации тре-

бований Директивы 2008/96/ЕС «Управление безопасностью дорожной инфраструктуры», и обозначаются проблемы, препятствующие внедрению подобных мер в Республике Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

В период с января по декабрь 2017 года в нашей стране было зафиксировано 3418 дорожно-транспортных происшествий, в которых погибло 589 человек. По сравнению с 1998 годом, когда в ДТП погибло 1832 человека, количество погибших уменьшилось в 3,1 раза. А начиная с 2003 года, имеет место общая тенденция к уменьшению числа жертв (рис. 1), а также раненых и общего количества ДТП.

Данные по снижению количества ДТП, погибших и раненых, создают достаточно благоприятную, на первый взгляд, картину. Между тем В. Ф. Бабков еще в 70-х годах прошлого века отмечал: «Недооценка официальной статистикой роли дороги в возникновении дорожно-транспортных происшествий создает у дорожников настроение самоуспокоенности и способствует их формальному, а иногда и безразличному подходу к участию в борьбе за безопасность движения» [1].

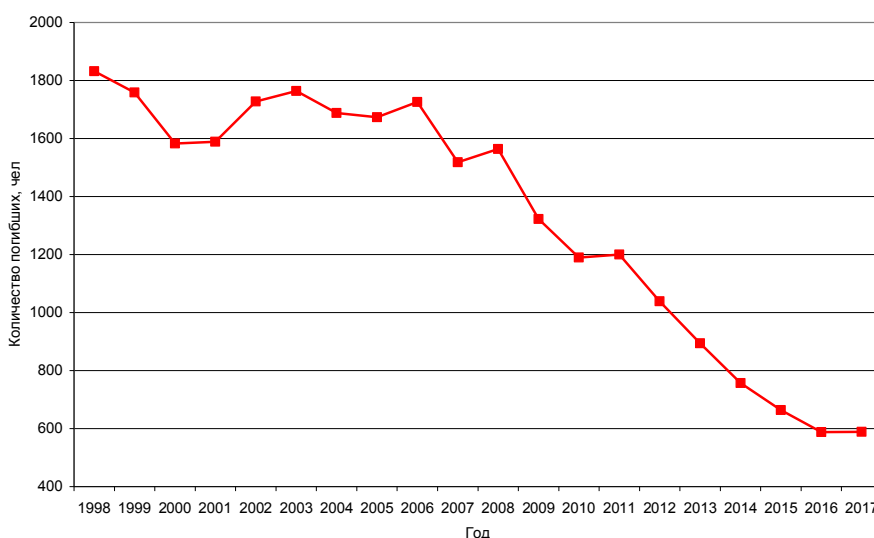
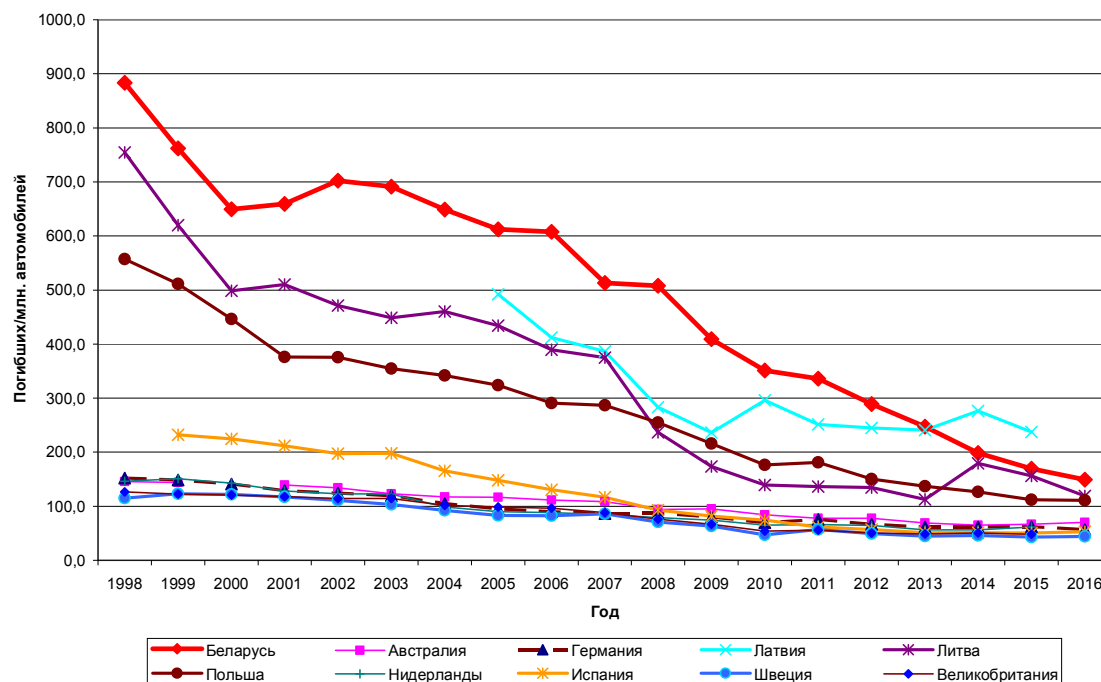


Рисунок 1 – Изменение количества погибших в ДТП в Республике Беларусь

Подобное настроение самоуспокоенности проходит при сравнении ситуации в нашей стране со статистикой аварийности в других странах.

СИТУАЦИЯ В БЕЛАРУСИ И МИРОВЫЕ ТРЕНДЫ АВАРИЙНОСТИ

Абсолютные значения, связанные с аварийностью, малопригодны, когда необходимо сравнить несколько стран между собой. Для этих целей в мировой практике нашли применение такие показатели, как суммарное количество погибших по отношению к численности населения, численности парка автомобилей и некоторые другие. При рассмотрении с использованием этих показателей ситуация в Республике Беларусь выглядит не самым лучшим образом. На рисунке 2 представлено количество погибших, приходящееся на 1 млн автомобилей в нашей стране, у наших ближайших соседей из Евросоюза, а также в странах с традиционно высоким уровнем безопасности дорожного движения.

Рисунок 2 – Изменение количества погибших в ДТП, приходящегося на 1 млн автомобилей¹

Анализ графиков, представленных на рисунке 2, позволяет сделать несколько заключений. Количество погибших, приходящееся на 1 млн автомобилей, в нашей стране выше, чем в большинстве стран-соседей из ЕС и существенно выше, чем в странах-лидерах в области обеспечения безопасности дорожного движения (Швеция, Нидерланды, Австралия и др.). При этом у стран-лидеров рассматриваемый показатель в течение 20 лет изменяется очень незначительно, фактически оставаясь в пределах достаточно узкого коридора. Объяснение данному факту впервые было предложено Р. Смидом. Еще в 1949 г. Смид связал статистику аварийности с уровнем автомобилизации в стране и показал, что смертность в ДТП в расчете на единицу парка автомобилей убывает по мере роста автомобилизации [2], [3]. Предложенные им зависимости, получившие название «закона Смида», впоследствии уточнялись и многократно проверялись во многих странах. При этом в развитых странах фактические значения аварийности лежат ниже кривой Смида, в странах Африки, Бразилии, Индии, Китае – выше кривой. Однако общая закономерность модели сохраняется во всех странах [2]. Таким образом, с ростом автомобилизации страны происходит процесс транспортного самообучения нации, в результате чего аварийность снижается даже безотносительно специально принимаемых мер. Процесс самообучения нации происходит одновременно с формированием дорожной сети, отвечающей транспортным потребностям, а также непрерывным улучшением параметров активной и пассивной безопасности автомобиля, о чем говорил Дж. Адамс в 1980-е годы [2].

Если сравнить статистику аварийности в нашей стране с мировым трендом по Смиду, получим следующую картину (рис. 3).

¹ Данные по странам приведены по <https://data.oecd.org/transport/road-accidents.htm#indicator-chart>.

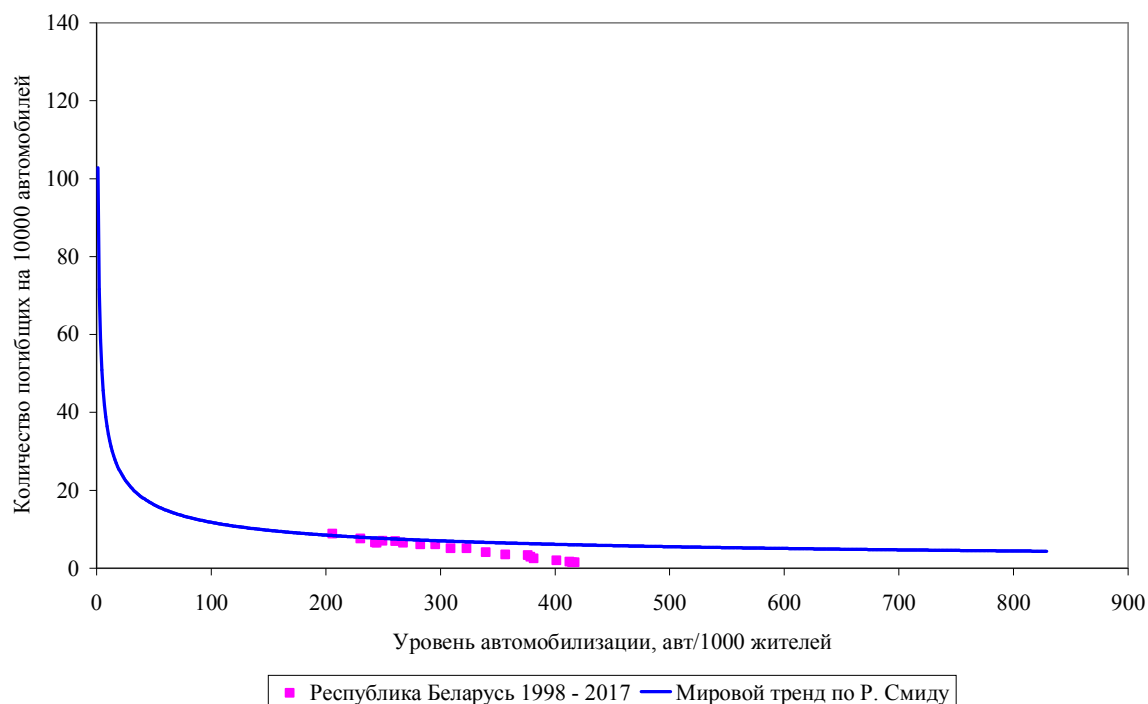


Рисунок 3 – Транспортные риски в Республике Беларусь и мировой тренд²

Если вернуться к графикам рисунков 1 и 2, можно заметить, что начиная с 2011 года темпы уменьшения аварийности замедляются. Не претендуя на особую точность, изменение аварийности с 2011 года можно аппроксимировать следующим образом (рис. 4).

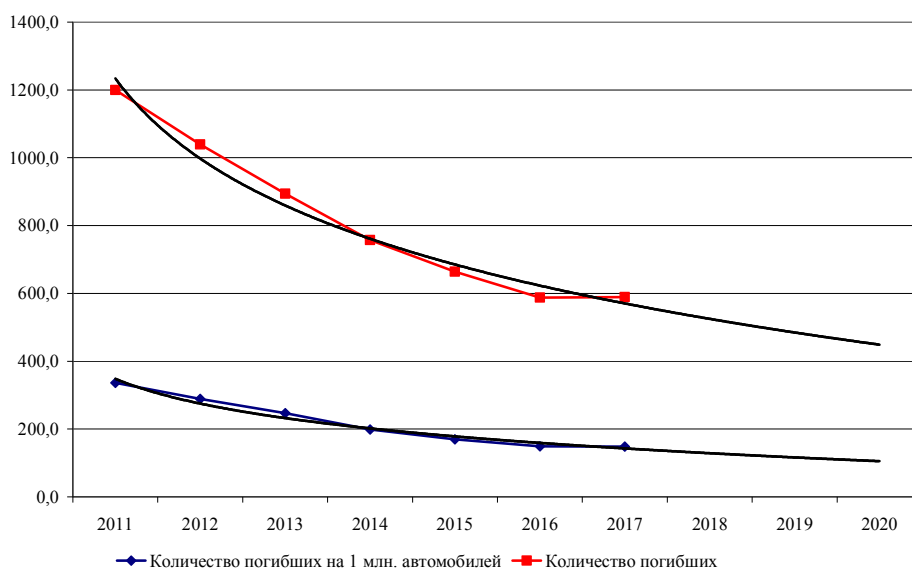


Рисунок 4 – Возможный тренд аварийности в Республике Беларусь

Можно предположить, что в стране аварийность асимптотически приближается к пределу в соответствии с законом Смида, и предел этот, к сожалению, выше, чем в развитых странах.

² Данные по мировому тренду приведены по [2], данные по Республике Беларусь – по данным РУП «Белдорцентр».

УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ КАК ПУТЬ СНИЖЕНИЯ АВАРИЙНОСТИ

Оставаясь в рамках традиционной для нашей страны инженерной деятельности, связанной с содержанием дорог, существенно улучшить безопасность движения уже вряд ли удастся. Является известным фактом то, что после определенного значения уровня автомобилизации достижение еще меньших значений транспортных и социальных рисков потребует перехода на качественно новые практики и механизмы обеспечения БДД [2].

Ранее нами уже отмечалось, что повышение безопасности дорожного движения в нашей стране требует создания системы управления [4]. В зарубежных обзорах неоднократно подчеркивается, что пределы повышения безопасности дорожного движения определяются общими возможностями системы безопасности дорожного движения, действующей в стране. Система определяет как результаты, так и шаги по их достижению. Предельные показатели безопасности дорожного движения для каждой страны ограничены институциональным потенциалом. Поэтому многие планируемые результаты могут быть просто технически неосуществимы [5], [6]. Как подчеркивают Блисс и Брин, без эффективного институционального управления у страны мало шансов на осуществление успешных мер по достижению безопасности на дорогах и достижению желаемых результатов [6].

В таких обстоятельствах логичным является желание использовать опыт развитых стран для достижения более низкой аварийности.

В Европейском союзе еще в 2008 г. была принята обязательная для исполнения Директива 2008/96/ЕС «Управление безопасностью дорожной инфраструктуры» (далее – Директива). Директива стала законом 19 ноября 2008 года и вступила в силу 19 декабря 2010 года. Документ вводил требования и обязывал страны-члены ЕС внедрить и осуществлять следующие виды деятельности на дорогах, входящих в сеть трансъевропейских транспортных коридоров [7]:

- аудит безопасности дорожного движения;
- сертификацию аудиторов безопасности дорожного движения;
- оценку воздействия на безопасность дорожного движения проектов строительства и ремонта автомобильных дорог;
- инспекцию безопасности дорожного движения;
- рейтинг безопасности дорожной сети (управление местами концентрации ДТП);
- информирование общественности о местах концентрации ДТП.

Управление безопасностью дорожной инфраструктуры можно определить как комплекс процедур управления, осуществляемый дорожной администрацией с целью предотвращения или смягчения последствий дорожно-транспортных происшествий. Руне Эльвик определяет эти процедуры как аналитические инструменты, которые помогают дорожным властям своевременно выявлять возникающие проблемы безопасности, которые помогают определять наиболее опасные участки автомобильных дорог, которые определяют наиболее важные факторы, способствующие дорожно-транспортным происшествиям, и которые помогают в оценке результативности принятия конкретных мер или программ по повышению безопасности дорожного движения [8].

Действия стран ЕС по выполнению Директивы позволили странам-членам достичь заметных успехов в снижении аварийности. В 2010–2016 годах количество погибших в ДТП в странах ЕС сократилось на 19 %. В 2016 г. на дорогах ЕС погибло 25 620 человек, на 510 меньше, чем в 2015 г. и на 5900 меньше, чем в 2010 г. При этом общее количество погибших на 10 тысяч автомобилей во всех

странах ЕС составляет 0,88 человека. Для сравнения – в Республике Беларусь этот показатель составляет 1,48 человека.

В последние годы смертность от дорожно-транспортных происшествий в странах ЕС оставалась примерно на одинаковом уровне. В ответ на это замедление органы, ответственные за безопасность движения в странах ЕС, подтвердили свою приверженность действиям по повышению безопасности дорожного движения, что отражено в заявлении министров транспорта ЕС о безопасности дорожного движения, принятое в Валлетте в марте 2017 г.³ В настоящее время готовится пересмотр Директивы и принятие новой ее версии, которая будет значительно более расширенной.

Общая цель предлагаемой инициативы заключается в сокращении числа погибших и серьезных травм на дорожных сетях стран ЕС путем повышения уровня безопасности дорожного движения. Конкретные цели включают:

- совершенствование всех последующих мероприятий в связи с договоренностями, касающимися процедур управления безопасностью дорожной инфраструктуры;
- содействие согласованию и обмену знаниями между государствами-членами по этим процедурам и требованиям;
- защиту незащищенных участников дорожного движения;
- совершенствование внедрения новых технологий;
- стремление к обеспечению единообразно высокого уровня безопасности дорожного движения во всех государствах-членах с эффективным использованием ограниченных финансовых ресурсов.

Для достижения целей в пересмотренную директиву предполагается внести следующие основные изменения:

- установление обязательства по прозрачности и контролю за процедурами управления инфраструктурой;
- введение оценки дорог, включая всю сеть, системную и проактивную процедуру картографирования рисков для оценки внутренней и единой безопасности дорожного движения в ЕС;
- расширение сферы действия Директивы за пределами трансъевропейской транспортной сети (TEN-T) для покрытия автомагистралей и магистральных дорог вне сети и всех дорог за пределами городских районов, построенных полностью или частично с использованием фондов ЕС;
- определение общих эксплуатационных требований к горизонтальной и вертикальной разметке с целью облегчения распространения подключенных, комбинированных и автоматизированных систем мобильности;
- установление системного обязательства включать незащищенных участников дорожного движения во все процедуры управления безопасностью дорожного движения.

Кроме этого, каждая из стран вносит предложения в новую редакцию документа, исходя из своего опыта его применения.

Опыт, накопленный в ЕС, в части управления безопасностью дорожной инфраструктуры, недостаточно учитывается в Республике Беларусь. На 2018 год в нашей стране действует 49 технических нормативных правовых актов (ТНПА), вспомогательных и прочих документов, прямо связанных с безопасностью дорожного движения.

При этом требования к техническим средствам организации дорожного движения, методам их испытаний и технологиям устройства содержатся в 41 документе. И если эти ТНПА практически полностью гармонизированы с аналогичными европейскими документами, то требования к процессам управления безопасностью дорожной инфраструктуры в нашей стране практически отсутствуют. Как исклю-

³ https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/valletta_declaration_on_improving_road_safety.pdf.

чения можно рассматривать ТКП 586-2016 «Автомобильные дороги. Порядок проведения работ по организации дорожного движения при содержании» и ТКП 590-2016 «Автомобильные дороги. Требования к обследованию системы обеспечения безопасности дорожного движения», разработанные государственным предприятием «БелдорНИИ». В последнем документе сделаны попытки нормализовать принципы аудита и инспекции безопасности дорожного движения по образцу требований в ЕС. Однако в соответствии с Законом «О техническом нормировании и стандартизации» технические кодексы установившейся практики являются документами добровольного применения. Обязательными к применению в нашей стране являются только технические регламенты. Для автомобильных дорог в нашей стране действует Технический регламент Таможенного союза ТР/ТС 014-2011 «Безопасность автомобильных дорог». Данный документ не содержит требований к процессам управления безопасностью дорожной инфраструктуры, как это понимается в европейских странах. Связанные с ним межгосударственные стандарты определяют технические требования к средствам организации дорожного движения, а также методы их контроля. В таких условиях переход на качественно новый уровень работ по повышению безопасности дорожного движения требует разработки национального технического регламента по управлению безопасностью дорожной инфраструктуры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложенное выше позволяет сделать следующие основные выводы.

Опыт развитых стран, в которых аварийность в дорожном движении находится на низком уровне, показывает, что без эффективного институционального управления у страны мало шансов на осуществление успешных мер по повышению безопасности на дорогах и достижение желаемых результатов в этой сфере.

Действенные меры по управлению безопасностью дорожной инфраструктуры, такие как аудит безопасности дорожного движения, инспекция безопасности дорожного движения, управление местами концентрации ДТП уже почти 10 лет эффективны в предотвращении дорожно-транспортных происшествий в странах ЕС и имеют потенциал быть столь же эффективными в других странах.

Внедрение процессов управления безопасностью дорожной инфраструктуры в Республике Беларусь в настоящее время сдерживается отсутствием необходимой нормативно-технической базы. Для исправления ситуации требуется разработка национального технического регламента «Автомобильные дороги. Управление безопасностью дорожной инфраструктуры» и комплекса связанных с ним стандартов Республики Беларусь.

Игнорирование названных фактов приведет к нарастающему отставанию Республики Беларусь от развитых стран, в первую очередь, от стран ЕС, в вопросах повышения безопасности дорожного движения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабков, В. Ф. Дорожные условия и организация движения / В. Ф. Бабков [и др.]. – М. : Транспорт, 1974. – 240 с.
2. Блинкин, М. Я., Решетова, Е. М. Безопасность дорожного движения: история вопроса, международный опыт, базовые институции / М. Я. Блинкин, Е. М. Решетова – М. : Высшая школа экономики, 2013. – 240 с.

3. Капский, Д. В. Безопасность дорожного движения: парадигмы развития : пособие для подготовки магистров при изучении модуля Т1-Е1 «Базовая концепция дорожной безопасности» / Д. В. Капский [и др.]. – Минск : Капитал Принт, 2017. – 264 с.
4. Богданович, С. В. Система управления безопасностью дорожного движения: мировой опыт и перспективы в Республике Беларусь // Автомобильные дороги и мосты – 2014. – № 2 (14). – С. 108–113.
5. Towards Zero: Ambitious Road Safety Targets and the Safe System Approach [Electronic resource] / Paris : Organisation for Economic Cooperation and Development, 2008. – Mode of access : <https://fevr.org/wp-content/uploads/2017/12/Towards-Zero-OECD-PDF-57-MB.pdf>. – Date of access : 06.08.2018.
6. Bliss, T. K., Breen, J. Implementing the Recommendations of the World Report on Road Traffic Injury Prevention. Country Guidelines for the Conduct of Road Safety Capacity Reviews and the Related Specification of Lead Agency Reforms, Investment Strategies and Safety Projects [Electronic resource] / Washington, DC : World Bank Global Road Safety Facility, 2009. – Mode of access : <http://documents.worldbank.org/curated/en/712181469672173381/pdf/815980WP0Traff00Box379836B00PUBLIC0.pdf>. – Date of access: 06.08.2018.
7. European Directive on Road Safety Management [2008/96/EC]. Guidelines for competent authorities on the application of the directive [Electronic resource] / London : Department for Transport, 2011. – Mode of access : https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/3565/guidelines.pdf. – Date of access : 06.08.2018.
8. Elvik, R. Assessment and applicability of road safety management evaluation tools: Current practice and state-of-the-art in Europe / Oslo : Institute of Transport Economics (TØI). – 2010. – 57 p.



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖЕЛТОГО СИГНАЛА СВЕТОФОРА – НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

В. К. Вырожемский, кандидат технических наук, первый заместитель директора Государственного предприятия «Государственный дорожный научно-исследовательский институт имени Н. П. Шульгина», г. Киев, Украина

О. Беленчук, научный сотрудник Государственного предприятия «Государственный дорожный научно-исследовательский институт имени Н. П. Шульгина», г. Киев, Украина

Желтый свет – это сигнал для водителя о смене сигнала светофора. Когда сигнал светофора меняется с зеленого на красный, с красного на зеленый, желтый свет нужен обязательно. Желтый сигнал светофора разрешает закончить маневр тем транспортным средствам, которые уже не имеют возможности остановиться. В статье проанализировано влияние желтого сигнала светофора на безопасность движения. Показаны результаты исследований, касающихся длительности желтого сигнала светофора.

ВВЕДЕНИЕ

В 1968 году в Вене была подписана Конвенция о дорожных знаках и сигналах. В настоящее время 88 стран мира подписали или ратифицировали ее. Этот документ устанавливает общие требования к использованию дорожных знаков и сигналов между всеми странами-подписантами для облегчения понимания международного дорожного движения и повышения его безопасности.

В соответствии со статьей 23 данной Конвенции для регулирования движения транспортных средств должны использоваться такие сигналы, как красный, желтый, зеленый, причем желтый сигнал, который используется самостоятельно, означает запрет в пересечении стоп-линии и выезде в зону перекрестка, кроме случаев, когда транспортное средство находится настолько близко, что уже не сможет остановиться в месте необходимой остановки с учетом требований безопасности движения [1].

Иными словами, желтый сигнал светофора является запрещающим сигналом, но в то же время он разрешает завершить маневр тем транспортным средствам, которые уже не имеют возможности остановиться без применения экстренных мер к торможению.

В большинстве европейских стран красный и желтый свет отображаются одновременно на протяжении одной, двух или трех секунд в конце фазы красного света, чтоб указать о приближении включения зеленого сигнала светофора.

Этот этап помогает водителям транспортных средств подготовиться к началу движения. Желтый сигнал светофора, который включается после зеленого, дает возможность очистить перекресток для дальнейшего движения автомобилей с других направлений. Также он предупреждает водителей о необходимости торможения и остановки.

В то же время в Украине сейчас поднимается вопрос об отмене желтого сигнала светофора.

ОБОСНОВАНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖЕЛТОГО СИГНАЛА СВЕТОФОРА

Некоторые европейские эксперты считают, что желтый сигнал светофора является залогом безопасности на дорогах. В частности, по данным исследований компании Dutch transport consultancy, увеличение длительности желтого сигнала светофора будет иметь положительный эффект для безопасности дорожного движения [2].

В Голландии компанией Dutch transport consultancy было проведено исследование различия между длительностью желтого сигнала светофора, который применяется на практике, и длительностью этого сигнала, которая рекомендуется к применению Независимой научной организацией инфраструктуры, дорожного движения и транспорта CROW.

Исследования проводилось в трех направлениях: поведение водителя, статистические данные и механика. Также в исследования были включены обзор литературы и интервью с такими экспертами, как психолог в сфере дорожного движения, полиция и чиновники, отвечающие за безопасность дорожного движения.

В Голландии, как и большинстве стран, применяется длительность желтого сигнала светофора от 3 до 4 секунд для скорости 50 км/ч и от 4 до 5 секунд – для скорости 70 и 80 км/ч. Причем на практике используется меньшая продолжительность желтого сигнала (3 с – для скорости 50 км/ч и 4 с – для скорости 70 и 80 км/ч). Однако эксперты CROW рекомендуют использовать максимальную продолжительность желтого сигнала светофора, то есть 4 с – для скорости 50 км/ч и 5 с – для 70 и 80 км/ч. Такое изменение длительности желтого сигнала от нижнего предела до верхнего (увеличение всего

лишь на 1 секунду) сокращает количество случаев проезда на запрещающий красный сигнал светофора приблизительно в 2 раза.

Поведение водителя: остановиться или проехать. Существуют два типа водителей: те водители, которые останавливаются при виде желтого сигнала, и те, которые решают завершить маневр или проехать. По мнению экспертов, длительность горения желтого сигнала светофора – и есть поиск баланса в правильности принятия решения. При слишком короткой продолжительности желтого сигнала нет достаточного количества времени на безопасную остановку, и в результате случаются попутные столкновения (из-за неожиданного торможения впереди идущего автомобиля). Но также не все водители готовы остановиться, поэтому при короткой длительности желтого сигнала увеличивается количество случаев проезда на красный сигнал светофора.

Эти выводы были сделаны в результате натурных исследований и опроса водителей. Как оказалось, водитель принимает решение остановиться или проехать в момент, когда он замечает загорание желтого сигнала светофора. Связь между длительностью фазы желтого сигнала и принятием решения «остановиться или проехать» не обнаружена.

Статистические данные. Для проведения исследований были собраны статистические данные с 9 перекрестков, при ограничении скорости до 50, 70 и 80 км/ч. Всего было признано действительными 3,7 млн измерений для прямолинейного движения и 0,9 млн для изменения направления движения. Статистические данные были собраны при разной длительности желтого сигнала светофора.

Результаты анализа этих данных подтверждают итоги опроса водителей: разная продолжительность желтого сигнала светофора не влияет на изменение поведения водителя и принятия им решения.

Но все же, несмотря на то, продолжительность желтого сигнала светофора не влияет на поведение водителей, с более длительной фазой желтого сигнала (длиннее на 1 секунду) транспортные средства пересекают стоп-линию больше на желтый сигнал, нежели на красный. Анализ статистических данных показал, что при скорости движения 50 и 70 км/ч две трети от современных правонарушений приходится на первую половину дополнительной секунды.

Также был проведен анализ нежелательного поведения водителей, которые, увидев загорание красного сигнала светофора, все равно продолжают движение (так называемые «рисковые водители»). Скорость транспортных средств, которыми управляют такие водители, как правило, высока, что может привести к серьезным дорожно-транспортным происшествиям. Количество таких случаев резко снижается с добавлением дополнительной секунды к длительности желтого сигнала светофора – в 3,8 раза.

Механика. Третье направление в исследовании состоит в том, чтоб сделать расчеты для определения оптимальной длительности желтого сигнала светофора. Этот показатель напрямую зависит от времени восприятия информации водителем, скорости движения и замедления транспортного средства.

Время восприятия информации водителем в среднем составляет 1 секунду.

В свою очередь замедление, то есть быстрота изменения скорости автомобиля, обратно пропорционально количеству отведенного для этого действия времени. При длительности желтого сигнала 3 секунды и скорости движения 50 км/ч уровень замедления равен $3,5 \text{ м/с}^2$, в то время, как при этой же скорости и длительности желтого 4 секунды уровень замедления составляет $2,3 \text{ м/с}^2$. Для того чтобы выполнить задачу и остановиться, водители должны тормозить резче, чем они тормозят для комфортной остановки. Данные исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Уровень замедления транспортных средств для разных скоростей движения и различной длительности желтого сигнала светофора

Уровни замедления	Скорость движения автомобиля		
	50 км/ч	70 км/ч	80 км/ч
Уровень замедления при длительности желтого сигнала, применяемого на практике в Голландии	3,5 м/с ² (длительность желтого – 3 с)	3,2 м/с ² (длительность желтого – 4 с)	3,7 м/с ² (длительность желтого – 4 с)
Уровень замедления при длительности желтого сигнала, рекомендуемого для использования CROW	2,3 м/с ² (длительность желтого – 4 с)	2,4 м/с ² (длительность желтого – 5 с)	2,8 м/с ² (длительность желтого – 5 с)
Уровень замедления при длительности желтого сигнала, используемого в Великобритании	3,5 м/с ² (длительность желтого – 3 сек.)	4,9 м/с ² (длительность желтого – 3 сек.)	5,6 м/с ² (длительность желтого – 3 сек.)

Исследователи советуют использовать комфортное замедление (2,5–3,0 м/с²). Исходя из этого была рассчитана и предложена оптимальная продолжительность желтого сигнала светофора, которая уменьшит количество «рисковых водителей» и тех, кто проезжает на красный сигнал светофора. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Рекомендованная длительность желтого сигнала светофора для разных направлений движения

Длительность желтого сигнала светофора	Скорость движения автомобиля		
	50 км/ч	70 км/ч	80 км/ч
Рекомендованная длительность желтого сигнала светофора для прямолинейного движения, с	3,5	4,5	5,0
Рекомендованная длительность желтого сигнала светофора при изменении направления движения, с	3,0	3,0	3,0

Результаты исследования показывают, что длительность желтого сигнала не влияет на принятие водителем решения остановиться или проехать. Тем не менее количество водителей, проезжающих на красный свет, резко уменьшается с увеличением длительности желтого сигнала светофора. Эти результаты также показывают, что некоторые водители не могут предвидеть ситуацию достаточно хорошо и поэтому непреднамеренно нарушают правила, проезжая на запрещенный сигнал светофора.

Однако для комфортного замедления и остановки, а также во избежание возникновения аварийных ситуаций необходимо использовать максимальную длительность фазы желтого сигнала светофора в зависимости от скорости движения и других сопутствующих дорожных факторов.

В данное время в Украине принята Государственная программа повышения безопасности дорожного движения, которая будет распространяться не только на дороги общего пользования, но также на дороги и улицы населенных пунктов, где очень широко применяется светофорное регулирование.

Результаты данного исследования будут применены при расчете циклов светофорного регулирования в городах Украины для повышения безопасности движения на перекрестках и примыканиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование желтого сигнала светофора в работе светофорных объектов является важной составляющей в обеспечении безопасности дорожного движения, так как данный сигнал позволяет избежать возникновения аварийных ситуаций, а его длительность должна обеспечивать своевремен-

ное реагирование водителем на изменение дорожной ситуации и, соответственно, безопасную остановку транспортного средства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конвенция о дорожных знаках и сигналах, Вена. – 1968.
2. Luc Prinsen, Lieuwe Krol, Gerard van Dijck. Length of amber signals. – 2016.



ВЛИЯНИЕ ШИРИНЫ ПОЛОСЫ ДВИЖЕНИЯ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

В. К. Вырожемский, кандидат технических наук, первый заместитель директора по научной работе Государственного предприятия «Государственный дорожный научно-исследовательский институт им. М. П. Шульгина», г. Киев, Украина

Л. Нагребельная, младший научный сотрудник Государственного предприятия «Государственный дорожный научно-исследовательский институт им. М. П. Шульгина», г. Киев, Украина

Автомобильные дороги Украины, отвечая европейским стандартам, должны создавать основной фундамент для развития Украины, поднимая ее до международного уровня. Ширина полосы движения на дорогах I и II категорий в Украине установлена 3,75 м, что соответствует европейским нормам, поскольку движение большегрузного транспорта в основном осуществляется по этим дорогам.

Ширина полосы движения должна обеспечивать свободный разъезд со встречными автомобилями или опережение сопутствующих автомобилей. При движении автомобиля на проезжей части должен быть обеспечен зазор безопасности для психологической уверенности водителя.

В докладе показано, как влияет ширина полосы движения на движение транспортного потока. Приведены параметры, от которых зависит выбор ширины полосы. Определена оптимальная ширина полосы движения, которая обеспечит безопасное движение транспорта.

ВВЕДЕНИЕ

Автомобильная дорога – это часть территории, предназначенная для движения транспортных средств и пешеходов, со всеми расположенными на ней сооружениями (мостами, путепроводами, эстакадами, надземными и подземными пешеходными переходами) и средствами организации дорожного движения, и ограниченная по ширине внешним краем тротуаров или внешним краем обочины.

Надежностью автомобильной дороги как комплексного транспортного сооружения является способность обеспечивать безопасное расчетное движение транспортного потока со средней скоростью, близкой к оптимальной, в течение нормативного или заданного срока службы дороги при необходимых значениях других показателей.

Критериями эксплуатационной надежности автомобильных дорог являются:

- непрерывное, безопасное, удобное движение транспортных средств;
- работоспособность как состояние дороги, при котором она выполняет заданные функции с параметрами, установленными требованиями технической документации: строительных норм и правил, стандартов, технических условий, с учетом интенсивности движения и расчетной скорости;
- фактический по сравнению с требуемым срок службы дороги;
- степень обеспечения по пропускной способности и прочности дорожной одежды.

ВЛИЯНИЕ ШИРИНЫ ПОЛОСЫ ДВИЖЕНИЯ НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

Ширина полосы движения и проезжей части является важным фактором, влияющим на безопасность дорожного движения. Например, при ширине полосы движения 3 м во время встречных разъездов безопасность обеспечивается лишь на небольшой скорости. В противном случае возможно столкновение или съезд транспортного средства на обочину. На дорогах низших категорий обочина не имеет усовершенствованного дорожного покрытия, поэтому съезд на нее может привести к боковому скольжению и опрокидыванию транспортного средства. При ширине полосы движения 3,5 м возможны безопасные промежутки между встречными транспортными средствами и достаточное расстояние от транспортного средства до обочины. Полоса движения шириной 3,75 м допускает встречный разъезд транспортных средств без снижения скорости, даже если она близка к предельной у обоих транспортных средств [1].

В большинстве стран Европы, где плотность сети автомобильных дорог в 5 раз больше, чем в Украине, дороги подразделяются по функциональному назначению, и на дорогах, где есть движение крупногабаритных транспортных средств, обязательно ширина полосы движения должна составлять 3,75 м. Для движения другого транспорта ширина полосы может быть предусмотрена 3,5 м (таблица 1).

Таблица 1 – Ширина полосы движения на автомобильных дорогах стран мира [2]

Страна		Ширина полосы движения на автомобильных дорогах, м		
		международного значения	национального значения	местного значения
Европа	Великобритания	3,65	3,65	3,00–3,65
	Нидерланды	3,50	2,75–3,25	3,10–3,25
	Греция	3,50–3,75	3,25–3,75	3,00–3,25
	Дания	3,50	3,00	3,00–3,25
	Испания	3,50–3,75	3,00–3,50	3,00–3,25
	Германия	3,50–3,75	3,25–3,50	2,75–3,25
	Польша	3,50–3,75	3,00–3,50	2,50–3,00
	Португалия	3,75	3,75	3,00
	Венгрия	3,75	3,50	3,00–3,50
	Франция	3,50	3,50	3,50
	Чехия	3,50–3,75	3,00–3,50	3,00
	Швейцария	3,75–4,00	3,45–3,75	3,15–3,65
ЮАР		3,70	3,00–3,70	2,25–3,00
Америка	Бразилия	3,75	3,75	3,00
	Канада	-	3,00–3,70	3,00–3,30
	США	3,60	3,30–3,60	2,70–3,60

Окончание таблицы 1

Азия	Израиль	3,75	3,60	3,00–3,30
	Индонезия	3,50–3,75	3,25–3,50	2,75–3,00
	Китай	3,50–3,75	3,75	3,50
	Япония	3,50–3,75	3,25–3,50	3,00–3,25

Согласно ДБН В.2.3-4 [3], который действует в Украине в настоящее время, ширина полосы движения предусмотрена в пределах от 3,0 м до 3,75 м в зависимости от категории дороги (таблица 2).

Таблица 2 – Параметры поперечного профиля автомобильных дорог

Показатели	Категории дорог					
	I-a	I-b	II	III	IV	V
Количество полос движения, шт.	4; 6; 8	4; 6	2	2	2	1
Ширина полосы движения, м	3,75	3,75	3,75	3,50	3,00	4,50
Ширина обочины, м, в том числе:	3,75	3,75	3,75	2,50	2,00	1,75
- ширина остановочной полосы, м, вместе с укрепленной полосой, м	2,50	2,50	2,50			
- ширина укрепленной полосы, м	0,75	0,50	0,50	0,50	0,50	
Ширина разделительной полосы, м	6,00	3,00				
Ширина укрепленной полосы на разделительной полосе, м	0,75	0,50				

Классификация дорог Украины не позволяет разделять дороги по функциональному назначению. Ширина полосы движения на дорогах I и II категорий в Украине установлена 3,75 м, что соответствует европейским нормам, поскольку движение грузового транспорта в основном осуществляется по этим дорогам.

Для транспортного потока, состоящего из легковых автомобилей, минимальная аварийность наблюдается при ширине полосы 3,2 м, а для потока грузовых автомобилей – 3,75 м. Можно утверждать, что существующая ширина автомобильных дорог полностью обеспечивает условия для безопасного движения транспорта.

При большой интенсивности и ширине полосы меньше 3,5 м водитель испытывает дискомфорт, становится трудно удерживать автомобиль с безопасными зазорами и создаются аварийные ситуации. Ширина полосы движения должна обеспечивать комфортность и безопасность движения.

В США в 2011 году исследователи использовали имитационную модель для наблюдения за автомобилями на разной ширине полосы движения (рис. 1). Было использовано четыре разные ширины полосы движения: 3,00 м; 2,75 м; 2,50 м и 2,25 м. Исследования проводились в условиях высокой и низкой интенсивности движения.

Результаты показали, что при низкой интенсивности движения транспортное средство разместилось почти в середине полосы движения. При высоком уровне интенсивности транспортное средство сместилось примерно на треть метра в сторону внешнего края [4].

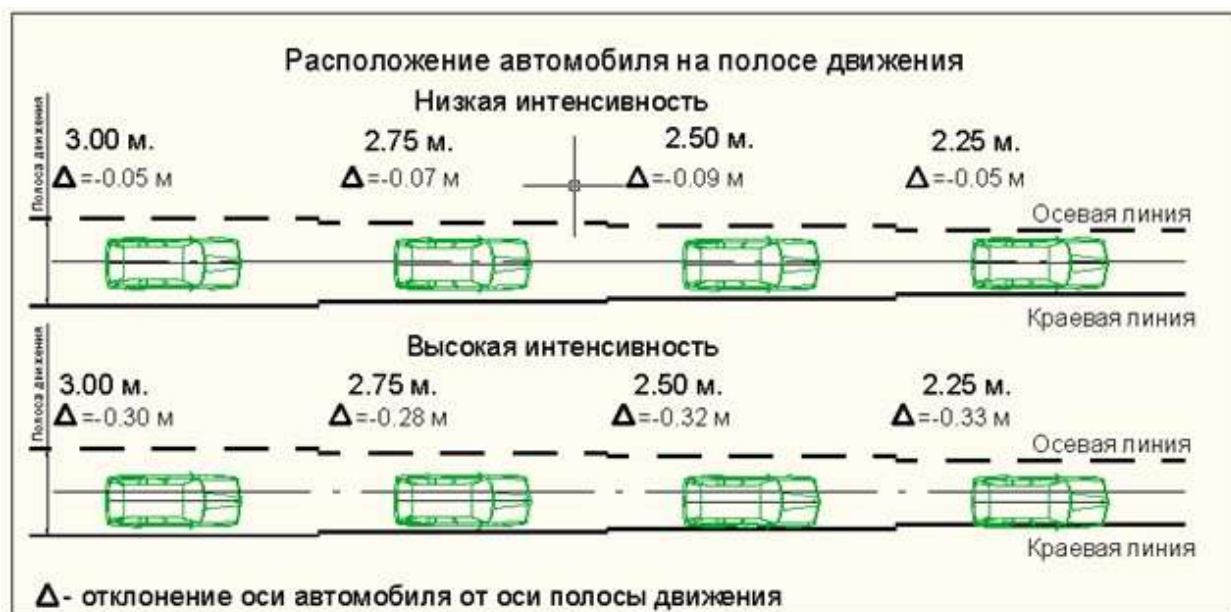
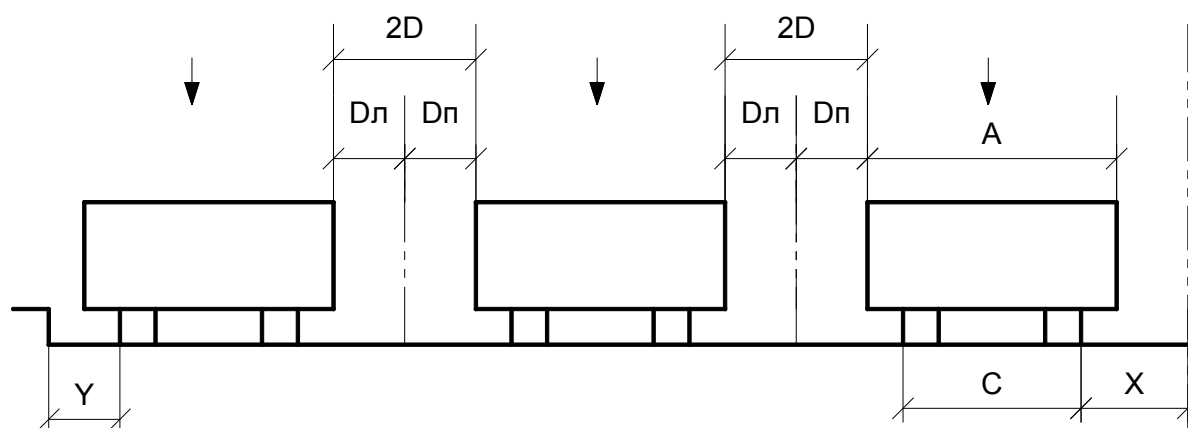


Рисунок 1 – Расположение автомобиля на проезжей части в зависимости от ширины полосы движения

Для лучшего ориентирования водителей относительно правого края проезжей части укладывают краевые полосы шириной от 0,5 до 0,75 м. Наезжать на них не разрешается, однако водитель может уверенно вести транспортное средство около самого края проезжей части. На автомагистралях с разделительной полосой краевые полосы устраивают по обеим сторонам.

При движении автомобиля по многополосной проезжей части должен быть обеспечен зазор $2D$. Зазоры обеспечивают психологическую уверенность водителя в безопасности движения, а также позволяют компенсировать боковые перемещения автомобиля. С увеличением скорости необходимые зазоры увеличиваются [5].



Y – зазор до края проезжей части, исключает удар об бортовой камень;

X – зазор до края полосы движения;

A – ширина кузова автомобиля: для легкового – 1,8 м; для грузового – 2,5 м;

C – колея автомобиля (расстояние между внешними гранями следа наиболее широко расставленных колес), м;

$D_{п}$, $D_{л}$ – правый и левый зазоры безопасности между автомобилями;

$2D$ – расчетный зазор между автомобилями

Рисунок 2 – Расчетная схема размещения автомобилей на проезжей части

Значение $2D$ для внутренних полос на многополосной проезжей части принимают в зависимости от расчетной пары автомобилей следующими:

- легковой – легковой – 0,9 м;
- легковой – грузовой – 1,05 м;
- легковой – грузовой особенно большой грузоподъемности – 1,15 м;
- грузовой – грузовой – 1,1 м.

Определить ширину внутренней полосы движения многополосной проезжей части можно по формуле

$$П = A + 2D, \quad (1)$$

где $П$ – ширина полосы движения.

Определить ширину крайней полосы движения многополосной проезжей части можно по формуле

$$П_1 = A + Y_{np} + D_n, \quad (2)$$

где индекс 1 означает крайнюю правую полосу.

Зарубежные исследования [6] показали, что с уменьшением ширины полосы движения вероятность возникновения ДТП возрастает (таблица 3). Для автомобильных дорог с двумя полосами движения и интенсивностью 2000 автомобилей в сутки ожидаемое увеличение такого вида ДТП как «столкновение» (боковое) при ширине полосы движения 3,75 м составляет 0 %. Чем меньше ширина полосы движения, тем больше вероятность возникновения таких видов ДТП.

Таблица 3 – Процент роста количества ДТП в зависимости от ширины полосы движения

Ширина полосы движения, м	3,75	3,5	3,0	2,7
Ожидаемое увеличение ДТП, %	0	5	30	50

Исследования и статистика ДТП подтверждают то, что аварийность на проезжей части с несколькими полосами движения зависит от ширины полосы движения. Ширина определяет основные качества дорожного движения: скорость и безопасность. Назначение ширины проезжей части является одной из основных задач проектирования и строительства автомобильных дорог. Для создания теории назначения ширины необходимо знать поведение комплекса «автомобиль – водитель – дорога» (А–В–Д).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрев и проанализировав влияние ширины полосы движения на безопасность транспортного потока, можно утверждать, что с уменьшением ширины полосы движения увеличивается вероятность возникновения ДТП.

Ширина полосы движения должна быть достаточной для движения одного ряда автомобилей. При наличии двух полос в одном направлении, правая полоса обычно назначается для грузовых автомобилей и автопоездов, а левая – для легковых и автобусов.

Уменьшение ширины проезжей части приводит к уменьшению комфорта движения, что в свою очередь приводит в некоторых случаях к снижению скорости движения и повышенной внимательности водителя, а в других случаях к волнению. Возможность возникновения ДТП при этом увеличивается в разы.

Учитывая интенсивность движения и погодные условия (особенно в зимний период), уменьшение ширины полосы движения может привести к снижению пропускной способности автомобильных дорог, а также к увеличению уровня дорожно-транспортных происшествий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коноплянко, В. И. Организация и безопасность дорожного движения : учебник для вузов. – М. : Высшая школа, 2007. – 384 с.
2. Автостради в містах і смертельна швидкість: хто винен і що робити [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://life.pravda.com.ua/society/2016/11/12/219942/>.
3. Автомобильные дороги. Ч. I. Проектирование. Ч. II. Строительство : ДБН В.2.3-4:2015.
4. Эксплуатационные и безопасные характеристики полос : закл. отчет 15 января 2015 г. / Основные исследователи : д-р Дженнифер Х. Огл, д-р Уэйн А. Сарасуа / Отдел гражданского строительства / Университет Клемсона / д-р Уильям Дж. Дэвис Цитадель.
5. Полищук, В. П. Транспортное планирование городов / В. П. Полищук, О. В. Красильникова, О. П. Дзюба ; под ред. В. П. Полищука. – К. : Знання України, 2014. – 371 с.
6. Petritsch, Theodore A. The Influence of Lane Widths on Safety and Capacity : A Summary of the Latest Findings / n. d. Sprinkle Consulting.



УМНЫЙ АВТОМОБИЛЬ ДЛЯ УМНОГО ГОРОДА

Л. В. Дементьев, магистр, студент Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, г. Санкт-Петербург, Россия

П. А. Пегин, доктор технических наук, профессор, доцент кафедры «Автомобильные дороги» Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, г. Санкт-Петербург, Россия

В докладе представлены результаты анализа количественного и качественного состава парка дорожного транспорта в г. Санкт-Петербурге. Отмечается высокая степень загрязнения атмосферного воздуха при эксплуатации автотранспорта. Дается сопоставительная оценка затрат на строительство и содержание автодорог в разных странах мира. Приведены количественные данные по дорожно-транспортным происшествиям (ДТП) в г. Санкт-Петербурге, а также статистика травматизма при ДТП. Подсчитана средняя наполняемость автомобилей. Показана актуальность исследований по интеграции беспилотного управления автомобилями в городской поток, по массовому внедрению экологических видов топлива и по сокращению затрат на обслуживание дорог при обеспечении должной безопасности людей.

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня очень тяжело представить городские улицы и дворы домов без припаркованных или движущихся автомобилей. Автомобили стали неотъемлемой частью нашей жизни, поскольку теперь это

не просто роскошь, а комфортное средство передвижения, которое позволяет быстро добираться до нужного пункта или перевозить необходимые грузы. Однако нельзя забывать, что автомобилизация имеет и негативные стороны, создавая целый ряд проблем (транспортная перегруженность, высокий уровень аварийности, загрязнение окружающей среды и др.), которые необходимо решать, чтобы они не стали одной большой проблемой уже в совсем недалеком будущем.

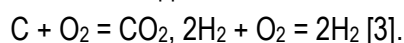
СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПРОБЛЕМЫ

Одним из показателей развития государства принято считать количество автомобилей на душу населения. В расчете на 1000 человек населения количество автомобилей в России на начало 2016 г. достигло (без учета населения и парка Крыма) 283 ед. по сравнению с 273 ед. годом ранее. Для сравнения: в странах экономически более развитых, таких как США, на тот момент на 1000 жителей приходилось по 799 автомобилей, в Италии – по 618, в Германии – 544, в Чехии – 458. Исходя из этого, можно предположить, что и в России в связи с экономическим ростом в ближайшем будущем число автомобилей может увеличиться как минимум в два раза [1].

В 2016 г. количество машин в Санкт-Петербурге выросло на 5 %, и это позволило северной столице довести свою долю легкового парка до 4,3 % от федерального. Общая численность дорожно-транспортного парка города составила более 2 млн ед. При этом более 1,7 млн ед. (~ 85,2 %) – легковые автомобили, около 300 тыс. ед. (~ 14,5 %) – грузовые автомобили, более 3,5 тыс. ед. (~ 0,2 %) – маршрутки, более 2,5 тыс. ед. (~ 0,12 %) – автобусы, более 850 ед. (~ 0,04 %) – трамваи и 700 ед. (~ 0,03 %) – троллейбусы [2].

С увеличением количества транспорта пропорционально будет увеличиваться и интенсивность загрязнения окружающей среды. Дорожный транспорт является основной причиной загрязнения атмосферного воздуха. Так, если около полувека назад по подсчетам ученых-гигиенистов доля загрязнения атмосферы автомобильным транспортом составляла в среднем 13 %, то сегодня она достигла уже 50 % и продолжает увеличиваться. А для промышленных центров и городов доля автотранспорта в общем объеме загрязнений составляет более 70 %, что является серьезной экологической проблемой, которая сопровождает урбанизацию. Наибольшая доля химического загрязнения окружающей среды от наземного транспорта приходится на отработавшие газы двигателей внутреннего сгорания.

Теоретически подразумевается, что при полном сгорании топлива в результате взаимодействия водорода и углерода, которые входят в состав топлива, с кислородом образуется углекислый газ и водяной пар. Реакции окисления при этом имеют вид



На практике, вследствие физико-механических процессов в цилиндрах двигателя, действительный состав отработавших газов гораздо сложнее и включает более двухсот компонентов, основная часть которых токсична (таблица 1).

Таблица 1 – Удельные пробеговые выбросы загрязняющих веществ для различных групп автомобилей

Наименование группы автомобилей	Выбросы, г/км						
	О	NO ₂	СН	Сажа	SO ₂	Формальдегид	Бенза(а)-пирен
Легковые	3,5	0,9	0,8	0,7·10 ⁻²	1,5·10 ⁻²	3,2·10 ⁻³	0,3·10 ⁻⁶

Окончание таблицы 1

Автофургоны и микроавтобусы	8,4	2,1	2,4	$3,8 \cdot 10^{-2}$	$2,8 \cdot 10^{-2}$	$8,4 \cdot 10^{-3}$	$0,8 \cdot 10^{-6}$
Автобусы	5,2	6,1	4,5	0,3	$4,2 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$
Грузовые	7,3	8,5	6,5	0,5	$7,3 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$2,6 \cdot 10^{-6}$

Кроме выхлопных газов в атмосферный воздух попадают твердые частицы, образующиеся при резком торможении автомобиля. При этом трение между покрышками автомобиля и дорожной поверхностью столь велико, что приводит к истиранию дисков сцепления машин, колодок, износу поверхности дорог и резины (до 1,6 кг/год на один автомобиль) [4]. При истирании тормозных колодок в воздух попадают ванадий, хром, никель, молибден, медь. При износе покрышек – цинк, свинец, кадмий [5]. Все это отдельно и в совокупности пагубно сказывается на состоянии здоровья населения. Также этот процесс истирания является причиной плохого качества дорожного покрытия, которое постоянно разрушается из-за больших перепадов температур.

Очевидно, что хорошее состояние дорожного полотна является одним из основных факторов обеспечения безопасности дорожного движения. Тем не менее, по статистике, 70 %–80 % дорожно-транспортных происшествий происходит по вине водителей: либо из-за физической, психической и психологической неспособности водителей к управлению транспортными средствами, либо из-за пониженной способности к такому роду деятельности, либо из-за слабой профессиональной подготовленности к вождению машин, либо, наконец, из-за простой недисциплинированности, невнимательности, небрежности и легкомыслия. Из этого складывается неутешительная картина по ДТП (таблица 2).

Таблица 2 – Статистика по ДТП в г. Санкт-Петербурге

	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Всего ДТП (с пострадавшими)	8222	7243	6104
Погибло людей	412	354	239
Ранено людей	10 004	8512	7208

В автомобильных авариях ежегодно гибнут десятки тысяч людей. Подобные цифры во много раз превышают количество погибших в авиа- и других катастрофах. Количество погибающих людей действительно ужасает, но вот когда речь заходит о раненых в ДТП людях, не все осознают, что эти цифры не так безобидны, как может показаться на фоне погибших.

Травматизм при дорожно-транспортных происшествиях – одна из наиболее частых бед, которыми человечество расплачивается за удобства, обретенные с техническим прогрессом. В настоящее время остро стоит проблема интенсивного роста автодорожных травм, которые по распространенности стоят на первом месте. В мире, по данным статистических исследований, среди всех травм переломы и повреждения внутренних органов составляют 60 %–80 % и 40 %–50 % соответственно. Общая летальность при ДТП, связанная непосредственно с этими травмами, в 12 раз выше, чем по другим причинам, также наблюдается рост инвалидности в 6 раз. Пострадавшие нуждаются в госпитализации в 7 раз чаще. Больничная летальность таких больных в 4,5 раза превышает летальность пострадавших от других причин. Более половины (52,3 %) летальных исходов при ДТП наступают на месте происшествия, 38,3 % – в стационаре, 6 % – в приемных отделениях больниц и 2,5 % – при транспортировке пострадавших [6]. Несоблюдение правил дорожного движения зачастую приводит к трагичным последствиям. Как показывает практика, многие травмы, полученные в результате ДТП, приводят к инвалид-

ности, а также нередко к летальным исходам. Одними из распространенных травм в результате автодорожных происшествий являются черепно-мозговые травмы, переломы позвоночника, ребер, при повреждении которых может развиваться пневмоторакс или гемоторакс и внутреннее кровотечение при разрыве паренхиматозных органов. Повреждения черепа и головного мозга составляют 30 %–50 % всех травм. У 20 % пострадавших встречается тяжелая, у 30 % – средней тяжести и у 50 % – легкая черепно-мозговая травма. Более чем в 30 % случаев черепно-мозговая травма сочетается с алкогольным опьянением. По статистике, чаще всего возникают переломы в поясничном отделе позвоночника, это примерно 45 %–50 % от общего числа случаев. 40 %–45 % приходится на грудной отдел и 5 %–15 % – на шейный отдел. Также не редкость внутреннее кровотечение – состояние, при котором кровь изливается либо в естественную полость организма, либо в пространство, искусственно образованное излившейся кровью. Следует учитывать, что внутричерепное кровотечение может развиваться не только сразу после травмы, но и спустя несколько часов или даже дней, иногда – на фоне полного благополучия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализируя все выше изложенное, я предлагаю, в рамках города или отдельно взятой области, отказаться от привычных для нас автобусов и легковушек. На этой территории не будет никакого другого транспорта, кроме компактных транспортных модулей (ТМ), с одним или максимум двумя посадочными местами. Этого будет вполне достаточно, так как, по статистике, в будний день в каждом автомобиле едет 1,3 человека, если быть совсем точным – 1,34, а в выходной – 1,7, с сотыми долями это 1,66 [7]. Это позволит существенно увеличить проходной поток, и как следствие, снизить риск заторов, а значит, мы сохраним драгоценное время. Будет проще парковать и хранить транспортное средство, на это потребуется раза в 3 меньше площади, и, может, тогда наши газоны и тротуары не будут заставлены машинами. ТМ будет оснащен электродвигателем, что позволит сохранить окружающую среду и наше здоровье. В связи с отказом от ДВС мы избавимся не только от вредных выхлопных газов, но и повысим класс пожарной и взрывобезопасности транспортного средства, так как больше не потребуется использование масел, антифризных и прочих жидкостей. Также конструкция такой электромашины намного проще конструкции машины с ДВС, а значит, они будут практичнее и дешевле в техобслуживании и, как следствие, быстрее себя окупят. И самое главное, это будет полностью самоуправляемый транспорт, оснащенный всем необходимым оборудованием для автопилотирования. Это позволит снизить до нуля вероятность ДТП и его последствия. ТМ будут полностью синхронизированы между собой, и это даст возможность добираться до нужного пункта без остановок. Добравшись, вы просто дадите команду припарковаться в ближайшем месте для подзарядки, а сами пойдете по делам. Больше не понадобятся светофоры, дорожная разметка, дополнительное дорожное освещение, что позволит сохранить вид города и перераспределить бюджет на другие нужды. ТМ смогут пользоваться как общественным транспортом и дети, и пожилые люди. Необходимые датчики весь путь будут анализировать состояние пассажира и докладывать обстановку родителям или родственникам. В случае, если человеку станет плохо, ТМ изменит маршрут и доставит до ближайшего места, где смогут оказать помощь.

Это не фантастика. Сегодня есть немало разработок в данной области, поэтому нам ничто не мешает создавать будущее сегодня!

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. URL : <https://www.autostat.ru/news/29682/>. – Дата доступа : 12.04.2018.

2. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Общественный_транспорт_Санкт-Петербурга. – Дата доступа : 18.04.2018.
3. Сотникова, М. В. Анализ и прогнозирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от автотранспортного комплекса / М. В. Сотникова [и др.] // Экология и Промышленность России. – 2008. – № 7. – С. 29–31.
4. Дементьев, А. А. Влияние автомобильного транспорта на качество жизни горожан, проживающих на разной удаленности от автомобильных дорог / А. А. Дементьев [и др.] // Российский медико-биологический вестник им. академика И. П. Павлова. – 2016. – № 3. – С. 67–73.
5. Егорова, О. С. Оценка вклада автотранспортных потоков в загрязнение атмосферного воздуха г. Казани / О. С. Егорова [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – № 16. – С. 141–142.
6. Стяжкина, С. М., Бобылев М. К., Коршунов Д. В. Политравма в дорожно-транспортных происшествиях / С. М. Стяжкина, М. К. Бобылев, Д. В. Коршунов // Современные аспекты медицины и биологии : материалы XI межвузов. науч. конф. молодых ученых и студентов, 25–28 апр. 2011 г., г. Ижевск. – Ижевск, 2011. – С. 53.
7. Утин, И. Ю. Тяжелая сочетанная автодорожная травма в клинической практике // Трудные и нестандартные ситуации в хирургии и клинической практике : сб. науч. тр. 8 выпуск / И. Ю. Утин [и др.] ; под ред. Стяжкиной С. Н., Ситникова В. А., Проничева В. В. – Ижевск, 2015. – С. 146.
8. URL : <https://proboknet.livejournal.com/270737.html>. – Дата доступа : 21.04.2018.
9. Бышов, Н. В. Навигация транспорта с использованием RFID-технологии / Н. В. Бышов [и др.] // Материалы X международной науч.-практ. конф., посв. 85-летию со дня рождения д. т. н., профессора Л. Г. Резника, 16 марта 2017 г. – С. 17.



ПАРАДИГМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Д. В. Капский, доктор технических наук, доцент, декан автотракторного факультета Белорусского национального технического университета, профессор кафедры «Транспортные системы и технологии», главный научный сотрудник Научно-исследовательского центра дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт», г. Минск, Беларусь

В докладе рассмотрен вопрос изменения значимости безопасности дорожного движения в ретроспективном подходе. Определены некоторые тенденции развития методов и практик повышения безопасности дорожного движения. Приведены перспективные мероприятия по повышению безопасности, в также качества движения в целом.

ВВЕДЕНИЕ

В советской литературе для обозначения аварии в дорожном движении получил широкое распространение предложенный В. Лукьяновым [1] термин «дорожно-транспортное происшествие» (ДТП). Однако он не является ни совершенным, ни окончательным. Известен и широко применяется общепринятый термин «авария» – железнодорожная, морская, авиационная... В каждой из них также участву-

ет соответствующий вид транспортного средства. Поскольку термин «дорога» означает, в основном, автомобильную дорогу, которой пользуются известные виды транспортных средств и пешеходы, то термин «дорожная авария», а в контексте дорожного движения – просто «авария» является вполне определенным и достаточным. В зарубежной литературе также применяется термин «дорожная авария» – *roadaccident* – и никаких упоминаний о ДТП не встречается. Поэтому в данном докладе для обозначения понятия «аварии в дорожном движении» и будет применяться термин «авария».

Существует несколько определений понятия аварии. Например, в работах [2], [3], [4], [5] дается такое: «ДТП (авария) – это событие, нарушающее процесс дорожного движения, которое возникает в результате потери возможности управлять транспортным средством и сопровождается гибелью, ранением людей, нанесением материального ущерба». Имеются и другие определения аварии. Все они практически сходятся на том, что авария – это нарушение нормального процесса дорожного движения, что в нем участвовало движущееся транспортное средство и что это нарушение привело к физическому повреждению машин, грузов, дорог, обустройства, крупных животных, людей.

Приведенное в действующих (2013 г.) Правилах дорожного движения определение аварии: «Дорожно-транспортное происшествие – происшествие, совершенное с участием хотя бы одного находившегося в движении механического транспортного средства, в результате которого причинен вред жизни или здоровью физического лица, его имуществу либо имуществу юридического лица» – является не совсем корректным, поскольку в нем отсутствует основополагающее условие – нарушение процесса дорожного движения. Например, в движущемся автомобиле с выставленной в окно руки водителя или пассажира упали и разбились вдребезги страшно дорогие наручные часы, либо два пассажира на заднем сиденье повздорились и разбили друг другу лицо, либо пассажиру стало плохо, он упал и умер. Здесь есть все: движущийся автомобиль, происшествие, вред имуществу, здоровью и даже жизни. Но аварии (ДТП) нет, потому что нет нарушения нормального процесса дорожного движения.

АВАРИЙНОСТЬ КАК ИЗДЕРЖКА НОРМАЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДВИЖЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЕ ВЗГЛЯДОВ НА ПРОБЛЕМУ ЕЕ СНИЖЕНИЯ, В ТОМ ЧИСЛЕ И ТЯЖЕСТИ ПОСЛЕДСТВИЙ

Концепция последовательной смены парадигм обеспечения БДД была сформирована рядом британских и американских специалистов на рубеже 1960–1970-х годов. Парадигма – это система взглядов, подходов, практик в сфере БДД, которая имеет место в определенные периоды приспособления общества к мирному сосуществованию с растущим количеством автомобилей [6], [7]. Эволюция парадигм безопасности дорожного движения:

- парадигма I – 1900–1925/1935 гг.;
- парадигма II – 1925/1935–1965/1970 гг.;
- парадигма III – 1965/1970–1980/1985 гг.;
- парадигма IV – 1980/1985–2011 гг.;
- парадигма V – 2011 г. – по настоящее время.

Пути развития

«Нулевая» (доавтомобильная) парадигма – это своего рода наследие, которое накопилось в эпоху гужевого транспорта и оказалось во многом базовым для всех дальнейших шагов в области обеспечения БДД.

Первая парадигма обеспечения БДД формировалась и утверждалась в период начального роста автомобилизации, т. е. примерно до середины 1920-х годов в США и до начала Второй мировой войны в Западной Европе, Канаде, Австралии.

Вторая парадигма господствовала в США до начала, а в прочих развитых странах примерно до середины 1960-х годов. Рамки второй парадигмы были в основном очерчены в материалах Президентской конференции по безопасности дорожного движения, которую президент США Гарри Трумэн провел в 1946 г. [Presidential Highway Safety..., 1946].

В этот период развития автомобилизации проявилась, в точном соответствии с законом Смида, четкая тенденция снижения транспортных рисков. Одновременно продолжалось возрастание числа абсолютных цифр смертности в ДТП и социальных рисков.

Продолжают развиваться и распространяться по миру институты, заложенные в эпоху первой парадигмы, прежде всего упомянутая выше система дорожных фондов. Тем самым в правовом самосознании автовладельцев десятков стран мира накрепко утверждаются принципы универсальной платежной ответственности и равенства доступа к дорожной сети и соответственно обязательности соблюдения установленных на ней правил транспортного поведения.

В связи с признанием ключевыми причинами аварийности индивидуальных особенностей водителей, их неадекватных моральных качеств и умений была принята на вооружение концепция «трех Е» (Enforcement, Education, Engineering – принуждение, обучение, проектирование), предложенная еще в 1920-е годы американским экспертом по автострахованию Джулианом Харвеем.

Соответственно акцент был сделан на сферу навыков, умений и психологии водителей.

В рамках этой концепции, в частности, было признано непродуктивным отнесение аварий, особенно аварий со смертельным исходом, на сопутствующие неудовлетворительные дорожные условия. Речь здесь идет о том, что автовладелец в качестве налогоплательщика, избирателя, члена городского сообщества может и должен добиваться от властей всех уровней обеспечения нормальных, во всяком случае безопасных, дорожных условий. Однако тот же автовладелец в качестве водителя, правильно обученного (education) и правильно мотивированного (enforcement), обязан адаптироваться к фактическим дорожным условиям, т. е. выбирать режимы движения, позволяющие во всех случаях избегать аварий с тяжкими последствиями.

Тогда же возникает концепция «3D» (Dangerous, Drunk and Drugged Driving), суть которой сводится к выявлению и пресечению фактов опасного вождения, а также вождения в состоянии алкогольного и/или наркотического опьянения. На первое место в этой триаде неслучайно ставится именно опасное вождение, признаки которого можно и должно сделать предметом эффективного контроля: не все водители, практикующие опасное вождение, находятся под воздействием алкоголя, и не все водители, употреблявшие алкоголь, управляют автомобилем опасно. Очевидно, что опасное вождение может быть вызвано не только алкоголем и наркотиками, но и многими прочими причинами; например, уверенностью в безнаказанности.

В эпоху второй парадигмы впервые в явном виде формулируется постулат: приоритет на городской улице принадлежит немоторизованным участникам дорожного движения. Утверждается в качестве универсального правила абсолютный приоритет пешехода, вступившего на наземный переход типа «зебра». Вводятся жесткие (не более 50 км/ч) ограничения скорости движения по всей территории городской застройки (30 mph speed limit in built-up areas). В зарубежной литературе при этом принято ссылаться на психофизиологический Закон Вебера – Хефнера «1:10»: там, где по тротуару ходят пешеходы (в среднем со скоростью до 5 км/ч), автомобили не могут ездить по улице быстрее чем 50 км/ч, иначе пешеход будет испытывать психологический дискомфорт.

В связи с этим характерен лозунг, сформулированный в монографии В. Вучика «Транспорт в городах, удобных для жизни»: «...жилые улицы должны быть конвертированы в улицы с низкими скоростями движения и запрещенным сквозным проездом...» [Вучек, 2011]. Этот лозунг появился на основе обширного опыта городов Западной Европы и стал основанием для широкого распространения подобной практики в развитых неевропейских странах.

Получают большую популярность гуманные концепции местной уличной сети: зеленые улицы – *greenstreets*; совершенные улицы – *completestreets*; удобные для жизни улицы – *livablestreets*. Устраиваются разнообразные по формату зоны ограниченного автомобильного доступа: от классических пешеходных зон до нововведений типа: зона ограниченного доступа (*limited access area*) или зона сдерживания скорости движения (*traffic calming area*).

Практика «прощающей ошибки среды»

Как известно, человеческие ошибки неизбежны, поэтому задача организатора движения заключается в создании системы, «терпимой к несовершенствам и ошибкам человека и учитывающей его физическую уязвимость». Главными компонентами этой системы, наряду с упомянутыми гуманитарными факторами, являются «безопасный автомобиль» и «прощающая инфраструктура».

Идеология «безопасного автомобиля» исходит из необходимости компенсации человеческих несовершенств посредством все более изощренных средств пассивной и активной безопасности, в первую очередь ИКТ-систем и гаджетов различного назначения. В их числе системы и средства, способные:

- обеспечивать автоматическое торможение и принудительное ограничение скорости по факту опасности, предотвращать наезд на препятствие;
- контролировать соблюдение дорожной разметки, отслеживать «мертвые зоны»;
- осуществлять самостоятельную парковку в стесненных условиях;
- предупреждать водителя об усталости и утрате концентрации, реагировать на голосовые команды и т. п.

Идеология «прощающей инфраструктуры» заключается в том, что сама конструкция дороги должна компенсировать несовершенство человека, в том числе его склонность к допущению ошибок и физическую хрупкость. Техническая сторона дела сводится к продвижению вполне разумных и традиционных проектных решений в части геометрических параметров автомобильных дорог и элементов их инженерного обустройства, а также некоторых новых идей в рамках «Smart Roads».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Аварийность – одна из самых тяжелых и трагических издержек дорожного движения. Если экономические и экологические издержки почти равномерно распределяются между всеми членами общества, то аварийные концентрируются на отдельных участниках движения. И если на чью-то долю выпадает несчастье, то эти люди, как правило, остаются один на один без существенной помощи общества. Страховое возмещение в этих случаях на постсоветском пространстве настолько мизерно – стоимость жизни сопоставима со стоимостью автомобиля малого класса, что говорить о реальной компенсации не приходится. Для участников движения аварийные издержки и связанные с ними потери являются в тысячу раз важнее других видов издержек, скажем, экономических или экологических. И забота о своей (и других) безопасности должна быть главным побуждением любого участника движения, поскольку в

большинстве аварий значительная доля вины лежит на самих участниках, так или иначе принявших неверное решение. В то же время забота о повышении безопасности дорожного движения должна быть делом государственной важности и государство должно принимать возможные меры по обеспечению безопасности дорожного движения.

Аварийность в дорожном движении имеет большие масштабы. Ежегодно в мире происходит около 100 млн аварий, в которых погибает свыше 1 млн человек и около 20 млн получают ранения, а суммарные аварийные потери, по оценкам, превышают 500 млрд долларов. В Республике Беларусь ежегодно происходит около 100 тысяч аварий. Только в 2015 году погибли в авариях 664 человека и 4424 ранены, а суммарные аварийные потери оцениваются суммой порядка 400 млн долларов.

Именно поэтому повышение безопасности дорожного движения в Республике Беларусь является делом государственной важности и им должны заниматься грамотные и опытные специалисты. Надеемся, что данная информация будет способствовать передаче знаний, умений и навыков в области безопасности дорожного движения молодому поколению.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукьянов, В. В. Безопасность дорожного движения / В. В. Лукьянов. – М. : Транспорт, 1982. – 262 с.
2. Об утверждении Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь : постановление Совета Министров Республики Беларусь от 14 июня 2006 г. № 757
3. Врубель, Ю. А. Опасности в дорожном движении : монография / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский. – М. : Новое знание, 2014. – 244 с.
4. Elvik, R., Høyе, A., Vaa, T., Sørensen, M. The Handbook of Road Safety Measures (Chapter 3 and Chapter 4). – 2009.
5. Капский, Д. В. Прогнозирование аварийности в дорожном движении : монография / Д. В. Капский. – Минск : БНТУ, 2008. – 243 с.
6. Блинкин, М. Я. Качество институтов и транспортные риски / М. Я. Блинкин, А. В. Сарычев. – М. : Некоммерческое партнерство «Научно-исследовательский институт транспорта и дорожного хозяйства», 2008. – 90 с.
7. Блинкин, М. Я. Безопасность дорожного движения : история вопроса, международный опыт, базовые институции / М. Я. Блинкин, Е. М. Решетова. – М. : Высшая школа экономики, 2013. – 240 с.



МЕРЫ СДЕРЖИВАНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Д. В. Капский, доктор технических наук, доцент, декан автотракторного факультета Белорусского национального технического университета, профессор кафедры «Транспортные системы и технологии», главный научный сотрудник Научно-исследовательского центра дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт», г. Минск, Беларусь

А. В. Коржова, магистр технических наук, научный сотрудник Научно-исследовательского центра дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт», г. Минск, Беларусь

Д. В. Мозалевский, магистр технических наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского центра дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт», г. Минск, Беларусь

И. Г. Гамульский, магистр технических наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского центра дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт», г. Минск, Беларусь

Н. В. Артюшевская, инженер 2 категории Научно-исследовательского центра дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт», г. Минск, Беларусь

В докладе рассмотрены вопросы практического применения различных мер сдерживания скорости движения в Республике Беларусь. Приведены результаты экспериментальных исследований скоростей движения при применении некоторых из них. Выполнена оценка эффективности путем расчета потерь в дорожном движении при существующей организации движения и после применения мер сдерживания скорости. Даны некоторые рекомендации по применению отдельных мер снижения скоростного режима.

ПОДХОДЫ К СДЕРЖИВАНИЮ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ

Под термином «успокоение» движения понимают принудительное снижение скорости движения автомобилей [1–3], [4], [5]. В Республике Беларусь «успокоение» движения в последние годы обеспечивается в основном принудительным (физическим) ограничением скорости движения транспортных средств путем установки искусственных неровностей.

Возникновение и применение искусственных неровностей связано со значительным ростом аварийности во второй половине прошлого столетия, ставшим в ряде стран национальной проблемой. Особенно это коснулось западноевропейских стран с высокой плотностью населения и особенностями планировки населенных пунктов с узкими улицами исторически сложившейся застройки. Поиски решения проблемы, которые часто велись по «горячим следам», привели к требованиям резкого снижения скорости движения автомобилей [6], [7]. Вначале были попытки реализовать это путем установки множества дорожных знаков ограничения скорости, однако особого эффекта это не дало, поскольку чем больше устанавливалось ограничений и чем жестче они были, тем больше водителей их нарушало. В разных странах доля нарушителей была различной, однако порядок цифр оставался стабильным: 75 %–95 % водителей нарушали требования ограничения скорости.

Для снижения уровня опасности конфликтов между участниками движения и снижения скорости на улицах районного значения, а также жилых территориях, в рамках подхода по успокоению движения применяют некоторые меры физического воздействия: искусственные неровности различных видов (хампы и бампы) и приподнятые участки проезжей части; разделительные полосы, островки, сужения проезжей части, боковые резервные полосы; зигзаги и кольцевые развязки малого радиуса; порталные конструкции; комбинирование мер сдерживания скорости.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕР СДЕРЖИВАНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ

С целью снижения скорости широко применяются разделительные полосы, островки безопасности и сужения проезжей части. На центральных разделительных и боковых резервных полосах, а

также островках безопасности (рис. 1) может быть установлено различное ограждение, посажены кустарники или ряды деревьев в зависимости от желаемого дополнительно эффекта.

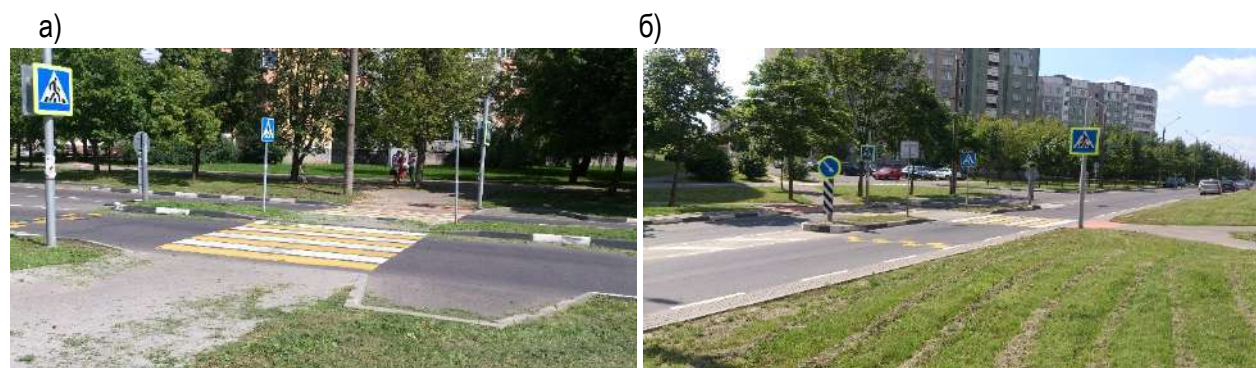


Рисунок 1 – Обустройство пешеходного перехода с применением островка безопасности (а – ул. Голубева, 28, г. Минск; б – пр. газеты «Звезда», 56, г. Минск)

Боковые резервные полосы и островки безопасности (рис. 2 и 5) ограничивают ширину проезжей части и определяют движение пешеходов и велосипедистов от движения транспорта. Часто резервные боковые полосы озеленяют. Разрывы в боковых полосах указывают пешеходам безопасное место для перехода улицы.

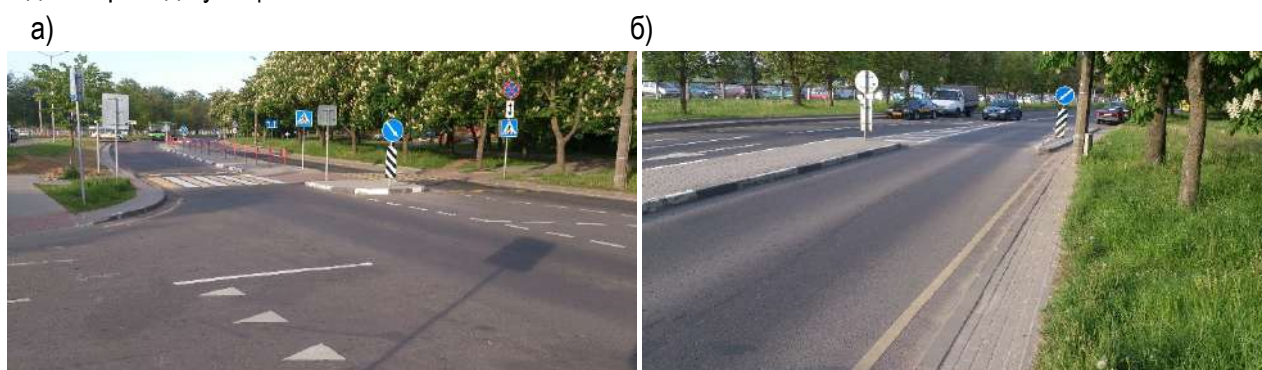


Рисунок 2 – Применение островков безопасности (а), сужений проезжей части и резервных полос (б) (ул. Уборевича, 78, г. Минск)

На подходах к пешеходным переходам, оборудованным искусственными неровностями и островками безопасности по методике БНТУ проводились исследование мгновенной скорости движения (рис. 3).

Определялись параметры распределения скоростей, такие как математическое ожидание, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации:

$$\bar{V} = \frac{\sum (V_i \cdot n_i)}{\sum n_i}, \text{ км/ч; } \sigma_V = \sqrt{\frac{\sum (V_i - \bar{V})^2 \cdot n_i}{\sum n_i}}, \text{ км/ч; } I_V = \frac{\sigma_V}{\bar{V}},$$

где V_i – скорость данного замера (или средняя скорость данной группы), км/ч;

n_i – число замеров, соответствующих данному значению скорости (или входящих в данную группу).

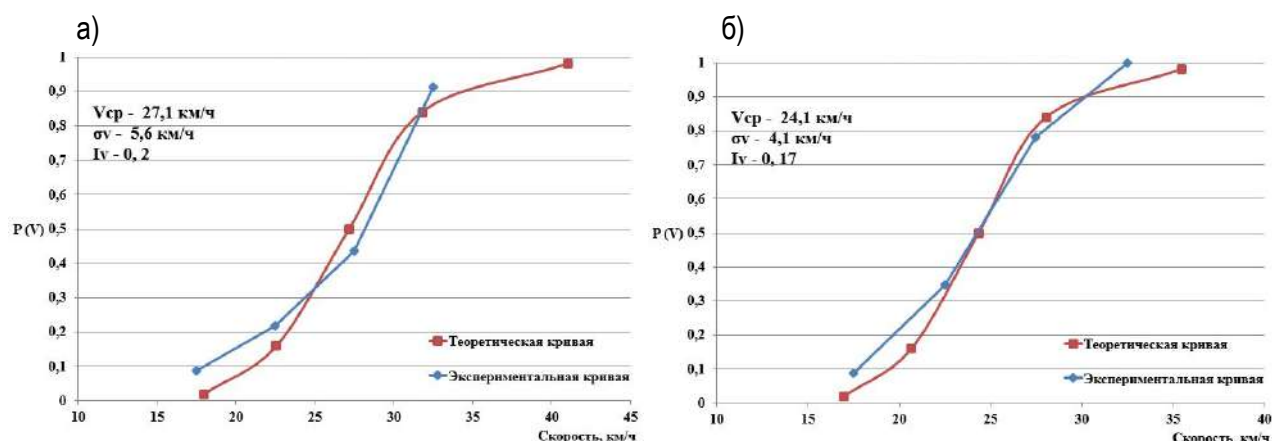


Рисунок 3 – Мгновенная скорость движения на подходах к пешеходному переходу по ул. Голубева, 28, оборудованному искусственной неровностью и островком безопасности (а – по ул. Голубева со стороны пр. газеты «Звезда»; б – по ул. Голубева со стороны ул. Рафиева)

Значительное снижение экономических и экологических потерь наблюдается при применении сужений на улицах с односторонним движением (рис. 4).

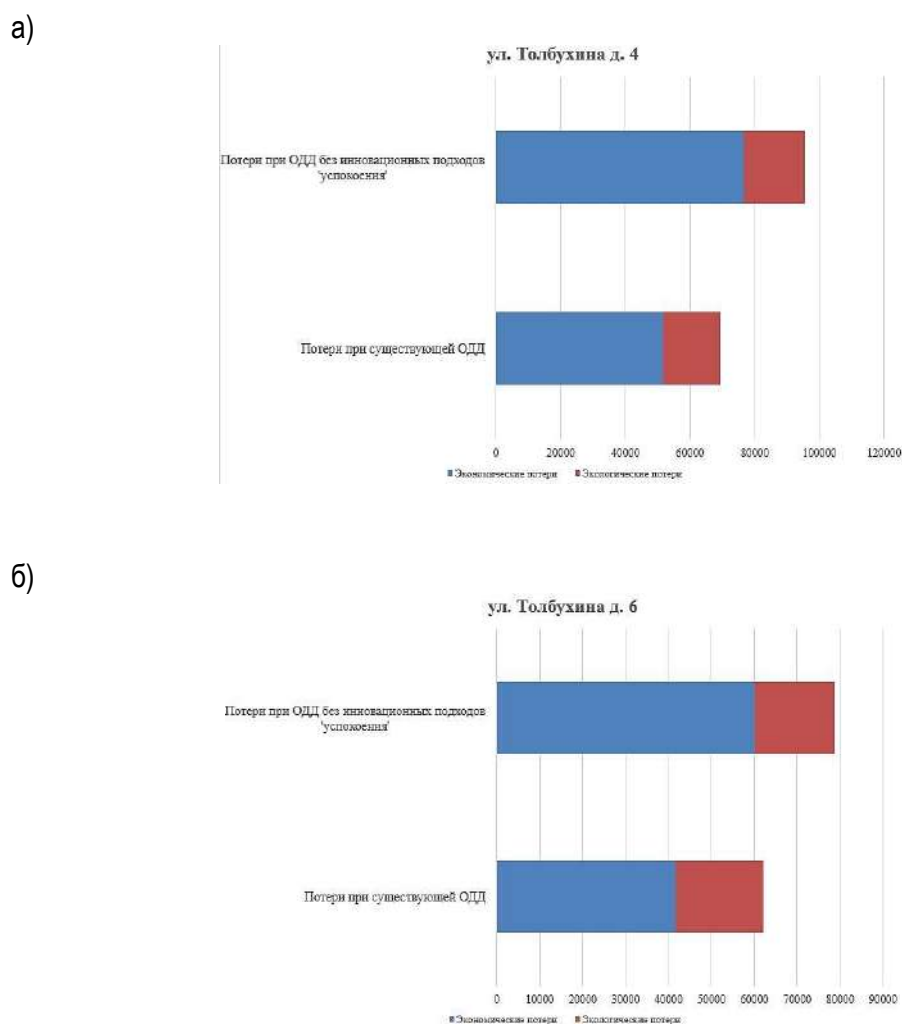


Рисунок 4 – Экономические и экологические потери на участке улицы с односторонним движением (а – ул. Толбухина, 4, Минск; б – ул. Толбухина, 6, Минск)

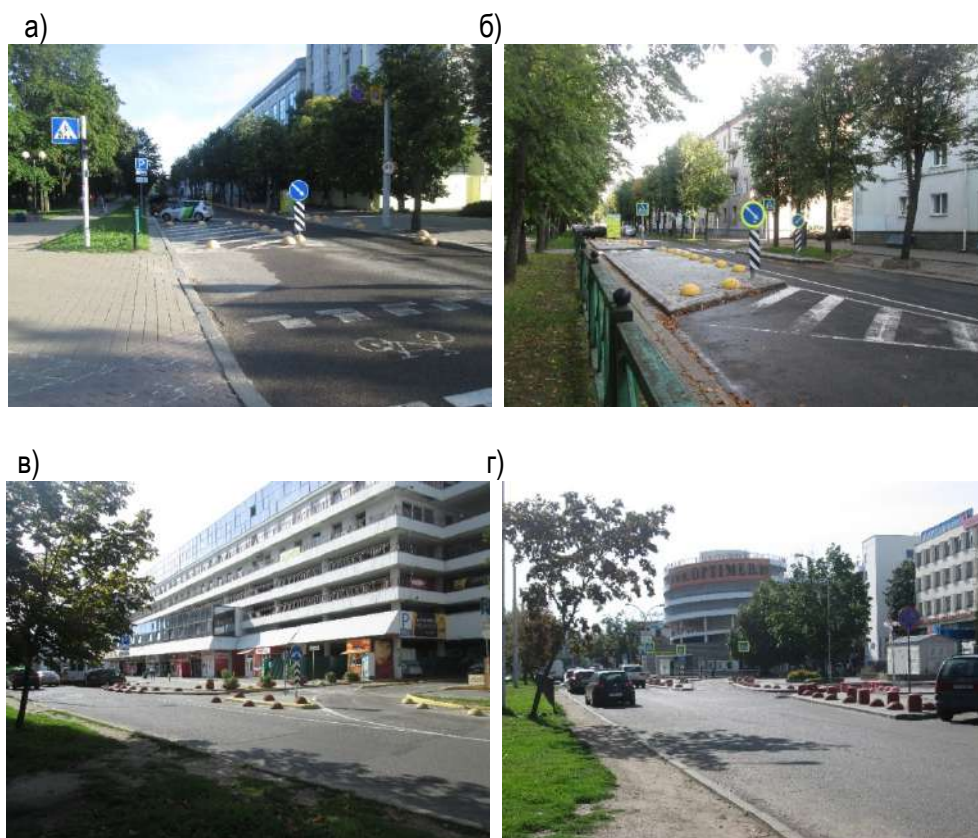


Рисунок 5 – Применение сужений проезжей части на улице с односторонним движением
(а, б – ул. Толбухина, г. Минск; в, г – ул. Кульман, г. Минск)

«Зигзаги» и кольцевые развязки

Широкое применение нашли зигзаги и кольцевые развязки малого радиуса (рис. 6 и 7).

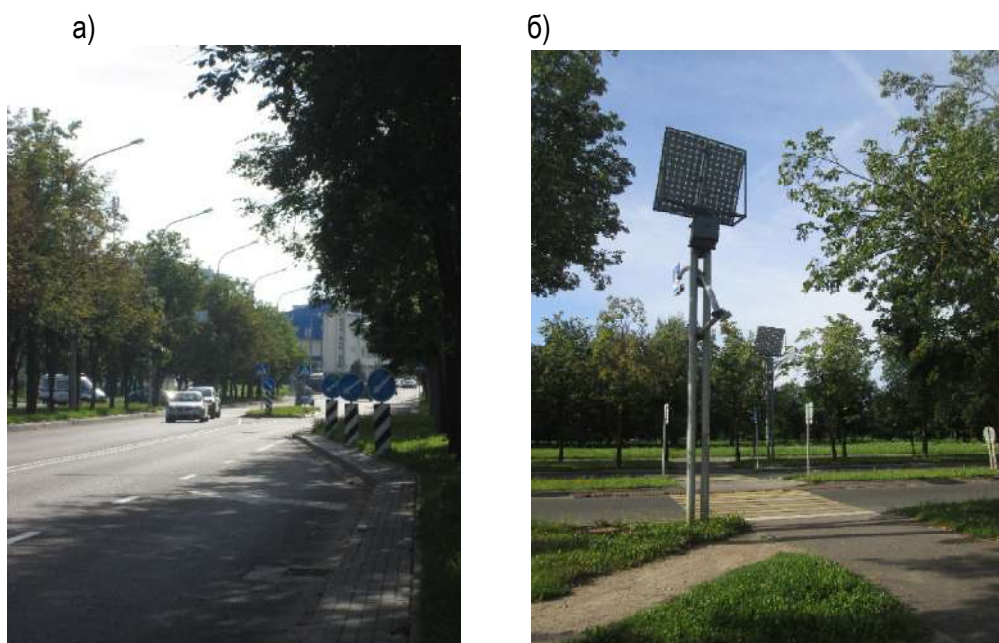


Рисунок 6 – Применение зигзага на участке улицы (ул. Некрасова, 112, г. Минск)

«Зигзаги» и кольцевые развязки малого радиуса применяются на дорогах с разрешенной скоростью движения до 60 км/ч. Целью их применения является визуальное прерывание прямой сквозной перспективы движения.



Рисунок 7 – Применение кольцевых развязок малого радиуса (ул. Мележа, г. Минск)

Портальные конструкции

Портальные конструкции (рис. 8) создают впечатление въезда в зону с другими условиями движения, которые требуют смены транспортного поведения (снижение скорости движения, повышение внимательности к условиям движения).



Рисунок 8 – Применение портальной конструкции (ул. Орловская, г. Минск)

Комбинирование мер сдерживания скорости

Очень часто применяется комбинирование мер сдерживания скорости. Зональное комбинирование – комбинирование различных мер для регулирования скорости движения в границах городской зоны – состоит из следующих компонентов (рис. 9):

- сужение проезжей части до одной полосы, а также приподнятый пешеходный переход;
- сужение проезжей части до одной полосы, а также искусственная неровность;
- зигзаг с сужением до одной полосы;
- зигзаг с приподнятым пешеходным переходом;
- зигзаг с сужением и устройством искусственной неровности;
- прерывание прямой перспективы транзитного движения.

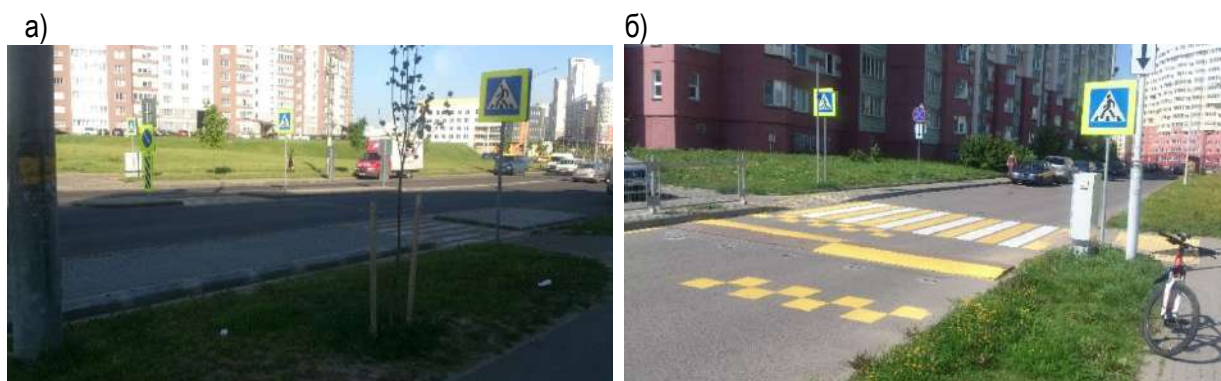


Рисунок 9 – Комбинированное применение сужений проезжей части, искусственных неровностей и светодиодных ламп, установленных у основания искусственной неровности (а – ул. Я. Чечота, 21, г. Минск; б – ул. Я. Чечота, 20, г. Минск)

Необходимо отметить, что практически все из приведенных решений были предложены и обоснованы специалистами Научно-исследовательского центра дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательская часть». Критерием применимости данных решений является минимум суммарных потерь в дорожном движении.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существует необходимость в эффективных комплексных мерах по управлению скоростью на местном, государственном, региональном и международном уровнях.

Все мероприятия должны планироваться и осуществляться в рамках концепции снижения скорости. Главной целью внедрения новых подходов в организации дорожного движения должно быть создание безопасных и комфортных условий для их участников, чтобы сохранить жизни людей [8], [7–9].

Отношение к «успокоению» движения и его методам изменяется. В частности, уже прошло повальное увлечение принудительным ограничением скорости с помощью искусственных неровностей и они, в основном, остались лишь на отдельных малонагруженных улицах и дворовых территориях.

Что касается искусственной неровности, то при малых нагрузках она имеет примерно одинаковую аварийную эффективность со светофорным регулированием, но значительно уступает ему (особенно при координации) по экономике и экологии (от 5 до 10 и более раз). Каждая искусственная неровность обходится стране (в данном случае в г. Минске) примерно по 100 тыс. долл./год, в то время как светофор, особенно при координации, – менее 20 тыс. долл./год. На основании результатов исследова-

ний и с учетом международного опыта рекомендуется допускать установку искусственных неровностей лишь в жилых зонах и на приравненных к ним дворовых территориях, где скорость законодательно ограничена. В виде исключения – на местных улицах с суммарной интенсивностью движения менее 120 авт./ч в обоих направлениях, например, на спуске перед школой. Во всех остальных случаях она должна быть заменена иным решением, устраняющим причины опасности: временным ограничением скорости с видеоконтролем, светофорным регулированием и т. д.

Предлагается любое решение по организации движения оценивать по критерию минимизации суммарных потерь в дорожном движении. Для этого разработана комплексная методика оценки эффективности. Предложения нашли отражение в ТКП 45-3.03-227 «Улицы населенных пунктов. Строительные нормы проектирования», ТКП 45-3.01-116 «Градостроительство. Населенные пункты. Нормы планировки и застройки», ДМД 02191.3.020-2009 «Методика оценки эффективности внедрения мероприятий по организации дорожного движения» и др.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Räsänen, M. Effects of a rumble strip barrier line on lane keeping in a curve / M. Räsänen // *Accident Analysis & Prevention*. – 2005. – 37 (3). – P. 575–581.
2. R. Jaeger, Randel. Traffic calming – speed humps effect / Randel R. Jaeger // Des Plaines Fire Department, Illinois [Electronic resource]. – 2008. – Mode of access : <http://www.usfa.dhs.gov/pdf/efop/efo-42774.pdf>. – Date of access : 14.10.2016.
3. Handbook for Local and Inter-Community Transportation Planning in Maine // Implementing Maine's Sensible Transportation Policy Act through Coordinated Transportation and Land Use Planning [Electronic resource]. – 2008. – Mode of access : <http://www.maine.gov/mdot/planningdocuments/stpa/-handbook/SensibleTransportation092908.pdf>. – Date of access : 25.07.2016.
4. Капский, Д. В. Применение методов сдерживания скорости в крупных городах / Д. В. Капский, А. В. Коржова // *Reliability and Statistics in Transportation and Communication: Proceedings 6th International Conference, Riga, Latvia, 25–28 october 2006* / Transport and Telecommunication Institute. – Riga, 2006. – P. 144–148.
5. Капский, Д. В. Городской дизайн – способ повышения качества дорожного движения / Д. В. Капский, А. В. Коржова // *Проблемы безопасности на транспорте : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. / Белорус. гос. ун-т транспорта ; под общ. ред. В. И. Сенько. – Гомель, 2012. – С. 18–19.*
6. Interim Evaluation of the Implementation of 20 mph Speed Limits in Portsmouth: Final Report // Department for Transport [Electronic resource]. – 2010. – Mode of access : <http://www.dft.gov.uk/pgr/roadsafety/speedmanagement/20mphPortsmouth/pdf/20mphzoneresearch.pdf>. – Date of access : 12.04.2016.
7. S. R. Jones. Traffic calming policy can reduce inequalities in child pedestrian injuries: database study / S. R. Jones [et. al] // *Injury Prevention*. – 2005. – Vol. 11 (3). – P. 152–156.
8. <http://gaiminsk.by/statistika>. – Дата запоса : 02.08.2016.
9. Концепция нулевой смертности // Vision Zero Initiative Traffic Safety by Sweden [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://www.visionzeroinitiative.com/ru/concept/>. – Дата доступа : 19.03.2017.
10. The Project // Vision Zero Oregon Neighbors Working for Safer Streets [Electronic resource]. – Mode of access : <http://www.visionzerooregon.org/the-project/>. – Date of access : 19.03.2016.
11. Whitelegg, John. VISION ZERO: Adopting a Target of Zero for Road Traffic Fatalities and Serious Injuries / John Whitelegg, Gary Haq. – Stockholm, Sweden : Stockholm Environment Institute, 2006. – 107 p.

12. Врубель, Ю. А. Определение потерь в дорожном движении : монография / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский, Е. Н. Кот. – Минск : БНТУ, 2006. – 240 с.
13. Капский, Д. В. Аудит безопасности дорожного движения : монография / Д. В. Капский [и др.]; науч. ред. Д. В. Капский // Мин-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 428 с.
14. Капский, Д. В. Транспорт в планировке городов : конспект лекций / Д. В. Капский, А. В. Коржова, С. В. Скирковский / С грифом УМО по образованию области транспорта и транспортной деятельности. – Минск : БНТУ, 2015. – 134 с.
15. Preston, P. A surge of the humps. Sleeping policemen sprout with the daffodils. But it's more to do with budgets than braking / P. Preston // The Guardian [Electronic resource]. – Monday 27 March 2006. – Mode of access : <http://www.guardian.co.uk/commentisfree/2006/mar/27/comment.transport>. – Date of access : 12.07.2016.
16. Приложение 2. Меры сдерживания скорости движения транспортных средств // Разработка программы мероприятий по повышению безопасности движения на участках концентрации ДТП на дорогах общего пользования Архангельской области [Электронный ресурс]. – 2003. – Режим доступа : http://www.ador.ru/data/files/static/audit_07.pdf. – Дата доступа : 12.07.2016.



ЭФФЕКТИВНОСТЬ НЕКОТОРЫХ МЕР СДЕРЖИВАНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ

Д. В. Капский, доктор технических наук, доцент, декан автотракторного факультета Белорусского национального технического университета, профессор кафедры «Транспортные системы и технологии», главный научный сотрудник Научно-исследовательского центра дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт», г. Минск, Беларусь

А. В. Коржова, магистр технических наук, научный сотрудник Научно-исследовательского центра дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт», г. Минск, Беларусь

Д. В. Мозалевский, магистр технических наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского центра дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт», г. Минск, Беларусь

И. Г. Гамульский, магистр технических наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского центра дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт», г. Минск, Беларусь

Н. В. Артюшевская, инженер 2 категории Научно-исследовательского центра дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт», г. Минск, Беларусь

В докладе приведен анализ существующих мер и практик применения различных вариантов сдерживания скоростей движения транспортных средств, основанных на физических и психофизиологических аспектах воздействия на их водителей. Выполнен анализ эффективности применения самых распространенных мер сдерживания скорости – искусственных неровностей. Предложены некоторые рекомендации по их применению.

СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕРЫ И ПРАКТИКИ СДЕРЖИВАНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ

Под термином «успокоение» движения понимают принудительное снижение скорости движения автомобилей [1–3]. В Республике Беларусь «успокоение» движения в последние годы обеспечивается в основном принудительным (физическим) ограничением скорости движения транспортных средств путем установки искусственных неровностей.

Возникновение и применение искусственных неровностей связано со значительным ростом аварийности во второй половине прошлого столетия, ставшим в ряде стран национальной проблемой. Особенно это коснулось западноевропейских стран с высокой плотностью населения и особенностями планировки населенных пунктов с узкими улицами исторически сложившейся застройки. Поиски решения проблемы, которые часто велись по «горячим следам», привели к требованиям резкого снижения скорости движения автомобилей [4], [5].

Тогда стали искать и находить способы принудительного ограничения скорости. К первому способу, психологического принуждения, относятся различные устройства, создающие у водителя психологическую потребность снижения скорости: эффект сужения или искривления полосы движения; эффект разрыва траектории движения, учащающееся мелькание разношаговой специальной разметки; «узкие ворота»; шумовые полосы с увеличивающейся частотой звукового воздействия и т. д. [1], [4], [6].

Ко второму способу, физического принуждения, относятся различного рода устройства, вызывающие физическую потребность снижения скорости под угрозой потери управляемости или поломки автомобиля с возможностью возникновения аварии: кольцевые перекрестки с малым диаметром центрального островка (либо различным дорожным покрытием); физическое сужение или искривление полосы движения; резкое физическое искривление дороги («зигзаг») путем устройства защищенных бортовым камнем выступов; приподнятые над проезжей частью пешеходные переходы через всю улицу; поперечные углубления (канавы) на поверхности проезжей части и выступающие препятствия (искусственные неровности) самых разнообразных конструкций и размеров. Последние оказались самыми дешевыми, эффективными, не требующими контроля, и поэтому получили наибольшее распространение.

Разрабатывались все новые и новые модификации искусственных неровностей, исследовался процесс их взаимодействия с автомобилем, декларировалась их эффективность в деле повышения безопасности движения и т. д. [7]. Однако вскоре было установлено, что применение искусственных неровностей, кроме положительного воздействия на безопасность движения, имеет еще и ряд негативных воздействий в области экономики, экологии и социологии [8], [9]. Применение искусственных неровностей вступает в противоречие с фундаментальными задачами дорожного транспорта – повышение качества и снижение себестоимости транспортной услуги, которые базируются на всех основных свойствах дорожного движения: безопасности, экономичности, экологичности и социологичности, а не только на безопасности. Не имея возможности численно оценить соотношение основных свойств, начали ограничивать применение искусственных неровностей в типовых ситуациях.

В частности, во многих странах (с разными вариациями) установка искусственных неровностей запрещена на загородных дорогах, на городских улицах с интенсивным и умеренным движением, на дорогах с движением маршрутного пассажирского транспорта, на улицах с движением грузового транспорта и т. д. Постепенно область применения искусственных неровностей сужается и ограничивается улицами жилой застройки, дворовыми территориями, районами школ и т. п. [10], [11].

Считается, что «искусственная неровность – последний инструмент из набора инструментов, предназначенных для повышения безопасности дорожного движения» [12]. Поэтому сегодня ищут дру-

гие способы повышения безопасности движения, включая снижение скорости в определенных местах, в требуемых пределах и в нужное время, например, с помощью гибкого светофорного регулирования с обязательным автоматическим видеоконтролем [13], [14].

В мировой практике разрабатываются и принимаются программы повышения безопасности дорожного движения в различных секторах деятельности, в т. ч. и связанных с «успокоением» движения. Среди этих программ широкое распространение получила шведская концепция «Видение нуль» («Vision Zero»), декларирующая целью полное исключение аварий со смертельным исходом [15], [16].

Городские улицы должны быть спроектированы с учетом ограничения «лишней» скорости, а также в соответствии с категорией и назначением. Необходимо учитывать функциональные возможности улицы, однородность транспортного потока, уместность вводимых ограничений, предсказуемость использованных технических средств организации дорожного движения [17].

Основными критериями использования такого подхода, как «успокоение» движения, могут являться:

- аварийность (на исследуемом участке улицы рассматриваются очаги аварийности, причиной которых прямо или косвенно стала высокая скорость движения транспортного потока);
- скорость (превышение разрешенной скорости более чем на 10 км/ч большей частью движущихся транспортных средств (согласно европейским подходам, более 15 % от всего потока));
- сквозное движение (учитывается функциональное назначение улицы, характер жилой застройки, близость объектов притяжения пешеходов (школ, поликлиник, парков и т. п.));
- специфические условия движения (например, выезд на магистральную улицу).

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НЕРОВНОСТЕЙ

В городских условиях, где совершается около 80 % всех аварий, наибольшей опасности подвергаются такие категории участников движения, как пешеходы и велосипедисты (около 50 % аварий в городских условиях с пострадавшими) (таблица 1).

Таблица 1 – Распределение аварий с пострадавшими в городских условиях по видам (на примере г. Минска) [18]

Вид аварии	Количество аварий (погибшие/раненные)				
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	Январь – июль 2016 г.
Наезд на пешехода	414 (45/389)	398 (34/379)	373 (29/299)	309 (28/299)	125 (8/127)
Наезд на велосипедиста	13 (0/13)	24 (0/24)	19 (0/19)	29 (0/29)	14 (1/13)
Общее количество аварий с пострадавшими	833 (77/947)	821 (51/945)	754 (44/840)	670 (41/731)	292 (18/329)

Следует также отметить, что такая причина возникновения аварий в городских условиях, как:

- превышение скорости составляет от 8 % до 16 % аварий от общего количества ежегодно;
- нарушение проезда пешеходного перехода – от 21 % до 25 %;
- выход пешеходов из-за припаркованного транспортного средства (ТС) – от 2 % до 4 % (таблица 2).

Таблица 2 – Распределение аварий с пострадавшими в городских условиях по причинам возникновения и местам совершения (на примере г. Минска) [18]

	Количество аварий (погибшие/раненые)				
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	Январь – июль 2016 г.
По причинам возникновения					
Превышение скорости	134 (25/184)	100 (10/124)	63 (13/71)	71 (8/89)	35 (8/46)
Нарушение проезда пешеходного перехода	185 (7/187)	177 (11/174)	186 (3/195)	141 (4/147)	61 (2/61)
Выход пешехода из-за припаркованного ТС	24 (1/23)	17 (1/16)	17 (1/16)	24 (1/23)	12 (1/12)
По местам совершения					
Нерегулируемый ПП	147 (5/150)	159 (5/161)	130 (3/138)	105 (2/107)	38 (1/38)
Жилая зона (дворовые территории, местные проезды)	35 (3/33)	40 (3/38)	35 (2/33)	33 (1/33)	19 (1/18)
Общее количество аварий с пострадавшими	833 (77/947)	821 (51/945)	754 (44/840)	670 (41/731)	292 (18/329)

Причем, ежегодно от 13 % до 20 % аварий с пострадавшими в городских условиях происходят на нерегулируемых пешеходных переходах, около 5 % – в жилых зонах (на дворовых территориях и местных проездах).

Для снижения уровня опасности конфликтов между участниками движения и снижения скорости на улицах районного значения, а также жилых территориях, в рамках подхода по «успокоению» движения, применяют некоторые меры физического воздействия: искусственные неровности различных видов (хампы и бампы) и приподнятые участки проезжей части; разделительные полосы, островки, сужения проезжей части, боковые резервные полосы; зигзаги и кольцевые развязки малого радиуса; портовые конструкции; комбинирование мер сдерживания скорости.

Искусственные неровности различных видов (хампы и бампы) и приподнятые участки проезжей части

Искусственная неровность – это специально устроенное на постоянной основе препятствие для движения в виде выступающего над проезжей частью возвышения сегментного или трапециевидного сечения (рис. 1), изготовленного из асфальтобетона или иных прочных материалов и установленного поперек дороги (улицы), как правило, без возможности объезда, вынуждающее водителей под угрозой потери управляемости или поломки автомобиля резко снизить скорость движения, независимо от дорожно-транспортной ситуации [19].

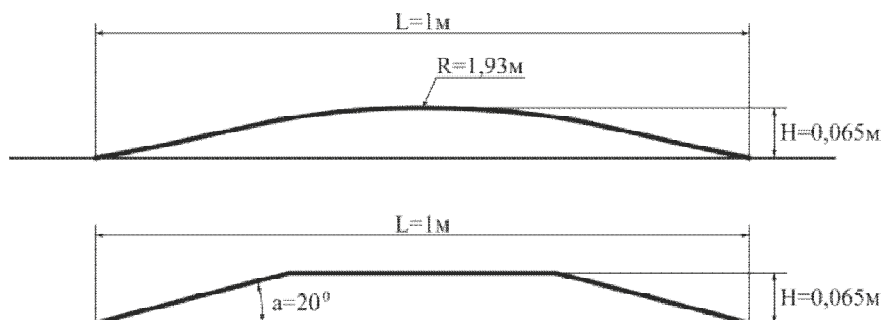


Рисунок 1 – Формы и размеры поперечных сечений искусственных неровностей [19, с. 6]

В Республике Беларусь первые искусственные неровности появились в начале нынешнего столетия. Через несколько лет начался бурный рост числа искусственных неровностей (только в городе Минске до 2016 года было установлено более 1000 неровностей) и соответствующим организациям были доведены плановые показатели по их установке, независимо от наличия потребности. Зарубежный, в основном западноевропейский, опыт применения искусственных неровностей необходимо изучать, анализировать, учитывая условия и особенности дорожного движения в стране. Необходимо иметь действенную методику оценки эффективности применения искусственных неровностей, что позволит оценить целесообразность управленческих решений.

В Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь [20], разработанной согласно Указу Президента Республики Беларусь от 28 ноября 2005 года № 551 и утвержденной Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 14 июня 2006 г. № 757, указано, что дорожное движение содержит не одну, а четыре основные угрозы: аварийную, экологическую, социальную и экономическую. Повышение качества дорожного движения подразумевает снижение потерь во всех видах опасности, но никак не снижение потерь в одном виде за счет многократного их увеличения в других видах. Более того, установлено, что применение искусственных неровностей в исторических трендах снижения аварийности не обеспечило [21], [22], [23].

Из этих положений следует, что установка искусственной неровности, которая, как показали исследования, на 1 дол. снижения социально-экономических потерь от аварийности вызывает увеличение точно таких же экологических и экономических потерь от 20 до 120 дол., является действительно «последним инструментом» и может применяться лишь в исключительных случаях, там, где бессильны «другие инструменты».

Первые искусственные неровности (хампы) (рис. 2) в Беларуси стали устанавливать в 1998 году возле школ и детских садов. Они не были стандартизированы: выполнялись из любых материалов (пластик, металл, резина, бетон, асфальт) и любой формы. Места и способ установки, а также их обустройство не согласовывались. Впервые искусственные неровности были стандартизированы в 2005 году. Сегодня только в городе Минске их более 1200. На взгляд ГАИ, в настоящее время хампы являются самыми действенными техническими средствами для снижения скорости и аварий с пострадавшими.

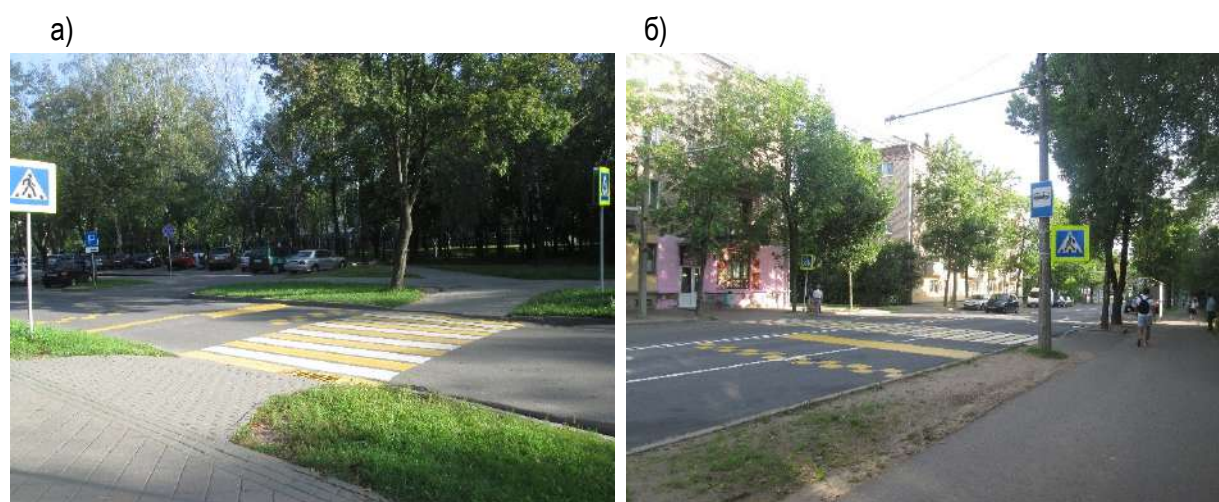


Рисунок 2 – Типовые примеры установки искусственных неровностей в г. Минске
(а – ул. Белинского, 10 (2-полосная); б – ул. Кнорина, 5 (4-полосная))

Влияние искусственных неровностей на скорость движения

Основные параметры искусственных неровностей рассчитаны на обеспечение проезда транспортных средств в пределах определенной скорости с незначительными неудобствами (примерно, 30 км/ч) [24]. В таблице 3 приведены результаты исследования влияния установки искусственных неровностей в зоне пешеходных переходов на выбор скорости движения водителями транспортных средств на различных отрезках участков (30 метров до установки ИН, ИН, 30 метров после установки ИН) (г. Минск) Для каждого отрезка проводилось не менее 30 измерений мгновенной скорости.

Таблица 3 – Результаты исследования мгновенной скорости в зоне установки искусственных неровностей

Место установки	Мгновенная скорость V, км/ч			Разрешенная скорость V, км/ч
	30 м до установки ИН	на ИН	30 м после установки ИН	
2-полосные улицы				
ул. Белорусская, 15	27	12	25	30
2-й Велосипедный пер., 30/2	32	15	34	40
ул. Якубова, 48/1	29	19	34	40
ул. Червякова, 20	28	15	30	40
ул. Интернациональная, 25	32	15	33	40
Средняя скорость	30	15	31	
4-полосные улицы				
ул. Ульяновская, 31	39	17	36	40
ул. Карастояновой, 21	34	16	31	40
ул. Киселева, 4	31	15	35	40
пер. Промышленный, 12	37	16	35	40
ул. Ангарская, 12/1	35	16	39	40
Средняя скорость	35	16	35	
4-полосные улицы с широкой разделительной полосой (более 10 м) (бульвары)				
ул. Тухачевского – ул. Жилуновича	36	13	40	40
ул. Комсомольская – ул. К. Маркса	27	14	28	30
бул-р Шевченко, 18	31	17	35	40
ул. Кулешова, 2	27	18	29	40
ул. Центральная, 1	35	25	39	40
Средняя скорость	31	17	34	
6-полосные улицы				
ул. Плеханова, 72	26	14	28	30
ул. Городской Вал, 4	29	15	26	40
ул. Якубова, 58	27	14	32	40
ул. Селицкого – ул. Ельницкая	39	14	38	40
ул. Варвашени – ул. Алтайская	40	15	42	40
Средняя скорость	32	14	33	

Влияние искусственных неровностей на плотность движения

Существенное влияние на возникновение конфликтов между участниками движения в зоне установки хампов оказывают плотность движения и величина пространственного интервала между автомо-

биями. Пространственный интервал – это расстояние между одноименными габаритными точками движущихся друг за другом транспортных средств.

В таблице 4 приведены результаты исследования плотности потока движения, пространственного интервала и мгновенной скорости в местах установки искусственных неровностей.

Эталонный участок – горизонтальный прямолинейный участок улицы с двумя полосами движения в обоих направлениях, шириной 3,75 метров и расстоянием видимости в прямом направлении не менее 800 м.

Таблица 4 – Показатели плотности потока движения, пространственного интервала и мгновенной скорости в местах установки искусственных неровностей

Показатели	За 30 м до установки ИН	На ИН
Средняя СД, км/ч	33	18
Исследуемый пространственный интервал между автомобилями, м	13	7
Эталонный пространственный интервал между автомобилями, м	20	15
Исследуемая плотность потока движения, авт./км	76,9	142,9
Эталонная плотность потока движения, авт./км	50,0	66,7

Влияние искусственных неровностей на аварийность

По некоторым данным, в местах, оборудованных хампами, аварийность с пострадавшими может снизиться до 50 %, но значительно возрастает аварийность с материальным ущербом. В таблице 5 показаны некоторые данные по аварийности в местах установки искусственных неровностей. Анализ аварийности проводился за период с 2010 по 2015 год.

Таблица 5 – Динамика аварийности на искусственных неровностях в г. Минске

Место установки	Год установки	Количество аварий	
		до установки ИН	после установки ИН
		с пострадавшими/ без пострадавших	с пострадавшими/ без пострадавших
2-полосные улицы			
ул. Белорусская, 15	2004	–	0/4
2-й Велосипедный пер., 30/2	2007	–	0/4
ул. Якубова, 48/1	2009	–	3/3
ул. Червякова, 20	2011	0/0	2/4
ул. Интернациональная, 25	2013	0/2	0/2
4-полосные улицы			
ул. Ульяновская, 31	2010	–	1/4
ул. Карастояновой, 21	2010	0/1	3/1
ул. Киселева, 4	2011	0/0	1/2
пер. Промышленный, 12	2011	0/2	0/2
ул. Ангарская, 12/1	2014	1/0	0/0
4-полосные улицы с широкой разделительной полосой (более 10 м) (бульвары)			
ул. Тухачевского – ул. Жилуновича	2011	0/8	0/3

Окончание таблицы 5

ул. Комсомольская – ул. К. Маркса	2010	–	3/13
бул-р Шевченко, 18	2012	0/0	1/0
ул. Кулешова, 2	2013	2/3	0/0
ул. Центральная, 1	2014	1/3	0/0
6-полосные улицы			
ул. Плеханова, 72	2004	–	2/4
ул. Городской Вал, 4	2007	–	1/3
ул. Якубова, 58	2015	1/0	0/1
ул. Селицкого – ул. Ельницкая	2011	3/9	1/32
ул. Варвашени – ул. Алтайская	2014	0/1	0/1

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для эффективного применения искусственных неровностей, кроме снижения аварийности, необходимо также учитывать негативные воздействия в области экономики, экологии и социологии [25].

В результате опыта длительной эксплуатации искусственных неровностей как в нашей стране, так и за рубежом, их применение стало ограничиваться на загородных дорогах, городских улицах с интенсивным и умеренным движением, на улицах и дорогах с движением грузового и маршрутного пассажирского транспорта. Установлено, что в общенациональном контексте искусственные неровности не принесли ожидаемого ощутимого снижения аварийности [11], [12]. Постепенно область применения хампов ограничивается улицами жилой застройки, дворовыми территориями, прилегающими территориями крупных объектов тяготения.

Искусственная неровность несколько уменьшает аварийные потери путем снижения количества аварий с пострадавшими при одновременном росте аварий с материальным ущербом и резком увеличении экономических и экологических потерь. Это делает применение искусственных неровностей по сравнению с другими мерами (улучшение видимости и условий маневрирования, четкое обозначение зоны пешеходного перехода, ограничение скорости с автоматическим видеоконтролем, организация пешеходного перехода типа «Выбор», организация регулируемого пешеходного перехода с вызывным устройством и т. д.) функционально неадекватным, экономически и экологически расточительным и социально разрушительным. Поэтому установка искусственной неровности является крайней мерой воздействия на всех участников дорожного движения, в том числе и законопослушных водителей и пешеходов. Искусственная неровность может применяться на участках концентрации аварий, основной причиной которых является доказанное превышение скорости движения в местах, где согласно законодательству Республики Беларусь скорость движения ограничена до 20 км/ч: пешеходные и жилые зоны, а также приравненные к ним дворовые территории. Как исключение, возможно их применение в очагах аварийности, расположенных на улицах и дорогах населенных пунктов с общим ограничением скорости 60 км/ч, если будет доказано в установленном порядке, что все другие меры по снижению аварийности либо невозможны, либо неэффективны.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Räsänen, M. Effects of a rumble strip barrier line on lane keeping in a curve / M. Räsänen // *Accident Analysis & Prevention*. – 2005. – 37 (3). – P. 575–581.
2. R. Jaeger, Randel. Traffic calming – speed humps effect / Randel R. Jaeger // Des Plaines Fire Department, Illinois [Electronic resource]. – 2008. – Mode of access : <http://www.usfa.dhs.gov/pdf/efop/efo-42774.pdf>. – Date of access : 14.10.2016.
3. Handbook for Local and Inter-Community Transportation Planning in Maine // Implementing Maine's Sensible Transportation Policy Act through Coordinated Transportation and Land Use Planning [Electronic resource]. – 2008. – Mode of access : <http://www.maine.gov/mdot/planningdocuments/stpa/handbook/-SensibleTransportation092908.pdf>. – Date of access : 25.07.2016.
4. Interim Evaluation of the Implementation of 20 mph Speed Limits in Portsmouth : Final Report // Department for Transport [Electronic resource]. – 2010. – Mode of access : <http://www.dft.gov.uk/pgr/roadsafety/-speedmanagement/20mphPortsmouth/pdf/20mphzoneresearch.pdf>. – Date of access : 12.04.2016.
5. S. R. Jones. Traffic calming policy can reduce inequalities in child pedestrian injuries: database study / S. R. Jones [et al.] // *Injury Prevention*. – 2005. – Vol. 11 (3). – P. 152–156.
6. Guide for the Geometric Design of Driveways: Report 659 // Transportation research board of the National Academies [Electronic resource]. – Washington, 2010. – Mode of access : http://onlinepubs.trb.org/-onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_659.pdf. – Date of access : 10.03.2017.
7. Traffic Calming Statistics // Traffic Logix [Electronic resource]. – Mode of access : <http://www.traffic-logix.com/statistics.asp>. – Date of access : 10.03.2017.
8. Road humps may go // BBC News [Electronic resource]. – 3 September, 2003. – Mode of access : http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/england/derbyshire/3077304.stm. – Date of access : 26.01.2004.
9. Fazzalero, J. Speed Bumps and Speed Humps: old research report [Electronic resource] / J. Fazzalero. – 2006. – Mode of access : <http://www.cga.ct.gov/2006/rpt/2006-r-0567.htm>. – Date of access : 12.11.2007.
10. Robinson, G. Speed Bumps and Humps / G. Robinson // *Gotham Gazette: The Place for NYC Politics and policy* [Electronic resource]. – May 05, 2003. – Mode of access : <http://www.gothamgazette.com/-article/iotw/20030505/200/375#>. – Date of access : 26.01.2004.
11. Preston, P. A surge of the humps. Sleeping policemen sprout with the daffodils. But it's more to do with budgets than braking / P. Preston // *The Guardian* [Electronic resource]. – Monday 27 March 2006. – Mode of access : <http://www.guardian.co.uk/commentisfree/2006/mar/27/comment.transport> – Date of access : 12.11.2007.
12. Приложение 2. Меры сдерживания скорости движения транспортных средств // Разработка программы мероприятий по повышению безопасности движения на участках концентрации ДТП на дорогах общего пользования Архангельской области [Электронный ресурс]. – 2003. – Режим доступа : http://www.ador.ru/data/files/static/audit_07.pdf. – Дата доступа : 12.07.2016.
13. Litman, T. Safe Travels: Evaluating Mobility Management Traffic Safety Impacts / T. Litman, S. Fitzroy // Victoria Transport Policy Institute [Electronic resource]. – 18 February 2011. – Mode of access : <http://www.vtpi.org/safetrav.pdf>. – Date of access : 10.03.2015.
14. Traffic Engineering Handbook. – 6th Edition. – Washington : Institute of Transportation Engineers, 2009. – 717 p.
15. Vision Zero Initiative Traffic Safety by Sweden [Electronic resource]. – Mode of access : <http://www.visionzeroinitiative.com/ru/concept/>. – Date of access : 19.03.2012.
16. The Project // Vision Zero Oregon Neighbors Working for Safer Streets [Electronic resource]. – Mode of access : <http://www.visionzerooregon.org/the-project/>. – Date of access : 19.03.2012.

17. Капский, Д. В. Аудит безопасности дорожного движения : монография / Д. В. Капский [и др.]; науч. ред. Д. В. Капский // Мин-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь; Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 428 с.
18. <http://gaiminsk.by/statistika>. – Дата запроса : 02.08.2016.
19. Технические средства организации дорожного движения. Искусственные неровности. Общие технические условия : СТБ 1538-2013. – Введ. 27.11.2013. – Минск : БелГИСС, 2013. – 16 с.
20. Об утверждении Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 14 июня 2006 г. № 757 // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2006. – № 5/22459.
21. Блинкин, М. Я. Безопасность дорожного движения: история вопроса, международный опыт, базовые институции / М. Я. Блинкин, Е. М. Решетова. – М. : Высшая школа экономики, 2013. – 240 с.
22. Капский, Д. В. Применение методов сдерживания скорости в крупных городах / Д. В. Капский, А. В. Коржова // Reliability and Statistics in Transportation and Communication : Proceedings 6th International Conference, Riga, Latvia, 25–28 october 2006 / Transport and Telecommunication Institute. – Riga, 2006. – P. 144–148.
23. Капский, Д. В. Городской дизайн – способ повышения качества дорожного движения / Д. В. Капский, А. В. Коржова // Проблемы безопасности на транспорте : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. / Белорус. гос. ун-т транспорта ; под общ. ред. В. И. Сенько. – Гомель, 2012. – С. 18–19.
24. Капский, Д. В. Транспорт в планировке городов : конспект лекций / Д. В. Капский, А. В. Коржова, С. В. Скирковский / С грифом УМО по образованию области транспорта и транспортной деятельности. – Минск : БНТУ, 2015. – 134 с.
25. Врубель, Ю. А. Определение потерь в дорожном движении : монография / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский, Е. Н. Кот. – Минск : БНТУ, 2006. – 240 с.
26. Концепция нулевой смертности // Vision Zero Initiative Traffic Safety by Sweden [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.visionzeroinitiative.com/ru/concept/>. – Дата доступа : 19.03.2017.
27. Whitelegg, John. VISION ZERO: Adopting a Target of Zero for Road Traffic Fatalities and Serious Injuries / John Whitelegg, Gary Haq. – Stockholm, Sweden: Stockholm Environment Institute, 2006. – 107 p.



ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ НА ДОРОГАХ И УЛИЦАХ

Д. В. Капский, доктор технических наук, доцент, декан автотракторного факультета Белорусского национального технического университета, профессор кафедры «Транспортные системы и технологии», главный научный сотрудник Научно-исследовательского центра дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт», г. Минск, Беларусь

В. Н. Кузьменко, магистр технических наук, заведующий Научно-исследовательским центром дорожного движения, научный сотрудник филиала БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт», г. Минск, Беларусь

Д. В. Мозалевский, магистр технических наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского центра дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт», г. Минск, Беларусь

А. В. Коржова, магистр технических наук, научный сотрудник Научно-исследовательского центра дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт», г. Минск, Беларусь

А. С. Красильникова, младший научный сотрудник Научно-исследовательского центра дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт», г. Минск, Беларусь

Н. С. Муравьева, инженер 2 категории Научно-исследовательского центра дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт», г. Минск, Беларусь

Н. В. Артюшевская, инженер 2 категории Научно-исследовательского центра дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт», г. Минск, Беларусь

Е. Н. Горелик, инженер 2 категории Научно-исследовательского центра дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт» г. Минск, Беларусь

И. К. Гамульский, инженер Научно-исследовательского центра дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт», г. Минск, Беларусь

В докладе приведены результаты исследования условий движения и транспортного обеспечения в районе застройки, ограниченной улицами ул. М. Богдановича, ул. Измайловская, ул. Л. Беды и ул. Некрасова, ул. Корш-Саблина, ул. Гало и ул. Тиражная. Выполнены исследования условий движения и интенсивности транспортных и пешеходных потоков на прилегающих к проектируемому микрорайону транспортных узлах, расчет распределения перспективной интенсивности движения транспорта проектируемого объекта, разработаны расчетные схемы распределения интенсивности движения транспортных потоков по улично-дорожной сети с учетом сохранения существующих участков улиц и устройства новых улиц.

Разработаны расчетные схемы распределения интенсивности транспортных потоков по улично-дорожной сети, которые выполнены на основании исследований транспортно-пешеходной нагрузки, проведенных в 2015 году, взаимного расположения проектируемого объекта, магистральных улиц, объектов притяжения. Расчетные схемы распределения интенсивности транспортных потоков по улично-дорожной сети выполнены для двух вариантов. Первый вариант (первоначальный) предусматривает расчет транспортных потоков с учетом проектирования продолжения ул. Тургенева до ул. Измайловская. Вторым вариантом – расчет транспортных потоков без учета проектирования продолжения ул. Тургенева до ул. Измайловская.

Выполнены экспериментальные исследования параметров транспортной и пешеходной нагрузки в исследуемых узлах улично-дорожной сети города Минска, определены уровни загрузки для различных периодов будних и выходных дней. На основе проведенных исследований условий и характеристик дорожного движения выполнено обоснование предпроектных решений по повышению качества дорожного движения в исследуемом районе. Приведены рекомендации по улучшению условий движения и повышению качества дорожного движения.

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, дорожное движение – сложный технико-социальный процесс, в котором участвует все население любой страны, и оно должно быть организовано таким образом, чтобы издержки движения были минимальны, а комфортность и безопасность участников движения – максимальны [1–3]. Организация дорожного движения (ОДД) – неотъемлемая составляющая проектов транспортной планировки городов и районов. К сожалению, до сих пор в нашей стране она включается в состав работ, входящих в дорожную деятельность по содержанию автомобильных дорог и улиц.

При этом уровень потерь, возникающий от несовершенства ОДД, огромен и сопоставим с потерей 8 % ВВП [3–5]. Это обусловило отношение к проблемам ОДД, которые не рассматриваются на должном уровне с точки зрения необходимой регламентации, учета и контроля особенно на градостроительном, да и на всех уровнях. Повышение качества ОДД обеспечивает требуемую пропускную способность дорожной сети наряду с ее развитием, совершенствование парковочной политики и рациональное использование парковочного пространства, оптимальное управление светофорными объектами. С помощью наилучшей организации движения формируются и новые положительные стереотипы поведения участников дорожного движения, а места притяжения населения становятся более доступными, следовательно, и более привлекательными. Вместе с тем следует отметить, что уже давно настало время переосмысления роли ОДД как в проектных решениях, так и в их реализации, с целью придания ей заслуженной значимости. Без этого издержки так и останутся регулярным и нарастающим явлением, что неизбежно приведет к потере устойчивости функционирования транспортных систем в целом [3], [6–8].

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ НА ДОРОГАХ И УЛИЦАХ

Для обоснования вариантов транспортного обслуживания проводились исследования интенсивности движения транспортных и пешеходных потоков, которые велись на основных распределяющих узлах въезда/выезда в проектируемый микрорайон. Исследования были проведены на следующих объектах исследуемой сети (рис. 1).

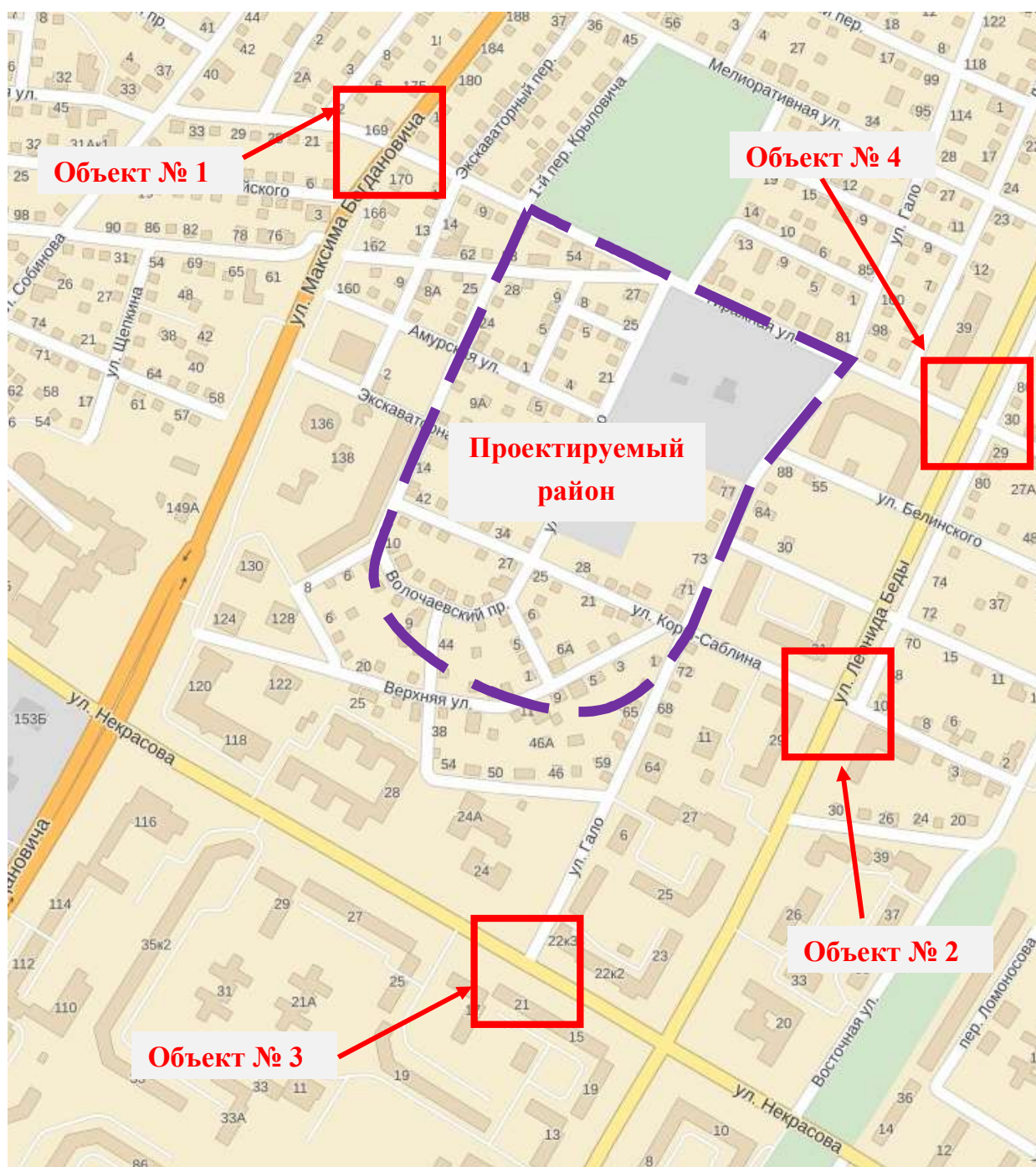


Рисунок 1 – Схема исследуемого участка улично-дорожной сети

Интенсивность и состав транспортных потоков определялись путем натурного эксперимента по методике Белорусского национального технического университета в рабочие дни недели [1], [2].

Состав транспортного потока разбит на девять групп, которые были обозначены символами Л (мотоциклы, легковые автомобили), К (микроавтобусы), Г (грузовые автомобили средней грузоподъемности), Р (грузовые автомобили большой грузоподъемности), П (автопоезда, тракторные поезда), А (немаршрутные автобусы), О (маршрутные автобусы), Т (троллейбусы) и С (сочлененные автобусы).

В программном комплексе «RTF-Road traffic flows» [9] затем были обработаны исходные данные, в результате чего получены картограммы интенсивности и неравномерности движения, диаграммы

состава потока и таблицы параметров. Исследования проводились в будние дни мая 2015 года. Результаты выходной информации в виде рисунка 2 фрагментарно приведены ниже.

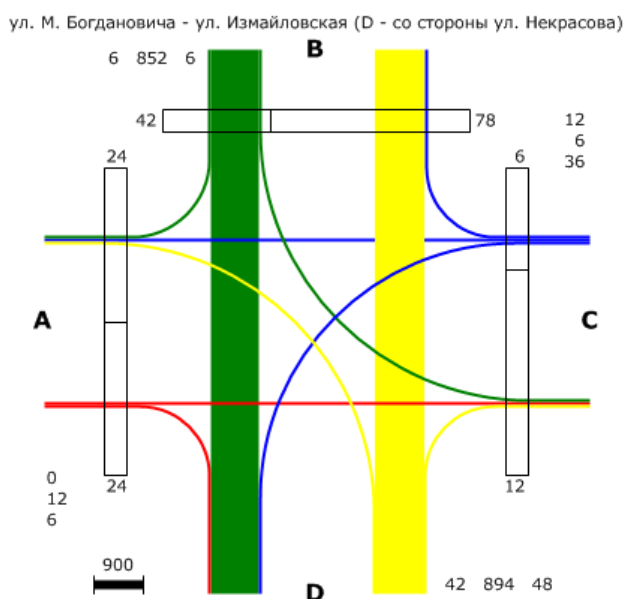


Рисунок 2 – Картограмма средней интенсивности движения на перекрестке улиц М. Богдановича и Измайловская (ВD – ул. М. Богдановича, D – от ул. Некрасова)

Анализ условий движения транспортных и пешеходных потоков

Проектируемый район строительства расположен на месте существующей жилой малоэтажной застройки в границах ул. Тиражная – ул. Гало – ул. Верхняя – ул. Тургенева в Советском районе г. Минска. Ул. Тиражная, ул. Гало, ул. Верхняя, ул. Тургенева, ул. Корш-Саблина являются улицами местного значения [10], обеспечивают транспортное сообщение в пределах микрорайона и выполняют распределяющую функцию. Транспортное обслуживание указанного микрорайона обеспечивается магистральными улицами: ул. М. Богдановича (общегородского значения), ул. Беды (общегородского значения) и ул. Некрасова (районного значения).

Основные существующие пешеходные потоки формируются близлежащей жилой и торгово-офисной застройкой, остановочными пунктами и социально-бытовыми объектами, которые определяют варианты проектируемых улиц [10].

Интенсивность движения на перекрестке ул. М. Богдановича – ул. Измайловская составляет:

- транзитного транспорта по ул. М. Богдановича – около 800–950 авт./ч («пиковая» интенсивность 1100–1300 авт./ч) в одном направлении;
- левоповоротного транспорта с ул. Богдановича – около 30–50 авт./ч;
- правоповоротного транспорта с ул. Богдановича – около 20–40 авт./ч;
- транспорта по ул. Измайловской со стороны ул. Гало – около 35–55 авт./ч («пиковая» интенсивность 70–90 авт./ч);
- транспорта по ул. Измайловской со стороны ул. Собинова – около 30–50 авт./ч («пиковая» интенсивность 70–110 авт./ч);
- пешеходов через ул. М. Богдановича – около 80–120 чел./ч;

- пешеходов вдоль ул. М. Богдановича – около 20–40 чел./ч, в вечернее время интенсивность движения пешеходов возрастает, а кроме того, появляются велосипедисты, которые также используют тротуары для движения.

Также определена интенсивность движения на перекрестках ул. Л. Беды – ул. Корш-Саблина ул. Некрасова – ул. Гало, ул. Л. Беды – ул. Тиражная .

Застройка территории домами повышенной этажности (19–25 этажей), проектируемой в границах улиц Богдановича, Л. Беды, Некрасова, Лукьяновича, приведет к значительному увеличению количества жителей и, соответственно, интенсивности движения транспортно-пешеходных потоков на указанных улицах и внутри микрорайона. Притом интенсивность движения по улицам внутри микрорайона возрастет в 3–5 раз, а по магистральным улицам увеличится на 20 %–50 %, в зависимости от схем организации дорожного движения, условий движения и транспортных связей внутри микрорайона и въезда/выезда на улично-дорожную сеть города.

Распределение перспективной интенсивности движения транспорта проектируемого объекта

Исходными данными для расчета распределения перспективной интенсивности движения транспорта проектируемого объекта является информация об основных технико-экономических показателях проектируемой застройки территории, предоставленных застройщиком.

В соответствии с ведомостями жилых и общественных зданий и сооружений территория проектируемой застройки разработана со следующими параметрами (ориентировочно):

- количество машино-мест на подземных парковках – 1 800;
- ориентировочное число гостевых стоянок (наземных) – 400;
- количество квартир – 2 600;
- площадь помещений коммерческого назначения на первых этажах жилой застройки, м² – 8 000.

Расчет перспективной интенсивности движения основан на количестве проектируемых машино-мест для жильцов микрорайона и площади помещений коммерческого назначения на первых этажах жилой застройки.

Интенсивность движения транспортных средств, въезжающих и выезжающих с территории проектируемой зоны комплексной застройки, складывается из:

- автомобилей жилой застройки (жители микрорайона);
- автомобилей помещений коммерческого назначения (сотрудников офисов, прибывающих к началу рабочего дня в утренний «час пик» и выезжающих в конце рабочего дня в вечерний «час пик»; посетителей офисов, приезжающих на территорию микрорайона и выезжающих в течение рабочего дня и в вечерний «час пик»; сотрудников офисов, совершающих въезды и выезды на территорию, связанные со служебной необходимостью);
- автомобилей общественной застройки (школа, детский сад) (родители привозят детей утром в «час пик», забирают в течение рабочего дня или вечером).

Следует отметить, что в расчетах не учитывается дополнительное возрастание интенсивности движения от автомобилей родителей, подвозящих детей к детскому саду и школе, поскольку разработка указанных объектов не входит в состав проекта застройщика.

Для расчета распределения интенсивности движения используются данные об интенсивности движения на улично-дорожной сети, прилегающей к проектируемому объекту, и информация о взаимном расположении проектируемого объекта, магистральных улиц, объектов притяжения.

Результаты расчета распределения пиковой интенсивности движения транспорта, въезжающего и выезжающего с территории проектируемого объекта по основным направлениям, для первоначального варианта (с учетом проектирования продолжения ул. Тургенева до ул. Измайловская) представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Перспективная пиковая интенсивность движения транспортных средств (с учетом проектирования продолжения ул. Тургенева до ул. Измайловская)

Пути подъезда к проектируемой зоне	Перспективная интенсивность движения ТС, въезжающих на территорию объекта в «час пик» (вечер), авт./ч	Перспективная интенсивность движения ТС, выезжающих с территории объекта в «час пик» (утро), авт./ч
ул. Богдановича – ул. Измайловская	359	337
ул. Некрасова – ул. Гало	483	453
ул. Л. Беды – ул. Корш-Саблина	285	267
ул. Л. Беды – ул. Тиражная	111	105
Всего	1239	1163

В зависимости от процентного распределения существующей интенсивности движения и информации о взаимном расположении проектируемого объекта, транспортных магистралей, объектов притяжения выполнено распределение перспективной интенсивности движения транспорта, въезжающего на территорию проектируемого объекта и выезжающего с территории проектируемого объекта по времени суток.

Распределение перспективной интенсивности движения транспорта для первоначального варианта (с учетом проектирования продолжения ул. Тургенева до ул. Измайловская) приведено в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Интенсивность движения транспортных средств, въезжающих на территорию микрорайона (первоначальный вариант)

Пути подъезда к проектируемой зоне		Интенсивность движения транспортных средств, выезжающих с территории проектируемого района					
		Утренний «час пик»	Утренний «час пик»	День	День	Вечерний «час пик»	Вечерний «час пик»
		жильцы	посетители	жильцы	посетители	жильцы	посетители
ул. Богдановича – ул. Измайловская	от ул. Лукьяновича	14	9	28	26	81	18
	от пл. Бангалор	37	23	75	69	212	49
ул. Некрасова – ул. Гало	от ул. Беды	32	20	64	59	181	42
	от ул. Богдановича	37	23	75	69	212	49
ул. Л. Беды – ул. Корш-Саблина	от ул. Некрасова	34	21	67	63	191	44
	от ул. Лукьяновича	7	4	14	13	40	9
ул. Л. Беды – ул. Тиражная	от ул. Некрасова	9	6	18	17	50	12
	от ул. Лукьяновича	7	4	14	13	40	9
Всего		178	110	355	330	1008	231

Таблица 3 – Интенсивность движения транспортных средств, выезжающих с территории микрорайона (первоначальный вариант)

Пути выезда из проектируемой зоны		Интенсивность движения транспортных средств, выезжающих с территории проектируемого района					
		Утренний «час пик»	Утренний «час пик»	День	День	Вечерний «час пик»	Вечерний «час пик»
		жильцы	посетители	жильцы	посетители	жильцы	посетители
ул. Богдановича – ул. Измайловская	к ул. Лукьяновича	86	7	28	26	21	18
	к пл. Бангалор	227	17	75	69	56	49
ул. Некрасова – ул. Гало	к ул. Беды	194	15	64	59	48	42
	к ул. Богдановича	227	17	75	69	56	49
ул. Л. Беды – ул. Корш-Саблина	к ул. Некрасова	205	16	67	63	51	44
	к ул. Лукьяновича	43	3	14	13	11	9
ул. Л. Беды – ул. Тиражная	к ул. Некрасова	54	4	18	17	13	12
	к ул. Лукьяновича	43	3	14	13	11	9
Всего		1080	83	355	330	266	231

На основании изменений произведен перерасчет распределения перспективной интенсивности движения транспорта. Изменения предусматривают исключение проектирования продолжения ул. Тургенева до ул. Измайловская. В связи с этим существенно изменится распределение перспективной интенсивности движения транспорта в основных узлах и внутри проектируемого микрорайона. Исключение проектируемого продолжения ул. Тургенева значительно снизит возможность использования транспортного узла ул. Богдановича – ул. Измайловская для обслуживания проектируемого объекта и ухудшит условия движения на других перекрестках, а также увеличит перепробег транспорта жителей микрорайона.

Результаты расчета распределения пиковой интенсивности движения транспорта, въезжающего и выезжающего с территории проектируемого объекта по основным направлениям, для второго варианта (без учета проектирования продолжения ул. Тургенева до ул. Измайловская) представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Перспективная пиковая интенсивность движения транспортных средств (без учета проектирования продолжения ул. Тургенева до ул. Измайловская)

Пути подъезда к проектируемой зоне	Перспективная интенсивность движения ТС, въезжающих на территорию объекта в «час пик» (вечер), авт./ч	Перспективная интенсивность движения ТС, выезжающих с территории объекта в «час пик» (утро), авт./ч
ул. Богдановича – ул. Измайловская	111	105
ул. Некрасова – ул. Гало	681	640
ул. Л. Беды – ул. Корш-Саблина	390	366
ул. Л. Беды – ул. Тиражная	56	52
Всего	1239	1163

Следует отметить, что распределение перспективной интенсивности движения транспорта и условия движения в зоне проектируемого объекта и по прилегающим улицам значительно зависят от размещения въездов и выездов с территории комплекса и их планировки, организации дорожного дви-

жения на прилегающих участках УДС, организации движения на территории проектируемого комплекса, а также от транспортной планировки УДС объекта и его узлов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При реализации очередей строительства необходима реконструкция, как минимум, прилегающих к микрорайону перекрестков ул. Богдановича – ул. Измайловская, ул. Некрасова – ул. Гало, ул. Л. Беды – ул. Корш-Саблина. Для обеспечения нормативных значений уровня обслуживания необходимо выделение специализированных поворотных полос, устройство «полного» или иных вариантов светового регулирования и иных мер по обеспечению безопасности и качества дорожного движения.

Первоначальный вариант способствует более равномерному распределению транспортных потоков по направлениям и по участкам улично-дорожной сети. При реализации по второму варианту значительно перераспределяется интенсивность движения транспортных средств с улиц Богдановича, Измайловская на улицы Некрасова, Гало.

Следует отметить, что, учитывая количество квартир в проектируемом комплексе и позиционирование проектируемого объекта как жилья повышенной комфортности, потребность в машино-местах для жителей микрорайона возрастет и будет ориентировочно соответствовать количеству квартир и достигать значений 2500–3000. В таком случае расчетные значения перспективной интенсивности увеличатся на 20 %–30 %.

Существенное влияние на степень использования паркингов и загруженности улиц припаркованными автомобилями окажет стоимость и условия пользования машино-местами в подземных паркингах. Как правило, в первую очередь заполняются все возможные наземные места парковки автомобилей (как разрешенные, так и запрещенные), что ухудшает условия для движения транспорта и пешеходов в зоне застройки без соответствующих превентивных мероприятий.

Условия пользования паркингами и наземными парковками (платно/бесплатно, удобно/неудобно и прочие) влияют на формирование транспортных потоков не только внутри микрорайона, но и при выезде из него на магистральные улицы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Врубель, Ю. А. Водителю о дорожном движении : пособие для слушателей учебного центра подготовки, повышения квалификации и переподготовки кадров автотракторного факультета / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский. – 3-е изд., дораб. – Минск : БНТУ, 2010. – 139 с.
2. Капский, Д. В. Прогнозирование аварийности в дорожном движении : монография / Д. В. Капский. – Минск : БНТУ, 2008. – 243 с.
3. Капский, Д. В. Методология повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности : в 2 т. Т. 1 / Д. В. Капский. – Минск, 2013. – 282 с.
4. Постановление расширенного заседания коллегии Министерства транспорта РФ от 24.10.2012 № 3.
5. Врубель, Ю. А. Опасности в дорожном движении : монография / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский. – М. : Новое знание, 2013. – 244 с.
6. Ваксман, С. А. Моделирование ДТП – градостроительный аспект / С. А. Ваксман, Л. И. Свердлин // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах : сб. докл. шестой Междунар. конф. / СПбГАСУ. – СПб., 2004. – С. 305–307.

7. Трофименко, Ю. В. Транспортное планирование: формирование эффективных транспортных систем крупных городов : монография / Ю. В. Трофименко, М. Р. Якимов. – М. : Логос, 2013. – 464 с.
8. Ваксман, С. А. Принципы разработки и содержание КСОД столичного города (на примере Минска) / С. А. Ваксман, Ф. Г. Глик, Д. В. Капский // Наука – образованию, производству, экономике : материалы Седьмой междунар. науч.-техн. конф. : в 3 т. Т. 2 / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2009. – С. 267–268.
9. Свидетельство № 222 от 17.09.10 г. о регистрации компьютерных программ в Национальном центре интеллектуальной собственности / Д. В. Капский, Д. В. Мозалевский, М. К. Мирошник, А. В. Коржова, В. Н. Кузьменко, А. С. Полховская, Е. Н. Костюкович.
10. Улицы населенных пунктов. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-3.03-227-2010 (02250). – Введ. 01.07.2011. – Минск : Мин-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2011. – 46 с.
11. Транспорт в планировке городов : пособие для студентов специальности 1-44 01 02 «Организация дорожного движения» / Д. В. Капский, А. В. Коржова, С. В. Скирковский. – Минск : БНТУ, 2015. – 144 с.
12. Врубель, Ю. А. Определение потерь в дорожном движении : монография / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский, Е. Н. Кот. – Минск : БНТУ, 2006. – 240 с.



АНАЛИЗ НАРУШЕНИЙ ПРАВИЛ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ПЕШЕХОДАМИ НА НЕРЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕХОДАХ, ОБОРУДОВАННЫХ ИСКУССТВЕННЫМИ НЕРОВНОСТЯМИ

А. В. Коржова, магистр технических наук, научный сотрудник Научно-исследовательского центра дорожного движения Белорусского национального технического университета, г. Минск, Беларусь

Приведены результаты исследований нарушений правил дорожного движения пешеходами на нерегулируемых переходах, оборудованных искусственными неровностями. Выполнен анализ поведенческих особенностей пешеходов при переходе проезжей части с учетом условий движения и интенсивности транспортных и пешеходных потоков.

ВВЕДЕНИЕ

Управление дорожным движением в первую очередь – это управление людьми, которые большую часть времени являются неподконтрольными и действуют в соответствии со своими знаниями и убеждениями в области дорожного движения [1]. В связи с этим социальные отношения в дорожном движении являются определяющими.

Социальные отношения условно можно разделить на несколько групп: отношения между государством и участниками движения (водителями, пешеходами, пассажирами) и отношения между участниками движения (водитель – водитель, водитель – пассажир, водитель – пешеход, водитель – велосипедист, пешеход – велосипедист). В городских условиях, где совершаются около 80 % всех аварий, наибольшей опасности подвергаются пешеходы (50 % от аварий с пострадавшими) [2].

ИЗУЧЕНИЕ СОЦИАЛЬНЫХ ОТНОШЕНИЙ ПРИ КОНФЛИКТНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ВОДИТЕЛЕЙ И ПЕШЕХОДОВ НА НЕРЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕХОДАХ, ОБОРУДОВАННЫХ ИСКУССТВЕННЫМИ НЕРОВНОСТЯМИ

Взаимодействие водителей и пешеходов, а также государства и пешеходов определяется, в основном, действующими Правилами дорожного движения. Основные права и обязанности пешеходов регулируются главой 4. На нерегулируемом переходе, согласно Правилам, пешеход имеет преимущество при пересечении проезжей части дороги, если он убедился, что выход на проезжую часть безопасен (пункты 16.1 и 17.2) [3].

Определение безопасности выхода пешехода на проезжую часть довольно субъективно, так как не имеет четкой формулировки и не дает ясного представления о моменте перехода ситуации на дороге из безопасной в опасную. Согласно Правилам, безопасность дорожного движения – это состояние дорожного движения, обеспечивающее минимальную вероятность возникновения опасности для движения и дорожно-транспортного происшествия, а опасность для движения – это изменение условий движения или технического состояния транспортного средства, угрожающее безопасности участников движения, вынуждающее водителя снизить скорость движения или остановиться.

При проведении исследования в первую очередь определялась не столько безопасность выхода (из-за довольно размытой формулировки с точки зрения пешехода), а в большей мере социальные взаимоотношения между пешеходами и водителями и поведение пешеходов при переходе проезжей части по переходу под «защитой», то есть оборудованному искусственной неровностью – мерой физического снижения скорости транспортного потока.

Объекты исследования выбирались по характеристикам транспортно-пешеходной нагрузки и расположению искусственной неровности в зоне пешеходного перехода (рис. 1), также во внимание принималась категория улицы и количество полос для движения транспорта в зоне исследования (таблица 1).

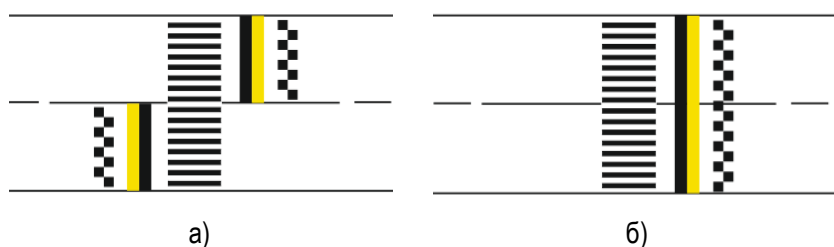


Рисунок 1 – Типовые варианты размещения искусственной неровности в зоне пешеходного перехода:
а – вариант 1; б – вариант 2

Таблица 1 – Характеристики исследуемых пешеходных переходов (на примере г. Минска)

Наименование объекта	Количество полос, шт.	Расположение ИН	ИД транспорта, авт. /ч	ИД пешеходов, пеш. /ч	$K_{пн}$
ул. Н. Орды, 11	2/2	Вариант 1	912	180	1,08
ул. П. Бровки, 12/1 (односторонняя)	3/0	Вариант 2	886	168	1,01
ул. Руссиянова, 48	3/2	Вариант 1	392	172	1,16
ул. Одинцова, 65	2/2	Вариант 1	1048	112	1,05
ул. Я. Коласа, 12	2/2	Вариант 1	1384	220	1,05
ул. Карбышева, 13/2	2/2	Вариант 1	404	156	1,12
ул. Кульман, 22	1/1	Вариант 2	480	210	1,00

Исходные данные были обработаны в программном комплексе «RTF-Road traffic flows» [4].

Следует отметить, что применение искусственных неровностей наиболее эффективно с точки зрения суммарных потерь (аварийных, экономических, экологических) на участках концентрации аварий, основной причиной которых является доказанное в установленном порядке превышение скорости движения в местах, где согласно законодательству Республики Беларусь скорость движения ограничена до 20 км/ч, – пешеходные и жилые зоны, а также приравненные к ним дворовые территории. Как исключение допускается применение искусственных неровностей на участках концентрации аварий, расположенных на улицах и дорогах населенных пунктов с общим ограничением скорости 60 км/ч, если будет доказано в установленном порядке, что все другие меры по снижению аварийности либо невозможны, либо неэффективны. При этом суточная интенсивность движения, в зависимости от типа застройки, не должна превышать значений:

- многоэтажная, плотная, двусторонняя – 500 авт./сут;
- многоэтажная, плотная, односторонняя либо многоэтажная, свободная, двусторонняя – 750 авт./сут;
- многоэтажная, свободная, двусторонняя либо одноэтажная, двусторонняя – 1000 авт./сут;
- одноэтажная, односторонняя – 1250 авт./сут;
- незастроенная (в радиусе до 50 м) территория населенного пункта – 1500 авт./сут.

Применение искусственных неровностей на улицах с интенсивностью более 200 авт./ч приводит к возрастанию суммарных потерь в дорожном движении за счет преобладающего роста экономических и экологических потерь, связанных с торможением перед искусственной неровностью и последующим разгоном. Необходимо отметить, что применение искусственных неровностей приводит к экономическим и экологическим потерям круглосуточно, независимо от наличия участников движения (пешеходов, велосипедистов и т. п.), для защиты которых они и предназначены [5–12].

При исследовании поведенческих реакций пешеходов при переходе проезжей части отслеживались и фиксировались следующие движения:

- при подходе к переходу убедился ли пешеход в отсутствии опасности – взгляд влево с тротуара;
- было ли продублировано первое действие – повторный взгляд влево при выходе на проезжую часть;
- другие поведенческие реакции при нахождении на проезжей части – взгляд вправо при достижении середины проезжей части, обозначенные как:

Л_т – взгляд влево на транспортный поток с тротуара;

Л_{пр} – взгляд влево на транспортный поток при выходе на проезжую часть;

П_т – взгляд вправо на транспортный поток с тротуара;

П_{пр} – взгляд вправо на транспорт при выходе на проезжую часть (таблица 2).

Количество измерений выбрано согласно нормальному распределению.

Таблица 2 – Характеристики поведенческих реакций пешеходов при пересечении проезжей части по наземному переходу, оборудованному искусственной неровностью (на примере г. Минска)

Набор действий пешехода		Наименование объекта							Сумма
		ул. Н. Орды, 11	ул. П. Бровки, 12/1	ул. Руссиянова, 48	ул. Одинцова, 65	ул. Я. Коласа, 12	ул. Карбышева, 13/2	ул. Кульман, 22	
Л _т		4	4	15	4	6	1	10	44
Л _т , Л _т		-	-	1	-	-	-	-	1
Л _{пр}	нарушение п. 17.2	-	4	5	-	2	1	-	12
Л _{пр} , Л _{пр}	нарушение п. 17.2	-	-	-	-	1	-	-	1
П _{пр}	нарушение п. 17.2	1	3	2	2	4	1	-	13
П _т		-	3	4	-	3	-	13	23
Л _т , П _{пр}		19	3	2	17	1	5	-	47
Л _т , П _т		-	-	2	-	1	-	7	10
Л _{пр} , П _{пр}	нарушение п. 17.2	-	-	-	-	3	2	-	5
Л _т , Л _{пр}		-	5	-	-	-	3	-	8
П _т , Л _т		-	-	1	-	-	-	1	2
П _т , П _{пр}		-	1	-	-	-	-	-	1
Л _т , П _т , П _{пр}		-	-	-	1	-	-	1	2
Л _т , Л _{пр} , П _{пр}		-	-	-	-	-	14	-	14
П _т , Л _т , Л _{пр}		-	-	-	-	-	-	1	1
Л _т , П _{пр} , Л _{пр}		-	-	-	1	-	-	-	1
Л _т , П _т , Л _т , П _{пр}		-	-	-	1	-	-	-	1
Л _т , П _т , Л _{пр}		-	-	1	-	-	-	-	1
Л _т , Л _{пр} , П _{пр}		2	4	-	-	-	-	-	6
Л _т , Л _{пр} , П _{пр} , П _{пр}		-	-	-	-	-	1	-	1
Л _т , П _т , Л _{пр} , Л _{пр}		-	-	-	-	-	3	-	3
Л _т , П _т , Л _{пр} , П _{пр}		6	-	-	3	-	1	-	10
Л _{пр} , Л _{пр} , Л _{пр} , П _т , П _{пр}	нарушение п. 17.2	-	-	-	-	1	-	-	1
Не смотрел		3	8	2	6	13	3	2	37

Анализ полученных результатов показал, что 28 % пешеходов не соблюдают пункт 17.2 Правил, то есть не убеждаются в безопасности выхода на проезжую часть, причем 53 % от количества нарушителей не смотрят по сторонам даже во время совершения перехода (рис. 2).

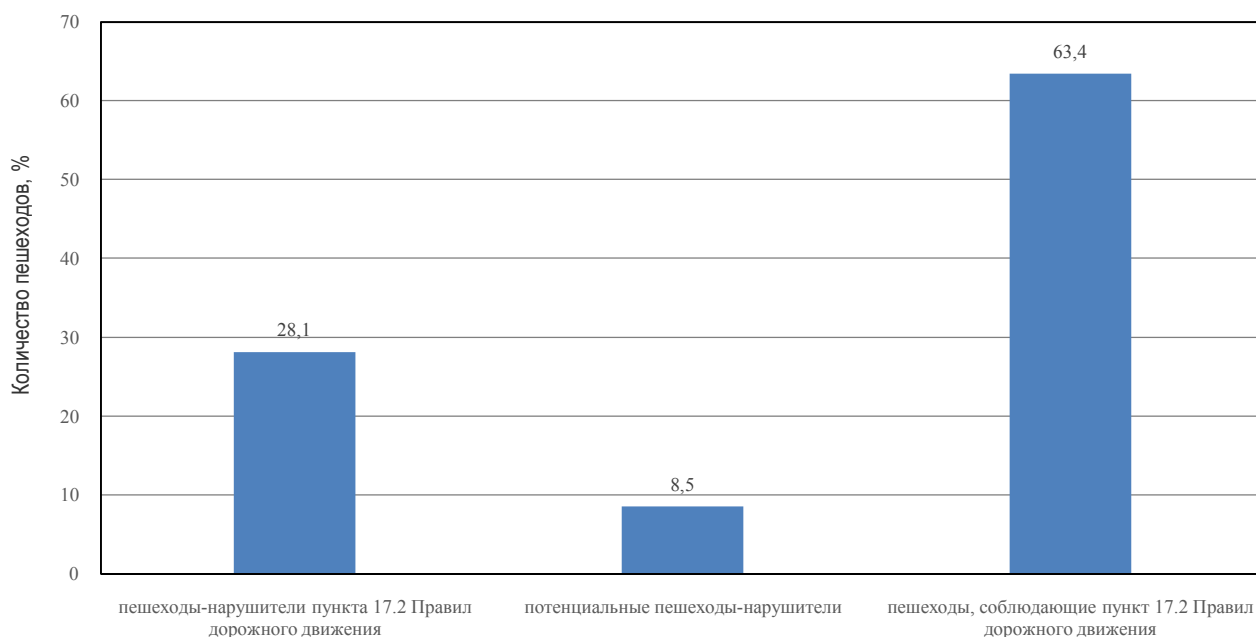


Рисунок 2 – Распределение пешеходов по поведенческим реакциям при пересечении проезжей части по переходам, оборудованным искусственными неровностями

Необходимо выделить группу потенциальных пешеходов-нарушителей, которые формально соблюдают пункт Правил, указанный выше, но из-за его нечеткой формулировки фактически могут создать опасность при выходе на проезжую часть. Пешеходы этой группы при принятом в нашей стране правостороннем движении транспорта при двухстороннем автомобильном потоке на тротуаре при выходе на переход смотрят вправо, а влево смотрят уже на проезжей части или не смотрят совсем.

При проведении исследования также фиксировался способ пересечения проезжей части пешеходами (таблица 3).

Таблица 3 – Распределение количества пешеходов по способам пересечения проезжей части (на примере г. Минска)

Наименование объекта	Способы пересечения проезжей части пешеходами		
	По переходу	Вблизи перехода	По искусственной неровности
ул. Н. Орды, 11	34	1	-
ул. П. Бровки, 12/1	27	8	-
ул. Руссиянова, 48	32	3	-
ул. Одинцова, 65	35	-	-
ул. Я. Коласа, 12	27	8	-
ул. Карбышева, 13/2	35	-	-
ул. Кульман, 22	35	-	-

В результате получили, что 8 % пешеходов пересекают проезжую часть по траекториям 3–6 (рис. 3), по искусственной неровности не переходил никто, 92 % переходили согласно Правилам.

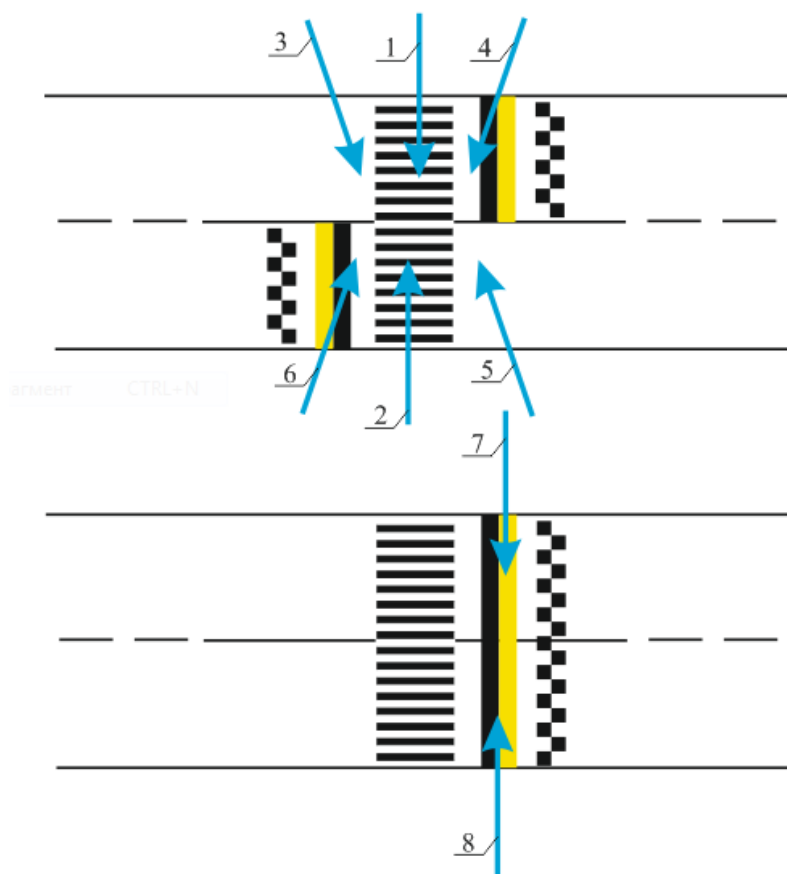


Рисунок 3 – Способы пересечения пешеходами проезжей части в зоне переходов, оборудованных искусственной неровностью

Следует отметить, что в местах с четким выделением зоны подхода к переходу (пешеходная дорожка отделена от проезжей части газоном, зоны подхода выполнены плиткой или заасфальтированы) все пешеходы переходили проезжую часть согласно Правилам. В местах, где зона подхода к переходу является частью тротуара и не обозначена, например, пешеходным ограждением, некоторые пешеходы переходили проезжую часть вблизи обозначенного перехода, по траекториям 3–6, показанным на рисунке 3.

На основании полученных данных был выполнен расчет доли нарушителей

$$\Delta n = (n_o + n_{ин} + n_{пн})/n, \quad (1)$$

где n_o – количество пешеходов, проигнорировавших опасность;

$n_{ин}$ – количество пешеходов, переходивших проезжую часть по искусственной неровности;

$n_{пн}$ – количество пешеходов, переходивших проезжую часть вблизи пешеходного перехода;

n – количество измерений.

Годовое число нарушений на каждом объекте исследования определялось по формуле

$$P_n = Q_n \cdot \Delta n \cdot \Phi_r, \text{ нарушений/год}, \quad (2)$$

где Q_n – суммарная интенсивность пешеходов на переходе, чел./ч;

Δn – доля нарушений пешеходов;

Φ_r – годовой фонд времени, ч/год (2500 ч/год – для слабнонагруженных объектов, 3600 ч/год – средненагруженных, 4200 ч/год – сильнонагруженных) (таблица 4).

Таблица 4 – Доля пешеходов-нарушителей и годовое число нарушений правил перехода проезжей части пешеходами на объектах исследования (на примере г. Минска)

Наименование объекта	Доля нарушителей	Годовое число нарушителей, нарушений/год
ул. Н. Орды, 11	0,14	90 720
ул. П. Бровки, 12/1	0,49	296 352
ул. Руссиянова, 48	0,34	210 528
ул. Одинцова, 65	0,23	92 736
ул. Я. Коласа, 12	0,80	633 600
ул. Карбышева, 13/2	0,20	112 320
ул. Кульман, 22	0,06	45 360

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании полученных результатов, а также тенденций в организации и управлении дорожным движением необходимо обратить внимание на социальные отношения в этой области. Ошибки в регулировании таких отношений могут привести к значительным издержкам, так как их влияние не только на социальные потери, но и на аварийные, экономические и, косвенно, на экологические, очевидно [13].

В рамках выполненного исследования можно рекомендовать следующее:

- четко регламентировать места установки искусственных неровностей по категориям улиц и транспортно-пешеходной нагрузке;
- отработать правовые нормы взаимодействия водителей и пешеходов. Необходима четкая формулировка безопасности выхода пешехода на проезжую часть, возможно с конструктивными предложениями на улично-дорожной сети;
- для снижения количества нарушений (пересечение не по пешеходному переходу) необходимо четко выделять зоны выхода на проезжую часть для пешеходов, используя конструктивные элементы или технические средства организации дорожного движения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Врубель, Ю. А. Опасности в дорожном движении / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский. – М. : Новое знание, 2013. – 244 с.
2. <http://gaiminsk.by/statistika>. – Дата запроса : 02.08.2016.
3. Правила дорожного движения Республики Беларусь с последними изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 16 января 2015 г. – Минск : Харвест, 2015. – 96 с.
4. Капский, Д. В. Свидетельство № 222 от 17.09.10 о регистрации компьютерных программ в Национальном центре интеллектуальной собственности / Д. В. Капский, Д. В. Мозалевский, М. К. Мирошник, А. В. Коржова, В. Н. Кузьменко, А. С. Полховская, Е. Н. Костюкович.
5. Врубель, Ю. А. Определение потерь в дорожном движении : монография / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский, Е. Н. Кот. – Минск : БНТУ, 2006. – 240 с.
6. Капский, Д. В. Аудит безопасности дорожного движения : монография Д. В. Капский [и др.]; науч. ред. Д. В. Капский / Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 428 с.

7. Капский, Д. В. Транспорт в планировке городов : конспект лекций / Д. В. Капский, А. В. Коржова, С. В. Скирковский / С грифом УМО по образованию области транспорта и транспортной деятельности / БНТУ, Минск, 2015. – 134 с.
8. Preston, P. A surge of the humps. Sleeping policemen sprout with the daffodils. But it's more to do with budgets than braking / P. Preston // The Guardian [Electronic resource]. – Mode of access : <http://www.guardian.co.uk/commentisfree/2006/mar/27/comment.transport>. – Date of access : 12.07.2016.
9. Приложение 2. Меры сдерживания скорости движения транспортных средств // Разработка программы мероприятий по повышению безопасности движения на участках концентрации ДТП на дорогах общего пользования Архангельской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.ador.ru/data/files/static/audit_07.pdf. – Дата доступа : 12.07.2016.
10. Концепция нулевой смертности // Vision Zero Initiative Traffic Safety by Sweden [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.visionzeroinitiative.com/ru/concept/>. – Дата доступа : 19.03.2016.
11. The Project // Vision Zero Oregon Neighbors Working for Safer Streets [Electronic resource]. – Mode of access : <http://www.visionzerooregon.org/the-project/>. – Date of access : 19.03.2016.
12. Whitelegg, John. VISION ZERO: Adopting a Target of Zero for Road Traffic Fatalities and Serious Injuries / John Whitelegg, Gary Haq. – Stockholm, Sweden : Stockholm Environment Institute, 2006. – 107 p.
13. Врубель Ю. А. Потери в дорожном движении / Ю. А. Врубель. – Минск : БНТУ, 2003. – 380 с.



НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ СБОРА И АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИИ О ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЯХ

Е. Н. Кот, кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспортные системы и технологии» Белорусского национального технического университета, г. Минск, Беларусь

В. Ю. Ромейко, инженер, заместитель директора ООО «Организация дорожного движения – ОДД», г. Минск, Беларусь

С. С. Семченков, магистр технических наук, старший преподаватель кафедры «Транспортные системы и технологии» Белорусского национального технического университета, г. Минск, Беларусь

В докладе рассматриваются вопросы учета и анализа дорожно-транспортных происшествий, методы сбора информации о дорожно-транспортных происшествиях, описаны источники сбора информации при выполнении анализа надежности трамвайного движения по линии ул. Красная – Я. Коласа – Логойский тракт. На основе полученных результатов даны предложения по совершенствованию системы учета дорожно-транспортных происшествий. Реализация предложений будет способствовать улучшению качества управления дорожным движением, позволит создать целостную картину для своевременного принятия организационных и инженерно-технических решений.

ВВЕДЕНИЕ

Дорожно-транспортным происшествием (далее — ДТП) называют происшествие, совершенное с участием хотя бы одного находившегося в движении механического транспортного средства, в результате которого причинен вред жизни или здоровью физического лица, его имуществу либо имуществу юридического лица. При этом механическим транспортным средством считается такое транспортное средство, которое приводится в движение двигателем.

Все ДТП делят на пять категорий, в том числе две категории подразделяются на виды (классификация введена приказом МВД от 21.03.2013 № 97 в редакции с изменениями, внесенными приказом МВД от 30.06.2017 № 184).

Для получения достоверных, оперативных и точных данных о происшествиях, при обобщении сведений должен производиться их учет и своевременный анализ. Эти данные необходимы Госавтоинспекции, дорожным организациям, а также аналитическим, научно-исследовательским и проектным организациям для стратегического планирования.

НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ СБОРА И АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИИ О ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЯХ

Подсистема сбора информации и учета данных

Для сбора исходных данных с целью анализа в настоящее время можно воспользоваться различными источниками в организациях, которые обязаны вести учет ДТП для изучения и устранения причин и условий их возникновения. К этим организациям относятся Государственная автомобильная инспекция Министерства внутренних дел Республики Беларусь, организации дорожного хозяйства, юридические лица и индивидуальные предприниматели, эксплуатирующие механические транспортные средства. Рассмотрим каждый возможный источник получения информации о ДТП.

1 Государственная автомобильная инспекция

Учет ДТП осуществляется подразделениями ГАИ, на территории обслуживания которых совершены ДТП, в целях оценки состояния безопасности дорожного движения, анализа причин и условий их совершения, тяжести последствий, принятия мер по их предупреждению и устранению.

Обязательному учету ГАИ подлежат ДТП:

- с гибелью людей (от телесных повреждений на месте ДТП или в течение тридцати суток с момента ДТП при наличии причинно-следственной связи с полученными в ДТП травмами);
- с ранеными людьми (получившими в ДТП телесные повреждения, обусловившие госпитализацию этих лиц, либо прохождение амбулаторного лечения после оказания первой медицинской помощи на срок не менее одних суток, либо независимо от прохождения ими лечения, если лицу причинены легкие телесные повреждения, повлекшие кратковременное расстройство здоровья, менее тяжкие телесные повреждения или тяжкие телесные повреждения, либо получивших легкие телесные повреждения, не повлекшие кратковременного расстройства здоровья, и прошедших стационарное лечение).

Такие ДТП называют учетными. На каждое учетное ДТП заполняется карточка установленной формы и делается соответствующая запись в журнале учета ДТП. Для заполнения карточки используются сведения, непосредственно полученные на месте ДТП, в результате проведения проверки по ДТП, из телеграмм и сообщений оперативно-дежурной службы управления, отдела внутренних дел

городского, районного исполнительного комитета, а также сведения, предоставленные Следственным комитетом. Заполнение карточки осуществляется сотрудниками территориальных подразделений ГАИ в течение трех суток после совершения ДТП посредством внесения сведений в электронную базу данных с последующей распечаткой карточки. Внесение измененных сведений в базу данных осуществляется уполномоченными сотрудниками ГАИ ГУВД, ГАИ УВД в течение трех суток после получения информации из территориальных подразделений ГАИ.

Описанная система учета налажена и работает хорошо, регулярно публикуется статистика, которая доступна в открытых источниках: отчетность, справочно-аналитические материалы по данному вопросу. Электронный учет карточек в базе данных позволил автоматизировать процесс обработки информации, формировать выборки по различным критериям. В то же время учетные ДТП являются только частью всех совершенных ДТП.

Учет и анализ неучетных ДТП в различных территориальных подразделениях Госавтоинспекции ведется по-разному: от упрощенной схемы по материалам административных дел (дата, время, виновник, место происшествия, фабула происшествия, статья КоАП) до оформления карточек учета ДТП в полном объеме (внесение информации о дате, месте, виде аварии, нарушенном пункте ПДД, а также об условиях движения в момент аварии с предоставлением схемы ДТП) и проведением количественного, качественного и топографического анализа ДТП.

2 Юридические лица и индивидуальные предприниматели

Для юридических лиц и индивидуальных предпринимателей эта обязанность следует из Закона «О дорожном движении». Так, статья 34 «Обязанности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей по обеспечению безопасности дорожного движения» названного Закона обязывает в целях обеспечения безопасности дорожного движения юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, эксплуатирующих транспортные средства, самоходные машины, проводить анализ причин и условий, способствующих нарушению Правил дорожного движения и (или) совершению ДТП с участием принадлежащих им транспортных средств, самоходных машин, и принимать своевременные меры по их устранению.

Несмотря на то, что явно обязанность учета ДТП не определена, она подразумевается, так как очевидно, что провести анализ причин и условий, способствующих совершению ДТП с участием принадлежащих транспортных средств и принимать меры по устранению причин, не ведя учет ДТП, невозможно.

В то же время обязанность вести учет ДТП четко установлена для автомобильных перевозчиков.

Так, Правила автомобильных перевозок пассажиров (постановление Совета Министров Республики Беларусь от 30.06.2008 № 972 «О некоторых вопросах автомобильных перевозок пассажиров») и Правила автомобильных перевозок грузов (постановление Совета Министров Республики Беларусь от 30.06.2008 № 970 «Об утверждении Правил автомобильных перевозок грузов») обязывают перевозчиков организовать проведение служебного расследования, учета и анализа ДТП, в которых участвовали транспортные средства автомобильного перевозчика, а также выяснить причины, способствующие их возникновению.

Более того, для автомобильных перевозчиков, подчиненных Министерству транспорта и коммуникаций Республики Беларусь (далее – Минтранс), и хозяйственных обществ, акции (доли в уставных фондах) которых принадлежат Республике Беларусь и переданы в управление Минтранса, разработаны Методические рекомендации по организации деятельности автомобильного перевозчика в сфере безопасности дорожного движения (утверждены приказом Минтранса 10.06.2010 № 286-Ц), в

соответствии с которыми учету подлежат все ДТП с участием водителей перевозчика независимо от места совершения происшествия, его последствий и вины водителей. Регистрация ДТП осуществляется в журнале по приведенной форме, а также в личных карточках водителей по фактам ДТП, допущенным по их вине, путем внесения соответствующих записей работником службы безопасности дорожного движения или лицом, ответственным за обеспечение безопасности перевозок пассажиров и грузов.

Информация из данного источника полезна при проведении как анализа работы предприятия, так и анализа состояния аварийности на участке улично-дорожной сети, по которому проходят маршруты движения транспорта, принадлежащего юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям (например, маршруты автобуса, троллейбуса, грузового транспорта и т. п.).

3 Организации дорожного хозяйства

Положением МВД РБ от 13.05.2002, Минтранса от 22.04.2002 «О координации деятельности между организациями государственного дорожного хозяйства и службами Государственной автомобильной инспекции Министерства внутренних дел Республики Беларусь в вопросах обеспечения безопасности дорожного движения и сохранности автомобильных дорог общего пользования» установлен порядок деятельности организаций государственного дорожного хозяйства и служб ГАИ в вопросах обеспечения безопасности движения и сохранности автомобильных дорог. Положением установлено, что по каждому ДТП, совершенному на обслуживаемых автомобильных дорогах (участках дорог), должностными лицами дорожных организаций составляется протокол, который подписывается руководителем дорожной организации и начальником территориального отдела (отделения) (командиром строевого подразделения) ГАИ. Такой протокол предназначен только для внутриведомственного использования, является основанием для определения роли дорожных условий в возникновении ДТП и назначения мер по повышению безопасности движения. В дорожных организациях подлежат учету все ДТП, совершенные на обслуживаемых участках автомобильных дорог. К ним относят ДТП с пострадавшими, а также ДТП без пострадавших с материальным ущербом. Представители дорожных организаций ежемесячно, не позднее 5 числа следующего за отчетным периодом месяца, проводят сверку данных о ДТП в подразделениях ГАИ.

4 Страховые компании

В соответствии с п. 194 Положения о страховой деятельности в Республике Беларусь (утверждено Указом Президента Республики Беларусь от 25.08.2006 № 530 «О страховой деятельности»), лицо, претендующее на получение страхового возмещения, обязано в течение пяти рабочих дней, следующих за днем ДТП, письменно заявить о нем страховой компании, при этом к заявлению должны прилагаться объяснения обстоятельств ДТП, а также в зависимости от этих обстоятельств – извещение о ДТП, справка, выданная ГАИ на месте ДТП (за исключением случаев, когда справка выдается после окончания расследования или по запросу страховой компании).

При наступлении страхового случая страховой компанией составляется акт о страховом случае, проводится страховое расследование причин ДТП и тяжести последствий, а также определяется ущерб.

По информации Белорусского бюро по транспортному страхованию за 9 месяцев 2017 г. обязательное страхование гражданской ответственности владельцев транспортных средств на территории Республики Беларусь производилось шестью страховыми компаниями.

С учетом изложенного, ДТП с точки зрения признака и способа регистрации информации о них можно разделить на:

а) ДТП, зарегистрированные службами Госавтоинспекции МВД:

- 1) учетные ДТП в ГАИ (точный учет, электронная база данных);
- 2) неучетные ДТП (различный подход и уровень учёта и анализа);
- 3) несчастные случаи;
- б) ДТП, зарегистрированные страховыми компаниями:

1) неучетные ДТП, оформленные по «европротоколу», выплаты по которым произведены в рамках договоров обязательного страхования гражданской ответственности владельцев транспортных средств;

2) неучетные ДТП, оформленные по «европротоколу», выплаты по которым произведены в рамках договоров добровольного страхования «КАСКО»;

3) случаи причинения вреда жизни и здоровью пассажира;

в) происшествия, которые никем не зарегистрированы:

1) водитель (водители) скрылись с места происшествия (при ДТП с участием одного транспортного средства или при незначительном материальном ущербе, когда пострадавший не вызывает ГАИ);

2) водители «договорились» и не сообщали о ДТП в ГАИ или страховую компанию;

3) другое.

Подсистема анализа ДТП

Анализ ДТП проводят с целью выявления условий, способствующих возникновению происшествий, и разработки мероприятий, направленных на предотвращение подобных происшествий в будущем. Он позволяет решить стратегические задачи государственного уровня, специфические задачи эксплуатации определенных видов транспорта, организационные, технические, инженерные задачи.

С помощью анализа ДТП можно:

- оценить общее состояние аварийности;

- изучить причины ДТП и разработать мероприятия по их устранению;

- выявить опасные участки улично-дорожной сети с повышенной вероятностью возникновения ДТП (так называемые очаги концентрации ДТП);

- выявить недостатки в организации дорожного движения;

- выявить недостатки в организации движения отдельных видов транспорта;

- определить направления работы по повышению безопасности движения на участках концентрации ДТП, совершенствованию организации дорожного движения.

Укрупненно можно выделить три вида анализа ДТП: количественный, качественный, топографический.

Количественный анализ дает информацию по происшествиям, совершенным за определенный период времени в сравнении с аналогичным периодом предшествующих лет. Этот вид анализа позволяет выявлять общие тенденции в динамике количества происшествий. Для проведения количественного анализа материалы статистики ДТП сводятся по различным критериям отбора:

- общее количество ДТП и пострадавших в них;

- количество ДТП в распределении по видам ДТП;

- распределение ДТП по видам транспортных средств, попавших в аварии; месту совершения происшествия; времени совершения; квалификации и стажу работы водителей и т. д.

Анализ относительных и удельных показателей аварийности позволяет проводить сравнение состояния аварийности в различных городах, районах, областях, предприятиях, видах транспорта и т. д.

Качественный анализ представляет собой изучение причин каждого ДТП. Важным направлением качественного анализа является выявление и структурирование конкретных причин ДТП.

Топографический анализ ДТП применяется для выявления очагов концентрации происшествий на улицах и автомобильных дорогах.

Отдельно стоит заметить, что ДТП анализируют не только в отношении улично-дорожной сети, но и в отношении предприятий, эксплуатирующих транспортные средства. В этом случае анализ проводят для выяснения объективных и субъективных причин, способствующих возникновению ДТП, и для изыскания путей предупреждения этих причин в дальнейшем. При этом обращается особое внимание на нарушение установленных норм и правил и на выявление недостатков в работе подразделений предприятия или отдельных лиц, которые непосредственно или косвенно создали предпосылки к возникновению ДТП, ряд причин может быть вскрыт при анализе их за определенный отрезок времени. Располагая подобными данными, каждое предприятие может направить все усилия на то, чтобы ликвидировать внутренние и внешние причины, порождающие ДТП.

Имеющиеся проблемы (в том числе на стыке подсистем)

При обобщении всех собранных о ДТП данных в процессе выполнения в 2016 г. анализа работы трамвайной системы г. Минска нами были замечены следующие особенности и закономерности действующей системы учета:

1. ДТП с пострадавшими – ранеными и погибшими, рассматриваемые как учетные ДТП, присутствуют как в учете ГАИ (в полном объеме), так и в учете службы безопасности движения перевозчика (наиболее полные и достоверные данные и учет).

ДТП с пострадавшими – ранеными и погибшими, при этом рассматриваемые как неучетные ДТП, как правило, присутствуют в учете службы безопасности движения перевозчика.

2. ДТП с материальным ущербом, по которым велись административные дела и было наложено взыскание по КоАП, зарегистрированные в отделении административной практики и учтенные по упрощенной схеме, также, как правило, учтены и в ведомственном учете службы безопасности движения перевозчика.

3. ДТП с материальным ущербом, оформленные по «европротоколу», не учтены в ГАИ и не учтены в службе безопасности перевозчика, информация о них была получена из отчета центра управления движением перевозчика.

4. Служба безопасности движения перевозчика регистрирует учетные и неучетные ДТП, произошедшие с участием транспортных средств перевозчика.

5. При этом ДТП, не учитываемые в п. 4 (например, столкновения двух автомобилей вблизи трамвайных путей или на них, которые вызвали остановку движения трамваев), как правило, не учтены службой безопасности движения перевозчика, но учтены его центром управления движением (при этом учтены не все ДТП).

6. Не всегда корректно учтены происшествия в движущихся транспортных средствах (падения пассажиров), по которым страховая компания произвела выплаты на основании акта о причинении вреда жизни и здоровью пассажира и (или) утрате, недостатке или повреждении (порче) его багажа при осуществлении посадки, перевозки, высадки пассажира или погрузки, перевозки либо выгрузки багажа (документ, составляемый страхователем) в рамках обязательного страхования гражданской ответственности перевозчика перед пассажирами.

Указанные закономерности, выявленные в процессе консолидации информации, полученной из различных источников, указывают на то, что каждый источник в отдельности может использовать в своей работе неполные данные: практически полностью «выпадают» из анализа ДТП, оформленные по «европротоколу» (в процессе анализа выяснялись расхождения по определенным анализируемым позициям в 2–3 раза).

Предлагаемые пути решения

Для повышения качества учета ДТП предлагается:

1. Повысить техническую вооруженность должностного лица ГАИ, выезжающего на ДТП, использовать технические средства для оформления ДТП (протокола осмотра места происшествия) в режиме реального времени на месте происшествия и для фотофиксации обстоятельств происшествия при оформлении протокола осмотра места происшествия с привязкой к местности.
2. Оформлять формуляр ДТП с материальным ущербом (так называемого неучетного ДТП) с загрузкой его в единую базу данных ДТП с помощью средств, указанных в п. 1 в момент оформления ДТП, с внесением информации о серии и номере выданной справки о ДТП (как уникального идентификатора ДТП) с последующей актуализацией информации после вынесения постановления по административному делу.
3. Создать с помощью Белорусского бюро по транспортному страхованию объединенную базу данных страховых компаний по транспортным происшествиям (далее – объединенная база данных).
4. Обязать страховые компании вносить в объединенную базу данных сведения о размере материального ущерба по ДТП, оформленным ГАИ, с идентификацией ДТП по номеру выданной справки о ДТП (п. 2).
5. Обязать страховые компании вносить в объединенную базу данных страховых компаний все ДТП, оформленные по «европротоколу», с указанием обстоятельств и причин ДТП, результатов проведенного страхового расследования и размера материального ущерба.
6. Обязать страховые компании учитывать в объединенной базе данных по отдельному признаку происшествия в движущихся транспортных средствах, по которым страховая компания произвела выплаты на основании акта о причинении вреда жизни и здоровью пассажира и (или) утрате, недостатке или повреждении (порче) его багажа при осуществлении посадки, перевозки, высадки пассажира или погрузки, перевозки либо выгрузки багажа (документ, составляемый страхователем) в рамках обязательного страхования гражданской ответственности перевозчика перед пассажирами.

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ АНАЛИЗА ДТП НА УЛ. КРАСНОЙ – Я. КОЛАСА – ЛОГОЙСКОМ ТРАКТЕ В Г. МИНСКЕ

В рамках выполнения в 2016 г. анализа работы трамвайной системы г. Минска с разработкой обоснованных рекомендаций и мероприятий, направленных на повышение функциональных характеристик трамвайной системы, нами был выполнен анализ надежности трамвайного движения по линии ул. Красная – Я. Коласа – Логойский тракт с распределением источников нестабильности по причинам. В результате исследований было установлено, что одна из основных причин длительных задержек движения трамваев – это ДТП в зоне трамвайных путей. Отсюда следует, что исследование ДТП на улицах с трамвайными линиями является важнейшей составляющей поиска причин, приводящих к остановкам движения трамваев.

Анализ был выполнен для участка улично-дорожной сети г. Минска, включающего просп. Машерова (участок от просп. Независимости до ул. Красной), ул. Красную, пл. Я. Коласа, ул. Я. Коласа, Логойский тракт.

Анализ аварийности выполнен с использованием следующих исходных данных, полученных из различных источников:

- карточек учета ДТП, повлекших гибель или ранение граждан, предоставленных УГАИ ГУВД Мингорисполкома (за период 2013–2015 гг.);
- информации о ДТП с материальным ущербом на участке просп. Машерова от просп. Независимости до пересечения с ул. Красной, предоставленной отделом ГАИ УВД Администрации Центрального района (за период 2011–2015 гг.);
- карточек учета ДТП с материальным ущербом на ул. Красной, ул. Я. Коласа, Логойском тракте, предоставленных отделом ГАИ УВД Администрации Советского района (за период 2013–06.2016);
- информации службы безопасности движения государственного предприятия «Минсктранс» о ДТП с участием трамвая (за период 01.2010–06.2016);
- информации центра управления движением о происшествиях, вызвавших нарушения в движении трамваев (за период 01.2011–06.2016);
- информации из СМИ, натурных обследований, наблюдений.

Стоит заметить, что наиболее полный и информативный анализ получен на основании данных неучетных ДТП. По определенным экспертным оценкам, на 1 учетное ДТП приходится от 10 до 20 неучетных. На рисунке 1 представлены данные распределения ДТП по тяжести последствий на просп. Машерова, ул. Я. Коласа и Логойском тракте за период времени с 2013 по 2015 год.



Рисунок 1

Топографический анализ ДТП наглядно показывает участки улично-дорожной сети, на которых необходима разработка мероприятий по совершенствованию организации дорожного движения (рис. 2).

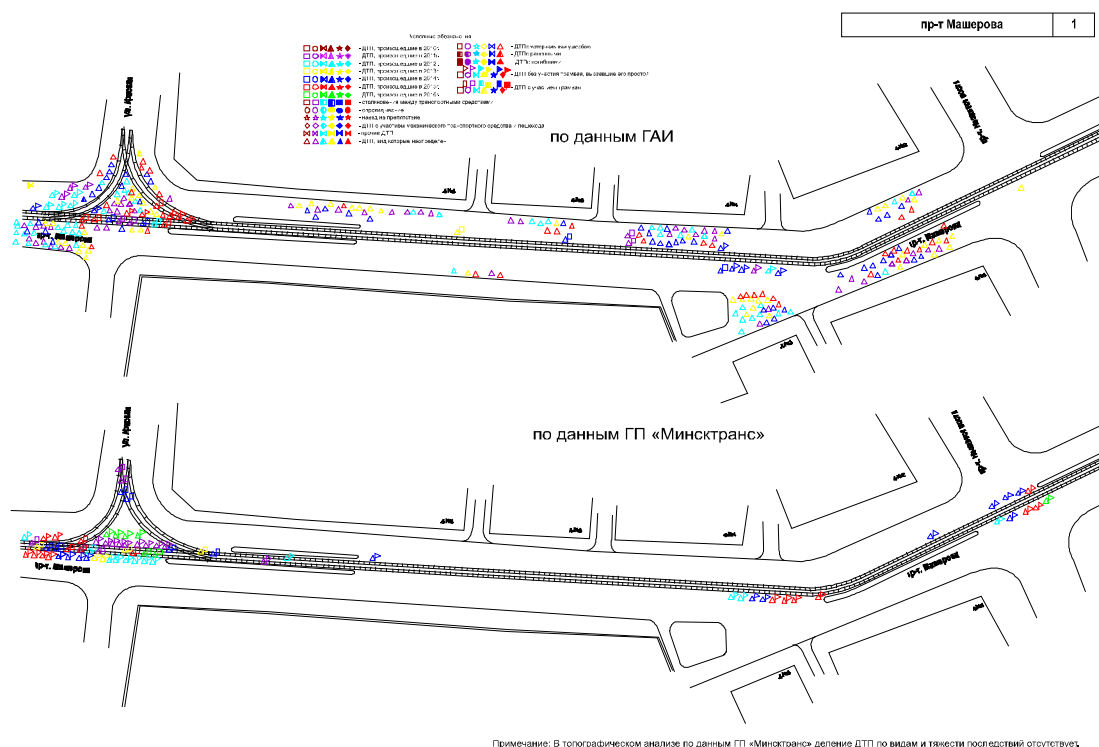


Рисунок 2

Проведенный анализ ДТП позволил определить перечень мероприятий по различным направлениям совершенствования организации дорожного движения, который включает:

- ликвидацию нерегулируемых пешеходных переходов на ул. Красной – Я. Коласа;
- ликвидацию пешеходных переходов через обособленные трамвайные пути;
- системную организацию поворотного движения автомобилей через трамвайные пути;
- корректировку принципиальной схемы организации дорожного движения на ул. Красной, ул. Я. Коласа, пл. Я. Коласа, Логойском тракте, включающие в себя:

- организацию однополосного «сквозного» (транзитного) движения автомобилей вдоль ул. Коласа, использование второй полосы существующей проезжей части для организации дополнительных полос для левых поворотов и стояночных мест на проезжей части;

- обособление трамвайного полотна от полос движения нерельсовых транспортных средств;

- мероприятия по совершенствованию организации дорожного движения в зонах остановочных пунктов трамвая (перенос остановочных пунктов, устройство приподнятых посадочных площадок и др.);

- строительство светофорных объектов на нерегулируемых пешеходных переходах;

- организацию координированного светофорного регулирования для повышения скорости сообщения трамваев и др.;

- системное применение пешеходных ограждений для создания «коридоров» с ускоренным движением трамваев.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реализация предложений будет способствовать более полному анализу неучетных ДТП, что в совокупности с имеющейся хорошо отлаженной работой по учетным ДТП позволит создать целостную картину и своевременно принять организационные или инженерные решения.

Также возможен вариант создания базы данных с расширением круга пользователей имеющейся в ней информации за счет разграничения уровней доступа (например, некоторые пользователи смогут получать информацию о ДТП, которая будет обезличена в отношении данных водителя и регистрационных знаков транспортного средства и т. д.).

Все это позволит улучшить качество управления дорожным движением за счет повышения качества принятия решений при устранении расхождений в системе статистических данных, повышения полноты учета ДТП с материальным ущербом и других неучтенных ДТП, а также принятию более обоснованных решений при разработке мероприятий по совершенствованию организации дорожного движения.



ОБ ИННОВАЦИОННОМ ПОТЕНЦИАЛЕ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

П. А. Кравченко, доктор технических наук, профессор, научный руководитель Института безопасности дорожного движения Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (СПбГАСУ), г. Санкт-Петербург, Россия

Е. М. Олеценко, кандидат технических наук, доцент, директор Центра повышения квалификации автомобильно-дорожного факультета Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, доцент кафедры транспортных систем СПбГАСУ, г. Санкт-Петербург, Россия

В Российской Федерации изданы два фундаментальных федеральных нормативных документа – федеральная целевая программа «Цифровая экономика РФ» [1] (июль 2017 г.) и «Стратегия безопасности дорожного движения (БДД)» [2] (январь 2018 г.), которые по целям и задачам по существу дают старт «методологической революции» теории и практики организации систем обеспечения БДД и управления их состоянием в онлайн-режиме. Указанные документы требуют проведения реинжиниринга (переформатирования) действующих систем на принципах системного подхода, процессного представления механизма преобразования цели в выходной (достигаемый) результат [3] и цифровой оценки его эффективности [2]. Все новации требуют принципиального изменения действующей практики обеспечения БДД, использующей статистические критерии эффективности системы как «черного ящика». Последние обладают известными достоинствами: они объективны и легко вычисляемы, но в то же время неприменимы для решения «стандартных» задач системного анализа сложных и больших (множества сложных) динамических систем и систем организационного управления. Исследование последней разновидности систем начинается с обоснования реализуемых ею функций, соответствующих им видов функционально обязательной деятельности и обеспечивает возможность ее полной наблюдаемости.

Известно, что объект называется полностью наблюдаемым, если по измерению его результирующего выходного сигнала и выходных сигналов каждого входящего в него функционального элемента (ФЭ) можно определить состояние системы и параметры («устройство») каждого (ФЭ) [4], и главное, получить множество всех выходных сигналов – поэле-

ментно и всей системы в целом, которое облегчает задачи обнаружения в этом множестве причин, способных вызывать тяжкие ДТП (в пространстве фактов ненадлежаще исполненных видов деятельности).

Реализация перечисленных выше принципов требует, чтобы действующие технологии – неэффективные, в различной степени поверхностно решающие проблемы ОБДД были замещены технологиями «сегодняшнего дня». Последние должны обладать свойством полной наблюдаемости [5], они требуют принципиально нового уровня знаний физики их функционирования – их целесообразной функциональной (внутресистемной) организации и механизмов формирования целой группы общесистемных функциональных свойств. Без знаний этой физики систем целенаправленного управления их состоянием не обеспечить и, как следствие, не обнаружить инновационного потенциала по возможным эффективным приемам снижения дорожно-транспортного травматизма.

ВВЕДЕНИЕ

Развивающиеся страны, «догоняющие» мировых лидеров, существенно отстают от последних по уровню реализации давно достигнутых ими элементов успешности деятельности по ОБДД и потому объяснимо лидируют по общему, недопустимо высокому числу смертных случаев в ДТП. К этим странам сегодня относится и Россия, несмотря на то, что получающая развитие в мире концепция «нулевой смертности» тождественна российской концепции в главном – в толковании смысла, заложенного в нормативном термине «обеспечение БДД» – без опасности – как «деятельности по предупреждению причин возникновения ДТП и снижению тяжести их последствий». Этот современный формат российской концепции был принят так же, как и в Швеции, которая является автором концепции «нулевой смертности», еще в 1995 г. адресным Федеральным законом (далее – Закон) «О безопасности дорожного движения» [6]. Однако Закон своей буквой не обеспечил исполнения заложенной в нем концептуально правильной нормы в правоприменительной практике. Причины известны: во-первых, Закон оказался несовершенным в главном его назначении – быть средством развертывания правильной концептуальной нормы в соответствующие правовые механизмы (процедуры, технологии, методики), способные с гарантией обеспечить достижение поставленной в нем цели «предупреждения причин». В результате с даты его принятия и по настоящее время смертность на российских дорогах далека от по-сути декларированной «нулевой смертности»: она удерживается на высоком уровне ежедневно погибающих в ДТП; во-вторых, низкая квалификация разработчиков Закона, допустивших в нем изначальное (на входе в государственную систему ОБДД) ее несоответствие своему требуемому системному статусу – быть входным сигналом или элементом системы, задающим правила ее функционирования. Таким образом, призыв ВОЗ начать создание «всеобъемлющего законодательного обеспечения» (термин ВОЗ, [7]) деятельности по ОБДД, «догоняющей» группой стран не мог быть услышан. В настоящее время темп преодоления отставания этих стран может быть усилен дополнительной мотивацией за счет перевода нерешенных задач в разряд потенциально инновационного, прежде неиспользуемого, ресурса существенного повышения эффективности действующих в этих странах систем ОБДД.

Вторым мощным (инновационным) потенциалом повышения эффективности систем ОБДД является переход на использование аппарата математики для описания процессов их функционирования «цифрах», с последующим применением его в качестве инструмента количественной оценки переменных состояния систем и таких их функциональных свойств, как управляемость, помехозащищенность, устойчивость, точность отработки системой управляющих сигналов и т. д.

О ПОТЕНЦИАЛЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОБДД

Сегодняшняя «математика» систем ОБДД использует для оценки их эффективности показатели БДД в формате «черного ящика», т. е. в формате, не требующем знаний их физики, т. е. своего «просветления». К этим показателям, используемым во всех странах для интервального оценивания БДД (месяц, полгода, год) относят: общие абсолютные показатели (число ДТП, общее число погибших, тяжело травмированных с последующим их дроблением по ряду параметров участников ДТП – возрасту, квалификации, виду и статусу транспортных средств, конечной причине ДТП и т. д.) и относительные показатели (удельные значения уровня обеспечиваемой безопасности – число ДТП, отнесенное к числу жителей, количеству транспортных средств и т. п.)

Главным достоинством статистических показателей БДД является их объективность, а недостатком – непригодность для обоснования средств предупреждения ДТП, поскольку получение их оценок осуществляется после совершившегося ДТП; непригодность для оценки степени влияния отдельных факторов на уровень обеспечиваемой БДД, а также для долгосрочного планирования этого уровня и др. [8].

К более эффективным показателям БДД относят вероятностные показатели, применяющиеся, например, в России в смежных областях транспорта – воздушном, железнодорожном, и использующие для оценки БДД множество различных факторов, сгруппированных по отказам персонала (ненадлежащего исполнения нормативной деятельности), отказам техники (технического состояния транспортных средств, средств светофорного регулирования и т. д.), а также по факторам состояния внешней среды. В качестве критериев оценки БДД по вероятностным показателям используется вероятность функционирования системы по назначению без тяжких ДТП, т. е. в дорожном движении (ДД) без опасности.

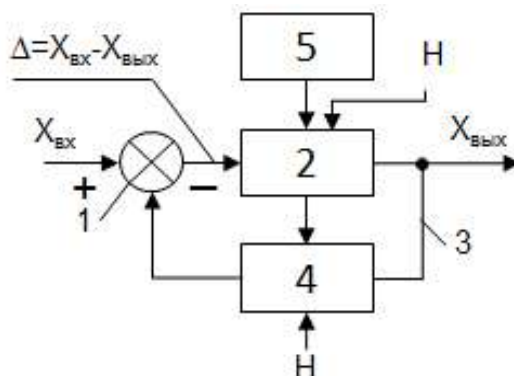
ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ПОЛНОНАБЛЮДАЕМЫХ СИСТЕМ ОБДД

Первым шагом в обосновании концепции наблюдаемости систем служит разработка проектов моделей преобразования системой ОБДД поступающих на ее входы сигналов – целей и желаемого результата – в сигналы выходные или сигналы о достигнутом результате функционирования системы. Указанный шаг изначально предусматривает «расшифровку» российской формулы нормативной концепции ОБДД как основной идеи и замысла, определяющих механизм получения на выходе системы «нулевой смертности» – на некотором фоновом уровне, случайно формируемом в дорожной среде.

Вторым шагом разработки проекта функциональной структуры системы ОБДД, как фундаментального параметра, формирующего все ее свойства, является установление полного множества видов и содержания алгоритмов реализации потребных функций по преобразованию системой входных и возмущающих сигналов в желаемый результат в формате отсутствия на выходе предпоследнего блока системы опасных причин, «пропущенных» в дорожное движение.

Поскольку факторы, существенно влияющие на БДД, потенциально могут быть обнаружены во многих видах разнообразной системной деятельности (в Израиле, например, в системе ОБДД используется более тысячи факторов, восемнадцать из которых отнесены к опасным; третье в списке факторов – техническое состояние транспортных средств (ТС), в России же гостехосмотр устранен), то в разрабатываемой структуре системы каждый ее функционально обязательный элемент целесообразно представить в едином формате (рис. 1) – в формате схемы организации целенаправленной деятельно-

сти. Такой формат обеспечивает наглядность внутренней (функциональной) организации съема информации о выходном сигнале (на рис.1 – $X_{\text{вых}}$) каждого функционального элемента системы.



$X_{\text{вх}}$ – входной (желаемый, требуемый) и выходной $X_{\text{вых}}$ (достигнутый) сигнал – результат деятельности;
 1 – блок сравнения желаемого и достигнутого результатов; 2 – объект управления (деятельность персонала);
 3 – канал отрицательной обратной связи (мониторинга результата деятельности); 4 – блок измерения (мониторинга) выходного результата; 5 – блок средств (процедур) парирования величины Δ – отклонения достигнутого результата деятельности от требуемого; Н – нормативное обеспечение деятельности

Рисунок 1 – Функциональная блок-схема системы управления целенаправленной деятельностью

Здравый смысл также подсказывает, что в структуру ФЭ системы должен быть включен и ее главный элемент, реализующий законотворческую, функционально обязательную деятельность, осуществляемую для задач ОБДД, так же, как и любой другой элемент системы. Разработчики правовых механизмов организации и управления состоянием систем принципиально не могут быть освобождены от ответственности за качество создаваемого ими главного правового «продукта» системы – инструмента (технологии, алгоритма) организации механизма предупреждения причин дорожно-транспортного травматизма. Законы, изначально не способные обеспечить на практике гарантированного достижения ими же устанавливаемых целей, системно необходимых правовых механизмов и содержания реализуемых в системе видов деятельности в рассматриваемой сфере, не могут быть по определению введены в реализацию их на практике, так как на входе всей исполнительной части системы не может быть неработоспособного задающего функционального блока. Отсюда следует вывод: деятельность по заданию в сфере ОБДД государства общесистемных целей, правовых механизмов и принципов функциональной организации осуществляемой деятельности для достижения общей цели – предупреждения причин возникновения ДТП – функционально обязательна, а блок, устанавливающий содержание системно потребных функций исполнения норматива, в том числе и норматива ответственности за обеспечение надлежащего качества осуществляемой деятельности, в рассматриваемом случае – нормотворческой, должен быть встроен в общегосударственную систему ОБДД в статусе ее обязательного функционального блока (элемента). То есть норма- или законотворческая деятельность должна рассматриваться как часть общесистемного механизма или технологии достижения целей Закона.

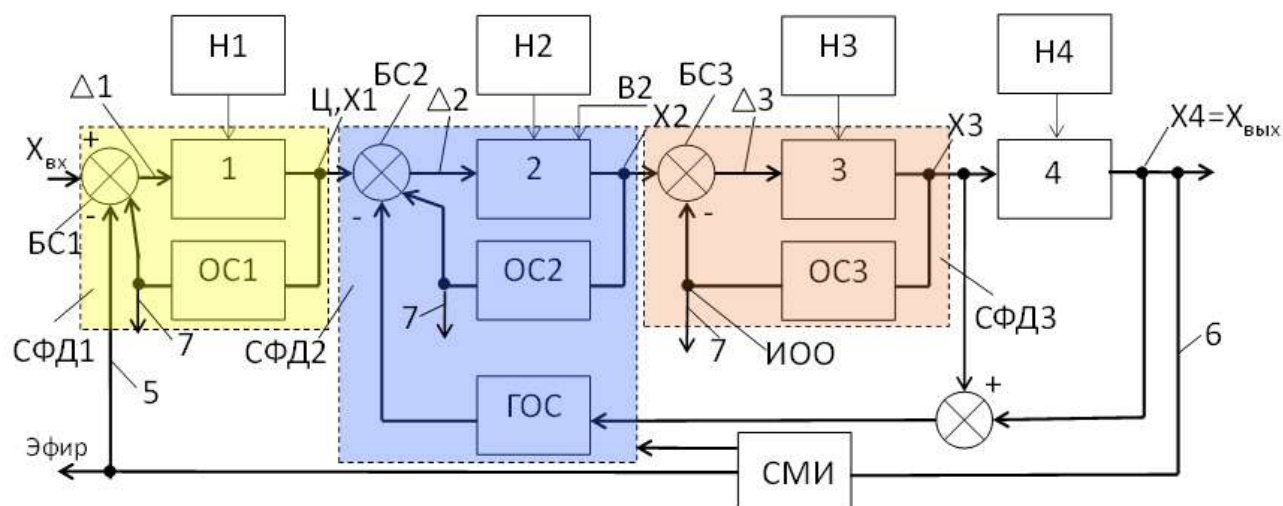
Функционально обязательная законотворческая деятельность, например в России, в настоящее время осуществляется вне рамок строгих нормативов и в этой связи должна быть по требованию методологии системного подхода осмыслена настолько, чтобы создать и продемонстрировать возможность образцовой оценки уровня ее функционального совершенства, удостоверяемого при системном контроле качества последующего исполнения заданных нормативов на практике. Это качество должно измеряться в долях от его общесистемного (результатирующего) уровня. Такая оценка в этом случае

приобретает смысл и меры полезности любого обязательного вида деятельности в совокупном выходном эффекте системы, и, следовательно, мера может служить базой для объективного обоснования механизма реализации функции ответственности, и оценке ее соответствия уровню функциональной значимости каждого вида обязательно исполняемой деятельности.

Рисунок 1 поясняет известный из теории управления эффект влияния вводимого в систему канала 3 обратной связи (для онлайн-контроля, мониторинга результата деятельности системы), обеспечивающего управляемость и устойчивость системы. Канал использует блок измерения 4 выходного результата и обеспечивает в блоке сравнения 1 вычисление разницы Δ между входным сигналом и сигналом о достигнутом результате функционирования системы. Задача функционального блока (ФЭ) 2 – используя разработанные при проектировании системы средства парирования возникающей разницы Δ , уничтожить ее. В случае воздействия на систему помех, например, вследствие колебания ресурсов: технических, кадровых и т. п. – отсутствие обратной связи 3 приводит к потере системой автоматизма управления ее состоянием, переводит ее в режим прямого, ручного, управления, т. е. управления функционированием системы безобратных связей, приводит к росту неустойчивости и утрате ее функциональных свойств.

На рисунке 2 показано использование принципов наблюдаемости и автоматизации управления в системах ОБДД введением отрицательных обратных связей в каждом виде осуществляемой деятельности. Полноформатные системы ОБДД, например города, региона, реализуют, в том числе, и функцию «ручной» координации параллельно осуществляемых в системе видов деятельности. В отличие от представленной на рисунке 2 одноканальной системы, структура таких реально действующих систем ОБДД содержит множество параллельных каналов управления безопасностью ДД, реализуя различные виды системной деятельности для достижения общей цели. Влияние каждого из них на общесистемный результат предупреждения причин возникновения тяжких ДТП различно. Общесистемный результат, согласно рисунку, представляет собой сумму «опасных» видов причин возникновения ДТП, способных накапливаться в каждом виде осуществляемой в канале деятельности. На рисунке 2 сигналу X4 соответствуют валовые результаты их накопления, пропущенные в систему дорожного движения в результате ненадлежаще исполненной нормативной деятельности в предыдущих блоках. Выбор наиболее рациональной комбинации каналов по объему и времени их использования для парирования опасных причин осуществляет орган управления системой. К нему в режиме онлайн каждый участник (ФЭ) системной деятельности по каналам 7 (с выходов каналов частных обратных связей ОС1–ОС3) направляет по системным каналам связи сигналы о фактах возникновения «опасных» причин в своей деятельности. Попадание этих причин в среду дорожного движения и их развитие в ДТП предупреждает или ослабляет негативный результат ДТП координирующая деятельность этого же органа управления. Последний мотивирует передачу системными средствами субъектами системы информации о возникших в их деятельности «опасных» причинах [9–10].

Здесь полезно обратить внимание на следующее. Первое, сопоставляя применяемую в государстве организацию деятельности по обеспечению БДД с приведенными на рисунках схемами полностью наблюдаемых автоматизированных систем, настроенных на «предупреждение причин», можно без труда обнаружить внушительный и легко доказуемый перечень недостатков действующего законодательства в сфере ОБДД, из-за которых в основном и невозможно качественно оценить эффективность решений по проблеме ОБДД. В этот перечень входят те фундаментальные недостатки несистемной деятельности, которые в целом делают действующее в России законодательство не «всеобъемлющим» (термин ВОЗ), а изначально неработоспособным.



$X_{вх}$ – законодательно установленные цели функционирования системы, принципы ее организации, правовые механизмы достижения цели и желаемый результат общесистемной деятельности; X_1 – федеральный закон как результат законотворческой деятельности и входной сигнал в систему его исполнения (правоприменения); X_2 – выходной сигнал исполнительного органа 2 управления системой – команда нижестоящему в иерархии системы ФЭ; X_3 – выходной сигнал блока 3 – достигнутый уровень ОБДД, измеренный в «опасных» причинах возникновения ДТП; $X_4 = X_{ввых}$ – валовый статистический уровень оценки пропущенных причин опасности в ДД (число погибших и травмированных); СФД1, СФД2, СФД3 – субъекты (структуры) системной функциональной деятельности (законодательный и исполнительные органы управления системой; системный хозяйствующий субъект); ОС1, ОС2, ОС3 – каналы обратной связи (контроля) собственной деятельности субъектов;

БС1, БС2, БС3 – блоки сравнения желаемого и достигнутого результатов собственной (внутрипроизводственной) деятельности субъектов; ИОО – идентификаторы опасных отказов – нарушений нормативов системной деятельности; СМІ – средства массовой информации; $\Delta 2 = X_1 - X_2$ – величина отклонения результата деятельности от его требуемого уровня; Н1, Н2, Н3 – нормативы деятельности; 1–3 – объекты управления собственной деятельностью; 4 – система ДД; 5 – информация СМІ в эфире; 6 – канал мониторинга общественного мнения; 7 – канал передачи информации об опасных отказах региональному органу управления системой;

ГОС – главная обратная связь (ГИБДД)

Рисунок 2 – Функциональная структура одноканальной системы обеспечения БДД (ОБДД)

Второе, недостающее, не вошедшее в организационную структуру системы, ее функционально обязательные элементы легко обнаруживаются по специально разрабатываемым «тестовым» виртуальным версиям системы, функционирующей гипотетически как бы полностью в автоматическом исполнении и служащим «лакмусовой бумажкой» для проявления всех недостающих элементов (для справки: автоматизация есть деятельность по передаче машинам и механизмам функций, выполняемых людьми). Общую методологию систем автоматизированного проектирования различных объектов (САПР), см., например, в [11]. Пример применения тестовой полностью автоматической версии системы расследования ДТП для задачи формирования пакета нерешенных ею вопросов от получения первичного документа о ДТП до блока обоснования предсудебного решения приведен в [12].

Ориентируясь на повышение уровня наблюдаемости и автоматизации систем ОБДД – информационно емких, многофункциональных и стохастических – разрабатывается технология передачи полного множества функций, выполняемых человеком, автоматизированным банкам функционально необходимой информации, реляционным базам данных, информационным технологиям сбора, обработки, хранения информации и т. д. с целью обеспечения основной технологии преобразования входного сигнала системы ОБДД в выходной результат и поддержки функционирования полного множе-

ства (по САПРу) вспомогательных подсистем: нормативного обеспечения (правового, технического, образовательного и т. п.), обеспечения терминологического, методического, алгоритмического, информационного и т. п.

Стартовой задачей разработки требуемой технологии являются задачи формирования полного множества потребных функций, реализуемых в системе и построения схемного изображения функциональной структуры системы. Вариант одноканальной макроструктуры (рис. 2) системы ОБДД – ее функциональные элементы реализуют одну или несколько функций – является типовым для каждого вида деятельности, осуществляемой хозяйствующими субъектами (СФДЗ).

МЕТОДИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА НА ПРИМЕРЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

В качестве методической поддержки специалистов по БДД, «воспитанных» в среде статистического аппарата оценки систем, целесообразно использовать аналоги, заимствованные, например, из сферы обеспечения безопасности движения (ОБД) на воздушном транспорте [13]. При выходе на задачи количественной оценки эффективности систем ОБДД аналоги окажутся вполне «свежими» по реализованным в них идеям и приемам оценки, пригодным для реализации в процедурах их адаптации в автодорожной практике ОБДД.

Используемые в сфере безопасности воздушного движения способы задания моделей их систем ОБД в форме граф-моделей функциональных структур создают возможность проявления всех существенных связей между их ФЭ, как субъектов, осуществляющих тот или иной вид деятельности.

Аналогами граф-моделей систем являются геометрические и математические модели отображения структуры систем, широко используемые в теории автоматических систем управления, в том числе и по фактору зрительно воспринимаемой наглядности их представления.

Структурное и геометрическое представление моделей сложных систем с отображением в них только вида, места всех ФЭ в структуре системы и их межэлементных связей позволяет без знаний их внутренней «физики» осуществить оценку эффективности и надежности исследуемых структур систем [14] и определить механизмы формирования измерителей перечисленных выше функциональных свойств (рис. 3).

Все перечисленные элементы методической поддержки специалистов по ОБДД имеют общую задачу определения реализуемого в системе полного множества функций и моделей (алгоритмов) их надлежащего исполнения, моделей функциональной организации системы, полного множества факторов, влияющих на БДД, и их допустимых пороговых значений. В системах ОБДД эти полные множества включают функцию сбора информации о качестве профилактической (предупредительной) деятельности по ОБДД, например, в субъектах, осуществляющих автотранспортную, дорожную и др. деятельность, функцию обработки указанной информации, принятия решений по выбору подготовленных заранее мер парирования, предупреждающих или подавляющих опасные виды ненадлежаще исполненной деятельности, разработки мероприятий непрерывного совершенствования систем и механизмов юридически признаваемой ответственности.

Межэлементные связи в системе ОБДД отображаются соответствующим множеством отношений в форме представления обработанной информации блоку-получателю, представления требований и ограничений на разрабатываемые мероприятия, информации к заданиям на их разработку и т. д. К эффективным способам задания граф-моделей систем, ориентированных на их применение в САПР, относят матричные способы.

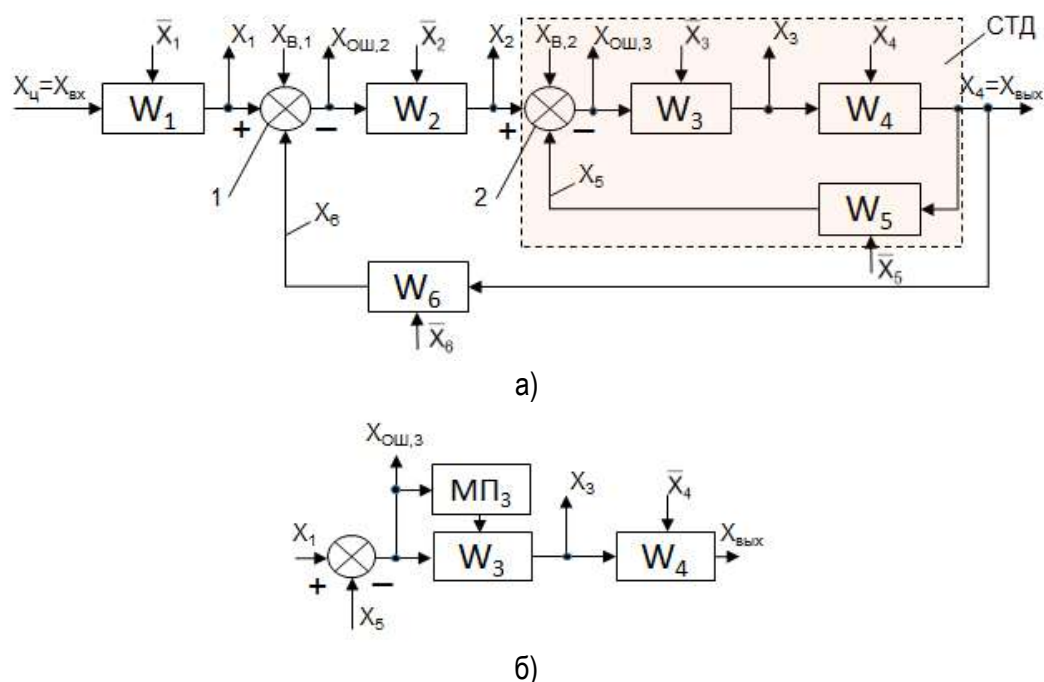
ТРЕБОВАНИЯ К ЗАКОНОДАТЕЛЬНОЙ БАЗЕ

Рассматривая законотворческий функциональный элемент систем ОБДД как их фундаментальную основу (по рис. 2), можно легко определить по схеме их функциональной организации систему обязательных требований к качеству разрабатываемых законодательных актов по ОБДД. К ним относят:

- требования наличия в этих актах функционально необходимого и достаточного терминологического обеспечения как единого языка общения участников системы, с определением всех терминов в форме, исключающей неопределенность их толкования;
- требования наличия в них целей и концептуальных принципов организации систем и управления процессами их функционирования, необходимых и достаточных для достижения общесистемных целей, а также изложения в них общих механизмов осуществления частных функционально обязательных видов деятельности;
- требования к обязательности использования в качестве основных, исключительно функциональных, критериев оценки результата частных видов деятельности и деятельности общесистемной;
- требования наличия механизмов реализации на практике всех положений, законодательных актов, обеспечивающих гарантированное достижение определенных ими целей и т. д.

Части приведенных требований достаточно, чтобы определить формулу качества законодательного акта в следующем виде: «совокупность изложенных в законодательном акте требований к наличию в нем юридически строго формализованных целей, основных принципов и механизмов организации системной деятельности и управления ею в соответствии с назначением системы».

Представление функциональной структуры системы, обладающей свойством ее полной наблюдаемости, способно измерением выходных сигналов всех ее ФЭ обеспечить получение ее математического описания по результатам наблюдения осуществляемой в них деятельности по «предупреждению причин». Решение задачи определения механизмов формирования всех ее функциональных свойств иллюстрирует рисунок 3 (приближение к рис. 2). Физический смысл элементов, образующих систему, понятен из подрисуночных надписей.



$X_{ц}$ – цели, удовлетворяющие потребностям общества в ОБДД; X_1 – X_6 – выходные сигналы как наблюдаемые параметры состояния системы (результат работы всех ее ФЭ); W_1 – W_6 – функции преобразования функциональными элементами (ФЭ) входных сигналов в выходные (содержание, алгоритмы работы ФЭ): в хозяйствующем субъекте W_4 и в каналах обратных связей – W_5 , W_6 (измерение, контроль, мониторинг); $X_{ош,2}$, $X_{ош,3}$ – сигналы системных ошибок (отклонений от штатной деятельности по отработке входных сигналов); $\bar{X}_1$ – $\bar{X}_6$ – массивы мер парирования (МП) системных ошибок; 1, 2 – блоки сравнения выходных сигналов с входными;

$X_{в,1}$, $X_{в,2}$ – сигналы, возмущающие систему; СТД – субъект транспортной деятельности

Рисунок 3 – Функциональная структура (геометрическое отображение) полностью наблюдаемой системы в механизме формирования измерителей ее функциональных свойств (а) и модель выбора потребных мер парирования (МП) ошибок в соответствии с содержанием последних (б)

Модели (механизмы) формирования измерителей функциональных свойств системы имеют общую структуру в форме соответствующих условных передаточных функций – по их определению – отношения выходного сигнала к входному.

Новый эффект, обеспечиваемый включением в механизмы организации системы и управления ее состоянием полного множества измерителей функциональных свойств, показан в [5].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Инновационное совершенствование систем ОБДД стран, «догоняющих» страны-лидеры, требует существенного изменения аналитического аппарата проектирования систем и непрерывного совершенствования их организационных (функциональных) структур и технологий управления состоянием систем до уровня, способного с помощью этого аппарата обеспечить БДД, близкую к нулевой смертности. Указанный аналитический аппарат может быть разработан на основе использования в качестве аналогов опыта моделирования и использования на практике сложных систем обеспечения безопасности движения в сферах смежных видов транспорта.

Базисом процедур решения задач непрерывного совершенствования систем ОБДД служит изложенный в докладе механизм использования свойства онлайн-наблюдаемости их состояния, способ-

ного обеспечить гарантированное предупреждение тяжких ДТП и, как следствие, существенное снижение дорожно-транспортного травматизма.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Распоряжение Правительства РФ от 28.07.2017 № 1632-р «Цифровая экономика Российской Федерации».
2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 8 января 2018 г. № 1-р «Стратегия безопасности дорожного движения в РФ на 2018–2024 годы»
3. Системы менеджмента БДД. Требования и руководство к применению : ГОСТ Р ИСО 39001-2014.
4. Эйкофф, П. Основы идентификации систем управления. – М. : Мир, 1975.
5. Кравченко, П. А., Олещенко, Е. М. Концепция полной наблюдаемости систем предупреждения дорожно-транспортного травматизма // Транспорт Российской Федерации. – 2015. – Спецвыпуск. – С. 25–31.
6. Федеральный закон «О безопасности дорожного движения» от 15.12.1995 № 195.
7. Европейский доклад «О состоянии безопасности дорожного движения». – Копенгаген : ВОЗ, 2009 (Женева : ВОЗ, 2009).
8. Воробьев, В. Г. Технические средства и методы обеспечения безопасности полетов / В. Г. Воробьев [и др.]. – М. : Транспорт, 1989.
9. Кравченко, П. А., Воробьев А. Г. Организационный и технологический ресурс проблемы обеспечения безопасности дорожного движения // Транспорт Российской Федерации. – 2008. – № 2 (15). – С. 44–50.
10. Федоров, В. А., Кравченко, П. А. О необходимости кардинального усовершенствования законодательного обеспечения деятельности по предупреждению ДТП в России // Транспорт Российской Федерации. – 2013. – № 4 (44). – С. 30–35.
11. Норенков, И. П. Введение в автоматизированное проектирование технических устройств и систем. – М. : Высшая школа, 1986.
12. Александров, А. П. Методика автоматизированного анализа ДТП // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах : материалы четвертой международной конференции, Санкт-Петербург, 28–29.09.2000 / СПбГАСУ. – СПб., 2000. – С. 51–55.
13. Сакач, Р. В. Безопасность полетов / Р. В. Сакач [и др.]. – М. : Транспорт, 1989.
14. Нечипоренко, В. И. Структурный анализ систем (эффективность и надежность). – М. : Сов. радио, 1977.



АНАЛИЗ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ В УКРАИНЕ И ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ

Л. Нагребельная, аспирант кафедры транспортных систем и безопасности дорожного движения Национального транспортного университета; младший научный Государственного предприятия «Государственный дорожный научно-исследовательский институт имени М. П. Шульгина», г. Киев, Украина

А. Кононенко, младший научный сотрудник Государственного предприятия «Государственный дорожный научно-исследовательский институт имени М. П. Шульгина», г. Киев, Украина

Проблема аварийности на территории Украины в последнее десятилетие приобрела особую остроту в связи с несоответствием дорожно-транспортной инфраструктуры потребностям населения в безопасном дорожном движении, недостаточной эффективностью функционирования системы обеспечения безопасности дорожного движения и низкой дисциплиной непосредственных участников дорожного движения. Плохое состояние дорог и дорожной инфраструктуры, несоблюдение правил движения водителями и пешеходами, умноженные на превышение скорости, калечат и убивают людей. Дорожно-транспортные происшествия (ДТП) забирают больше жизней, чем война. В докладе проанализированы основные причины возникновения ДТП, европейский опыт и пути решения проблем со скоростными режимами.

ВВЕДЕНИЕ

Безопасность дорожного движения – одна из самых актуальных проблем нашего времени. Каждый из нас ежедневно становится участником дорожного движения. Кто-то из нас водитель, кто-то пешеход, кто-то пассажир, и для безопасного пребывания на автомобильной дороге мы все обязаны соблюдать правила дорожного движения – это наша обязанность. Соблюдение правил дорожного движения всеми участниками – залог сохранения жизни людей. Недопустимо, чтобы из-за халатности, неорганизованности, неосмотрительности хотя бы одного из участников дорожного движения терялась человеческая жизнь!

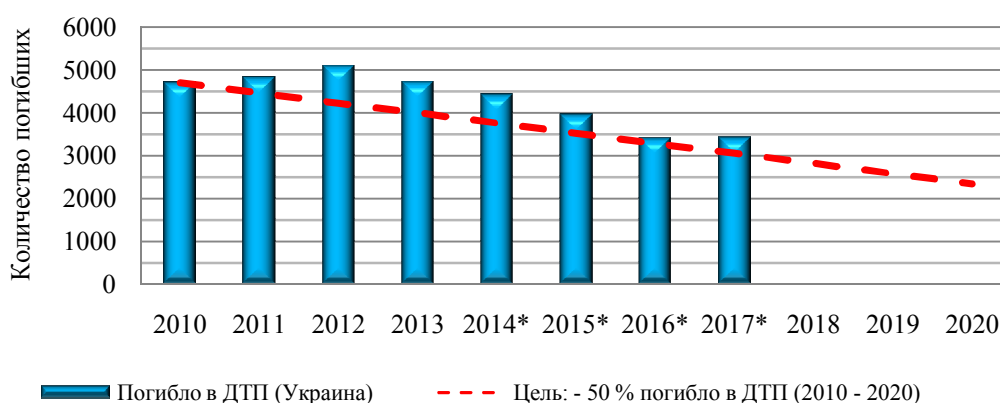
Непосредственно возникновение ДТП зависит от соблюдения правил дорожного движения. Увеличение числа транспортных средств и участников дорожного движения повышает вероятность возникновения ДТП на автомобильных дорогах, соответственно растет и число лиц, которые могут пострадать в них. Данная закономерность касается не только нашей страны, но и стран мира в целом, которую можно нарушить только при условии построения качественной дорожной сети и повышения уровня культуры передвижения всех участников дорожного движения.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) под эгидой ООН опубликовала доклад о состоянии безопасности дорожного движения в мире за 2015 год, в котором назвала страны с наибольшим количеством погибших в ДТП. По оценкам экспертов ВОЗ, в результате дорожно-транспортных происшествий ежегодно погибает около 1,25 млн человек, при этом наиболее тревожная ситуация складывалась в Ливии. Количество смертельных случаев составило 73,4 на 100 000 человек. Самый низкий уровень смертности в результате ДТП в европейском регионе – в среднем 9,3 случаев на 100 000 населения. Лучшими показателями отличаются Великобритания (2,9 на 100 000), Швейцария (3,3 на 100 000), Нидерланды (3,4 на 100 000), Скандинавские страны, особенно Швеция (2,8 на 100 000). Украинский уровень втрое хуже – 10,8 смертей на 100 тыс. человек. Он заметно превышает не только шведский, но и аналогичные коэффициенты для Германии – 4,3, Франции – 5,1 и даже экспрессивной Италии – 6,1. Из стран ЕС ближе всего к Украине Польша – 10,3 и Литва – 10,6 смертельных случаев на 100 тыс. населения [1].

ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДТП В УКРАИНЕ

В настоящее время одной из приоритетных задач для Украины является обеспечение безопасных и комфортных условий движения на автомобильных дорогах. Учитывая принятые Украиной программы Генеральной ассамблеи ООН «Десятилетие действий по обеспечению безопасности дорожного движения», имеющие целью снизить уровень аварийности и количество погибших в ДТП в два раза за период 2011–2020 годов, является актуальным поиск дополнительных возможностей влияния на повышение безопасности движения. Зарубежный опыт показывает, что наличие цели, подкрепленной цифрами, имеет более благоприятные перспективы.

Анализ погибших в ДТП в Украине (в рамках указанной цели по уменьшению количества погибших вдвое за десятилетний период) показывает, что достижение результата не является стабильным (рис. 1).



* Без учета областей в которых отсутствуют или неполные данные о ДТП: АР Крым, г. Севастополь, Донецкая и Луганская области.

Рисунок 1 – Динамика количества погибших в ДТП в Украине

Кроме того, количество погибших на 100 ДТП на автомобильных дорогах общего пользования почти вдвое превышает аналогичные показатели по Украине (рис. 2).

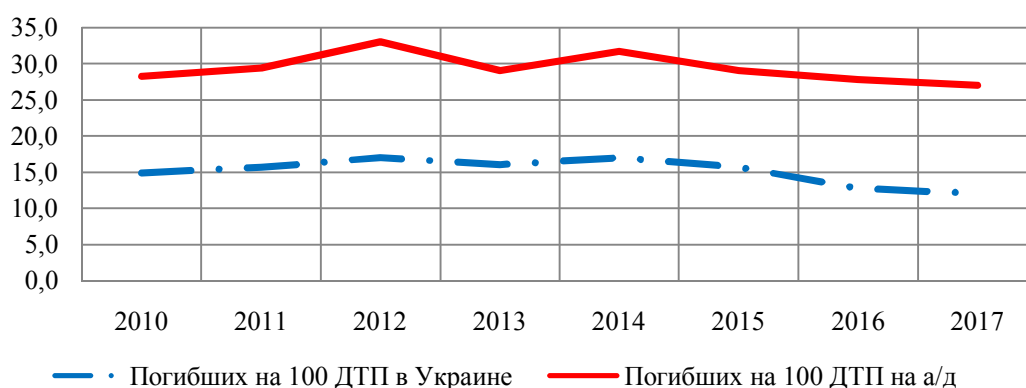


Рисунок 2 – Количество погибших на 100 ДТП в Украине

По статистическим данным, в среднем в Украине в результате ДТП ежедневно погибает 9 человек, 95 человек получают телесные повреждения (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика дорожно-транспортных происшествий и их последствия

Год	ДТП	Погибло (человек)	Число погибших на 100 ДТП	Ранено (человек)	Всего пострадавших	Удельный вес погибших в общем количестве пострадавших
2011	31 281	4908	15,7	38 178	43 086	11,4
2012	30 660	5094	16,6	37 503	42 597	11,9
2013	30 681	4833	15,7	37 521	42 354	11,4
2014	26 076	4432	17,0	32 267	36 699	12,1
2015	25 493	4003	15,7	31 600	35 603	11,2
2016	26 782	3410	12,7	33 613	37 023	9,4
2017	27 220	3432	12,6	34 677	38 109	9,0

Наиболее распространенными видами ДТП в Украине за 2017 г. являются столкновение транспортных средств (удельный вес таких ДТП составляет 40 %) и наезд на пешехода (34 %) (рис. 3).

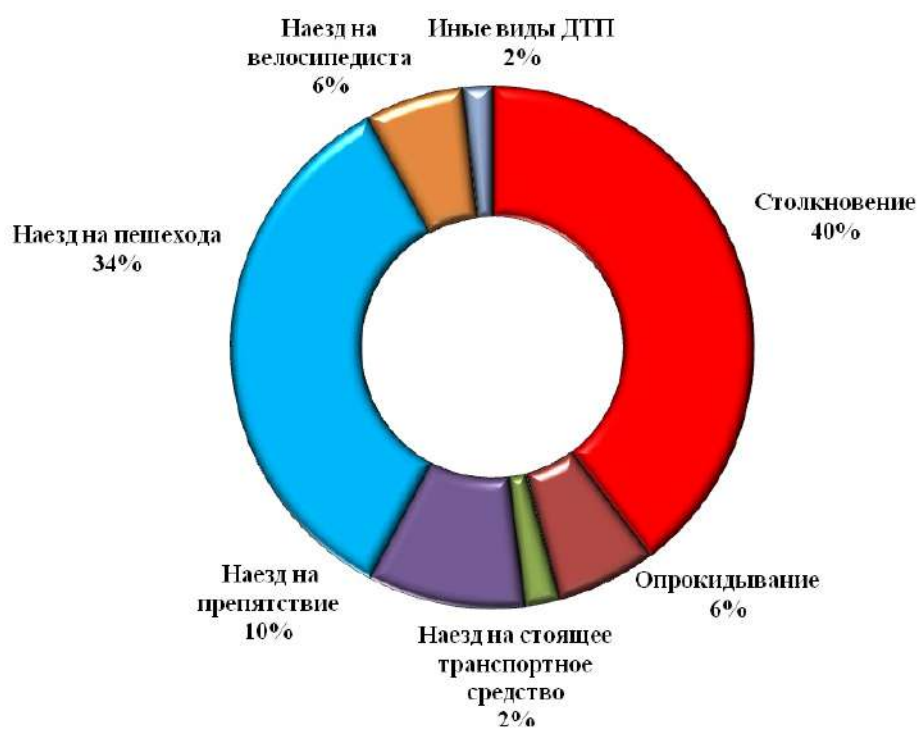


Рисунок 3 – ДТП с пострадавшими по видам ДТП в Украине за 2017 год

Причиной столкновения транспортных средств является недостаточный профессиональный уровень и недисциплинированность водителей, а причиной наездов на пешеходов является собственная неосторожность и нарушение Правил дорожного движения (ПДД) как водителями, так и пешеходами (рис. 4).

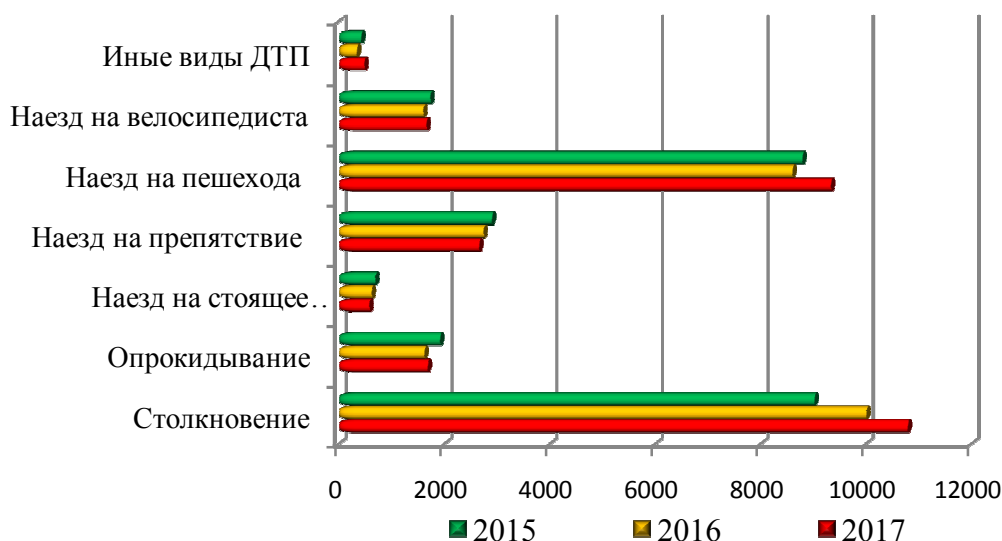


Рисунок 4 – ДТП с пострадавшими по видам ДТП в Украине за 2015–2017 гг.

В мире именно на «уязвимых пользователей дорог» (пешеходов, велосипедистов и лиц, управляющих моторными двухколесными транспортными средствами, и их пассажиров) приходится около половины смертельных случаев в ДТП. По данным ВОЗ, более 270 тыс. пешеходов ежегодно погибают на дорогах [2]. Сохранить их жизни можно благодаря оборудованным тротуарам, переходам, островкам безопасности, освещению дорог, устранению препятствий и использованию светоотражающих элементов, средствами принудительного ограничения скорости. Проблема ДТП с участием пешеходов особенно остро стоит в темное время суток и в период сумерек, когда резко снижается видимость пешеходов на дороге. Многие пешеходы не знают Правил дорожного движения, плохо ориентируются в движении транспортных потоков, пренебрегают правилами личной безопасности.

На рисунке 5 показаны основные нарушения правил дорожного движения, по причине которых возникают ДТП. Причины ДТП подразделяются на субъективные и объективные. К субъективным причинам относятся:

- нарушение Правил дорожного движения водителем, пешеходом, пассажиром, иным участником дорожного движения;
- нарушение правил безопасности движения и эксплуатации транспортных средств.

Объективными причинами считаются:

- недостатки в планировании улиц и автодорог;
- освещенность проезжей части в темное время суток;
- состояние дорожного покрытия; различные средства регулирования, в том числе дорожные знаки; тормозные, маневренные и другие свойства автотранспортных средств.

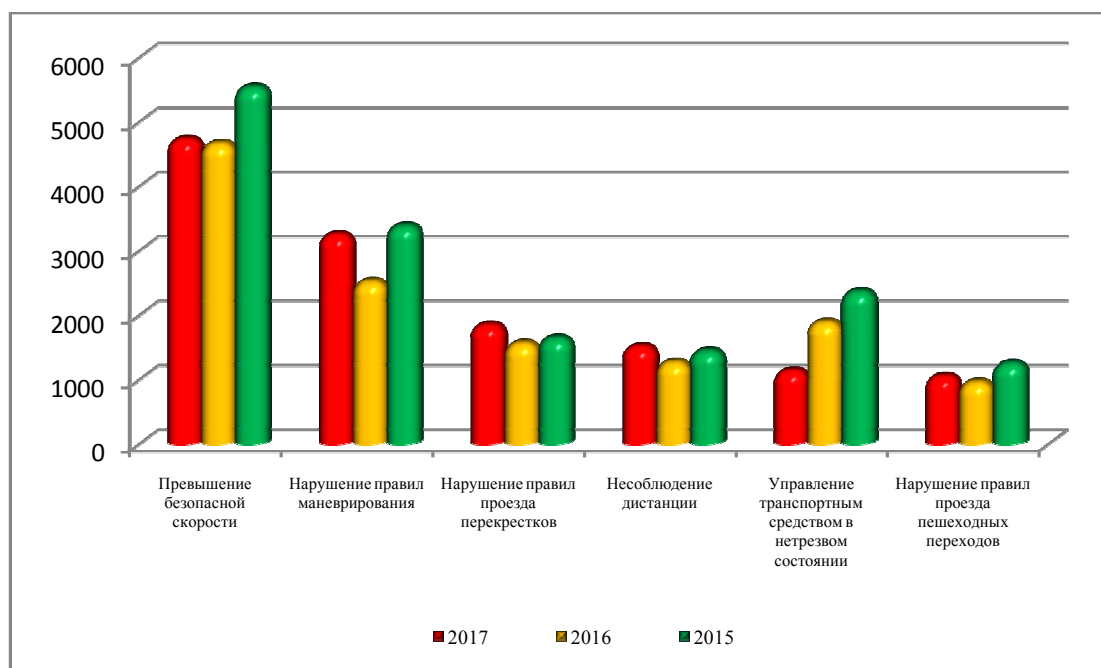


Рисунок 5 – Основные нарушения Правил дорожного движения в Украине за 2017–2015 гг.

Статистика показывает, что наиболее распространенными причинами ДТП, зависящими от водителя, являются:

- превышение установленной скорости движения;
- нарушение правил маневрирования;
- нарушение правил проезда перекрестков;
- несоблюдение дистанции;
- управление автотранспортным средством в состоянии алкогольного опьянения;
- нарушение правил проезда пешеходных переходов;
- другие причины: резкое торможение, неподача световых указателей маневра, игнорирование запрещающих знаков, сон за рулем и т. д.

Одной из основных причин возникновения ДТП является скорость. Подавляющее большинство дорожно-транспортных происшествий происходит именно из-за превышения безопасной скорости (28 %) и нарушения правил маневрирования (19 %) (рис. 6).



Рисунок 6 – ДТП с нарушениями Правил дорожного движения в Украине за 2017 год

ЕВРОПЕЙСКИЙ ОПЫТ В УПРАВЛЕНИИ СКОРОСТНЫМИ РЕЖИМАМИ

Мировой опыт и опыт стран Европы говорит о том, что эффективное управление скоростными режимами и снижение общей скорости движения является неременным условием повышения безопасности дорожного движения и уменьшения количества жертв ДТП. Так, по данным Европейской экономической комиссии ООН, ВОЗ и других международных организаций, превышение скорости или движение на скорости, не соответствующей дорожной обстановке, в зависимости от конкретной страны, является причиной 30 %–50 % ДТП со смертельным исходом. Кроме этого, научные исследования показали, что повышение средней скорости движения напрямую связано как с вероятностью ДТП, так и с тяжестью их последствий. Увеличение средней скорости движения на 5 % приводит к увеличению количества ДТП с травмированными примерно на 10 % и на 20 % – количества ДТП со смертельным исходом.

Приведем главные аргументы в пользу снижения скорости, основанные на исследованиях Европейской экономической комиссии ООН, Всемирной организации здравоохранения, Европейской конференции Министров транспорта (сегодня – Международный транспортный форум) и других авторитетных международных организаций:

- с увеличением скорости повышается риск ошибки водителя и быстрее наступает усталость;
- превышение скорости или движение на скорости, не соответствующей дорожной обстановке, приводит к трагическим последствиям для пешеходов. При увеличении скорости в момент наезда с 30 до 50 км / ч вероятность смерти пешехода фактически возрастает в восемь раз;
- для пассажиров автомобиля, попавшего в аварию, вероятность смерти в результате удара при скорости 80 км/ч в 20 раз выше, чем при скорости 32 км/ч;
- с увеличением скорости ухудшается сцепление шин с дорожным покрытием.

- с ростом скорости увеличивается расстояние до полной остановки, состоящее из расстояния, пройденного за время реакции водителя и тормозного пути (время реакции водителя на неожиданное событие варьируется в пределах 1–2 с);

- движение на повышенной скорости ведет к увеличению уровня загрязнения атмосферного воздуха и шума, что отрицательно сказывается на качестве жизни населения, особенно в городских зонах. Кроме того, с ростом скорости увеличиваются эксплуатационные расходы (возрастает расход топлива и масла, быстрее изнашиваются шины);

- выигрыш времени при увеличении скорости незначителен и часто переоценивается: так, на 100-километровой дистанции увеличение скорости с 130 до 150 км/ч позволяет сэкономить всего 6 минут.

- скоростное движение требует особой бдительности в ночное время: фары ближнего света освещают участок протяженностью всего 30 м, и на скорости свыше 70 км/ч столкновение с препятствием, которое внезапно появляется в освещенной зоне, становится неизбежным;

- с увеличением скорости ухудшается зрительное восприятие: поле зрения водителя на скорости 40 км/ч составляет 100 градусов, на скорости 130 км/ч сужается до 30 градусов;

- при превышении установленной скорости 60 км/ч на 5 км/ч относительный риск попадания в ДТП сопоставим с риском, который дает наличие в крови водителя 0,05 г/дл. алкоголя.

Установлено, что при уменьшении максимально допустимой скорости в населенных пунктах с 60 до 50 км/ч количество ДТП, в том числе ДТП с тяжелыми последствиями, существенно снижается. Поэтому в подавляющем большинстве государств Европы и США максимальная допустимая скорость движения транспортных средств в населенных пунктах составляет именно 50 км/ч. Однако местные власти в городах ЕС, несмотря на общее правило 50 км/ч, определяют в населенных пунктах те дороги, где можно увеличить максимальную скорость до 70, 80, 90 км/ч, при этом обеспечив безопасный проезд. Кроме того, можно ввести ограничение скорости в определенном временном промежутке.

Так, например, в Польше ограничение скорости 50 км/ч на дорогах населенных пунктов по общему правилу действует с 6.00 до 23.00. В ночное время скорость автомобилей может достигать 60 км/ч [1]. Этот опыт вполне можно ввести и в Украине.

Состояние безопасности на дорогах Украины похоже на то, которое переживали страны Европы в 80-е годы XX века. Так, в Германии уровень смертности от ДТП был еще выше, чем в Украине: на 100 тыс. населения в авариях погибало 18–20 человек. Сегодня же в Германии, а также в Нидерландах, Великобритании и Франции при уровне автомобилизации 700–800 автомобилей на 1000 человек погибает 4–5 человек на 100 тыс. населения.

На такое сокращение аварийности в европейских странах повлиял целый комплекс мероприятий: улучшение дорожной инфраструктуры, качественное управление безопасностью дорожного движения, обеспечение своевременной медицинской помощи пострадавшим в ДТП, регулярное проведение профилактической и разъяснительной работы, внедрение эффективного законодательства в этой сфере, повышение штрафов и обеспечение неотвратимости наказания за нарушение ПДД. Значительную роль сыграло установление камер видеонаблюдения за дорожным движением, а также автоматическая фиксация нарушений.

Несмотря на все предостережения, отрицание и неприятие этой системы, введение системы фото- и видеофиксации нарушений Правил дорожного движения является наиболее действенным, эффективным и безальтернативным механизмом борьбы с нарушениями и их профилактики. Такая система сегодня работает в большинстве стран Европейского союза и развитых стран мира, причем их опыт свидетельствует, что введение этой системы радикально изменило ситуацию по безопасности на дорогах в лучшую сторону.

В Польше после внедрения системы автоматической фиксации нарушений Правил дорожного движения количество ДТП по стране уменьшилась на 30 % [3] (рис. 7).



Рисунок 7 – Польский опыт: уменьшение смертности на дорогах после введения видеофиксации

По сравнению с европейскими странами состояние безопасности дорожного движения в Украине является крайне неудовлетворительным из-за высокого уровня смертности и дорожно-транспортного травматизма.

По подсчетам Министерства инфраструктуры и Всемирного банка 3,5 тысячи смертей на украинских дорогах стоили украинской экономике 1,5 %–2 % ВВП или 4,5 млрд долларов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследований, проведенных различными международными организациями, в частности Всемирной организацией здравоохранения, скорость 50 км/ч считается оптимальной с точки зрения обеспечения безопасности дорожного движения. При уменьшении максимально допустимой скорости в населенных пунктах с 60 до 50 км/ч количество ДТП, в том числе ДТП с тяжелыми последствиями, существенно снижается. Именно поэтому в большинстве европейских стран максимально допустимая скорость движения в населенных пунктах составляет 50 км/ч.

В Украине, к сожалению, по статистическим данным, частым нарушением правил дорожного движения является превышение безопасной скорости. Учитывая ситуацию с соблюдением правил дорожного движения и с экономическими потерями, а также основные причины и условия, способствующие нарушениям, нужно принять ряд мер нормативно-правового характера:

- ужесточить наказания за нарушение правил безопасности дорожного движения или эксплуатации транспорта лиц, управляющих транспортными средствами;
- увеличить размер штрафов за некоторые виды административных правонарушений;

- ввести систему автоматической фото- и видеофиксации нарушений правил дорожного движения и неотвратимость их наказания.

Все эти меры необходимо внедрять в нашей стране сейчас, поскольку, учитывая постоянно растущую аварийность на автомобильных дорогах, кардинально повлиять на повышение безопасности дорожного движения может именно внедрение автофиксации и неотвратимости наказания за нарушение ПДД всех участников дорожного движения.

Важно отметить, что на законодательном уровне система автофиксации нарушений ПДД была введена в Украине еще осенью 2015 года (принят соответствующий Закон № 596-VIII). С тех пор прошло уже немало времени, однако она так и не заработала. Причина: принятый Закон несовершенен и противоречит решению № 23-рп/2010 Конституционного Суда Украины, который еще в 2010 году отменил применение автоматической фиксации нарушений ПДД, поскольку она противоречит конституционным нормам. Ведь по закону к ответственности привлекается собственник транспортного средства, а не лицо, совершившее правонарушение. А это нарушает презумпцию невиновности, норму ст. 61 Конституции (юридическая ответственность имеет индивидуальный характер) и нормы Кодекса об административных правонарушениях, согласно которым административную ответственность несет именно физическое лицо [4].

Для устранения этих противоречий был подготовлен законопроект № 5314, который сейчас находится на рассмотрении в профильных комитетах Верховной Рады. Впрочем, не только в этом причина задержки внедрения автофиксации. До сих пор не приняты и необходимые сопроводительные акты: технические требования к системе и порядок ее функционирования, положение об автоматизированной обработке данных, межведомственные приказы об обмене информацией и тому подобное.

Применение этих средств контроля за соблюдением водителями Правил дорожного движения, в том числе скоростных режимов, положительно повлияет на повышение безопасности дорожного движения в Украине. В частности, как показал европейский опыт, внедрение такой практики на автомобильных дорогах Украины способно сократить аварийность на 30 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://biz.nv.ua/ukr/expres/kava/jak-zniziti-avarijnist-na-dorogah-1439142.html>.
2. https://dt.ua/macrolevel/cina-vtrat-yakim-mozhna-zapobigti-dtp-v-ukrayini-262072_.html.
3. <https://glavnoe.ua/articles/a11777-posilennja-vidpovidalnosti-za-porushennja-pdr-zaradi-zhittja-i-bezpeki>.
4. <https://www.autocentre.ua/ua/avtopravo/pdd-i-bezopasnost/na-chto-sposobna-sistema-avtofiksatsii-narushenij-pdd-336533.html>.



НЕКАПИТАЛОЕМКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО СОКРАЩЕНИЮ АВАРИЙНОСТИ В МЕСТАХ КОНЦЕНТРАЦИИ ДТП ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ. ОПЫТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Б. В. Некрасов, директор отдела Систем безопасности движения ЗМ, Россия и СНГ

Рассмотрен экономический подход к выбору мероприятий по снижению аварийности на участках концентрации дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Описан опыт Российской Федерации по применению современных технических средств организации дорожного движения с целью сокращения аварийности в местах концентрации ДТП.

ВВЕДЕНИЕ

В Российской Федерации реализуется приоритетный Проект «Безопасные и качественные дороги» (БКД), на первом этапе которого в период до 2018 года включительно, осуществляется разработка и реализация программ комплексного развития транспортной инфраструктуры (далее – ПКРТИ) 38 городских агломераций в части некапиталоемких мероприятий, связанных преимущественно с выполнением работ по содержанию, обустройству и ремонту дорожной сети. В качестве одной из главных целей Проекта на этом этапе ставится снижение количества аварийно-опасных участков на дорогах крупнейших городских агломераций до 2018 года не менее чем на 50 %.

Следует также отметить, что в соответствии с Федеральным законом № 296-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный Закон «О безопасности дорожного движения» №196-ФЗ» к полномочиям владельцев автомобильных дорог и улиц всех уровней власти относится осуществление мероприятий по безопасности дорожного движения, включая ежегодное утверждение перечней аварийно-опасных участков дорог и разработка первоочередных мер, направленных на устранение причин и условий совершения дорожно-транспортных происшествий.

Таким образом, в обоих случаях речь идет о реализации первоочередных мер, некапиталоемких (или малозатратных) мероприятий, направленных на существенное снижение количества и тяжести ДТП прежде всего на аварийно-опасных участках дорог и улиц.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ НЕКАПИТАЛОЕМКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОКРАЩЕНИЮ АВАРИЙНОСТИ В МЕСТАХ КОНЦЕНТРАЦИИ ДТП

Несмотря на то, что в последнее время разработан целый ряд методических документов и многие из них помещены на сайте БКД <http://bkd.rosdornii.ru/doc/>, дорожные органы испытывают определенные трудности при выборе малозатратных мероприятий. Анализ разработанных программ комплексного развития транспортной инфраструктуры в регионах показывает, что среди предложенных первоочередных мероприятий можно встретить и капиталоемкие, например, капитальный ремонт дорожного полотна, реконструкцию и ремонт развязок и перекрестков, и даже строительство развязок и устройство пешеходных переходов в разных уровнях. Однако в подавляющем большинстве агломераций предложены к реализации именно некапиталоемкие мероприятия. Они отличаются большим разнообразием. Среди них можно встретить абсолютно некапиталоемкие – применение различных технических средств организации дорожного движения (знаков, разметки,

светофоров), и условно некапиталоемкие – устройство освещения, поворотных «карманов», островков безопасности. При выборе того или иного мероприятия стоит обратить внимание на то, удастся ли за счет его реализации максимально снизить аварийность на выбранных участках концентрации ДТП при минимальных затратах.

Наиболее распространенным при выборе мероприятий по БДД является «технический» подход. Суть его заключается в выявлении причин аварийности и их устранении путем применения наиболее подходящих технических решений. Однако в этом случае не учитываются затраты на реализацию данного конкретного мероприятия. То есть вполне возможно, что точно такой же результат по снижению аварийности на данном участке можно было получить, применив другое, менее дорогостоящее мероприятие и тем самым повысить эффективность использования имеющихся ограниченных финансовых ресурсов. Именно поэтому целесообразнее применять «экономический» подход.

В его основе лежит критерий оценки отношения Выгод к Затратам, т. е.:

$$K = B/Z,$$

где Z – Затраты на реализацию данного мероприятия, руб.;

B – Выгоды, руб., – снижение социально-экономического ущерба за счет уменьшения аварийности на участке после реализации данного мероприятия, т. е. снижение ущерба от гибели и ранения людей, от повреждений АТС, грузов и дорожных сооружений.

В каждой стране применяется своя методика оценки социально-экономического ущерба от ДТП.

В чем же состоит суть «экономического» подхода, получившего наибольшее распространение пока только в зарубежных странах? На основе многолетнего анализа целого списка различных капиталоемких и некапиталоемких мероприятий, реализованных в местах концентрации ДТП в этих странах, удалось произвести их оценку на основе вышеприведенного критерия отношения Затрат к Выгодам и расположить все мероприятия по ранжиру, где в списке в самом верху оказались наиболее эффективные мероприятия, обладающие максимальным коэффициентом B/Z , а в конце списка – наименее эффективные с минимальным коэффициентом B/Z . При этом было установлено, что на первом месте оказались малозатратные или некапиталоемкие мероприятия (например, установка дорожных знаков, устройство разметки, установка дорожных ограждений и иных ТСОДД), тогда как более капиталоемкие (например, уширение дороги или моста, спрямление участка дороги, устройство развязки в разных уровнях) отодвинулись в конец списка. Вместе с тем даже среди только некапиталоемких мероприятий есть свои «лидеры» и «аутсайдеры». Например, в безусловных лидерах обычно стоят мероприятия, связанные с применением дорожных знаков на пленках с повышенными светотехническими характеристиками, а также иных ТСОДД со световозвращающими элементами (сигнальных столбиков, вех, пластин). Это показывают отчеты дорожных ведомств США, Великобритании, Испании, Германии.

Использование «экономического» подхода крайне просто: при выборе мероприятий в местах концентрации ДТП предпочтение следует отдавать наиболее эффективным мероприятиям, стоящим в верхней части списка, т. е. имеющим наивысший коэффициент отношения Выгод к Затратам, и только затем, если останутся средства, рассматривать другие мероприятия, стоящие в списке ниже. При таком подходе удастся реализовать наиболее эффективные некапиталоемкие мероприятия в максимально возможном количестве аварийных участков, что при «техническом» подходе невозможно, так как просто не хватит финансовых ресурсов.

Тем самым достигается максимальное снижение аварийности при минимальных затратах, т. е. обеспечивается наиболее высокая эффективность расходования ограниченных средств.

В РФ было проведено 2 исследования по вопросам оценки применения некапиталоемких мероприятий.

Первый эксперимент был проведен в 2009–2010 годах. В нем приняли участие два региональных и четыре федеральных органа управления автодорогами. Поскольку данный эксперимент проводился в кризисные 2009–2010 годы, то ввиду нехватки финансовых ресурсов эксперимент ограничился в основном установкой специальных дорожных знаков в местах концентрации ДТП.

Суть проведенных мероприятий заключалась в том, что большинство мест концентрации ДТП оснащалось по СТО 05204776.01-2008 «Обустройство участков концентрации ДТП на автомобильных дорогах общего пользования федерального значения специальными предупреждающими щитами»:

- двумя специальными предупреждающими щитами по границам очага аварийности;
- стандартными дорожными знаками на щитах желто-зеленого цвета, если внутри этого очага аварийности имелся характерный участок, в котором были известны причины совершения ДТП.

Для изготовления щитов и знаков использовались современные световозвращающие и флуоресцентные материалы (рис. 1).

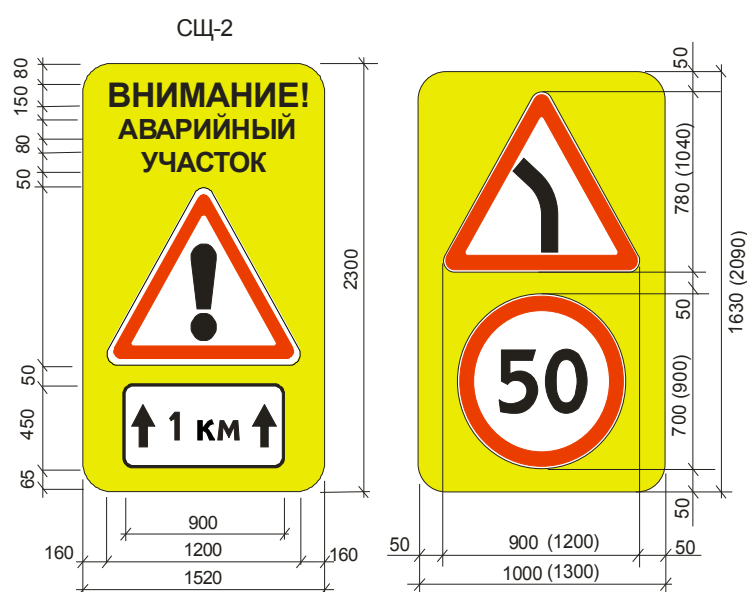


Рисунок 1

Знаки были установлены в 76 местах концентрации ДТП на федеральных и региональных дорогах. Статистика ДТП приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Статистика ДТП во время эксперимента 2009–2010 гг.

	До реализации мероприятий	После реализации мероприятий	Снижение	
Всего ДТП	324	191	- 133 чел.	- 41 %
Погибло	82 чел.	30 чел.	- 52 чел.	- 63 %
Ранено	398 чел.	235 чел.	- 163 чел.	- 41 %

Выгоды: 723,3 млн руб. (по методике НИИАТа 2007 г.).

Затраты: 5,4 млн руб. (в среднем 71 тыс. рублей на 1 место концентрации ДТП).

Таким образом, были получены положительные результаты. В 76 местах концентрации ДТП на федеральных и региональных дорогах общего пользования коэффициент В/З достиг 134. Для сравнения в странах Европы этот показатель при реализации тех же мероприятий был на уровне всего 20–30.

В 2013 году по инициативе Ассоциации «РАДОР» был проведен расширенный эксперимент по использованию «экономического» подхода при выборе мероприятий по БДД. В нем приняли участие уже 28 территориальных органов управления автомобильными дорогами и были проанализированы данные по 201 очагу аварийности. По видам мероприятий данная статистическая выборка включала значительно более широкий набор мероприятий, чем в первом эксперименте: знаки, щиты, светофоры, дорожную разметку, искусственные дорожные неровности (ИДН), барьерные ограждения, освещение. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Статистика ДТП во время эксперимента 2013 г.

	До реализации мероприятий	После реализации мероприятий	Снижение	
Всего ДТП	595	102	- 493	- 83 %
Погибло	145	23	- 122	- 84 %
Ранено	815	134	- 681	- 84 %

Экономические показатели:

- выгоды: 1970 млн руб. (по методике НИИАТа 2007 г.);
- затраты: 46 млн руб. (в среднем 228 тыс. рублей на 1 место концентрации ДТП);
- $K = B/3 = 43$.

Эффективность различных мероприятий по БДД по данным эксперимента 2013 г. приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Эффективность мероприятий по данным эксперимента 2013 г.

Ранг	Описание мероприятия	Коэффициент В/3
1	Дорожные знаки	145
2	Специальные щиты (СТО 05204776.01-2008)	129
3	Горизонтальная разметка	16,9
4	Установка светофорных объектов	16,7
5	Установка дорожных ограждений	9,7
6	Устройство освещения	5,0
7	Устройство искусственных неровностей (ИДН)	1,6

Результаты эксперимента:

- за время реализации мероприятий удалось в 201 месте концентрации ДТП спасти жизни 122 человек и предотвратить ранения еще 681 человека, затратив на это всего 46 млн рублей;
- выгоды для общества в виде снижения социально-экономического ущерба от ДТП составили почти 2 млрд рублей;
- общий коэффициент эффективности вложений как отношение Выгод к Затратам составил 43;
- среди наиболее эффективных мероприятий безусловным лидером явилась установка дорожных знаков и специальных щитов по СТО 05204776.01-2008 (рис. 2).



Рисунок 2

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных экспериментов показали, что применение современных технических средств организации дорожного движения является одним из эффективных методов сокращения аварийности в местах концентрации ДТП.



ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАРЬЕРНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ ОРГАНИЗАЦИЯМИ ХОЛДИНГА «БЕЛАВТОДОР»

И. В. Нестерович, кандидат технических наук, начальник сектора ОАО «Управляющая компания холдинга «Белавтодор», г. Минск, Беларусь

Барьерные ограждения на автомобильных дорогах и мостовых сооружениях представляют собой определенные конструкции, предназначенные для недопущения съездов автомобилей с полос движения, выезда на встречные полосы, наезда на препятствия, пешеходов, велосипедистов и животных. Применяют барьерные ограждения разных конструктивных особенностей. Наиболее широко в мировой практике используются барьерные ограждения металлические, канатные и парпетные из железобетона. Железобетонные парпетные ограждения в Беларуси начали устраиваться с 2016 года. В настоящее время устраивают сборные и монолитные, деформируемые и недеформируемые железобетонные ограждения, в основе которых используется профиль Нью-Джерси. В докладе обобщен опыт устройства таких ограждений на автомобильных дорогах Республики Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

На автомобильных дорогах и мостовых сооружениях применяются барьерные ограждения, представляющие собой определенные конструкции, предназначенные для недопущения съездов автомобилей с полос движения, выезда на встречные полосы, наезда на препятствия, пешеходов, велоси-

педистов и животных. Барьерные ограждения изготавливаются из различных материалов и бывают разных конструктивных особенностей. Наиболее широкое применение в мировой практике нашли барьерные ограждения металлические, канатные и парапетные из железобетона. Однако на территории Республики Беларусь до недавнего времени широко применялись только металлические и канатные барьерные ограждения. Применение парапетных железобетонных ограждений началось в 2016 г.

В основе парапетных железобетонных барьерных ограждений используется профиль Нью-Джерси (New Jersey).

Парапетное железобетонное барьерное ограждение Нью-Джерси было разработано в 1950-х годах, а в применяемой в настоящее время форме внедрено в 1959 году в Технологическом институте Стивенса в Нью-Джерси, США, Департаментом автомобильных дорог штата Нью-Джерси для разделения транспортных потоков автомобильной дороги в различных направлениях. Типовая конструкция парапетного железобетонного ограждения Нью-Джерси имела высоту 32 дюйма (81 см) и изготавливалась из армированного монолитного цементобетона.

Широкое применение в дорожном строительстве монолитного ограждения Нью-Джерси привело к разработке сборных конструкций, повторяющих профиль в виде отдельных блоков.

Однако большая часть парапетных ограждений, построенных в Нью-Джерси в 50-х и начале 60-х годов прошлого века, была монолитной, а не сборной конструкции.

Конструкция профиля парапетного барьерного ограждения Нью-Джерси была специально разработана, чтобы максимально снизить риск серьезной аварии, а также уменьшить последствия столкновения с боковыми дорожными ограждениями. При столкновении транспортных средств с парапетными ограждениями вероятность опрокидывания или поперечного разворота практически сводится к нулю.

Лобовые столкновения сводятся к минимуму вследствие постепенного подъема транспортного средства и возвращения его обратно в полосу движения без выезда на встречное направление движения.

По мере повышения эффективности парапетного барьерного ограждения Нью-Джерси увеличивалась его высота. Более высокое парапетное ограждение получило дополнительную функцию – защиту от ослепления фарами встречного автомобиля.

СТРОИТЕЛЬСТВО ПАРАПЕТНЫХ БАРЬЕРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

Барьерные ограждения классифицируются по деформационным характеристикам и могут быть деформируемыми и недеформируемыми, а также по материалу изготовления: металлические, канатные, железобетонные, деревянные и другие.

К важнейшим нормируемым параметрам дорожного ограждения относят динамический прогиб и **удерживающую способность** дорожного ограждения. Так, для применяемых ограждений устанавливаются требования по удерживающей способности: на разделительной полосе автодорог I категории возможна установка ограждений с требуемой удерживающей способностью У4 и У5 не менее 350 кДж [1].

Дорожные ограждения проходят специальные испытания в соответствии с определенными требованиями [2], [3], [4]. Проведение испытаний дорожных ограждений осуществляется на специально оборудованных и аккредитованных полигонах. В Беларуси такие полигоны отсутствуют. Следует отметить, что данный вид испытаний является высокзатратным как по времени, так и финансово.

В дальнейшем испытанные дорожные ограждения для применения их на автомобильных дорогах республики должны быть сертифицированы по ТР ТС 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог» [5].

Для обеспечения широкого применения местных строительных материалов, в том числе цемента, щебня, в Беларуси холдинг «Белавтодор» начал внедрение железобетонных парапетных ограждений на автомобильных дорогах республики.

Устройство железобетонных барьерных ограждений началось в 2016 году. На тот момент единственным в республике сертифицированным дорожным железобетонным ограждением было ограждение DELTA BLOC. Производство ограждения осуществляется по лицензии и запатентованным технологиям компании DELTA BLOC INTERNATIONAL GmbH (Австрия, Вена). В основе систем DELTA BLOC используется профиль Нью-Джерси. Производимые системы дорожных ограждений DELTA BLOC имеют высоту 800 мм и уровень удержания H1 (126,6 кДж) по EN 1317 [2], что соответствует степени удержания У1 по СТБ 1300 [1] и высоту 1000 мм с уровнем удержания H2 (287,5 кДж) по EN 1317 [2], что соответствует степени удержания У4 по СТБ 1300 [1]. Ограждение DELTA BLOC является сборным, относится к деформируемому типу и монтируется только после устройства верхнего слоя дорожной одежды. Запатентованная система соединения отдельных блоков в единую конструкцию осуществляется посредством специальных замков, которые не производятся в республике и реализуются только компанией DELTABLOC INTERNATIONAL GmbH. Дорожное железобетонное ограждение DELTA BLOC в республике производит компания ООО «ДБС Эльта» по ТУ BY 191450812.002 «Блоки железобетонные комбинированного типа удерживающих ограждений для автомобильных дорог и мостов» [6].

Железобетонное парапетное ограждение DELTA BLOC было смонтировано в 2016 г. при реконструкции автомобильной дороги Р-23 Минск – Микашевичи протяженностью 1000 метров на разделительной полосе (рис. 1). В 2018 г. при реконструкции автомобильной дороги М-6 Минск – Гродно было смонтировано 7300 метров железобетонного парапетного ограждения DELTA BLOC (рис. 2, 3). Производительность установки железобетонного парапетного ограждения DELTA BLOC около 120 пог. м в смену.



Рисунок 1



Рисунок 2



Рисунок 3

Принимая во внимание, что предприятия холдинга «Белавтодор» располагают собственными техническими возможностями производства железобетонных парапетных ограждений, было принято решение об организации производства ограждения, целиком состоящего из отечественных материалов.

Был осуществлен поиск наиболее приемлемого варианта организации выпуска сборного железобетонного парапетного ограждения недеформируемого типа, отвечающего условиям удерживающей способности при минимальной высоте. Данный вид ограждения приемлем как при небольших, так и значительных объемах устройства, в последнем случае используются сборные концевые элементы совместно с монолитным парапетным ограждением с профилем рабочей лицевой поверхности сборных блоков, аналогичным сборным блокам. В 2016 г. ОАО «Управляющая компания холдинга «Белавтодор» приобрело в ООО «Штарком» ТУ 5899-002-61548960 «Блоки железобетонные парапетные удерживающих ограждений для автомобилей в одностороннем и двустороннем исполнении» [7] вместе с протоколом натурных испытаний.

Предприятия холдинга «Белавтодор»: ОАО «Дорстройиндустрия» к концу 2016 г., а ОАО «ДСТ № 2, г. Гомель» и ОАО «ДСТ № 3» в 2017 г. на основании сублицензионных договоров на право использования интеллектуальной собственности приобретенной в ООО «Штарком» получили сертификаты соответствия требованиям ТР ТС 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог» и приступили к производству блоков ограждения по ТУ 5899-002-61548960 [7].

Монтаж железобетонного парапетного ограждения «Штарком» осуществлялся при реконструкции автомобильной дороги М-6 Минск – Гродно (рис. 4–6). К сентябрю 2018 г. было смонтировано около 45 900 метров ограждения «Штарком».

Производительность установки железобетонного парапетного ограждения «Штарком» сравнима с производительностью установки ограждения DELTA BLOC.



Рисунок 4



Рисунок 5



Рисунок 6

Параллельно с внедрением сборного железобетонного парапетного ограждения внедрялось монолитное железобетонное парапетное ограждение.

ОАО «ДСТ №4, г. Брест» приобрело специальный бетоноукладчик Gomaco со скользящей опалубкой, позволяющий устраивать монолитное железобетонное парапетное ограждение, и приступило к разработке собственных технических условий.

Принимая во внимание, что специально оборудованные и аккредитованные испытательные полигоны в Беларуси отсутствуют, в профиле скользящей опалубки использован профиль Нью-Джерси, однако он по технологическим особенностям незначительно отличался от профиля ограждения «Штарком», и нормативные документы допускают сертификацию дорожных ограждений по проведенным ранее испытаниям аналогичных конструкций [8]. За основу были взяты испытания барьерного ограждения, проведенные ООО «Штарком». Государственное предприятие «БелдорНИИ» выполнило необходимые расчеты и разработало ТУ BY 200274482.001 [9]. На ограждения дорожные удерживающие парапетного типа из монолитного цементобетона получен сертификат соответствия требованиям ТР ТС 014/2011, и данного типа ограждения устраиваются при реконструкции автомобильной дороги М-6 Минск – Гродно. К сентябрю 2018 г. было смонтировано около 27 600 метров монолитного ограждения. Производительность устройства железобетонного монолитного ограждения высокая: может достигать 400 м в смену (рис 7.–9).



Рисунок 7



Рисунок 8



Рисунок 6

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время в Республике Беларусь применяются различные железобетонные парапетные ограждения:

- деформируемые и недеформируемые;
- сборные и монолитные.

Наличие различных конструкций и технологий позволяет применять при проектировании автомобильных дорог оптимальные решения, обеспечивающие безопасность движения транспортных средств, а при строительстве – оптимизировать производственные и трудовые ресурсы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения : СТБ 1300-2014.

2. Системы дорожных ограждений. Часть 2. Барьеры безопасности, включая парапетное ограждение тротуара. Классификация по рабочим характеристикам, приемка по ударным испытаниям и методы испытаний : СТБ EN 1317-2-2009.

3. ГОСТ Р 52607-2007. Технические средства организации дорожного движения. Методы испытаний дорожных ограждений : ГОСТ Р 52607-2007.

4. Дороги автомобильные общего пользования. Ограждения дорожные. Технические требования : ГОСТ 33128-2014.

5. Безопасность автомобильных дорог : ТР ТС 014/2011.

6. Блоки железобетонные комбинированного типа удерживающих ограждений для автомобильных дорог и мостов ООО «ДБС Эльта» : ТУ ВУ 191450812.002-2013.

7. Блоки железобетонные парапетные удерживающих ограждений для автомобилей в одностороннем и двустороннем исполнении ООО «Штарком» : ТУ 5899-002-61548960-2010.

8. ГОСТ 33129-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Ограждения дорожные. Методы контроля : ГОСТ 33129-2014.

9. Ограждения дорожные боковые удерживающие недеформируемые двусторонние парапетного типа из монолитного железобетона ОАО «ДСТ №4, г. Брест» : ТУ ВУ 200274482.001-2016.



ДОРОЖНЫЕ ЗНАКИ. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СВЕТОВОЗВРАЩЕНИЯ И УЧЕТ ИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НОВЕЙШИХ ЕВРОПЕЙСКИХ СТАНДАРТОВ

К. Николаев, член рабочей группы 3 Технического комитета 226 Европейского Комитета по Стандартизации (WG3/TC226/CEN), член Технического комитета 68 Болгарского Института Стандартизации, менеджер по работе с ключевыми клиентами стран СНГ, Турции, Израиля, Румынии и Болгарии компании «Avery Dennison», г. Варна, Болгария

В настоящем докладе представлен обзор последних достижений экспертных групп в направлении улучшения стандартов, регламентирующих использование световозвращающих материалов, путем их адаптации к непосредственным потребностям участников дорожного движения – водителям. Также описаны текущие проблемы, с которыми сталкиваются разработчики, и способы их решения.

ВВЕДЕНИЕ

Окружающий нас мир постоянно меняется. Быстрее, сложнее, эффективнее – вот те слова, которыми можно охарактеризовать изменения в технологиях, процессах и обществе. Ярким примером данного утверждения, например, является эволюция транспортных средств и дорожной инфраструктуры. Изменяются характеристики осветительных приборов, используемых в автомобилях, возрастают скорости передвижения транспортных средств, увеличивается интенсивность уличного освещения крупных городов.

Постоянное увеличение средней продолжительности жизни человека, что само по себе, конечно, является положительным показателем, приводит к появлению на дороге большего количества во-

дителей пожилого возраста, при этом безусловным является такой факт, как возрастное ухудшение реакции и ослабление зрения. Все эти факторы порождают необходимость в соответствующей адаптации технических средств управления дорожным движением, и такое совершенствование должно являться следствием глубоких научных исследований, а не бесконтрольной фантазии торговых организаций, в первую очередь преследующих собственную коммерческую выгоду.

Наиглавнейшим инструментом государственного контроля данного процесса являются стандарты.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СВЕТОВОЗВРАЩЕНИЯ И УЧЕТ ИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НОВЕЙШИХ ЕВРОПЕЙСКИХ СТАНДАРТОВ

Прерогатива авторства процесса световозвращения не принадлежит человеку. Являясь результатом взаимодействия фотонов света с электронами атомов вещества (упрощенно описываемого в линейной оптике как комбинация преломления и отражения света на границах раздела двух сред), феномен световозвращения наблюдается в природе, например, при фронтальном освещении солнцем капель росы на листьях травы (рис. 1). Тем не менее, именно человек разработал технологию световозвращения и довел ее путем постоянного совершенствования до практического предела.



Рисунок 1 – Преломление и отражение света на каплях росы

Не углубляясь в долгую историю данного процесса, отметим лишь, что переломным этапом в нем являлся переход со сферических световозвращающих элементов на призматические (рис. 2). Важным следствием этого перехода стало возникновение практической возможности управления формой и плотностью конуса возвращенного света. Термин «конус» в данном случае не является точным геометрическим определением формы проекции возвращенного света на плоскость, перпендикулярную оси освещения, тем не менее здесь и далее будет использоваться для упрощенного понимания процесса.

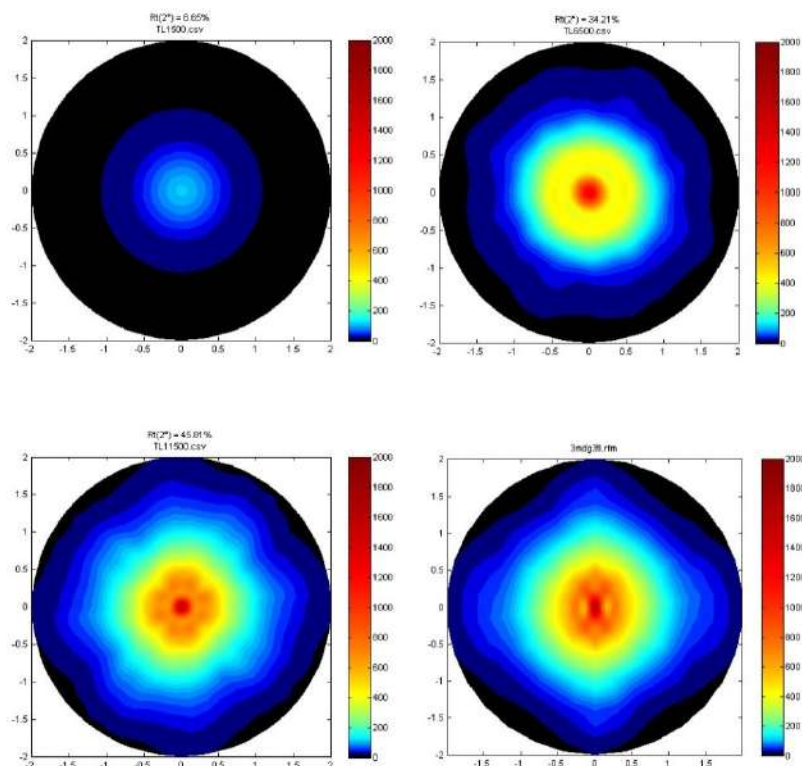


Рисунок 2 – Интенсивность возвращенного света различных элементов при использовании разных технологий – микросфера, урезанная призма, призма полного куба

Таким образом, кроме безусловного повышения эффективности технологии, а именно, многократного увеличения коэффициента световозвращения, была реализована возможность концентрации возвращенного света в определенных областях светового конуса, что в свою очередь позволяет направлять возвращенный свет туда, где он действительно необходим – в направлении наблюдателя.

С другой стороны, при реализации технологии световозвращения в микропризматических материалах для изготовления технических средств безопасности дорожного движения, отсутствие представления о типичном взаимном расположении наблюдателя, источника/источников света и плоскости дорожного знака (далее – дорожная геометрия) приводит к неэффективному распределению возвращенного света. Более того, достаточно часто такая некомпетентность приводит к формированию неправильного представления о способах измерения эффективности световозвращающих материалов и, как результат, к появлению на рынке продуктов, не удовлетворяющих потребности непосредственных участников дорожного движения. Например, реализация технологии «полного куба» в световозвращающих материалах, позволяющая существенно улучшить видимость дорожных знаков в ночное время и/или в условиях недостаточной освещенности, не получает должного распространения именно по причине отсутствия соответствующих норм, эффективно и прозрачно выделяющих данный тип материалов на фоне других, менее эффективных продуктов.

Стоит заметить, что на сегодняшний день ни в одной стране мира не существует полноценного действующего стандарта, который бы эффективно разделял материалы по реальной эффективности. Проблема скрыта в сложности и вариативности дорожной геометрии, а также разной практической реализации технологии «полного куба» производителями световозвращающих материалов.

Самой перспективной разработкой в данный момент является проект нового европейского стандарта, который заменит устаревший EN 12899. Перед тем, как детально проанализировать основы

данной разработки, кратко рассмотрим текущее состояние стандартов, регламентирующих использование световозвращающих материалов для дорожных знаков.

До появления микропризматических световозвращающих материалов особой сложности в классификации не возникало. Сферические элементы симметричны относительно своего центра, поэтому ориентация знака относительно перпендикуляра к его плоскости существенно не влияла на коэффициент световозвращения и форму светового конуса. А взаимная ориентация источника света и наблюдателя (при условии сохранения одного углового расстояния между ними относительно дорожного знака) влияла на коэффициент световозвращения в незначительной степени (рис. 3). Появление высокоинтенсивного класса материалов на тех же микросферах в значительной степени увеличило только общую эффективность световозвращения, которая при этом также мало зависела от указанной выше ориентации.

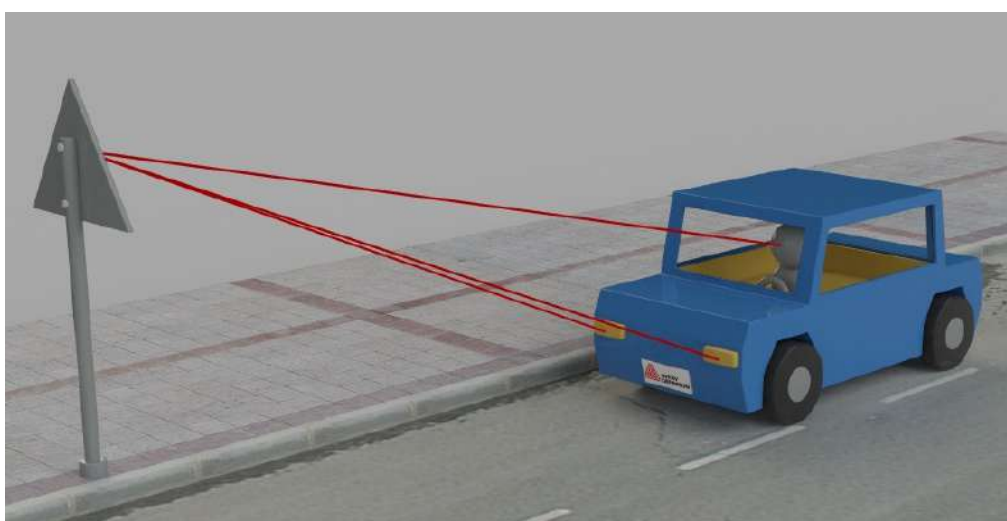


Рисунок 3 – Трехмерное (правильное) представление дорожной геометрии

Как уже было сказано ранее, прорывом стало внедрение микропризматической технологии, которая по всем параметрам: световозвращению, долговечности, однородности, технологичности – превосходила микросферические, но в силу отсутствия полной симметрии призм относительно их центра существенно изменяла показатель световозвращения при различной ориентации. Появилась необходимость в четкой классификации материалов и, как следствие, в стандартном определении геометрии измерений коэффициента световозвращения.

Результатом комплексной работы специалистов Международного Комитета по Освещению (МКО) стало утверждение уникального документа CIE 54.2-2001 «Технический отчет. Световозвращение: Определение и измерение». Данный отчет, кроме всего прочего, детально описывает геометрию измерений коэффициента световозвращения, а также приводит несколько примеров дорожной геометрии, в том числе и для дорожного знака, установленного справа по ходу движения транспортного средства. CIE 54.2-2001 однозначно указывает на необходимость проведения измерения световозвращения, во-первых, с учетом световозвращения от двух источников света (для четырехколесных транспортных средств), а во-вторых, с учетом взаимной ориентации плоскости дорожного знака, водителя и источников света. Очевидным выводом является несоответствие реальной эффективности материала лабораторным измерениям, если такие измерения выполнялись по упрощенной методике. Соответствующие стандарты EN, ASTM, ГОСТ и т. д. используют гониометрическую систему измерения световозвращения (углы α , β_1 , β_2 и ϵ), при этом угол β_2 принимался равным нулю, что абсолютно не соответ-

ствуется реальным дорожным ситуациям (но, стоит заметить, значительно упрощает как проведение лабораторных измерений, так и разработку переносных ретрорефлектометров), а угол ε по сути вообще не учитывался, кроме мимолежного упоминания в стандарте EN. К сожалению, кроме рекомендаций по выбору систем углов (гониометрическая, внутренняя и прикладная), являющихся, к слову, полностью взаимозаменяемыми и самодостаточными, не была проведена работа по выработке конкретных требований к классификации материалов по их реальной эффективности. Именно по этой причине устаревшие методики классификации световозвращающих материалов используются и сегодня во всех странах мира без исключения.

Решением этой проблемы сегодня занимается Рабочая группа 3 Технического комитета 226 Европейского Комитета по Стандартизации (WG3/TC226/CEN).

Первоочередной и главной задачей рабочей группы стала разработка концепции методики испытаний световозвращающих материалов, максимально приближенной к реальной эффективности таких материалов. В основу методики легла теория «постоянной яркости».

Совершенно очевидно, что максимально комфортным для водителя является независимость яркости знака от его расположения, ориентации и расстояния (при движении автомобиля относительно знака). То есть, знак не должен восприниматься избыточно или недостаточно ярким при любой дорожной геометрии. С другой стороны, освещенность знака самым непосредственным образом зависит от его положения и ориентации.

Во-первых, освещенность знака обратно пропорциональна квадрату расстояния от знака до источника света. То есть,

$$E = \frac{I}{D^2}, \quad (1)$$

где E – освещенность знака, создаваемая источником света;

I – интенсивность света источника;

D – расстояние от источника света до знака.

При этом светимость знака будет зависеть не только от коэффициента световозвращения используемого материала, но и от ориентации знака относительно источника света, а именно:

$$L = R_A \cdot E / \cos(\nu), \quad (2)$$

где L – светимость знака;

R_A – коэффициент световозвращения;

E – освещенность знака, создаваемая источником света;

ν – угол между перпендикуляром к плоскости знака и осью наблюдения.

Во-вторых, освещенность знака зависит от угла падения β и угла ориентации ω_s (если мы пользуемся прикладной системой – углы α , β , ω_s и ε), то есть, от характеристик осветительных приборов транспортного средства, так как с увеличением углового расстояния от оси светового конуса фары транспортного средства, интенсивность света падает (рис. 4).

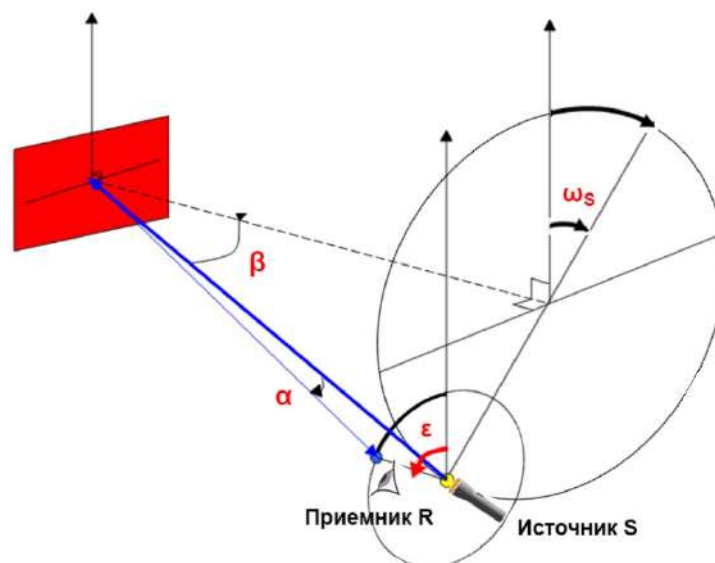


Рисунок 4 – Прикладная система углов

Несмотря на то, что угол наблюдения α и угол падения β уменьшаются пропорционально расстоянию между знаком и транспортным средством, нет никакой возможности достоверно определить это расстояние, не имея векторной модели дорожной ситуации в трехмерной системе координат. Таким образом, уже здесь разработчикам необходимо искать некий компромисс и жертвовать определенной долей достоверности моделирования. Кроме того, в связи с огромным многообразием типов осветительных приборов и их характеристик, не существует идеальной модели их интенсивности. Нормативные документы, регламентирующие использование осветительных приборов на транспортных средствах, ограничивают максимальную интенсивность света в верхней полусфере, при этом минимальная интенсивность, средняя интенсивность и характер светового конуса никак не определены. То есть, разработчики вынуждены опираться исключительно на некие усредненные показатели, полученные с помощью практических измерений, что также сказывается на достоверности результата.

Тем не менее, даже такие существенные упрощения позволяют получить расчеты показателей световозвращения для определенных комбинаций углов, ориентированные в первую очередь на однообразное восприятие водителем дорожного знака.

Проведенная работа была бы неполной, если бы не учитывала особенности микропризматических материалов, о которых говорилось выше. Основой нового стандарта выбрана максимально интуитивная и геометрически понятная прикладная система углов (α – угол наблюдения, β – угол падения, ω_s – угол ориентации и ε – угол поворота). В отличие от гониометрической, прикладная система ориентирована в первую очередь на упрощение визуализации дорожной ситуации на основе значений углов. При этом немаловажным является взаимная совместимость этих двух систем, то есть, возможность перевода значений углов из одной системы в другую:

$$\begin{aligned}\beta_1 &= \sin^{-1}(\sin \beta \cdot \cos(\omega_s - \varepsilon)), \\ \beta_2 &= \tan^{-1}(\tan \beta \cdot \sin(\omega_s - \varepsilon)).\end{aligned}\quad (3)$$

То есть, проанализировав дорожную геометрию и выбрав наиболее значимые комбинации углов в прикладной системе, никаких сложностей в лабораторных измерениях с применением стандартной гониометрической установки не возникает. После внедрения нового стандарта организациям, производящим испытания и сертификацию, не придется в срочном порядке закупать новое дорогостоящее оборудование.

Что касается непосредственно значений углов, при которых должны производиться измерения, то они на данном этапе представлены такими комбинациями: $\alpha = 0,20^\circ, 0,33^\circ, 0,50^\circ, 1,00^\circ, 1,50^\circ, 2,00^\circ$; $\beta = 5^\circ, 15^\circ, 30^\circ$; $\omega_s = -90^\circ, -75^\circ, 0^\circ, 75^\circ, 90^\circ$; $\varepsilon = -45^\circ, 0^\circ, 45^\circ$.

Несложно заметить, что количество возможных комбинаций углов и, следовательно, количество необходимых измерений, стало значительно больше по сравнению с любыми существующими стандартами. Предполагается внедрить ряд упрощений путем исключения тех комбинаций, по которым результаты измерений микропризматических материалов не будут существенно отличаться.

Немаловажным является то, что при выборе конкретных числовых значений углов измерения, рабочая группа также была вынуждена идти на упрощения и компромиссы. Например, в подавляющем большинстве дорожных ситуаций угол ε принимает значения, отличные от нуля. Кроме того, наиболее часто, значения этого угла для, например, легкового автомобиля лежат около -50° и $+10^\circ$ (для правой и левой фары соответственно).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последние годы специалистам в области дорожной безопасности и систем стандартизации удалось добиться существенного прогресса в разработке новых нормативных документов. Хорошим примером может служить межгосударственный стандарт ГОСТ 32945-2014, ключевым преимуществом которого стало внедрение процедуры искусственного старения, что позволяет уже на этапе лабораторных испытаний исключить использование в дорожной отрасли заведомо некачественных материалов.

Тем не менее, существующие геометрии измерений не позволяют эффективно выделить перспективные технологии световозвращения на фоне устаревших разработок, а в некоторых случаях исключают их использование.

Взяв за основу уже проведенную работу международных экспертных групп, можно добиться последующего качественного улучшения действующей нормативной базы.



ВНЕДРЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВО И ИСПЫТАНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНО НОВОГО ТИПА СВЕТОВОЗВРАЩАЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

В. А. Осипов, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортных технологий Национального транспортного университета, г. Киев, Украина

В докладе изложены результаты разработки, изготовления и внедрения современных высокотехнологичных изделий – микропризматических световозвращающих элементов для оснащения автомагистралей и транспортных развязок с целью повышения безопасности движения в темное время суток.

ВВЕДЕНИЕ

Использование различных оптических световозвращающих средств, к которым относятся дорожные знаки, столбики и прочее инженерное оборудование автодорог, позволяет значительно улуч-

шить условия управления автотранспортом и безопасность движения в ночное время, так как при этом все технические средства с современными высокоэффективными светоотражающими элементами становятся хорошо заметными с достаточно большого расстояния. Однако современные световозвращающие материалы в Украине пока используются явно недостаточно, потому что все они весьма дорогостоящие и сегодня закупаются в основном за рубежом. Именно поэтому поднимается вопрос организации промышленного производства собственных световозвращающих материалов и элементов.

В докладе предложено разработать оптимальную конструкцию кругового светоотражателя, модернизировать оборудование для изготовления специального режущего инструмента и отработать технологию формирования с его использованием матриц-оригиналов световозвращающих элементов.

АНАЛИЗ СРЕДСТВ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ В ТЕМНОЕ ВРЕМЯ СУТОК

Целью проводящейся работы является разработка, изготовление и внедрение конкурентоспособных современных высокотехнологичных изделий – микропризматических световозвращающих элементов для оснащения автомагистралей и транспортных развязок с целью повышения безопасности движения в темное время суток.

Помимо горизонтальной и вертикальной дорожной разметки – традиционных технических средств регулирования дорожного движения, которые влияют на безопасность движения при неблагоприятных погодных условиях и в ночной период, существуют так называемые «вспомогательные инструменты» – вставки разметочные дорожные (ВРД).

Вставки разметочные дорожные – изделия, предназначенные для улучшения зрительного ориентирования водителя на проезжей части, они могут применяться самостоятельно или вместе с горизонтальной дорожной разметкой, что бывает значительно чаще. Функционирование ВРД регламентируется Государственным стандартом Украины ДСТУ 4036-2001 «Вставки разметочные дорожные. Общие технические требования».

Однако существующая номенклатура ВРД в настоящее время не полностью удовлетворяет потребностям оснащения автодорог средствами повышения безопасности движения. Нерешенным остается вопрос оборудования такими средствами кольцевых пересечений автомобильных дорог и улиц в одном уровне. Благодаря особым геометрическим параметрам такого вида пересечений, возникает потребность в использовании ВРД особой формы – кольцевой, что в свою очередь должно способствовать видимости всего объекта одновременно и заранее предоставить информацию водителю о форме препятствия, которое ожидает его впереди. Учитывая тот факт, что в основном кольцевое пересечение устраивается с использованием бордюрного камня, следует рассмотреть возможность установки отличительного от других типа ВРД непосредственно на бордюре, что в свою очередь решит такие вопросы, как невозможность деформации последних при случайном наезде на них тяжеловесного транспорта и деформации ВРД при зимней очистке проезжей части от снега специализированной техникой.

Для реализации проекта необходимо:

- разработать и внедрить технологические процессы и прецизионное оборудование для изготовления высокоэффективных полимерных микропризматических световозвращающих элементов круглой формы;
- разработать и внедрить технологические процессы и оборудование для изготовления корпусов световозвращателей из конструкционных пластмасс;
- разработать и внедрить технологические процессы и оборудование для сбора элементов и герметизации световозвращающих структур.

Уточнение требований, предъявляемых к световозвращающим элементам

При разработке современных световозвращающих элементов основной проблемой является повышение эффективности световозвращения. Наиболее совершенными из имеющихся сегодня световозвращающих элементов являются элементы, в которых светоотражающая поверхность состоит из системы угловых отражателей – микропризм, сформированных тем или иным способом на образующей поверхности. Световая эффективность такого элемента микропризм непосредственно связана с явлением «полного внутреннего отражения света» [1], хорошо известным физикам. Процесс световозвращения происходит за счет трехкратного отражения пучка света от трех взаимно перпендикулярных граней этих угловых отражателей.

На сегодня типовыми на рынке микропризматических катафотов являются элементы с коэффициентом световозвращения для некоторых расстояний до $R(\varphi 0) = 800\text{--}900$ кд/(лк·м²), поэтому естественными являются сверхвысокие требования к оборудованию и инструменту для изготовления матриц-оригиналов таких устройств. Для получения максимально возможных коэффициентов световозвращения $R(\varphi 0)$ допуски на углы между отражающими гранями микрокубов не должны превышать нескольких угловых секунд, а шероховатость световозвращающих граней не должна быть менее 0,05 мкм. Указанные параметры обеспечиваются высоким качеством режущего алмазного инструмента, с помощью которого изготавливаются матрицы-оригиналы световозвращающих элементов. Грани примененного для нарезания микрорельефа алмазного резца должны соответствовать 14 классу чистоты поверхности, то есть на них отсутствуют сколы глубже 25–50 нм на базовой длине $LB = 0,08$ мм. Рассчитанные оптимальным образом и тщательно изготовленные элементы способны отражать падающий луч света на расстояние до нескольких сотен метров. Например, действующие сегодня в США технические стандарты на световые характеристики элементов нормируют величину коэффициента световозвращения $R(\varphi 0) = 700$ кд/(лк·м²) для расстояния наблюдения $LH = 800$ м. Именно такие по своим параметрам элементы и предполагалось разработать и изготовить.

Для реализации задач наиболее подходящими определены так называемые «симметричные» микропризматические световозвращающие элементы, для которых угловая диаграмма световозвращения является симметричной относительно нормали к образующей поверхности. Для традиционных симметричных световозвращающих элементов группы микрокубов расположены на плоской образующей поверхности в форме тетраэдров с углами в основании ($60^\circ\text{--}60^\circ\text{--}60^\circ$). Угол наклона каждой из трех боковых граней каждого микротетраэдра к его оси составляет $\theta 0 = 35^\circ 15' 52''$. Эффективная поверхность $S_e(\varphi 0)$ симметричного светоотражающего элемента, то есть отношение световозвращающей поверхности к полной поверхности такого светоотражателя, для угла падения луча $\varphi 0 = 0$ составляет 67 %. Диаграмма световозвращения симметрична относительно нулевого угла освещения $\varphi 0 = 0$, то есть перпендикулярна к образующей поверхности.

Определение требований к геометрическим параметрам микропризматических световозвращающих структур

Основой для любой микропризматической светоотражающей системы является кубический отражатель, который состоит из трех плоских зеркал с прямым углом в вершине, пересекающихся в общей точке. Технические решения для реализации такой теоретической задачи были найдены лишь в 30-х годах прошлого века. Основная проблема – точность изготовления микрокуба. Понятно, что даже небольшие угловые отклонения в положении одной из этих трех зеркальных поверхностей приводят к

существенному отклонению отраженного света от направления падающего светового потока. Как результат, интенсивность отражения потока света от поверхности микрокуба заметно уменьшается.

Впервые практически осуществимый процесс точного создания микропризматической поверхности с использованием штыревого индентора был предложен в работе [2]. Далее эта технология постоянно совершенствовалась с целью получения необходимых ретрорефлекторных характеристик для конечных продуктов. Альтернативной технологией является метод прямой механической обработки плоской образующей поверхности с помощью твердотельных резцов. Сегодня данный метод широко применяется для прямого формирования на плоских жестких поверхностях микрорельефных структур и создания матриц-оригиналов светоотражателей. По разным причинам технология с применением индентора не позволяет изготавливать высококачественные изделия. Поэтому в Институте проблем регистрации информации НАН Украины (ИПРИ НАН) внедрена технология [3] формирования микрокубической структуры на плоской одноуровневой образующей поверхности методом механической резки [2] с использованием алмазного режущего инструмента. Пример микрорельефа [4] светоотражателя ИПРИ НАН Украины, который сформирован методом алмазной резки, показан на рисунке 1, иллюстрирующем гальваническую матрицу симметричного элемента с шагом микрорельефа $W = 150$ мкм.

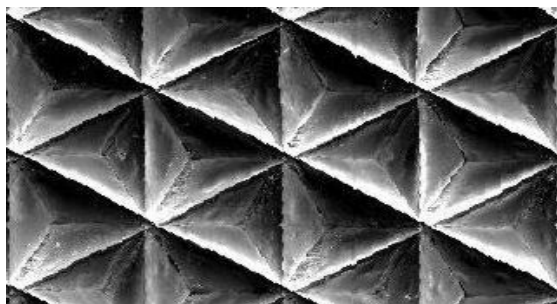


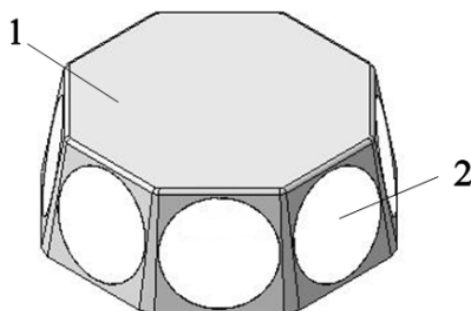
Рисунок 1 – Пример микрорельефа симметричного световозвращающего элемента ИПРИ НАН Украины

Отметим, что дифракционные явления могут быть существенными для формирования структуры луча света, потому что из-за этого происходит расширение отраженного луча. Поэтому для световозвращателей, предназначенных для больших расстояний $LH = 1000\text{--}2000$ м, типичные шаги рельефа W должны быть не менее $1000\text{--}1500$ мкм. В то же время для получения максимально широкой диаграммы световозвращения лучей важно для небольших расстояний наблюдения $LH = 100\text{--}200$ м, шаг микрорельефа светоотражателей не должен быть больше $W = 50\text{--}150$ мкм. Таким образом, технология прямого механического нарезания микрорельефа на образующей поверхности с помощью твердотельных резцов позволяет получить световозвращатели более высокого оптического качества, чем методика репликации микрокубической структуры с помощью штыревых инденторов или системы индентора. При конструировании светоотражателей различного назначения, в частности, для различных расстояний наблюдения, необходимо учитывать роль дифракции в формировании угловой энергетической диаграммы отраженного света.

Разработка конструкции световозвращающих элементов

Разработанный в результате выполнения работ круговой световозвращающий элемент (рис. 2) представляет собой сборную конструкцию, состоящую из корпуса светоотражающего элемента (поз. 1),

восьми световозвращающих элементов (поз. 2), которые с помощью ультразвуковой сварки надежно и герметично объединены с корпусом.



1 – корпус световозвращающего элемента; 2 – световозвращающий микропризматический элемент

Рисунок 2 – Круговой световозвращающий элемент

Корпус кругового светоотражающего элемента (рис. 3) представляет собой срезанную восьмигранную пирамиду высотой 26 мм с углом наклона граней 10° , основа которой вписана в круг диаметром 81,4 мм.

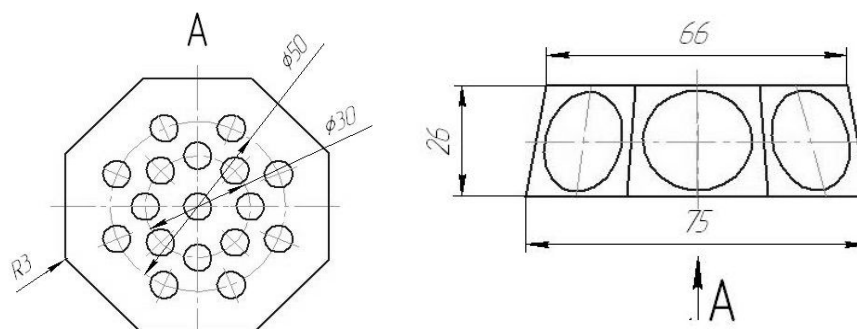


Рисунок 3 – Корпус световозвращающего элемента

В основании пирамиды (вид А) заложен ряд глухих отверстий для обеспечения надежного закрепления кругового светоотражающего элемента на поверхности бордюра методом склеивания. На каждой из восьми граней изготовлено углубление диаметром 24 мм для установки элементов. Для того чтобы между вершинами микропризм световозвращающего микропризматического элемента и поверхностью корпуса элемента была воздушная прослойка, углубление выполнено ступенчатым. Корпус светоотражателя изготовлен из поликарбоната; выбор именно этого материала обусловлен необходимостью обеспечения высокой механической прочности светоотражателя. Корпус изготовлен методом инжекционного литья под давлением, но может быть использован любой другой способ, например, механическая обработка соответствующих заготовок. Световозвращающие вставки изготовлены из листового поликарбоната толщиной 2,0 мм. Микрорельеф световозвращающей структуры на их поверхности создан методом термопрессования. Вставка размещается в специальном кольцевом углублении глубиной 2 мм, которое сформировано на каждой из восьми плоских образующих поверхностей. Обратная сторона элемента имеет серию специальных отверстий диаметром 8 мм и глубиной 5–15 мм для размещения клея для улучшения сцепления корпуса элемента с покрытием.

Расчет параметров резонансной системы ультразвуковой сварки круговых световозвращающих элементов и разработка элементов системы

Для сварки круговых элементов используется ультразвуковая сварочная установка (Озу), реализованная на базе установки BRANSON 901aes, которая модифицирована для использования пьезоэлектрического преобразователя ультразвуковых колебаний в резонансной системе. Для регулирования энергии Озу дополнена специальным устройством, дозирующим энергию воздействия ультразвука. Поскольку поперечные размеры корпуса световозвращающего элемента уравниваются с длиной волны ультразвука в поликарбонате, он фактически также должен рассматриваться как часть резонансной системы Озу. Однако из-за большего поглощения ультразвука в поликарбонате по сравнению с металлическим соноотродом и относительно небольшой доли энергии ультразвуковой волны, которая проникает внутрь корпуса (примерно равной отношению площади поперечного сечения кольцевого наконечника соноотрода к его площади поперечного сечения), вклад колебаний корпуса в формирование стоячей волны незначительный. В результате при расчетах и настройке резонанса Озу приближенно можно учитывать только активную часть резонансной системы с генератора, преобразователя, бустера и соноотрода, считая наконечник соноотрода свободным. В расчет элементов резонансной системы УЗСУ положено приближение колебаний стержней. Звуковые волны, как известно, являются продольными, поэтому для расчета рассматриваются только продольные упругие колебания стержней. Амплитуда колебаний определяется из уравнения Гельмгольца для оползней вдоль оси стержня

$$u'' + (\ln S)' u' + (\omega/c)^2 u = 0, \quad (1)$$

где S – переменная по длине площадь поперечного сечения стержня;

$\omega = 2\pi f$ – круговая частота колебаний;

c – скорость звука.

Решение уравнения (1) имеет вид:

$$u = \frac{1}{\sqrt{S}} F, \quad (2)$$

где F определяется из приведенного к каноническому виду уравнения

$$F'' + \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 \left\{ 1 - \left(\frac{\lambda}{4\pi}\right)^2 \left[2(\ln S)'' + (\ln S)'^2 \right] \right\} F = 0, \quad (3)$$

где λ – длина волны ультразвука в материале стержня. Согласно осцилляционной теореме, уравнение описывает колебания стержня, если выражение в фигурных скобках строго положительное на всей длине стержня, то есть при условии

$$\lambda \frac{\sqrt{2S''S - S'^2}}{2S} = \lambda \sqrt{\frac{R''}{R}} \leq 2\pi. \quad (4)$$

Для цилиндрических и конусообразных соноотродов, образующие которых прямолинейные, это условие соблюдается автоматически.

В случае сложных стержней постоянного сечения амплитуда колебаний изменяется обратно пропорционально изменению диаметров. Колебания имеют резонанс, если суммарная длина стержней кратна половине длины волны ультразвука для одного материала или если сумма вида

$$2 \sum_i^n \frac{l_i}{\lambda_i} = N, \quad (5)$$

равна целому числу в случае различных материалов составных частей стержня. Условие (5) позволяет рассчитать длины всех элементов активной части резонансной системы Озу. Учитывая то, что в основу

расчетов положена приближенная модель, а также разброс значений модулей упругости материалов различных производителей, которые зависят от наличия различных примесей, ступеней закалки или отжига, используется методика настройки активных элементов резонансной системы Озу, основанной на регистрации амплитудно-частотных характеристик. При проектировании системы все длины элементов Озу увеличивают примерно на 5 %. Учитывая максимальную простоту изготовления и достаточную эффективность, принята простая ступенчатая цилиндрическая форма сонотрода. В качестве материала использован алюминиевый сплав, для которого скорость звука в тонких стержнях согласно справочным данным лежит в диапазоне

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} = 5100 - 5200 \text{ м/с.}$$

Соответственно, длина волны продольных колебаний в сонотроде будет

$$\lambda = 255 - 260 \text{ мм.}$$

Согласно принятой методике, выбираем длину сонотрода

$$L = 129 + 7 = 136 \text{ мм.}$$

После отладки корректировки длины сонотрода на лабораторном оборудовании при окончательной частоте резонанса сварки $f = 19,9$ Гц длина сонотрода составила $L = 132$ мм.

Другим важным фактором при применении ультразвуковой сварки оптических элементов является проблема дозирования энергии воздействия ультразвука. Оптические пластмассовые материалы (полиметилметакрилат, поликарбонат и полистирол) являются достаточно жесткими материалами и хорошо проводят ультразвук. В результате интерференционный максимум амплитуды колебаний при наличии осевой симметрии приходится на центральную область светотражающего элемента. Проведенные расчеты на основе приближенного решения волновых уравнений для продольных и поперечных колебаний

$$\nabla^2 \theta = c_t^{-2} \ddot{\theta} \quad \text{и} \quad \nabla^2 \Omega - r^{-2} \Omega = c_t^{-2} \ddot{\Omega}, \quad (6)$$

на которые распадается исходное векторное волновое уравнение при наличии осевой симметрии, показывают, что величина центрального максимума амплитуды колебаний может в 4–5 раз превышать амплитуду колебаний в области сварного шва. Нежелательными последствиями такого перераспределения энергии колебаний являются нарушения микроструктуры (а также возможные разрушения) преимущественно в центральной области светотражающего элемента. При проведении пробной сварки и определении параметров рабочих режимов проводился контроль сигналов на входе и выходе дозатора с помощью цифрового двухканального осциллографа Hantek DSO0100627. Сравнение длительности импульсов сварки, измеренных по осциллограммам, с показаниями цифрового регистратора не выявило отклонений длительности более чем на 1 %.

Регистрация дифракционной картины световозвращения исследуемых элементов

Для регистрации света, отраженного от поверхности светотражателей, используется специальный стенд СРС-1. Стенд позволяет регистрировать дифракционную картину, возникающую при освещении светотражателей лазером. Анализ этой картины позволяет сделать выводы о качестве световозвращающей поверхности.

Легко заметить, что структура отраженного луча лазера значительно больше расчетной, картина не проявляет заметной дифракционной структуры. Это свидетельствует о наличии дефектов оптических поверхностей этого светотражателя, которые ведут к дополнительному изотропному рассеянию отраженного света. Таким образом, сравнение экспериментально полученного распределения

интенсивности лазерного луча после его отражения от световозвращающей поверхности с расчетными данными относительно зон размещения интерференционных максимумов и их количества дает возможность оценить качество оптических поверхностей с микрорельефом.

Согласно техническому заданию, было изготовлено 500 опытных образцов, переданных организации-партнеру – Коммунальной корпорации «Киевавтодор» для монтажа и опытной эксплуатации. В октябре 2017 г. был осуществлен монтаж опытных образцов на улицах г. Киева; наблюдение за образцами продолжается (рис. 4).

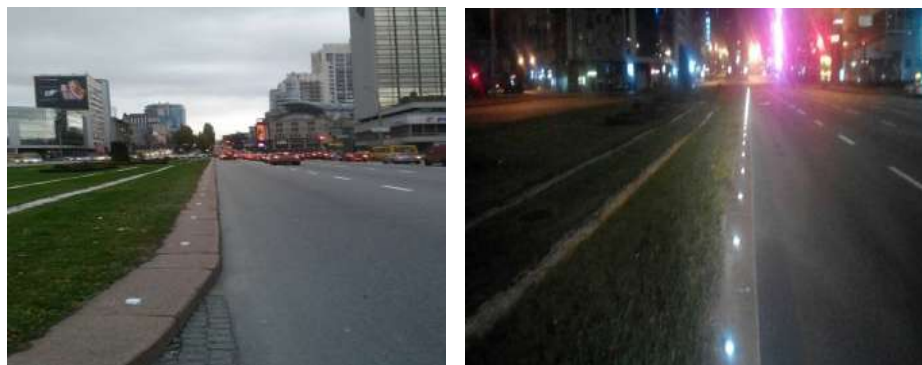


Рисунок 4 – Экспериментальное внедрение световозвращающих элементов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана схема технологического маршрута для изготовления круговых бордюрных светоотражателей, которая включает ряд последовательных и параллельных технологических операций по производству отдельных элементов светоотражателей. Разработана конструкция кругового катафота с восемью элементами, который представляет собой срезанную восьмигранную пирамиду высотой 26 мм, основа которой вписана в круг диаметром 81,4 мм.

Создан и внедрен на опытно-экспериментальном участке ИПРИ НАН Украины технологический комплекс по изготовлению круговых световозвращающих элементов, который обеспечивает изготовление корпусов элементов со стабильными геометрическими параметрами методом литья под давлением на прецизионных термопластавтоматах; изготовлены микропризмы световозвращающих элементов с коэффициентом световозвращения 650–700 кд/(лк·м²), что превышает требования ГОСТ 4036-2001.

Для изготовления корпусов световозвращателей создана соответствующая пресс-форма для использования ее в машинах литья под давлением.

Проведены автономные испытания изготовленных элементов. Результаты автономных испытаний дают основания утверждать, что круговые световозвращающие элементы сохраняют работоспособность (эффект световозвращения) после воздействия атмосферных осадков, повышенных (до 60 °С) и пониженных (до минус 20 °С) температур.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Осипов, В. О. Безпека дорожнього руху: технічні засоби та інженерне облаштування : навчальний посібник / В. О. Осипов. – Луганськ : Вид-во «Ноулідж», 2014. – 192 с.
2. Clevenger, K., K. Colello, and J. Quirus. Retroreflectivity of Existing Signs in Pennsylvania. – FHWA-PA-2012-003-E01041-W09, Penn DOT, April 2012.

3. US Patent 5,171,624, MKI G02B 5/124. Retroreflective Microprismatic Material and Method of Making Same / H. Walter: stated 01/06/1990; has published 15/12/1992.

4. Розробка та впровадження високоефективних кругових світлоповертальних елементів для автомагістралей та транспортних мереж м. Києва : звіт про НДР (заключний) / ІПРІ НАН України; кер. В. В. Петров. – Київ, 2017. – 115 с. (номер держреєстрації 0117u002765).



ACCIDENT DATA ANALYSIS AND ON-FIELD INSPECTIONS: DO THEY LEAD TO SIMILAR CONCLUSIONS?

Luca Persia, professor, Università degli Studi di Roma «La Sapienza», Rome, Italy

Davide Shingo Usami, PhD, Università degli Studi di Roma «La Sapienza», Rome, Italy

Network Safety Ranking and Road Assessment Programme are two procedures used in road infrastructure safety management to rank the road sections of a network according to estimated road safety performance. The former method uses indicators based on road accidents and their consequences while the latter method is based primarily on inspections of the road infrastructure.

The aim of this study was to verify whether there is a relationship between the indicators used within these methods, in order to evaluate if and under which conditions the two assessment approaches lead to similar results.

The adopted approach is based on the calibration and analysis of a wide array of models in order to reproduce the observed events – accidents, fatalities and injuries – with reference to different aggregations of the original data and in the two reference situations: with and without EuroRAP indicators.

The results obtained by the analysis are very interesting: out of 96 pairs of models tested 45 models pass the LRTest (i.e. almost 47 % of the total), with a significance value of the test of less than 0.05. As expected, the negative binomial models certainly have a greater explanatory power. From the obtained results, the introduction of the EuroRAP variables ends up making the models that explain the frequency of accidents more convincing from a statistical point of view. However, there are no available EuroRAP indicators specific to certain types of accidents that frequently occur on the motorway network, such as rear-end collisions. Probably, the inclusion of these accidents type, the explanatory power of the EuroRAP variables increases, at least on motorways.



DETERMINANTS OF THE USE OF SAFETY RESTRAINT SYSTEMS IN ITALY

Luca Persia, professor, Università degli Studi di Roma «La Sapienza», Rome, Italy

Davide Shingo Usami, PhD, Università degli Studi di Roma «La Sapienza», Rome, Italy

Veronica Sgarra, PhD, Università degli Studi di Roma «La Sapienza», Rome, Italy

Wearing a safety restraint system is one of the most effective measures to substantially reduce the risk of serious or fatal accidents. Despite their benefits, a survey in 2015 revealed that on average 62 out of 100 Italian front car occupants wore their seat belt and only 15 % of the rear seat passengers were regularly wearing their seat belt. According to several studies, one's (driving) behaviour is based on a combination of attitudes toward the behaviour, subjective norm and perceived behavioural control.

The present study aims at understanding factors contributing to the low wearing rates in Italy. The data used are based on a questionnaire survey carried out among a representative sample of more than 1.000 Italian drivers within the ESRA project (European Survey of Road users' safety Attitudes). The survey involved 17 European countries and covered several themes on (un)safe traffic behaviour and attitudes among which those related to the use of seat belts and child restraint systems.

Two methods of investigation were adopted: the comparison between the Italian situation with the European best performers, pointing out the relevant difference with the included selected European Countries, and the use of regression models to study the association between several explanatory variables and self-declared behaviours related to the use of safety restraint systems.

The main results show a high acceptability of risky behaviour in Italy and a relevant contribution of age and gender in shaping attitudes towards unsafe traffic behaviours. A number of recommendations are proposed to change people's unsafe behaviour and attitudes in Italy, providing both enforcement and voluntary (e.g. campaigns, education and training, incentives) measures.



ВОЗНИКНОВЕНИЕ И ПОСЛЕДСТВИЯ ПРОБОК НА ДОРОГАХ

В. Полищук, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой транспортных систем и безопасности дорожного движения Национального транспортного университета, г. Киев, Украина

Л. Нагребельная, аспирант кафедры транспортных систем и безопасности дорожного движения Национального транспортного университета, младший научный сотрудник Государственного предприятия «Государственный дорожный научно-исследовательский институт им. М. П. Шульгина», г. Киев, Украина

Проблема пробок для дорог Украины остается нерешенной, особенно если рассматривать улично-дорожную сеть города. Улицы города заполнены автомобильным транспортом. С каждым годом количество автомобилей увеличивается и улично-дорожная сеть города становится все более загруженной. Решение данной проблемы требует внедрения эффективных мер по управлению и организации дорожного движения и слаженной работы всей транспортной системы города.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время улично-дорожная сеть (УДС) городов Украины является неотъемлемым элементом транспортной системы государства. Работа любого вида транспорта невозможна без его взаимодействия с автомобильным транспортом, поскольку именно улично-дорожная сеть и обеспечивает эту работу. Проблемы, связанные с ухудшением функционирования УДС, которые в основном уже стали закономерными в больших городах Украины, существенно влияют на работу всего транспортного комплекса города.

Задержки транспорта в процессе движения, возникновение пробок, которые увеличивают время на перемещение, ухудшение транспортного обслуживания, повышение уровня загрязнения городской среды вследствие увеличения вредных выбросов и уровня шума, увеличение дорожно-транспортных происшествий говорят о несоответствии УДС городов современному состоянию автомобилизации страны.

Данная проблема сопровождается значительным отставанием в вопросах обеспечения и создания необходимых транспортно-эксплуатационных показателей состояния УДС городов, зависящих от интенсивного роста автомобилизации страны. Решение этой проблемы требует существенного внедрения эффективных градостроительных, технических, административных мер по управлению и организации дорожного движения и слаженной работы всей транспортной системы города.

Одним из факторов улучшения транспортно-эксплуатационных показателей УДС городов является обеспечение условий ее стабильной работы. Именно поэтому возникает вопрос об усовершенствовании регулирования дорожного движения на магистральной улично-дорожной сети города.

Говоря о причинах ухудшения движения на УДС города, следует отметить ежегодный прирост количества транспортных средств (рис. 1, таблица 1) и почти неизменный показатель состояния проезжей части. Сейчас на многих участках улично-дорожной сети городов интенсивность движения транспортных средств превышает ее пропускную способность.

По данным Министерства инфраструктуры Украины, в настоящее время автомобильная транспортная система Украины насчитывает более 9,2 млн транспортных средств, в том числе:

- 6,9 млн легковых автомобилей;
- 250 тыс. автобусов;
- 1,3 млн грузовых автомобилей;
- более 840 тыс. единиц мототранспорта.

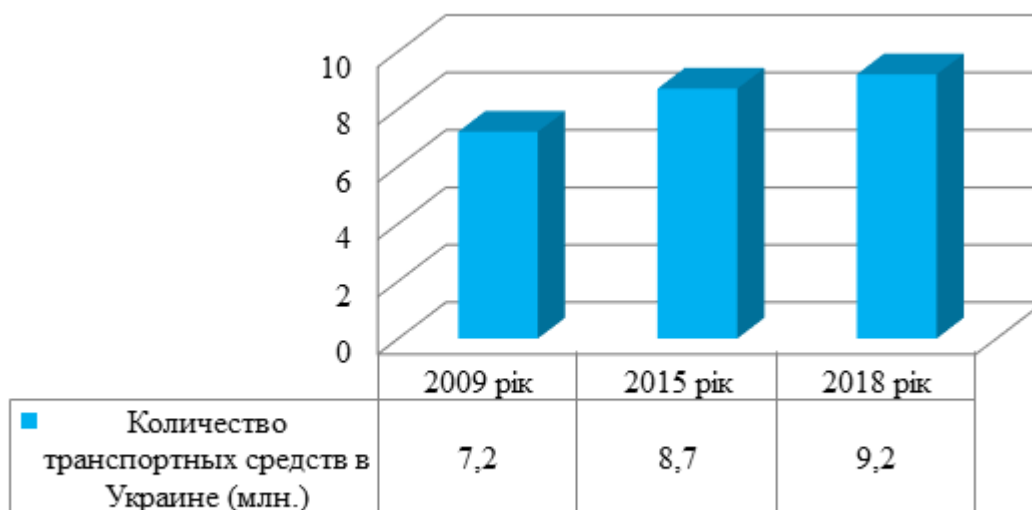


Рисунок 1 – Динамика роста количества транспортных средств в Украине

Таблица 1 – Автомобилизация населения Украины

Год	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Украина (авт./1000 жителей)	107	105	109	113	115	122	133	136	142	143	148	167	191	202	213

С каждым годом количество автомобилей увеличивается и улично-дорожная сеть городов становится все более загруженной.

Возникновение транспортных пробок на магистральной улично-дорожной сети города стало уже нормой, поэтому следует приложить максимум усилий для решения этой проблемы.

ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПРОБОК, ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЗДОРОВЬЕ ЛЮДЕЙ И ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Дорожный затор или автомобильная пробка – это скопление на дороге транспортных средств, движущихся со средней скоростью, значительно меньшей, чем нормальная скорость для данного участка дороги. При образовании пробок значительно снижается пропускная способность участка дороги.

Существуют места возникновения задержек движения транспорта на городских улицах, где ухудшаются условия движения. При этом пробки отличаются как по своим причинам и сопутствующими факторами, так и по масштабам и продолжительности. Пробки можно разделить на три вида:

- постоянные;
- случайные;
- непредсказуемые.

Постоянные (регулярные) заторы возникают не случайно, главным их источником являются перекрестки со светофорным регулированием, которые не способны пропустить необходимое количество

автомобилей, или «узкие» места на проезжей части (например, длительные плановые ремонтно-восстановительные работы с закрытием части дороги). Часто они представляют собой не полную пробку (недвижимое скопления автомобилей), а «пульсирующий поток», который продвигается при зеленых сигналах светофора. Регулярные пробки можно предвидеть и разработать для сокращения их продолжительности и ликвидации соответствующие меры, однако рамки возможных мер ограничены степенью развития УДС и во многих случаях не могут дать ощутимого результата без кардинальных мер по развитию пропускной способности той или иной магистрали (участка) за счет строительства (расширения) дороги.

Случайные заторы могут возникать в любых неожиданных местах УДС и могут быть вызваны большим ДТП (рис. 2).



Рисунок 2 – Пример возникновения заторов из-за ДТП

Следствием ДТП и будет большая пробка, для его ликвидации нужно до 3–4 часов, а в некоторых случаях и больше. В это время пропускная способность автомобильной дороги может снизиться на 50 %–100 %.

Такая же ситуация возникает в результате аварий коммуникаций, расположенных под проезжей частью (водо- и газопровода, электроснабжения), и требует немедленных действий соответствующих аварийных служб с закрытием (полным или частичным) для проезда части дороги.

Ликвидировать же случайные пробки или сократить их продолжительность сегодня можно только оперативными действиями Национальной полиции.

Немалую роль в возникновении заторов играют погодные условия. Туман, дождь, снег, гололед влияют на пропускную способность автомобильных дорог. Следует отметить факторы, которые увеличивают уже существующую пробку и препятствуют ее ликвидации. Сюда можно отнести выезд на перекресток, за которым уже образовалась пробка (приводит к распространению пробки на примыкающую дорогу), попытки объезда пробок отдельными участниками движения по полосам, не предназначенным для движения в данном направлении, а также обочинам, тротуарам и трамвайным путям.

Карлос Доганзо [1] в своих работах выдвигает гипотезу о том, что причиной заторов являются «узкие места» – сужены или расширены дороги (рис. 3). Они являются причиной создания, роста и распространения очередей на дорогах. Доганзо выделяет несколько типов «узких мест»:

- активные узкие места;
- слияния;
- расширения.

Активные узкие места

Между двумя участками имеет место активное «узкое место», если входной поток перегружен, а выходной остается свободным. Выявление активных «узких мест» на участках дороги эффективно для предупреждения транспортных происшествий.



Рисунок 3 – Пример сужения ширины проезжей части

Слияния

Теория для «узких мест, которые сливаются», утверждает, что максимально устойчивый поток, исходящий из слияния, существует только тогда, когда условия исходного потока являются незагруженными. Эта характеристика называется емкостью. Если сумма выходных потоков превышает емкость слияния, выходной поток заполняет емкость слияния полностью, а остальные потоки формируют очередь.

Расширения

Разновидность нескольких «активных узких мест» на дороге. Если поток пересекает одну из ветвей расширения, превышает его пропускную способность в течение некоторого времени, то в общем подъезде к расширению может вырасти очередь [2].

Пробки имеют свои определенные негативные последствия. К ним можно отнести следующие:

- резкое снижение пропускной способности автомобильной дороги;
- нарушение работы экстренных и оперативных служб;
- общее увеличение времени в пути, которое наносит экономический ущерб из-за потери времени, опоздания;
- непредсказуемость времени в пути;
- увеличение расхода топлива, выброса вредных веществ;
- увеличение износа автомобилей;
- увеличение шума;
- стресс водителей и пассажиров;
- увеличение аварийности.

К мерам по предотвращению возникновения заторов можно отнести следующие: увеличение пропускной способности, регулирование доступа к дорогам с предотвращением возникновения ситуаций, приводящих к возникновению и развитию пробок. Не все меры для предотвращения возникнове-

ния пробок подходят для любых ситуаций. Те или иные меры в некоторых случаях могут быть не только неэффективны, но и давать противоположный эффект.

Ученые обнаружили, что заторы на дорогах очень негативно влияют на здоровье человека. После часа пребывания в дорожном заторе резко возрастает риск инфаркта. В газете «Нью Зиленд геральд» сообщается, что «скорее всего выхлопные газы, шум и стресс стали главной причиной увеличения числа инфарктов».

Автотранспорт загрязняет окружающую среду окислами азота и некоторыми канцерогенными веществами. Много машин, прежде всего работающих на дизельном топливе, выбрасывают в воздух большое количество микроскопических частиц. Все это представляет большую опасность для здоровья людей. Подсчитано, что ежегодно в результате загрязнения воздуха, в том числе и от автотранспорта, умирает до трех миллионов человек, или примерно втрое больше, чем от дорожно-транспортных происшествий. В Европе 10 % детских респираторных инфекций является следствием загрязнения воздуха микроскопическими частицами. В городах, переполненных автотранспортом, эта цифра значительно выше.

Выбросы в атмосферу оксида азота сернистого ангидрида приводят к возникновению кислотных дождей, которые загрязняют водоемы и от которых гибнет большое количество различных растений. Кроме того, автомобили выделяют большое количество углекислого газа. Это вызывает глобальное потепление и приводит ко многим экологическим проблемам на Земле.

Чем больше автомобильного транспорта, тем выше опасность для жизни. Ежегодно в ДТП погибает более миллиона человек, и это число постоянно растет. По данным Европейской комиссии «в Греции на каждый миллион жителей приходится 690 смертей в результате дорожно-транспортных происшествий, в то время как в Швеции – всего 120 смертей».

Проводилось множество исследований по определению экономических потерь от автомобильных пробок. В частности, по данным Немецкого клуба автомобилистов, в 2010 году общая длина автомобильных пробок в ФРГ возросла до 400 тыс. км, что равно расстоянию от Земли до Луны, а немцы проводят в пробках в среднем 2,5 суток в год, экономический ущерб от пробок превысил 100 млрд евро. В целом в Европе такие потери составляют не менее 250 млрд евро, в Пекине этот показатель достигает 35 млрд дол. Специалисты Московского автодорожного института подсчитали, что один автомобиле-час в Москве стоит 5 долларов США (то есть простой машины в пробке в течение одного часа уменьшает ВВП страны на 5 дол.). Американцам заторы на дорогах стоят более 68 млрд долларов ежегодно, и это касается только потерянного времени и топлива. Государственное исследование 75 городов США, проведенное Техасским институтом транспорта, выявило, что из-за чрезмерного скопления транспорта люди тратят все больше времени. Если один житель за 1982 год в среднем терял 16 часов, то уже в 2000 году почти в 4 раза больше – 62 часа. Количество часов интенсивного дорожного движения выросло с 4,5 до 7,0 в сутки.

В Лос-Анджелесе (штат Калифорния) из-за дорожных пробок перерасход топлива за год составил более четырех миллиардов литров.

По подсчетам специалистов Национального транспортного университета Украины, киевские автомобилисты проводят в пробках по 45 дней в году. Исходя из почасовых расчетов экономических потерь, столица ежегодно теряет на пробках 8 млрд дол. По информации Киевской городской государственной администрации, ежедневно в городе насчитывается до 70 пробок и тянучек.

Причина пробок на киевских дорогах – хаотичная планировка столицы. Киев и большинство крупных городов Украины страдают от асимметрии: административный, деловой и культурный центры сконцентрированы в одной части города, на одном берегу Днепра, а спальные районы – на другом.

Другая причина заторов – высокие темпы прироста количества автомобилей в крупных городах и низкая пропускная способность украинских дорог. В столице, например, общее количество машин достигает 1,5 млн (в т. ч. 800 тыс. зарегистрированных авто и около 400–500 тыс. транзитных). При этом на дороги в Киеве приходится только 2 % от общей площади города. Для сравнения: в Москве дороги занимают 7 % площади города, Мадриде – 17 %, Лондоне и Нью-Йорке – 20 % [3].

В Украине, кроме Киева, наибольшее количество дорожных пробок возникает во Львове, Ивано-Франковске, Днепропетровске, Одессе, Тернополе. Систематические пробки начали появляться не только в городах с числом жителей более одного миллиона, а уже и в значительно меньших городах с числом жителей 200 тыс. и более.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Решение проблемы пробок в Украине с помощью инженерных решений, как это практикуется в высокоразвитых странах, а именно: строительство новых дорог и туннелей, многоярусных транспортных развязок, паркингов (подземных и на крышах домов) – требует огромных инвестиций.

Учитывая сказанное, предлагается увеличить пропускную способность украинских дорог за счет нестандартного шага – существенного уменьшения влияния на возникновение пробок дорожно-транспортных происшествий.

Любое дорожно-транспортное происшествие, как правило, полностью блокирует движение транспорта минимум по одной или двум полосам движения, существенно затрудняет движение по перегруженной улично-дорожной сети.

Каждый водитель с пониманием относится к ситуации, когда пробки возникли в результате серьезных ДТП, где есть пострадавшие и причинены большие материальные убытки. Но возникает естественное раздражение, когда причинами многочасовых пробок становятся незначительные царапины на бамперах транспортных средств, водители которых вынуждены часами ждать приезда сотрудников полиции для оформления происшествия.

В настоящее время невозможно полностью решить эту проблему. Энтони Даунз, автор книги «Пробки на дорогах. Что делать в час пик» пришел к выводу: «Независимо от того, какие будут приняты меры в борьбе с пробками на автомобильных дорогах, положение, скорее всего, только ухудшится. Поэтому мой вам совет: смиритесь с этим».

Но все же, как справиться с этой проблемой? Ведь, если не будут приняты радикальные меры для всей транспортной системы, то через какие-то пару лет пробки парализуют всю улично-дорожную сеть города.

Если поток прибывающего транспорта превышает пропускную способность участка дороги, пробка растет лавинообразно. Дорожные пробки появляются по всему миру как результат автомобилизации, которая имеет свойство увеличиваться в связи с ростом населения и плотности заселения территории.

Дорожные пробки уменьшают эффективность дорожно-транспортной инфраструктуры, увеличивая время в пути, расход топлива и уровень загрязнения окружающей среды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капитанов, В. Т. Управление транспортными потоками в городах / В. Т. Капитанов, Е. Б. Хилажев. – М. : Транспорт, 1985.

2. Єресов, В. І., Григор'єва О. В. Затори в транспортній проблемі великих міст // Вісник НТУ. – 2011. – № 22. – Київ : НТУ.

3. Пояснювальна записка до проекту Закону України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо усунення перешкод дорожньому руху після дорожньо-транспортних пригод без постраждалих, зменшення заторів та розвантаження доріг».



ГОРОДСКИЕ УЛИЦЫ И СЛОЖНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПО НИМ

Г. Р. Фоменко, кандидат технических наук, доцент Харьковского национального автомобильно-дорожного университета, г. Харьков, Украина

В докладе рассматриваются вопросы влияния возрастающего транспортного потока на условия движения по городским магистралям. Значительные изменения претерпевает состав транспортных потоков, а также возникающие динамические нагрузки от транспортных средств. Определяющей в условиях движения является существующая планировочная структура городов, которая, безусловно, не была рассчитана на такой активный рост количества транспортных средств в потоках. Эффективность работы улично-дорожной сети, а также безопасность движения в значительной степени зависят от ее технического состояния. Увеличение объемов автомобильных перевозок и дорожного движения происходит в условиях значительного отставания темпов развития дорожной инфраструктуры. Результатом этого являются значительные экономические потери. Важными задачами при планировании и реконструкции улично-дорожной сети является обеспечение организации движения, способствующее повышению интенсивности движения, пропускной способности, реализации парковочной политики, а также улучшению состояния окружающей среды.

Значительное влияние на формирование транспортных потоков оказывает количество полос движения на городских улицах, что позволяет водителям маневрировать в транспортном потоке. Движение транспорта носит стохастический характер, зависит от индивидуальных особенностей водителя, изменения транспортной ситуации. При движении водители не всегда придерживаются необходимой дистанции и скорости движения, что приводит к увеличению плотности потока, задержкам и к дорожно-транспортным происшествиям.

Для оценки условий движения принята магистральная общегородского значения ул. Пушкинская в г. Харькове. Условия движения по ней являются характерными для улиц данной категории, расположенных в центральной исторической части города. По результатам натурных исследований проведена оценка изменения интенсивности движения в зависимости от периода года и направлений движения, а также установлен состав транспортного потока. Также проведены исследования и установлены показатели скорости с учетом автомобилей, припаркованных вдоль проезжей части.

Установлено, что показатели скорости изменяются в пределах от 18,3 км/ч при наличии припаркованных автомобилей, до 57,1 км/ч – при их отсутствии. Проведены расчеты по показателям плотности припаркованных автомобилей, наличие которых создает условия для дорожно-транспортных происшествий. Показатели загрузки улиц свидетельству-

ют о создании опасности заторов на участке перекрестков и неудовлетворительном движении по магистральной улице. Улучшение условий движения может быть достигнуто при закрытии парковки автомобилей и корректировке светофорных режимов движения.

ВВЕДЕНИЕ

Расширение автомобильного парка в ходе активной автомобилизации значительно влияет на условия жизни городов. В этих условиях, наряду с положительными результатами этого развития, имеет место негативное влияние увеличения количества транспортных средств, что сопровождается резким снижением уровня безопасности движения, увеличением конфликтных и аварийных ситуаций, повышением уровня загрязнения окружающей среды.

Значительное влияние на условия движения в городах оказывает существующая улично-дорожная сеть как составляющая транспортной системы. Формирование и протяженность улично-дорожной сети городов обусловлены принятыми планировочными схемами. Историческая планировка городов не была рассчитана на такой активный процесс роста автомобилизации [1], [2]. Значительное увеличение транспортных средств на улицах городов создает комплекс проблем, которые требуют решений. Условия движения транспортных средств – это сложный процесс, обусловленный множеством факторов, влияющих на безопасность движения, а также на комфорт движения всех участников дорожно-транспортной системы. Безусловно, уровень развития транспортной сети взаимосвязан с развитием транспортной системы. Она включает комплекс линейных, узловых, а также объектов как социального, так и технического назначения. Важной составляющей является надежное функционирование пассажирских и групповых перевозок. Эффективность работы улично-дорожной сети, а также безопасность движения в значительной степени зависят от ее технического состояния [3], [4]. Увеличение объемов автомобильных перевозок и дорожного движения проходит в условиях значительного отставания темпов развития дорожной инфраструктуры. Результатом этого являются большие экономические потери. Поэтому важными задачами при планировании и реконструкции улично-дорожной сети городов является обеспечение организации движения, способствующее повышению интенсивности движения, пропускной способности, реализации парковочной политики, улучшению состояния окружающей среды [5], [6].

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ УСЛОВИЙ ДВИЖЕНИЯ

Активное увеличение транспортных потоков позволяет установить недостатки существующих улично-дорожных сетей. Планировочные схемы в городах могут иметь разные контуры, а также их сочетания в разных районах города. Желательно, чтобы схема была четкой и достаточно простой при застройке и не допускала накладок транспортных потоков в результате слияния разных улично-дорожных сетей на отдельных участках. Важным при формировании планировочных схем является создание удобных связей с периферийными районами. Организация и управление дорожным движением невозможны без данных о закономерностях формирования транспортных потоков и их распределении по тем или иным участкам улично-дорожной сети [1], [4]. Рост количества автомобилей значительно опережает темпы строительства и реконструкции сети дорог, что способствует перегрузке улично-дорожной сети и, как следствие, увеличению количества дорожно-транспортных происшествий. Формирование транспортных потоков зависит от расположения города, его связей с межрайонными, межобластными дорогами, а также взаимосвязей с магистральными улицами. Значительное влияние на формирование транспортных потоков оказывает количество полос движения на городских улицах, что позво-

ляет водителям перестраиваться в транспортном потоке. Движение транспорта имеет стохастический характер, зависит от индивидуальных особенностей водителей, изменения транспортной ситуации и влияния окружающей среды. В процессе движения водители не всегда придерживаются соответствующей дистанции и скорости движения, что приводит к увеличению плотности потока, созданию задержек, а иногда и к дорожно-транспортным происшествиям [6].

Активное увеличение автотранспортных средств в условиях сформировавшейся улично-дорожной сети городов, особенно с исторической застройкой, сопровождается повышением интенсивности движения, ростом загрузки магистралей по основным направлениям, снижением скорости и возможностью создания заторов. Важной проблемой в городах является обеспечение безопасности и комфортности движения.

Оценка условий движения проведена на магистральной общегородского значения ул. Пушкинской в г. Харькове. Она расположена в историческом Нагорном районе города. Для исследований принят участок от ул. Ярослава Мудрого до ул. Воробьева протяженностью 1,33 км. На данном участке расположены два регулируемых пересечения и семь смежных примыканий.

Натурные исследования интенсивности движения выполнены в разные периоды года (осень, зима, весна) в прямом и обратном направлениях движения. Наиболее высокие показатели суточной интенсивности движения наблюдаются весной и изменяются в пределах от 5539 авт./сут до 13 548 авт./сут. В зимний период прослеживается снижение интенсивности движения от 4474 авт./сут до 9329 авт./сут, что обусловлено изменениями погодных условий. Состав транспортного потока по результатам проведенных измерений изменяется следующим образом:

- распределение легкового транспорта изменяется в пределах 68 %–95 %;
- часть легких грузовых автомобилей находится в пределах 1 %–13 %;
- часть средних грузовых автомобилей – в пределах 1 %–8 %;
- микроавтобусы – 1 %–6 %;
- автобусы – 1 %–5 %.

В последние годы происходит значительное увеличение количества индивидуального транспорта, что создает проблему парковки автомобилей. Наиболее распространена парковка вдоль проезжей части под разными углами, что создает значительные сложности для движения основного транспортного потока и в ряде случаев приводит к дорожно-транспортным происшествиям. Чаше всего конфликтные ситуации создаются при маневрировании и постановке автомобиля на парковки, а также при выезде и перестроении его в транспортный поток. Использование для стоянок автомобилей проезжей части значительно снижает скорость транспортного потока и пропускную способность улиц. Выполнено определение показателей скорости транспортного потока на участках перегонов в рабочий и выходной дни недели. Результаты натурных наблюдений показали, что скорость транспортных потоков на обследованных участках магистральной улицы изменяется в пределах от 18,3 км/ч до 57,1 км/ч. Изменение показателей скорости обусловлено изменением интенсивности потока транспортных средств, а также значительным снижением плотности припаркованных автомобилей в выходной день.

Результаты измерений плотности припаркованных автомобилей движения представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Плотность припаркованных автомобилей в прямом направлении движения

Номер участка	Длина участка, м	Количество припаркованных автомобилей	Плотность, авт./км	Плотность на 500 м, авт./км
I	129	18	140	70
II	158	21	133	67
III	220	26	118	59
IV	147	16	109	55
V	133	19	143	72
VI	330	39	118	59

Таблица 2 – Плотность припаркованных автомобилей в обратном направлении движения

Номер участка	Длина участка, м	Количество припаркованных автомобилей	Плотность, авт./км	Плотность на 500 м, авт./км
I	122	16	131	66
II	128	16	125	63
III	132	13	99	50
IV	117	12	103	52
V	156	20	128	64
VI	85	10	118	59
VII	420	54	129	65
VIII	70	8	114	57

Полученные результаты плотности припаркованных автомобилей свидетельствует о негативном их влиянии на функционирование транспортных потоков. Расчет пропускной способности и уровня загрузки магистральной улицы составляет $Z = 0,76$, что свидетельствует об опасности затора при данном светофорном режиме в период рабочего дня. В выходной день при отсутствии припаркованных автомобилей уровень загрузки магистральной улицы изменился до $Z = 0,54$, что позволяет избежать опасность затора движения при данном светофорном режиме. Таким образом, для улучшения условий движения на городских магистральных улицах необходимо решить проблему строительства паркингов, расширить использование перехватывающих парковок, ограничить неорганизованные парковки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для улучшения условий движения на городских магистралях общегородского значения необходимо обустраивать полосы движения для автобусов, обособленные проезжие части для экспресс-автобусов и транзитного движения, что позволит обеспечить однородность транспортных потоков, а также повысить безопасность движения. Значительное внимание должно уделяться усовершенствованию систем регулирования движения. Улучшение условий движения может быть достигнуто при организации удобных транспортных связей между смежными районами. Также необходимо улучшить техническое состояние магистралей, их оборудование, что обеспечит улучшение условий движения транспортных средств, снизит количество дорожно-транспортных происшествий и создаст комфортные условия для перевозки пассажиров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лобанов, Е. М. Транспортная планировка городов / Е. М. Лобанов. – М. : Транспорт, 1990. – 240 с.
2. Агасьянц, А. А. Современные стратегические задачи градостроительного и транспортного развития / А. А. Агасьянц // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния : сб. – Екатеринбург, 2004. – С. 1–4.
3. Лобанов, Е. М. Пути улучшения условий движения автомобильного транспорта в крупных городах / Е. М. Лобанов, Н. В. Минин // Дороги России. – 2003. – № 3. – С. 60–65.
4. Косицкий, Я. В. Основы теории планировки и застройки городов / Я. В. Косицкий, Н. Г. Благови́дова. – М. : Архитектура, 2007. – 76 с.
5. Михайлов, А. Ю. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов / А. Ю. Михайлов, И. М. Головных. – Новосибирск : Наука. – 266 с.
6. Гук, В. И. Потенциалы дороги, транспорта и организации безопасного движения / В. И. Гук, А. Н. Азацкий // Вестник ХНАДУ : сб. науч. трудов. – 2009. – Вып. 47. – С. 100–103.



НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАБОТЫ КОЛЬЦЕВЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ В ЛАТГАЛИИ

Янис Фрейбергс, Рижский технический университет, г. Рига, Латвия

Юрис Смирновс, доктор технических наук, профессор Рижского технического университета, г. Рига, Латвия

Алдис Лама, Дирекция безопасности дорожного движения, г. Рига, Латвия

В докладе представлены некоторые аспекты работы кольцевых пересечений в Латгалии. Проведен анализ кольцевых дорожных пересечений на главных государственных автодорогах и даны рекомендации и советы по повышению безопасности движения на них.

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивность движения в Латвии в последние годы нарастает стремительно, и в 2018 году она достигла рекордного уровня [1]. С ростом интенсивности движения на автодорогах увеличивается и число дорожно-транспортных происшествий (далее – ДТП) [2]. В последние года некоторые государства, в том числе и Латвия, начали внедрение программы Vision Zero с целью достичь такого уровня, когда на дорогах погибших нет вообще [3].

Одной из возможностей улучшить безопасность на автодорогах является строительство вместо традиционных дорожных пересечений кольцевых пересечений, которые снижают количество конфликтных точек и увеличивает пропускную способность [4–14]. Дорожные происшествия сосредоточены в тех местах одноуровневых дорожных пересечений, где пересекаются дороги в нескольких направлениях и которые перерезают пешеходы и велосипедисты, в таких местах имеется большое количество конфликтных точек, которое в свою очередь повышает опасность дорожного пересечения.

Возможность избежать конфликтных точек, конечно, имеется, но строительство многоуровневых дорожных пересечений требует значительных финансовых средств, а это не всегда возможно.

В Плате безопасности дорожного движения на 2017–2020 гг. [3] дефинированы основные проблемы дорожной безопасности в Латвии с учетом статистики и оценки ДТП, а также анализа других факторов. Одной из таких проблем является безопасность на дорожных пересечениях, а именно отсутствие кольцевых дорожных пересечений. Необходимо более широко использовать кольцевые дорожные пересечения как в населенных пунктах, так и за их пределами.

Целью данной научной работы является проведение анализа кольцевых дорожных пересечений на главных государственных автодорогах в Латгалии и предложение рекомендаций и советов по повышению безопасности движения на них.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРЕСЕЧЕНИЙ

Одноуровневые дорожные пересечения

Анализируя наиболее подходящее одноуровневое дорожное пересечение, нужно оценить пропускную способность различных типов пересечений. Необходимо сравнить интенсивность движения на главной и на менее важной автодороге. График сравнительной пропускной способности (рис. 1) указывает, что наибольшую пропускную способность имеют регулируемое и кольцевое дорожные пересечения.

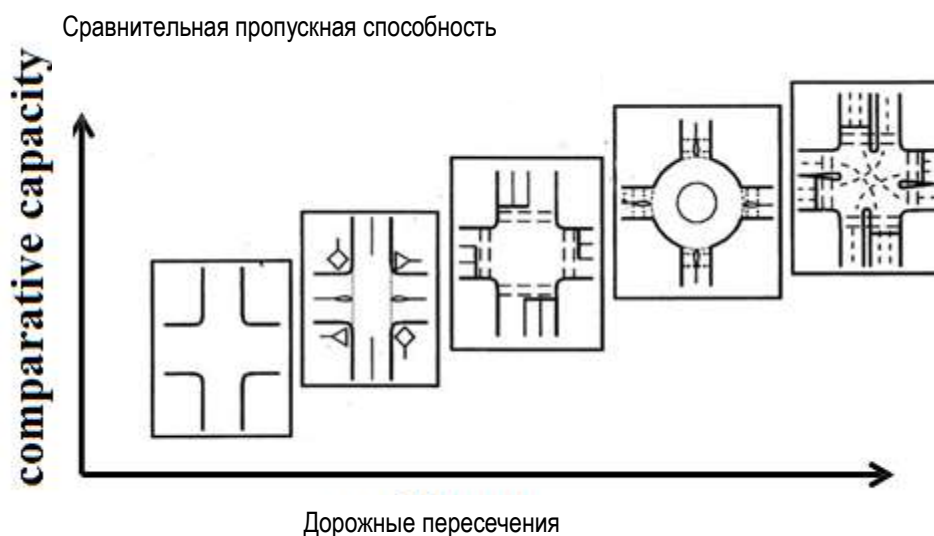


Рисунок 1 – Пропускная способность одноуровневых дорожных пересечений [6]

Кольцевые дорожные пересечения

Основной функцией кольцевых дорожных пересечений является обеспечение непрерывного, плавного движения транспортных средств на пересечении в режиме саморегулировки. В сравнении с другими видами дорожных пересечений кольцевые дорожные пересечения гарантируют более безопасный процесс движения, и их возможно использовать как инструмент для повышения дорожной безопасности на месте существующего одноуровневого дорожного пересечения. Также с помощью кольцевого дорожного пересечения возможно обеспечить некоторые вторичные функции [15]:

- обеспечить значительное изменение нормального профиля автодороги, например, переход от автодороги с двумя проезжими частями в автодорогу с одной проезжей частью или одноуровневые подключения к съездам с многоуровневых дорожных пересечений;

- выделить переход от населенных пунктов в незаселенную территорию;

- обеспечить маневр поворота в противоположном направлении;

- обеспечить пропускную способность дорожного пересечения в случае большого количества левых поворотов;

- укоротить необходимую длину участка дороги, необходимого для обгона, на двухполосной дороге с одной проезжей частью и затрудненной возможностью обгона с учетом того, что кольцевое пересечение многократно снижает скорость обгоняемого транспортного средства и, если за съездом с кольцевого пересечения необходима полоса обгона, то ее длину возможно проектировать намного меньше;

- регулировать (снижать) скорость потока движения, например, у въезда в населенный пункт.

Для повышения уровня безопасности на кольцевом пересечении рекомендуется проектировать только одну полосу движения на самом пересечении, поскольку это снижает количество конфликтных точек.

Интенсивность движения во въезде на кольцевое пересечение определяет возможные решения въезда и лимит пропускной способности въезда. Например, если интенсивность движения во въезде на кольцевое пересечение достигает 1000 трансп. ср-в/ч, то возможно проектировать [15]:

- однополосное кольцевое пересечение с одной полосой движения во въезде, где максимальная интенсивность не превышает 430 трансп. ср-в/ч;

- двухполосное кольцевое пересечение с одной полосой движения во въезде, где максимальная интенсивность не превышает 520 трансп. ср-в/ч;

- двухполосное кольцевое пересечение с двумя полосами движения во въезде, где максимальная интенсивность не превышает 1080 трансп. ср-в/ч.

Учитывая соображения безопасности дорожного движения, стандарт LVS 190-3 позволяет предусматривать только съезды с одной полосой движения независимо от количества полос движения во въезде.

В Латвии используются как большие, так и маленькие кольцевые пересечения. Большие кольцевые пересечения обычно предусматриваются в случаях, когда пропускная способность маленьких кольцевых пересечений недостаточна. Большие кольцевые пересечения обычно предусматриваются с двумя полосами движения, и в зависимости от внутреннего диаметра кольца от 40 до 100 м пропускная способность такого пересечения достигает от 12 до 26,4 тыс. транспортных средств в сутки. Маленькие кольцевые пересечения используются на пересечениях автодорог с одной полосой движения. За пределами населенных пунктов внутренний диаметр кольца предусматривается от 35 до 45 м, и пропускная способность такого пересечения достигает до 20 тыс. транспортных средств в сутки [15].

Основываясь на исследовании Н. Лалани [10], можно сделать выводы о влиянии строительства кольцевого пересечения на ДТП и безопасность дорожного движения. В исследовании проанализированы тридцать восемь кольцевых пересечений. Информация об объектах собрана до и после строительства. Н. Лалани пришел к выводу, что кольцевые дорожные пересечения снижают количество происшествий на 31 %, в свою очередь число происшествий с участием пешеходов сократилось на 46 %. Общее количество погибших после строительства кольцевого пересечения уменьшилось на 69 % [10].

На основании нескольких исследований можно сделать выводы, что с внедрением кольцевого пересечения среднее количество потерпевших в происшествиях снижается на 70 %– 80 % и что стоимость происшествий снижается до 90 % [12].

Если в каждом случае внимательно рассмотрено, проанализировано и сопоставлено соответствующее решение для каждого кольцевого пересечения, то с кольцевыми дорожными пересечениями возможно достичь даже большего уровня дорожной безопасности [13].

С другой стороны, невозможно обойтись без негативных аспектов кольцевых дорожных пересечений и организации движения на них. Например, поскольку на них не предусмотрены светофоры, организация движения пешеходов и велосипедистов затруднена. В дополнение, невозможно построить кольцевые дорожные пересечения везде, поскольку они требуют намного большей площади.

Исследования, проведенные в США [13], показывают, что с заменой традиционного дорожного пересечения кольцевыми пересечениями:

- 1) количество ДТП с погибшими и серьезно ранеными снижается на 70 %;
- 2) количество ДТП снижается примерно на 39 %;
- 3) количество ДТП с потерпевшими снижается примерно на 76 %;
- 4) полностью отсутствуют ДТП, связанные с поворотом налево;
- 5) количество ДТП со столкновением транспортных средств, следующих один за другим, не меняется.

ИСТОРИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ КОЛЬЦЕВЫХ ДОРОЖНЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ В ЛАТГАЛИИ

Обзор ситуации

В данной научной работе рассмотрены кольцевые дорожные пересечения на главных государственных автодорогах в Латгалии. В целом в регионе Латгалии построены шесть кольцевых дорожных пересечений. При проведении научной работы обследованы и проанализированы все шесть кольцевых дорожных пересечений. На всех выбранных кольцевых дорожных пересечениях был проведен подсчет интенсивности движения в период с августа по декабрь 2017 года.

Самое первое зарегистрированное и построенное кольцевое дорожное пересечение в Латгалии находится на главной государственной автодороге А13. Кольцевое пересечение построено еще в далеком 1978 году, когда проводилась реконструкция автодороги А13 и на пересечении с региональной дорогой Р62 был использован новый вид пересечения в Латгалии. После строительства кольцевого пересечения до сегодняшнего дня никаких улучшений на пересечении выполнено не было, кроме установки креста по случаю праздника восхождения Пресвятой Девы Марии в центре островка безопасности в 1993 году. Параметры проанализированных кольцевых дорожных пересечений приведены в таблице 1.

Таблица 1

Дорожное пересечение	А13 х Р62 (Аглона)	А12 х А15 (Спуджаны)	А13 х А15	А12 х Р36 (Грейвули)	А12 х Р52 (Зилупе)	А12 х А13
Тип дорожного пересечения до реконструкции	Х-образное	Т-образное	Х-образное	Х-образное	Х-образное	Х-образное
Год реконструкции	1978	1986	1989	2006	2008	2009
Количество полос движения на кольце	2	2	2	1	2	1

Окончание таблицы 1

Внутренний диаметр, м	100	70/85/69	200	30	30	24
Внешний диаметр, м	120	94/109/93	224	45	53,5	40
Ширина кольцевой полосы, м	8	8,0	9	6,5	11,75	6,5
Радиус закругления въезда, м	100/65	100/1000/2000	150/120/250/170	10	40/50/70	14
Радиус закругления съезда, м	100/300	375/750/235	220/170/150/180		50/200/55/450	16

ГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И СТАТИСТИКА ДОРОЖНО ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

Анализ ДТП в период с 2008 по 2017 год

Информация о ДТП на главных государственных дорогах в местах кольцевых пересечений получена из данных, доступных на интернет-странице ГАО «Дирекция безопасности дорожного движения» (VAS «Ceļu satiksmes drošības direkcija»). Данные были обобщены только по ДТП, зарегистрированным в Латгалии на кольцевых пересечениях (рис. 2, 3). Всего за период с 2008 по 2017 год произошло 86 ДТП, в том числе 13 ДТП с потерпевшими, 3 ДТП с погибшими и 12 ДТП с ранеными. В 2017 году на государственных дорогах наблюдалась самая высокая интенсивность движения [2].

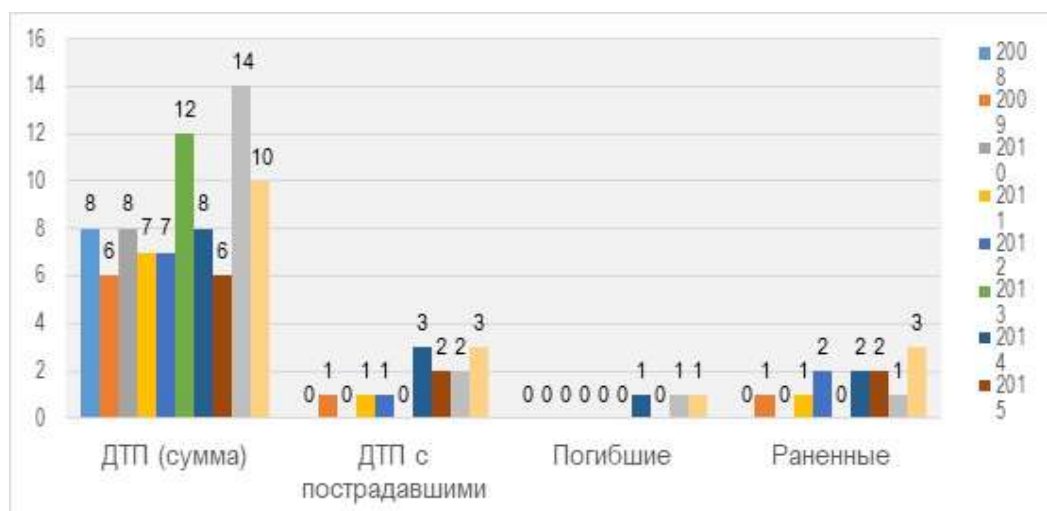


Рисунок 2 – Распределение ДТП на кольцевых пересечениях по годам



Рисунок 3 – ДТП на кольцевых пересечениях

Данные рисунка 2 показывают, что ситуация по дорожной безопасности намного ухудшилась в 2017 и 2016 годах: количество ДТП увеличилось, и в двух из 24 ДТП были погибшие, в пяти – потерпевшие и в четырех – раненые.

Анализируя три происшествия за последние четыре года, можно сделать вывод, что все три смертельных случая связаны с наездом на пешехода. Все три ДТП произошли на разных кольцевых пересечениях, и это не является доказательством того, что имеются проблемы безопасности пешеходов на каком-то конкретном пересечении. Но два пересечения из трех, где были погибшие, не имеют освещения.

Рассматривая данные статистики ДТП последних десяти лет по видимости во время ДТП, можно сделать выводы, что более половины, или 59,3 %, ДТП произошло при дневном свете, 38,4 % – в ночное время, а 2,3 % – в сумерки.

При анализе распределения ДТП по месяцам можно выделить три месяца с наибольшим количеством ДТП. Большое количество ДТП в марте и декабре, возможно, связано с фактом, что проезжая часть может быть скользкой и транспортные средства не имеют сцепления с поверхностью дороги. Однако эти причины не могут быть связаны с высоким количеством ДТП в августе.

Большая часть ДТП на кольцевых пересечениях связана со скоростью въезда транспортных средств на пересечение. Во-первых, надо упомянуть столкновения, которые составляют 32,1 % от ДТП. Почти одну четвертую часть – 23,8 % ДТП невозможно отнести ни к одной категории. Но такое пропорционально большое количество может быть связано со скольжением транспортных средств, поскольку, как говорилось ранее, большое количество ДТП произошло при скользком покрытии. Анализируя эти ДТП, можно сделать вывод, что наибольшая тенденция таких ДТП наблюдается на маленьких кольцевых пересечениях. Третьим наиболее распространенным видом ДТП является опрокидывание – 16,7 %. Почти все опрокидывания произошли на больших кольцевых пересечениях, где скорость движения по кольцу бывает высокой и ДТП происходят под влиянием центробежной силы. Наезд на препятствие зарегистрирован в 11,9 % ДТП. К этому виду относятся наезды на сигнальные столбики, дорожные знаки, защитные барьеры, бетонные бордюры, деревья и детали, отделившиеся от транспортных средств. Поскольку кольцевые пересечения оборудованы большим количеством средств организации движения, то вероятность наезда на эти средства повышается.

По соотношению ДТП на конкретных пересечениях наиболее безопасными являются пересечение A13 x A15 «Ритини» и пересечение A12 x P36 «Грейвули». Надо отметить, что кольцевое пересечение в Грейвули изначально было построено в рамках проекта улучшения безопасности движения в «черной точке». Наиболее опасным кольцевым пересечением является пересечение A13 x P62 «Агло-на», где произошло самое большое количество ДТП в течение последних десяти лет, в том числе самое большое количество ДТП с потерпевшими, ранеными и погибшими. Это можно объяснить высокой интенсивностью движения транспортных средств и пешеходов во время праздника восхождения Пресвятой Девы Марии, поскольку наибольшее количество ДТП происходит именно во время проведения праздника.

Сравнение ДТП методом графического анализа

Методом графического анализа возможно сравнить изменения по ДТП на выбранных кольцевых дорожных пересечениях. Невозможно провести анализ всех пересечений, поскольку некоторые из них построены во время строительства новых дорог. Данные о ДТП за период с 2001 по 2008 год получены от ГАО «Дирекция безопасности дорожного движения». Изображения позволяют увидеть скорость роста кумулятивного количества ДТП в конкретные годы перед строительством пересечения (кривая «До»). Эту кривую можно сравнить с ростом количества ДТП в таком же периоде времени после строительства пересечения (кривая «После») [2].

Информация рисунка 4 указывает, что в течение 8 лет до и после строительства ситуация улучшилась и количество ДТП снизилось, но тенденция обеих кривых все-таки похожа. Несмотря на то, что реальное количество ДТП снизилось всего на 5 происшествий, надо отметить, что количество пострадавших, раненых и погибших в ДТП снизилось по крайней мере в три раза.



Рисунок 4 – Графический анализ изменений в ДТП в кольцевом пересечении A12 x A13

До реконструкции кольцевое пересечение A12 x P36 было одной из «черных точек» в Латвии, но после реконструкции ситуация намного улучшилась (рис. 5). В результате реконструкции пересечения достигнуты очень хорошие результаты, поскольку в течение 6 лет не зарегистрирован ни один пострадавший, раненый или погибший и количество ДТП по сравнению с данными предыдущего периода снизилось на 11 происшествий.



Рисунок 5 – Графический анализ изменений по ДТП на кольцевом пересечении A12 x P36

На кольцевом пересечении Зилупе в течение 8 лет после строительства наблюдается тенденция снижения количества ДТП. В целом количество ДТП снизилось на 6 происшествий в рассмотренном периоде (рис. 6), количество ДТП с ранеными снизилось на 30 %.



Рисунок 6 – Графический анализ изменений по ДТП на кольцевом пересечении A12 x P52

Анализируя доступные данные о ДТП на кольцевых пересечениях и по возможности сравнивая ситуацию на пересечениях после реконструкции, можно сделать следующие выводы:

- на тех кольцевых пересечениях, которые прежде не были освещены, необходимо установить освещение, так как единственными погибшими на пересечениях являются пешеходы;
- необходимо создать инфраструктуру для пешеходов и велосипедистов для защиты малозащищенных участников дорожного движения;
- на кольцевых пересечениях с большим диаметром внутреннего островка наблюдается большая скорость, которая может привести к опрокидыванию транспортного средства;
- маленькие кольцевые пересечения с маленьким диаметром внутреннего островка способствуют увеличению количества таких ДТП, которые вызваны скользкой проезжей частью, наездом на препятствие или другим видом аварии (скольжение);

- на всех кольцевых пересечениях после строительства ситуация улучшилась и количество ДТП снизилось, и это показывает, что строительство кольцевых пересечений, в том числе и в Латгалии, способствует повышению безопасности движения.

ОЦЕНКА УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

Метод коэффициента относительной аварийности

Исторически коэффициент относительной аварийности является одним из первых релятивных показателей, который характеризует уровень безопасности. Для расчета коэффициента используют следующую формулу [16]

$$NK = \frac{\text{ДТП} \cdot 10^6}{365 \cdot N \cdot t}, \quad (1)$$

где NK – коэффициент относительной аварийности, ДТП на 1 млн. авт. проездов;

ДТП – количество происшествий за период времени t ;

N – среднегодовая интенсивность движения (средняя за период времени t), авт./сут;

t – период времени, годы ($t \geq 3$).

Принимая во внимание, что некоторые пересечения построены очень давно, данные об интенсивности движения недоступны. Из-за этого невозможно рассмотреть изменение коэффициента на всех кольцевых пересечениях до и после реконструкции, поскольку некоторые кольцевые пересечения построены в местах, где прежде пересечений не было. Данные о среднегодовой интенсивности движения получены из интернет-страницы ГАО «Государственные дороги Латвии» и архивов. Направления потоков движения установлены после обследования пересечений на местах [1].

С помощью формулы 1 расчеты до и после реконструкции пересечений, независимо от года строительства, проведены для трех кольцевых пересечений: A12 x P52; A12 x A13 и A12 x P36.

Оценка уровня безопасности кольцевых пересечений методом конфликтных точек

Опасность конфликтной точки можно оценить по возможной аварийности в ней (количество ДТП за 1 год) [16]:

$$q_i = K_i \cdot M_i \cdot N_i \cdot \frac{25}{K_r} \cdot 10^{-7}, \quad (2)$$

где K_i – относительная аварийность конфликтной точки;

M_i, N_i – среднегодовая интенсивность движения пересекающихся в данной конфликтной точке потоков, авт./сут;

K_r – коэффициент годовой неравномерности движения.

Степень опасности пересечения оценивается показателем безопасности движения K_a , характеризующим количество ДТП на 10 млн автомобилей, прошедших через пересечение,

$$K_a = \frac{G \cdot 10^7 \cdot K_r}{(M + N) 25}, \quad (3)$$

где K_a – теоретически вероятное количество ДТП на пересечении за 1 год;

$G = \sum_{i=1}^n q_i$ – теоретически вероятное количество ДТП на пересечении за 1 год;

n – число конфликтных точек на пересечении;

K_r – коэффициент годовой неравномерности движения;

M – интенсивность на главной дороге, авт./сут;

N – то же, для второстепенной дороги.

Количество конфликтных точек на кольцевых пересечениях меняется в зависимости от количества полос въезда и съезда, а также количества полос на самом пересечении. Традиционно количество полос движения повышают для улучшения пропускной способности пересечения, но это ухудшает уровень безопасности пересечения. В числе проанализированных пересечений имеются два пересечения с 8 и четыре пересечения с 16 конфликтными точками.

Для проведения расчетов для всех 6 кольцевых пересечений направления потоков движения и интенсивность движения определялись визуально. Результаты расчетов обобщены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение результатов расчетов кольцевых пересечений

Пересечение	Внешний R, м	Количество полос	Коэффициент относительной аварийности, ДТП/10 ⁶ авт.		Показатель безопасности движения	
					ДТП/10 ⁷ авт.	Степень безопасности
A12 x P52 (Зилупе)	53,5	2	До	1,39	4,24	Малоопасное
			После	0,98		
A12 x A13	40	1	До	0,82	9,65	Опасное
			После	0,75		
A12 x P36 (Грейвули)	45	1	До	0,95	12,30	Опасное
			После	0,41		
A12 x A15 (Спуджаны)	94/109/93	2	После	0,45	5,12	Малоопасное
A13 x A15 (Ритини)	224	2	После	0,30	1,00	Неопасное
A13 x P62 (Аглона)	120	2	После	1,02	4,38	Малоопасное

Результаты расчетов позволяют сделать вывод, что только одно кольцевое пересечение можно классифицировать как неопасное. Три из пересечений, то есть одну половину, можно оценить как малоопасные. После сравнения результатов, полученных разными методами, все-таки можно сделать вывод, что числовое значение коэффициента аварийности на пересечении в Аглона является самым высоким, хотя метод конфликтных точек показывает, что пересечение малоопасное. Ситуация на пересечении Грейвули диаметрально противоположна, поскольку пересечение теоретически считается опасным, а коэффициент аварийности на нем один из самых низких – 0,41 ДТП/10⁶ авт. Результаты расчетов показывают, что не всегда можно объективно оценить безопасность пересечения, если анализ проведен только с помощью одного метода расчетов. Хотя теоретически кольцевые пересечения с одной полосой движения считаются более безопасными, чем многополосные, наши расчеты показывают, что это не всегда является истиной.

СОВЕТЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УЛУЧШЕНИЮ КОЛЬЦЕВЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ

Хотя кольцевые пересечения и так способствуют улучшению пропускной способности и безопасности движения, все-таки и эти виды пересечений можно дополнять и совершенствовать для еще большего улучшения ситуации в реальной жизни. После обзора и анализа пересечений в Латгалии рекомендуются следующие возможные мероприятия по улучшению пересечений:

- в результате ДТП на пересечениях гибнут пешеходы, и это свидетельствует о необходимости установить освещение. Большое количество ДТП связано с наездом на малозащищенных участников дорожного движения. Из всех проанализированных пересечений освещение необходимо установить на пересечениях A12 x A15 (Спуджаны); A13 x A15 (Ритини); A13 x P62 (Аглона). Освещение на пересечениях улучшит видимость для автоводителей в ночное время суток и при плохих погодных условиях;

- для передвижения малозащищенных участников дорожного движения по кольцевым пересечениям необходимо построить отдельные дорожки для пешеходов и велосипедистов. Прохождение кольцевых пересечений требует намного больше времени в пути, и без соответствующей инфраструктуры для прохождения необходимо использовать обочину, а это небезопасно. С надлежащей инфраструктурой угроза для малозащищенных участников дорожного движения была бы намного меньше;

- для улучшения пропускной способности пересечений следует предусмотреть отдельный правый съезд. Такое решение не только улучшает пропускную способность, но и повышает комфорт передвижения и сокращает время ожидания при въезде на пересечение. Такое решение особенно следует внедрить в местах, где имеются большие потоки движения в правом направлении;

- для улучшения пропускной способности на кольцевом пересечении можно преобразовать центральные островки в кольцевом пересечении в некруглые и создать так называемые турбокольца. Этот вид пересечений для Латвии еще довольно необычен.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. VAS «Latvijas Valsts ceļi». Satiksmes intensitāte valsts autoceļos (galvenajos, reģionālajos, vietējos) laikā no 2007. līdz 2017. gadam (Excel fails; vidējais automašīnu skaits diennaktī) [Электронный ресурс]. – Rīga, 2017. – Режим доступа : <https://lvceļi.lv/informacija-un-dati/#>.
2. VAS «Ceļu satiksmes drošības direkcija». Ceļu satiksmes negadījumi uz valsts autoceļiem, t.sk. dzīvniekiem [Электронный ресурс]. – Rīga, 2018. – Режим доступа : <https://www.csdd.lv/celusatiksmes-negadijumi/celu-satiksmes-negadijumu-skaits>.
3. Par Ceļu satiksmes drošības plānu 2017–2020. gadam. [tiešsaiste] [Электронный ресурс]. – Rīga, 2017. – Режим доступа : <https://likumi.lv/ta/id/289986-par-celu-satiksmes-drosibas-planu-2017-2020-gadam>.
4. Brown, M. The Design of Roundabouts. HMSO: TRL. – 1995.
5. Axel Geppert, Verkehrsqualität und Verkehrssicherheit an zweistreifig Kreisverkehren und an Turbokreisverkehren. Schriftenreihe, Lehrstuhl für Verkehrswesen, Ruhr-Universität Bochum Heft 37, 2013.
6. W. Schnabel, D. Lohse. Grundlagen der Strassenverkehrs technik und der Verkehrsplanung. Band 1. – Berlin, 1997. – 608 s.
7. Herland, Lisa and Helmers, Gabriel. Roundabouts – design and function / Linköping : Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI). – 2002. – P. 58. VTI meddelande 895.
8. Tollazzi, T. Alternative Types of Roundabouts: An Informational Guide, Springer. – 2014.

9. Ana Bastos Silva, Pedro Mariano, João Pedro Silva. Performance assessment of turbo-roundabouts in corridors : 18th Euro Working Group on Transportation, EWGT 2015, 14-16 July 2015, Delft, The Netherlands.
10. Lalani, N. Roundabouts: Impact on Accidents. GLC Department of Planning and Transportation. London : Transport and Road Research Laboratory (TRRL), 1975.
11. Thulin, Hans and Obrenovic, Alexander. Effect of roundabout at the intersection of Östra Rydsvägen and Ringvägen in Söderköping / Linköping : Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI). – 2007.
12. Vadeby, Anna and Brüde, Ulf. 2006. Junction design – A review / Linköping : Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI). – 2006.
13. Washington State Department of Transportation. Roundabout benefits: 2018. gads [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.wsdot.wa.gov/Safety/roundabouts/benefits.htm>.
14. European Commission, Mobility and Transport, Road Safety, Junctions [Электронный ресурс]. Rīga: 2018. gads. – Режим доступа : https://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/road/-getting_initial_safety_design_principles_right/junctions_en.
15. Ceļu vienlīmeņa mezgli". Ceļu projektēšanas noteikumi : LVS 190-3:2012. – Rīga : VSAI «Latvijas standarts», 2012.
16. J. Smirnovs, J. Naudžuns, J. Dauksts, J. Sviķis. Autoceļu satiksmes drošība I daļa. – Rīga, 2005.
17. Ceļu drošības audita atzinums NR.06-AD/09-38. Autoceļa A12 Jēkabpils – Rēzekne – Ludza – Krievijas robeža (Terehova) un autoceļa A13 Krievijas robeža (Grebņeva) – Rēzekne – Daugavpils – Lietuvas robeža (Medumi) krustojuma rekonstrukcija. – Rīga, 2009.



STANDARD ISO 39001:2012 – APPLICATION AND EXPERIENCES

Damjan Čekerevac, MSc Eng., University of Coimbra, UC Institute for Sustainability and Innovation in Structural Engineering, Coimbra, Portugal

Jelena Maletić, MSc Eng., GSP Technical School, Belgrade, Serbia

Prof. Dr. Zoran Čekerevac, «Union– Nikola Tesla» University, Faculty of Business and Law, Belgrade, Serbia

The problem of road safety is primarily a state problem, but also the first concern of public transport users. In the future, all the traffic safety issues will be met at the local level and beyond, by national standards committees, institutes or relevant ministries, equipment manufacturers and others. Road traffic safety (hereinafter: RTS), represents a new standardized management system defined by the standard ISO 39001:2012, which is the basis for harmonization and improvement of the legal regulations and technical standards in this field. Also, RTS is the basis that creates the conditions for a well-organized national focus on increasing traffic safety on roads, compliant with good European practice, that in the framework of ISO, regulates the standard through WG 4 ISO/TC241. Each country needs, and has many reasons for accepting the created standards, and therefore ISO 39001:2012 as well. This paper presents the current state of the development of this standard, the basic requirements (ISO/TC 241), its implementation in some members, the possibility of integrating with other standards

(from Annex C ISO 39001), the need for certification of institutions and individuals, their required knowledge by functions in acquiring certificates, and directions for further development.

INTRODUCTION

The work on the development of standards began with the establishment of ISO 39001/TC 241, where TC 241 works on the principle of monthly supplements. Since the founding of the Committee, 11 conferences (up to November 2017) were held where significant documents were made (CD1-Committee Drafts, CD2, and DIS-Draft International Standard), and the final draft International Standard FDIS was adopted. The next conference will be held on 02-05. Dec. 2018 in Malaysia.

Member States are divided into two groups, participating and observing. Participating members (29) participate in the development of a document, which is: Argentina, Armenia, Barbados, Canada, China, Colombia, Ecuador, Finland, France, Germany, India, Iran, Ireland, Japan, Jordan, Kenya, Malaysia, Mauritius, Nepal, Nigeria, Panama, Philippines, South Africa, Spain, Sri Lanka, Sweden, Switzerland, United Kingdom, and United States. Associated members (21), as the Observing Members with the right of participation, are: Austria, Belgium, Brazil, Bulgaria, Cyprus, Czech Republic, Israel, Italy, Republic of Korea, Mongolia, Netherlands, New Zealand, Norway, Pakistan, Poland, Saudi Arabia, Serbia, Singapore, Slovakia, and Thailand. At the end of 2017, a total of 50 countries participated, or slightly more than 25 %, accounting for about 50 % of the world's population [1]. The aspiration is that as many as possible of the less developed countries become members.

Based on the state of safety in road transport, the basic objectives of this standard were defined as:

- 2020, the number of deaths (WRRD-Work Related Road Deaths) on the world level stabilizes at the 2010 level;
- 2030, the number of deaths reduces by 50 % compared to 2020;
- 2040, the number of deaths decreased by 50 % compared to 2030;
- 2050, there are no deaths (WRRD become zero) in all developed and developing countries [2].

These goals have been defined by all members of the ISO, the initiators of this standard, and many of the unlisted international institutions as a priority task in the further development of their countries.

The standard is applicable in public and private institutions that have any interaction with road safety [3], such as:

- institutions dealing with the transport of passengers or cargo;
 - transport and/or logistics operators that generate transport activities;
 - personnel working in the road traffic system;
 - institutions dealing with the design, construction, operational maintenance of roads and streets, and traffic signalization;
 - manufacturers of cars, freight and other road vehicles including manufacturers of spare parts and equipment;
 - institutions for providing emergency medical services and assistance to victims of accidents;
 - state institutions (Ministries, Police, Educational Institutions, and other state bodies) [4].
- The standard is applicable to any organization [3], which wants to:
- establish, implement, maintain and improve the management of the road traffic safety system;
 - align its own standards with EU standards and RTS policy;
 - compare its own results with benchmarking results in the world;
 - participate in the continuous improvement of traffic safety;

- observe and evaluate events related to the traffic safety.

This international standard requires the institution to develop, implement and maintain procedures and processes over a Security Management System, as part of the RTS, that can be integrated [5]: through management levels, in making strategies and planning, and through reporting procedures, development policy, culture, etc. The management system specified in this international standard focuses the organization on its RTS goals and tasks, and plan's activities that will realize these goals using a secure RTS access system. Annex B of this international standard describes the «secure system» approach in the RTS. It also describes the RTS governance framework of good management practice and its alignment with this standard. The standard promotes the use of the iterative process PDCA (Plan – Do – Check – Act) cycle that will guide the organization towards achieving RTS results.

REQUIREMENTS OF THE STANDARD ISO 39001

Requirements related to this standard are determined on the basis of internal and external significance, i.e. functions, of the institution in the road traffic safety system in order to achieve the target values of their own management system which will be taken into account in the establishment, implementation, maintenance and improvement of the RTS system.

Once when the RTS management system is established, the institution will determine their structural work units' requirements (i.e. their needs and expectations, with the note: by default, or mandatory), as well as interactions with these stakeholders that have implications on its own RTS system. The institution should first identify its role in the road transport system, processes and operations related to activities, and the functions that may have an impact on RTS. It should also determine the order and interaction of all, or at least a major part, of the key processes, activities, and operations, and then monitor, measure and analyze these processes, activities, and functions, and determine their interactions with all stakeholders that have implications for its own RTS management system.

If the requirements are given with many details, they would lead to a very complex structure. Problems of safe planning, design, management and use of the road network from the aspect of speed and vulnerability of users, design of supporting elements and environmental impacts, type of vehicles, types of goods, use of personal safety equipment, belts, children's seats, helmets, they all point to the complexity of this type of demands. Also, the requirements of safe driving relate to: weather conditions, physical and psychological condition of the driver, travel needs, length and mode of travel, route selection, safe entry and exit of vehicles on the road network, degree of protection of passengers and other participants in the traffic, avoidance of collision and/or their mitigation, the provision of cargo in vehicles, first aid, recovery and rehabilitation of road accident victims etc.

DECLARATION FOR THE APPLICATION OF THE STANDARD

According to [6], many measures were defined, to increase the safety of road traffic. Three sets of measures were proposed, and all countries are invited to review their transport policies to foster sustainable modes of transport, such as walking, cycling, and public transport use.

The first set of measures included measures for identification of the need for the application of standards within which 31 proposals were submitted. These proposals were preceded by the adoption of the Moscow Declaration at the First Global Ministerial Conference on Road Safety held in Moscow in 2009. The declaration invited the UN General Assembly to declare a Decade of Action for Road Safety 2011–2020 [7],

with the aim «to stabilize and then reduce the forecast level of global road deaths by 2020» [8] through cooperation among sectoral activities, especially in predictable cases.

The measures for linking with social determinants and risk factors from the United Nations Conference on Sustainable Development (UNCSD) held on 2012 (also known as Rio+20 or Rio 2012) have been set out, for which the governments of the countries are responsible. Suggestions were given to vehicle manufacturers in order to improve passive safety. Key activities of competent authorities supporting intelligent risk monitoring have been highlighted as well as the role of awareness campaigns to prevent traffic accidents. All States and all relevant actors were invited to cooperate with the newly formed ISO/TC 241 group and to provide recommendations relating to road safety.

The second group of measures concerned measures to improve traffic safety and improve legislation and its implementation. A total of 10 measures have been proposed, mainly related to the activities of state authorities in terms of strengthening agencies and similar institutions to intensify coordination mechanisms at the national and subnational levels, as well as to strengthen cooperation between governments, including parliamentary bodies, civil society, academic institutions, the private sector and the philanthropic foundations, which would accelerate the realization of the Global Plan for the Decade of Action for Road Safety 2011–2020 [9], and beyond. States are invited to promote the integration of their institutions, to redouble their efforts and implement national road safety plans and to adopt and implement their comprehensive laws in order to improve key risk factors, including avoiding the use of belts, children's seats and helmets, driving in an alcoholic state, violent driving, from 15 % to at least 50 % by 2020, as agreed in the resolution of UN General Assembly no. 64/255 [10].

All the other recommended measures are classified in the third group. These measures are related to promotion of safer driving and ways of using sustainable modes of transport, measures for the protection of endangered users on roads, measures for development and promotion of the use of safer vehicles, measures for increasing the participants' awareness in traffic, measures to improve the postaccidental response and rehabilitation of the victims, measures to strengthen cooperation and coordination in accordance with the requirements of the UN. Increased promotion of environmentally safe, affordable, cheaper and better quality transport modes, especially in public and nonmotorized transport, as well as reliable intermodal integration, are proposed as approaches for improving road safety, social equity, general health, urban planning, including the elasticity of transportation types in cities with urban-rural links, all in order to achieve the planned sustainable development.

Special measures have been proposed for the preventive strengthening of pre-hospital care, including emergency medical assistance, response time immediately after the accident, hospital and rehabilitation reception and further treatment of injured persons through the implementation of appropriate legislation and the construction of new facilities. At the end, the Governments and the traffic safety Agencies were invited to improve their existing activities and intensify international cooperation in order to exchange best practices, transfer knowledge, promote the access to innovative and sustainable technologies and build new capacities in accordance with the Global Plan for Decade of Action for Road Safety 2011–2020 and also to harmonize with the 2030 Agenda for Sustainable Development [11]. Also, all relevant stakeholders and donors have been invited to increase funds allocated for road safety and to explore innovative ways of financing to support global, regional, national and local research in the implementation of the policy of the increasing of safety in transport.

INTEGRATION AND PERFORMANCE INDICATORS OF THE STANDARD 39001

The RTS Management System can be integrated because it is compatible with the Management Systems EMS 14001, OHSAS 18001 (ISO 45001), SMS (ISO/PAS) 28000 Security, TMB-31000 and other quality systems that are already implemented in business organizations. Business organizations may have some difficulties in establishing RTS 39001 if no management system has previously been introduced. In such cases, it is necessary for the organization to develop and implement IMS (Integrated Quality Management System), that is, to simultaneously meet the requirements of ISO 39001 and other standards that have already been applied. What the organization needs to understand, it is a clear IMS structure and a sequence of activities that will enable the organization to perform certification of all IMS components without major problems.

Based on many research and examples from practice, the process of integrating standardized management systems is based on two approaches:

- Integration of partial standards/systems into the IMS;
- Integration of IMS into the strategy and practice of the basic MS organization.

It is practically possible for any standard/system to be established first or simultaneously with some other. Practically the most common cases of the order of establishment of standards/systems are the following:

- QMS first, and then some other MS – EMS, RTS, OHSAS, CSRMS ...;
- EMS first, and then some other MS – QMS, RTS, OHSAS, CSRMS ...;
- RTS (ISO 39001) first, and then some other MS - QMS, EMS, OHSAS, CSRMS;
- Simultaneously, RTS with some other MS, followed by other MS.

The integration of partial standards/systems can be done by integrating individual standards making the basic standard/system (QMS) documentation. After that, new documents can be added according to the requirements of other standards/systems. Each new standard/system can have its own documentation, but they must be interconnected.

CERTIFICATION OF PERSONS – THE NEXT OBLIGATION OF THE TRAFFIC SAFETY MANAGING

Certification of persons and institutions is necessary for the application of standards. This also creates obligations to obtain licenses. The standard 39001 implies a need for harmonization of qualifications and the required level of knowledge of the persons performing certification. Requirements for conformity assessment and certification have been complemented by the Directives (ISO/IEC PAS), ISO 19011, and ISO/CASCO (ISO/IEC/TS 17021-7) of the Compliance Committee through ISO/CASCO/JWG 41, in which there are 77 participating and 46 observing members [12]. The ISO/DTS 17021-7:2014 – RTS standard defines requirements for bodies that perform verification and certification of management systems – Part 7: Competence and requirements for RTS audit and certification. This document is prepared in a joint working group (JWG 41) between ISO/CASCO and ISO/TC 241 [13]. Officially, the process will go through members of ISO/CASCO, whereby security experts involved in the work of ISO/TC 241 should actively participate in its adoption and application [14].

A basic document entitled «Assessment of compliance – Requirements for bodies providing audit and certification of management systems», contains the following requirements [15] (ISO/IEC 17021-1...7):

- Part 1: Requirements (ISO/IEC 17021-1:2015);
- Part 2: Competence requirements for auditing and certification of environmental management systems (ISO/IEC 17021-2:2016);

- Part 3: Competence requirements for auditing and certification of quality management systems (ISO/IEC 17021-3:2017);
- Part 4: Competence requirements for auditing and certification of event sustainability management systems (ISO/IEC 17021-4:2017);
- Part 5: Competence requirements for auditing and certification of asset management systems (ISO/IEC TS 17021-5:2014);
- Part 6: Competence requirements for auditing and certification of business continuity management systems (ISO/IEC TS 17021-6:2014);
- Part 7: Competence requirements for auditing and certification of road traffic safety management systems (ISO/IEC TS 17021-7:2014).

The standard clarifies the requirements for bodies involved in the certification process referred to in ISO/IEC 17021-1. Through point 4, Annex A also explains the guiding principles in ISO/IEC 17021-1 which provides a technical specification of the requirements for three groups of bodies.

Part 7 includes specific requirements for the expert bodies directly involved in the control and monitoring of the traffic safety process. This document states legal requirements for its implementation like ISO/IEC 17000:2004 Conformity assessment – Vocabulary and general principles, ISO/IEC 17021-1:2015 and ISO 39001:12. Annex A in this technical specification provides an informative overview of the necessary professional skills of persons involved in the certification function, as shown in table 1.

Table 1 – RTS context and performance factors for different types of organizations (Annex A)

Certification, necessary skills	Function	Control	Reviewing reports and issuing certification decisions	Conducting a review of applications when auditing
RTS terminology, principles, processes and concepts, including the Safe System approach		X(5.2)	X(6.2)	X(7.2)
Organizational context		X(5.3)	X(6.3)	X(7.3)
Applicable laws, regulations and other requirements		X(5.4)	X(6.4)	
RTS risks and opportunities		X(5.5)	X(6.5)	
RTS performance factors		X(5.6)	X(6.6)	X(7.4)
RTS tasks and goals		X(5.7)		
Leadership and coordination		X(5.8)		
Emergency preparedness and response		X(5.9)		
Evaluation of results		X(5.10)	X(6.7)	
Investigation of traffic accidents		X(5.11)		

Source: [16]

Persons participating in RTS control and monitoring must have a level of expertise that includes the general abilities described in the ISO/IEC 17021-1 standard, as well as RTS knowledge described in sections 5.2 to 5.11. It is not necessary that each inspector in the team has the same capabilities, but the expertise of an inspection team must be enough to achieve control objectives. It is necessary to know: the context in which the organizations operate; their activities and potential impacts on RTS; whether the organization has identified and assessed its compliance with applicable legal regulations and other requirements; methods and practices for identifying and solving RTS risks and possibilities for their elimination; knowledge about KPI (Key

Performance Indicators), or, more precisely, SKPI (Security Key Performance Indicators) and their applicability in different organizational conditions.

Requirements regarding the expertise of the persons who analyze the reports on the performed control and make the decision on the certification, they define the profile of people who can review the reports on the performed control and decide on the granting of a license or on the performed certification. If the certification decision is made by a group of people or the commission, according to the requirements of this technical specification, it is necessary to consider the combined expertise of all their individual members.

Requirements regarding the expertise of persons who verify the obtaining of a license, they define the profile of people who can value the expertise of the audit team, elect members of the audit team, determine the timing of certification, etc. They should possess knowledge and skills that include the general abilities described in ISO/IEC 17021-1, and knowledge of RTS.

The expertise should be within the team, or, if necessary, the team should be filled in by a traffic safety expert. Where every control is done by the team, the level of skill required should be contained throughout the team, not in each individual team member.

SOME EXPERIENCES

Sweden and Japan were the most successful in the application of the standard. According to [3], Sweden and Japan have adopted ISO 39001 and published it in their countries' official languages. Sweden formed two certification bodies and manages the accreditation process over the national accreditation body which certified seven organizations, of which two were from public transport, and 5 in cargo transport. Around 110 transport/logistics organizations were certified by the road transport company association (non-accredited).

As mentioned, in Japan, the Japanese Industrial Standards Committee (JISC) translated the standard in April 2013. The National Agency for Automotive Safety & Victim's Aid (NASVA) conducted the supervision, and the standard was publicly announced by the Japanese Standards Association, by the Japan Accreditation Board (JAB). The JAB established its accreditation scheme, and an instruction was issued for its implementation. After that, 18 private certification bodies (non-accredited) were formed that until October 2016 certified 144 organizations mainly in freight transport area. Monitoring in Japan showed a high rate of growth of interest in ISO 39001 adopting. Most of the certified organizations were transport companies, most of which are small and medium enterprises. 5 % of all bus operators, 5 % of taxis, 62 % of cargo carriers, 22 % of own fleets and 6% of other participants in traffic were certified.

It is significant that road vehicle manufacturers also have started introducing this standard, like VOLVO Group which has demonstrated the latest systems of passive and active safety (stability control, driver warning, keeping and changing direction without driver handling, ACC cruise control, CWBS etc.).

Many countries have published the ISO 39001 standard. Special agencies have been established to deal with the application of the standard. Accreditation bodies have been established. Monitoring is monitored, a further application is being carried out and, most importantly, a decrease in the number of traffic accidents has been achieved. Among them are: Australia (SA), Brazil (ABNT), Italy (UNI), South African Republic (SABS), Canada (SCC), Colombia (ICONTEC), Malaysia (DSM), Germany (DIN), Nigeria, Norway (SN), Spain (AENOR), the United Kingdom (BSI) and Serbia (ISS), which published the standard SRPS ISO 39001: 2016 [17] and works on its further application.

According to [18] around the World, in 2016 were issued 478 ISO 39001 certificates. In 2015 and before, no certificates were issued.

At the last meeting of ISO/TC 241 held in Tokyo on 30-31 Nov. 2017, a resolution was adopted, in which the annual report of the WG 4 was adopted, with the results presented in 2017 and the proposed measures for the necessary research in the next year. It was also concluded that:

- WG 4, will further encourage current and potential members to initiate and monitor pilot programs in the appropriate private and public sector of the state;
- WG 4, will provide and distribute promotional material of good practice RTS/ISO 39001;
- attention will be focused on LMIC (Low and Middle-Income Countries), developing countries;
- WG5 will, through direct contacts, include as many developing countries as possible in ISO 39002:201x development, to which they are already incorporated good practices from Columbia, France, Germany, Japan, Malaysia, Nigeria, Panama, South Africa, Sweden and the United Kingdom;
- Employers can take proactive education actions to ensure: the safety of their employees and their assets, on road safety, etc.

CONCLUSIONS

The introduction of any new standard requires the undertaking of a number of necessary actions to establish, implement and maintain actions and procedures. The application of the RTS traffic management system includes the identification of requirements in existing transport and other institutions that interact in any way on the safety of road traffic, taking corrective and preventive measures and everything else that can affect the reduction of traffic accidents.

Based on gained experience, positive benefits were identified by all organizations. They demonstrate strong road safety interest, reduce damage costs, improve fuel economy, reduce insurance premiums, and believe that they improved corporate image and internal and external communication.

There are good reasons to believe that the application of ISO 39001 will increase security, and, at the same time, that it is the key tool for helping organizations to act seriously in that direction.

REFERENCES

1. ISO/TC 241, Participation – ISO&TC 241 Road traffic safety management system, 01 Aug 2018 [Electronic resource]. – Mode of access : <https://www.iso.org/committee/558313.html?view=participation>.
2. Lepersq, P. White Paper for Safe Roads in 2050 - Achieving Zero Work-Related Road Deaths, in Challenge Bibendum. – Rio, 2010, Rio de Janeiro, 2010.
3. Small, M. and Breen, J. Startup Guide to ISO 39001. Road Traffic Safety Management Systems. – Geneva, Switzerland : ISO, Central Secretariat, 2017.
4. Peden, R., Scurfield, D., Sleet, D., Mohan, A., Hyder, A., Jarawan, E. and Mathers, C. World report on road traffic injury prevention / Geneva: World Health Organization. – 2004.
5. Bliss, T. and Breen, J. Implementing the Recommendations of the World Report on Road Traffic Injury Prevention Country Guidelines for the Conduct of Road Safety Management Capacity Reviews and the Specification of Lead Agency Reforms, Investment Strategies and Safe System Project. – Washington DC: World Bank Global Road Safety Facility, 2009.
6. WHO, Brasilia Declaration on Road Safety, in 2nd Global High-Level Conference on Road Safety, Brasilia, Brazil, 2015.
7. WHO, First Global Ministerial Conference on Road Safety, 19-20 Nov 2009 [Electronic resource]. – Mode of access : http://www.who.int/roadsafety/ministerial_conference/en/.

8. Moscow Declaration, in the First Global Ministerial Conference on Road Safety: Time for Action, Moscow, 2009.
9. Ki-moon, B. Global Plan for the Decade of Action for Road Safety 2011–2020, 11 May 2011 [Electronic resource]. – Mode of access : http://www.who.int/roadsafety/decade_of_action/plan/plan_english.pdf.
10. UN, Resolution adopted by the General Assembly A/RES/64/255, United Nations. – New York, 2010.
11. UN GA, Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development, UN General Assembly. – New York, 2015.
12. SO/CASCO, ISO/CASCO Committee on conformity assessment, 2018 [Electronic resource]. – Mode of access : <https://www.iso.org/committee/54998.html>.
13. ISO/TC 241, ISO/TC 241 Road traffic safety management systems, 2008 [Electronic resource]. – Mode of access : <https://www.iso.org/committee/558313.html>.
14. ISO/IEC TS 17021-7:2014, Conformity assessment – Requirements for bodies providing audit and certification of management systems – Part 7: Competence requirements for auditing and certification of road traffic safety management systems, Oct 2014 [Electronic resource]. – Mode of access : <https://www.iso.org/standard/65130.html>.
15. Davidović, B. Standard ISO 39001 i sertifikacija sistema, in XII Međunarodni simpozijum prevencija saobraćajnih nezgoda na putevima. – Belgrad, 2014.
16. ISO, RTS context and performance factors for different types of organizations, Annex A ISO 39001:2012, Geneva: International Organization for Standardization, ISO Central Secretariat, 2017.
17. SS, SRPS ISO 39001:2016, Sistem upravljanja bezbednošću drumskog saobraćaja (RTS) – zahtevi sa uputstvima za upotrebu. – Belgrad: ISS, 2016.
18. ISO, The ISO Survey of Management System Standard Certifications 2016, September 2017. [Electronic resource]. – Mode of access : <http://isotc.iso.org/livelink/livelink?func=ll&objId=19208898&-objAction=Open&nexturl=%2Flivelink%2Flivelink%3Ffunc%3DII%26objId%3D18808772%26objAction%3Dbrowse%26viewType%3D1>.



АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ В АСУ ДД Г. МИНСКА И ОБЛАЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Д. В. Капский, доктор технических наук, доцент, декан автотракторного факультета Белорусского национального технического университета, профессор кафедры «Транспортные системы и технологии», главный научный сотрудник Научно-исследовательского центра дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт», г. Минск, Беларусь

Д. В. Навой, начальник отдела организации дорожного движения и дорожной инспекции управления ГАИ Министерства внутренних дел Республики Беларусь, г. Минск, Беларусь

В докладе рассмотрены вопросы развития алгоритмического обеспечения автоматизированной системы управления движением города Минска при различных управлениях на локальном, магистральном и сетевых уровнях с учетом развития интеллектуальной системы города. Выполнен анализ существующих алгоритмов и различного программного обеспечения, направленного на повышение качества движения транспортных потоков. Предложены модели управления движением с учетом развития облачных технологий.

ПРОБЛЕМЫ АЛГОРИТМИЗАЦИИ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Предоставление пользователям информации о рекомендуемом маршруте следования является инструментом влияния на поведение пользователей. Оптимизация маршрута может идти по различным параметрам: время сообщения по маршруту, задержки на УДС, оптимальное положение системы и оптимальные параметры для пользователя. Системы контроля инцидентов и маршрутного ориентирования могут быть использованы в повседневных условиях дорожного движения, а особенно в случае инцидента. В случае инцидента пользователи извлекают непосредственную выгоду от использования системы [1–3].

Существует три способа получить информацию о предполагаемом маршруте, по которому поедет пользователь. Первый – перед поездкой доведение информации, например, посредством радио, телевидения или интернета. Таким образом пользователь получает информацию, ее обновление и планирует с учетом полученной информации маршрут движения, в том числе с отказом от использования личного транспорта в пользу общественного. Второй способ – это информационные электронные табло (динамические информационные табло), отображающие информацию о маршруте в стратегически важных точках УДС [4–6]. Третий способ – это рекомендации, которые доводятся до пользователей посредством бортовых систем навигации автомобилей или с помощью смартфонов.

Помимо цели создания системы ориентирования, есть также различные типы стратегий. Итеративная стратегия осуществляет повторный процесс моделирования для достижения оптимальных целей (либо системы или оптимальных пользователей). Этот подход может быть введен в модель интеллектуального управления. Его трудно применять на практике для операций в реальном времени, так как требуется много вычислений. Другой тип – это группа одноразовых стратегий. В этой группе находятся реактивные подходы управления или (реже) прогнозные подходы (где модель используется для прогнозирования в ближайшем будущем) [1], [7].

Простейшим правилом принятия решений является выбор кратчайшего пути [8]. В большинстве случаев расширения используемых маршрутов является более эффективным подходом, который может быть достигнут с помощью стохастических моделей, основанных на случайной полезной модели. Полиномиальная логит-модель [9] может использоваться для выбора альтернативного маршрута, если

маршрут независим. Этот метод учитывает, что маршрут менее выражен, если ссылки используются также в других маршрутах. Модель «с-логит» [9] делает подобную вещь с помощью коэффициента общности.

Существует различные стратегии управления дорожным движением: на локальном, магистральном и сетевом уровнях. Для оффлайн управления сетью широко используется модель TRANSYT [10], когда заранее по статистическим данным разрабатываются планы координации. В режиме реального времени и с использованием адаптивного управления широко известны такие модели, как SCATS [11] и SCOOT [12], которые разработаны и апробированы в 70-х и 80-х годах прошлого века. Другие аналогичные, но менее часто используемые, системы: OPAC [13], французская система PROLYN [14], итальянская UTOPIA [15], которая испытана и используется в некоторых городах Европы, RHODES [16]. SCATS и SCOOT используются во всем мире, а другие системы реализуются только в некоторых городах и, в основном, для тестирования. Расширенный обзор локальных и сетевых стратегий управления представлен в работе [17]. В работе [17] также предложена новая стратегия управления на основе мультиагентного подхода.

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ

Рассмотрим проблему интеграции системы управления дорожным движением и системы маршрутного ориентирования и навигации.

Одной из интересных концепций взаимодействия системы управления дорожным движением и системы маршрутного ориентирования и навигации является концепция «обратного давления» (также известная как «максимальное давление», «максимальный вес», «максимальная производительность», «максимальный перепад отставания»). Концепция «обратного давления» представлена в работе [18]. Полагая, что пользователи направляются из пункта отправления в пункт назначения посредством радиосети, предлагается, что в любом узле сети, представленной в виде ориентированного графа, клиенты могут войти на сервер и получить маршрут движения. Существует проблема контроля оптимальной пропускной способности и, кроме того, состояние сети должно быть стабильным.

Контроль «обратного давления», как правило, состоит из набора контроллеров, каждый из которых относится к узлу в сети. В дорожном движении каждый перекресток может управляться контроллером «обратного давления». Каждый контроллер оптимизирует свою работу по минимизации параметров дорожного движения в соответствии с заданными алгоритмами. Это подчеркивает децентрализованный подход к управлению.

Типичный алгоритм «обратного давления» представляет собой разницу между транспортной нагрузкой, идущей к перекрестку и выходящей с перекрестка. Другой подход предлагается в работах [19], [20], где рассматривается только транспортный поток, ведущий к перекрестку. Алгоритм «обратного давления» обеспечивает максимальную пропускную способность каждого узла и сети в целом при интеграции системы управления дорожным движением и системы маршрутного ориентирования и навигации. И хотя алгоритм «обратного давления» применяется для управления работой светофоров [21–23], однако он практически не использовался для системы контроля инцидентов и маршрутного ориентирования.

Предлагаемая модель второго уровня основана на реализации двух алгоритмов: алгоритме поиска максимального объема движения в цикле при распределенном импульсе интенсивности; алгоритме оптимизации сдвигов при координированном регулировании. Алгоритм оптимизации сдвигов при

координированном регулировании предлагается использовать АСУД третьего поколения (управление в реальном масштабе времени).

Функциями алгоритма оптимизации сдвигов являются: анализ оптимальности сдвигов и модификация базового плана координации. Исходными данными служат номер исходного (базового) плана координации, импульсы интенсивности по перегонам магистрали, номер ДК, время включения оптимизируемой фазы на этом ДК и номер ДК, относительно которого оптимизируется время включения фазы (входной ДК).

Принцип работы алгоритма заключается в следующем.

1. В базе данных сформирован массив M_n , который содержит список значений включений фаз для данного номера дорожного контроллера N_{dk} и номера плана координации N_{pk} .

2. Уменьшаем все значения массива M_n на 5 (сдвиг = -5). Величину сдвига выбираем исходя из параметров импульса интенсивности, где продолжительность единичного импульса равна 5.

3. В цикле от 0 до 10 увеличиваем сдвиг на единицу (-5; -4; -3; -2; -1; 0; 1; 2; 3; 4; 5) и увеличиваем значение M_n на единицу для данного $M_{n(i)}$, с учетом сдвига рассчитываем транспортные потери и заполняем массивы транспортных потерь P_{m1} и P_{m2} для соседних перекрестков.

При работе в автоматизированной системе управления дорожным движением алгоритм оптимизации сдвигов запускается непосредственно с автоматического рабочего места диспетчера. Оптимизации подвергается текущий план координации по объему потерь. Реализация алгоритма оптимизации сдвигов возможна только при наличии на периферийном уровне детекторов транспорта. Наибольшая эффективность достигается при установке детекторов транспорта в ключевых точках улично-дорожной сети с учетом транспортно-пешеходной нагрузки.

Для исследования эффективности алгоритма оптимизации сдвигов на Логойском тракте в г. Минске детекторы установили на ключевых пересечениях Логойского тракта с улицами Карбышева, Калиновского, Волгоградская. Реализация алгоритма оптимизации сдвигов при изменении транспортной нагрузки по времени суток, дням недели, временам года позволила снизить величину потерь от задержек и остановок транспорта в среднем на 18 %.

По результатам исследования рекомендовано использовать алгоритм оптимизации сдвигов в период опытной эксплуатации и при смене времен года для разработки карт времени и оптимизации планов координации в реальном масштабе времени с целью модификации базовых планов координированного управления.

Предлагаемая модель третьего уровня включает в себя модели первого и второго уровней и обеспечивает водителей информацией о времени сообщения и использует информацию о маршрутах движения пользователей для минимизации задержек. Выделим события, влияющие на условия оптимизации: прогнозируемые события: статистически постоянно возникающие события (ежедневные параметры транспортных потоков при нормальных условиях и т. д.); не постоянно возникающие события (спортивные, культурно-массовые мероприятия и т. д.); внезапно возникающие события (инциденты): ДТП; затор; ремонтные работы; террористическая угроза на участке УДС; техногенное происшествие на участке УДС; ухудшение погодных условий; помеха на проезжей части (пешеход, груз и т. д.); стихийное массовое мероприятие.

Каждый тип событий, влияющих на условия оптимизации, требует различных методов по мониторингу, идентификации, минимизации и устранению последствий (в случае возникновения инцидента).

В работе предлагается исследовать три различные структуры модели третьего уровня.

Структура трехуровневой модели, выбирающая маршрут на основе анализа коэффициентов загрузки полос (структура № 1), представлена на рисунке 1.

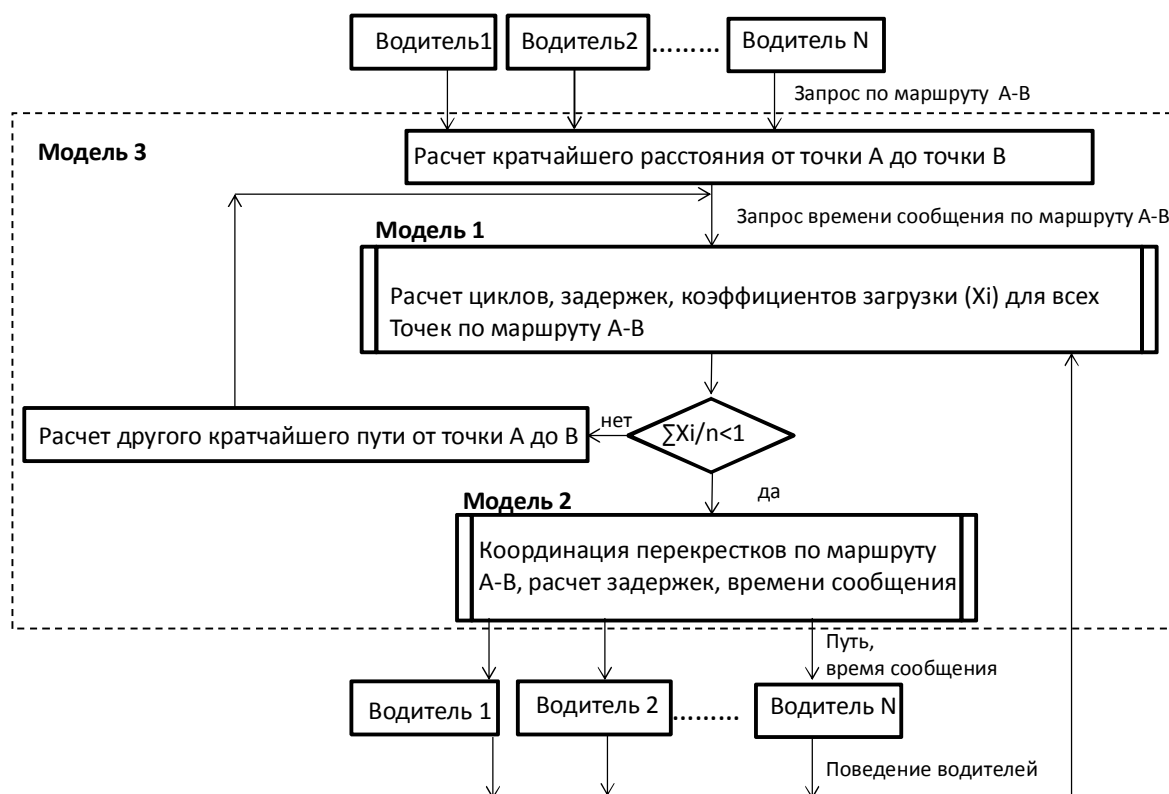


Рисунок 1 – Структура трехуровневой модели, выбирающая маршрут на основе анализа коэффициентов загрузки полос (структура № 1)

Трехуровневая модель, выбирающая маршрут на основе анализа коэффициентов загрузки полос (структура № 1) реализуется следующим образом: получение запроса от водителей о необходимости движения по маршруту А–В; расчет кратчайшего пути между точками А и В; запрос на расчет времени сообщения по запрашиваемому маршруту; расчет времени циклов, задержек и коэффициентов загрузки полос для всех регулируемых перекрестков по маршруту А–В (с использованием Модели 1); проверка коэффициентов загрузки полос на условие $\sum X_i/n < 1$, где $\sum X_i$ – суммарный коэффициент загрузки полос для рассматриваемого направления, n – количество полос рассматриваемого направления; координация регулируемых пересечений по маршруту А–В, расчет задержек, времени сообщения (с использованием Модели 1); доведение до пользователей информации о рекомендуемом маршруте движения из точки А в точку В и времени сообщения при движении по маршруту; отслеживание поведения водителей на предмет их возможного движения не по рекомендуемому маршруту.

Для отслеживания запросов от водителей (пользователей) о маршрутах движения предлагается использовать специализированное навигационное программное обеспечение. Данное программное обеспечение позволит водителям получать информацию о дорожно-транспортной ситуации на улично-дорожной сети в реальном масштабе времени. Так, водители смогут иметь информацию о интенсивности движения, задержках, вследствие различных инцидентов, а также времени сообщения по запрашиваемому маршруту. Данные, предоставляемые водителям, рассчитываются с помощью моделей первого и второго уровней на основании данных с детекторов транспорта. Для обеспечения обратной связи между системой управления дорожным движением и водителем (пользователем) в программном обеспечении должна быть предусмотрена функция «выбор маршрута». Подобная функция уже существует во многих навигационных программных продуктах, таких как Navitel, iGo и др. Однако данная информация не поступает в систему управления дорожным движением, и в этом коренное отличие

существующей и предлагаемой функции программного обеспечения. При поступлении в систему управления движением информации о запрашиваемом пользователем маршруте система с помощью моделей первого, второго и третьего уровней доводит информацию до пользователя и отслеживает их реальное перемещение.

Одним из необходимых условий для решения задач является техническое обеспечение для отслеживания маршрутов движения водителей (пользователей). В настоящее время такая техническая возможность существует, однако в мире повсеместно пока не используется. Вариантами решения данной задачи могут быть: использование gsm – информации от операторов связи, gps-данные, Глонасс-данные, Bluetooth-данные или использование специализированных RFID-меток. Техническое решение данной задачи лежит в плоскости выбора оператора системы управления дорожным движением. Предлагается в рамках реализации предложенной трехуровневой модели использовать gps-данные от бортовых данных навигационных устройств или смартфонов пользователей.

Структура трехуровневой модели, рассматривающей все возможные маршруты следования (структура № 2), представлена на рисунке 2.

Структура трехуровневой модели, рассматривающей все возможные маршруты следования (структура № 2), довольно сложна с точки зрения реализации, это вызвано недостаточной мощностью существующих вычислительных машин. Структура № 2 трехуровневой модели является идеальной для поиска оптимального маршрута, однако в настоящее время ее полная реализация не представляется возможной. Исходя из этого предлагается ограничить количество рассматриваемых маршрутов с кратчайшим расстоянием от точки А до точки В до 3–6. Структура трехуровневой модели для расчета 3–6 кратчайших маршрутов и выбор из них оптимального на условиях минимального значения задержек (структура № 3) представлена на рисунке 3.

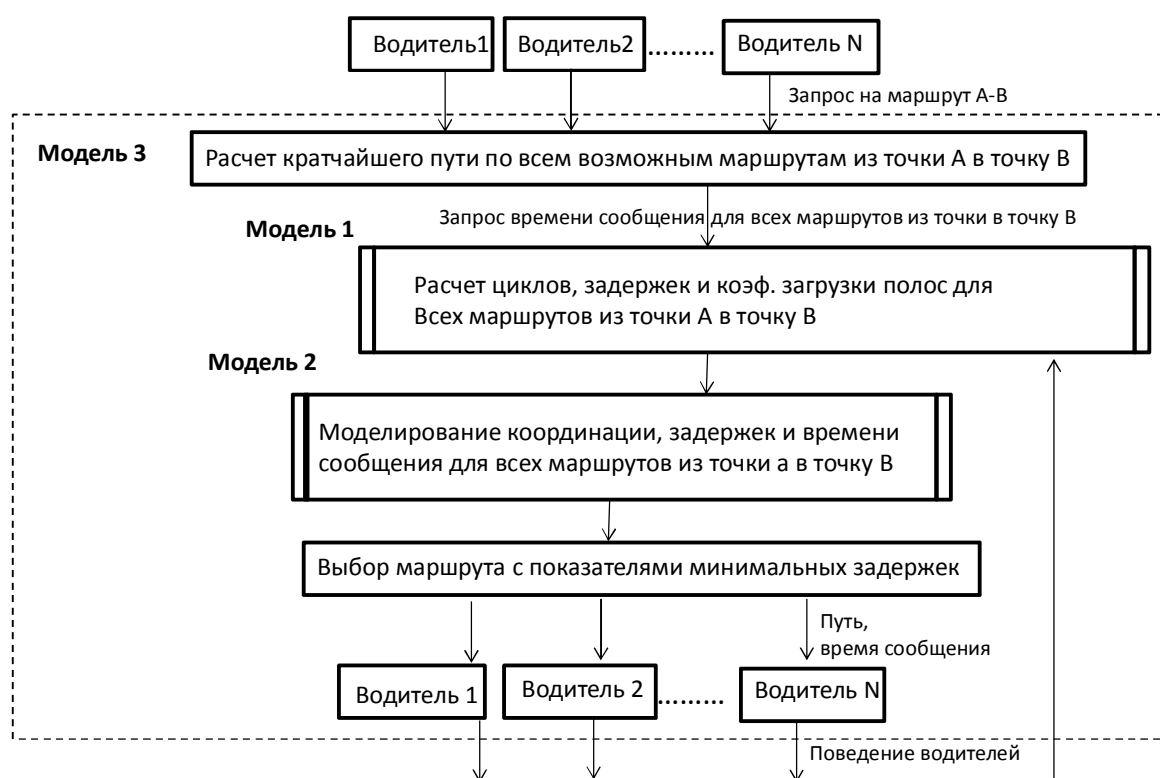


Рисунок 2 – Структура трехуровневой модели, рассматривающей все возможные маршруты следования (структура № 2)

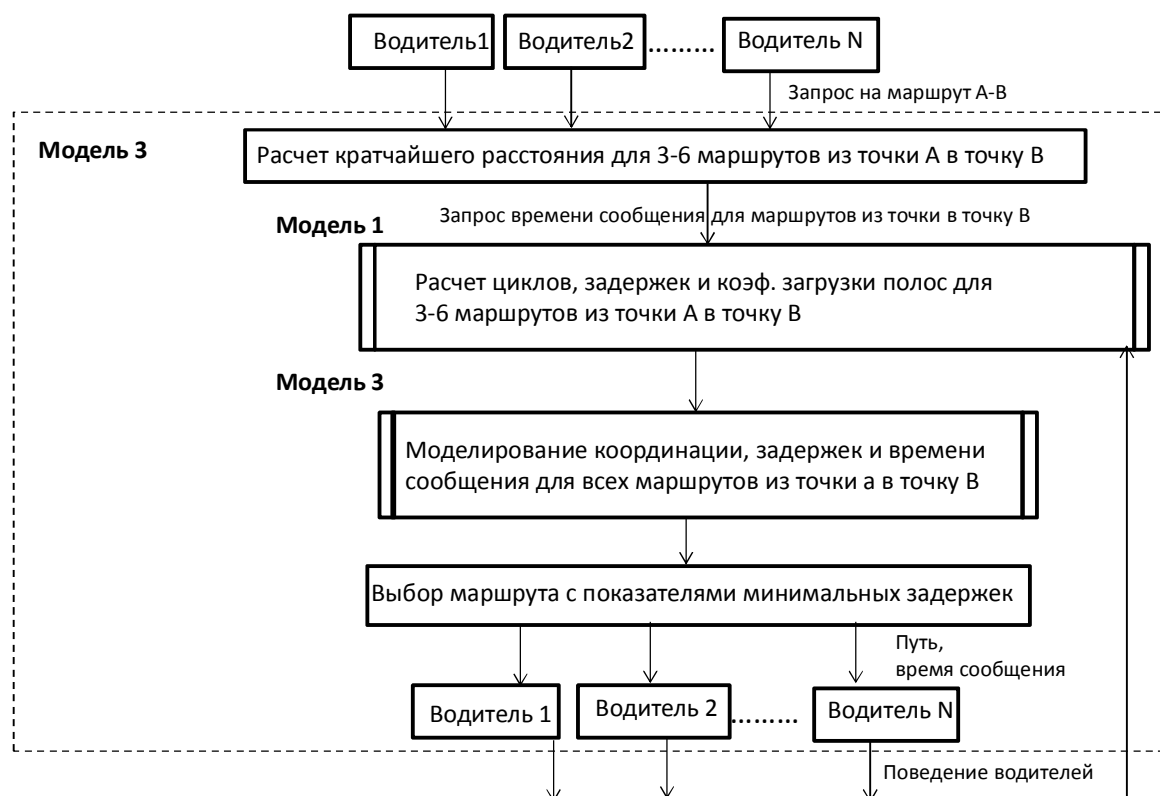


Рисунок 3 – Структура трехуровневой модели для 3–6 кратчайших маршрутов (структура № 3)

В работе рассматриваются результаты от сравнения трехуровневой модели для структур № 1 и № 3.

ИССЛЕДОВАНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ ПРЕДЛАГАЕМЫХ МОДЕЛЕЙ

Исследование проводилось на улично-дорожной сети города Минска в микрорайоне Брилевичи. Допущения при проведении исследований: на улично-дорожной сети установлены динамические информационные табло (далее – ДИТ), информирующие о текущей дорожно-транспортной ситуации; у водителей (пользователей) установлено специализированное программное обеспечение, позволяющее проинформировать систему управления дорожным движением в рамках реализации трехуровневой модели о маршрутах следования водителей (пользователей); в транспортных средствах водителей (пользователей) установлены бортовые устройства, позволяющие отслеживать их маршрут следования. На рисунке 4 представлен сценарий, когда водителю (пользователю) необходимо попасть из точки Р1 в точку Р7, однако на участке Р5–Р6 произошло дорожно-транспортное происшествие, которое заблокировало планируемое движение водителя по маршруту Р1–Р2–Р3–Р5–Р6–Р7.

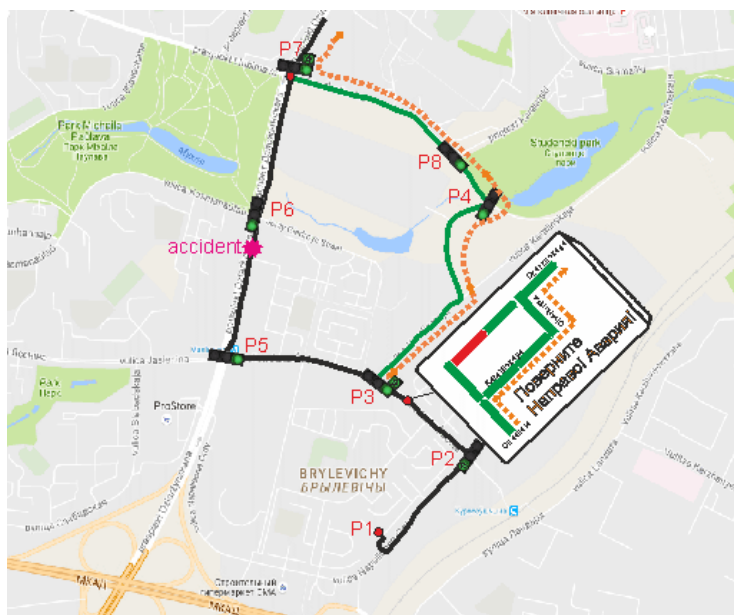


Рисунок 4 – Сценарий с ДТП и использованием водителем кратчайшего пути (маршрут № 1)

Предположим, что ДИТ установлено за 200 метров до перекрестка P3 и до перекрестка P8. При средней скорости движения 50 км/ч вероятность выполнения требований ДИТ составляет 60 % (рис. 5).

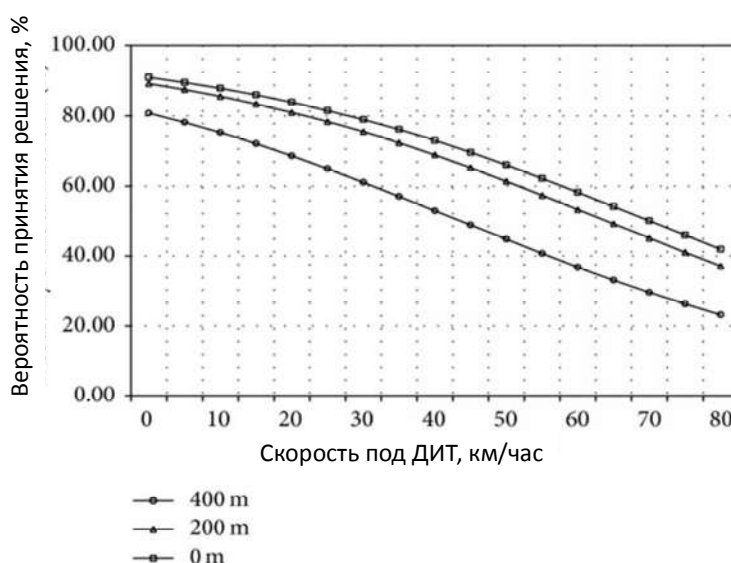


Рисунок 5 – Вероятность выполнения рекомендаций ДИТ, основанная на логической регрессионной модели

Помимо данных от датчиков, находящихся на улично-дорожной сети, в трехуровневую модель также поступают данные от n -количества пользователей, которые хотят из точки P1 попасть в точку P7. Модель анализирует текущую ситуацию с загрузкой улично-дорожной сети и сравнивает ее с количеством поступивших запросов в течение времени t . Причем время t рекомендуется принимать в пределах 15 минут, так как именно за этот период времени ситуация на улично-дорожной сети может измениться.

Для исследования эффективности работы структуры № 3 трехуровневой модели предложен еще один альтернативный маршрут.

Результаты эксперимента. Сравнение вариантов маршрутов для структур № 1 и № 3 трехуровневой модели

Минимальные задержки достигаются при использовании водителями (пользователями) маршрута № 3. Минимальное время сообщения достигается при использовании маршрута № 1. Минимальное значение коэффициента загрузки полос достигается при использовании маршрута № 3. Данные результаты показывают, что структура № 1 трехуровневой модели показывает худшие результаты по времени сообщения, однако лучшие по уровню задержек и коэффициентам загрузки полос. Структура № 3 трехуровневой модели показывает наилучшие результаты по времени сообщения и худшие по сравнению со структурой № 1 по уровню задержек и коэффициентам загрузки полос. С точки зрения пользователей (водителей), им необходимо добраться из точки Р1 в точку Р7 за кратчайшее время и структура модели № 3 данную функцию реализовывает, однако с точки зрения системы управления дорожным движением, необходимо учитывать уровень задержек на всей улично-дорожной сети и предлагать пользователям (водителям) оптимальный с точки зрения задержек маршрут. Таким образом, возникает конфликт интересов между пользователем и системой управления дорожным движением. Предлагается использовать структуру № 1 трехуровневой модели, которая минимизирует задержки и коэффициент загрузки полос на исследуемых маршрутах. Результаты исследования могли бы быть другими, если бы водители (пользователи) на 100 % доверяли информации, предоставляемой системой.

Будущие исследования должны быть направлены на дальнейшую интеграцию и координацию стратегий управления. Установка ДИТ и использование специализированного программного обеспечения требует дополнительных исследований. Также целесообразно протестировать модель в реальных условиях и на более разветвленной сети с большим количеством возможных сценариев. Основной интерес вызывает поведение водителей в случае доведения до них информации о маршрутах, соответствующих минимальным параметрам задержек, но при этом имеющим неоптимальные параметры по времени сообщения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрены алгоритмы поиска максимального объема движения в цикле при распределенном импульсе интенсивности и оптимизации сдвигов при координированном регулировании. Для алгоритма поиска максимального объема движения в цикле при распределенном импульсе интенсивности создана компьютерная программа на языке C++. Результаты моделирования с использованием предлагаемой компьютерной программы позволили повысить эффективность управления дорожным движением на исследованной магистрали Логойский тракт на 15 % за счет снижения уровня задержек при односторонней координации.

Для алгоритма оптимизации сдвигов при координированном регулировании предложено математическое описание. Сам алгоритм уже реализован в составе действующей АСУ ДД в городе Минске и показал свою эффективность, однако данную эффективность можно увеличить, если использовать его совместно с алгоритмом поиска максимального объема движения в цикле при распределенном импульсе интенсивности.

Предложена модель для минимизации потерь в дорожном движении при интеграции подсистемы контроля инцидентов и маршрутного ориентирования и АСУ ДД в составе ИТС города Минска, которая исследована в качестве инструмента для моделирования САПР «Магистральное управление». Данная

модель является инновационной и включает в себя несколько зависимых моделей, реализованных на основе нечеткой логики, и позволяет оптимизировать светофорный цикл и снизить задержки транспорта на 8 %. Инновация первой составляющей модели состоит в том, что аналогичные «нечеткие» модели реализуются на основе алгоритма местного гибкого регулирования, в работе предложен алгоритм реализации по параметрам интенсивностей в зависимости от времени суток, дней недели. В рамках эксперимента рассматривалось несколько маршрутов движения водителей на реальной УДС г. Минска при возникновении инцидента (ДТП). Цель эксперимента – определение параметра оценки для системы управления дорожным движением с целью достижения максимальной эффективности для УДС в целом, а также совместимость данного параметра с поведением водителей при возникновении инцидента. В результате моделирования выявлено, что наиболее эффективным параметром является показатель задержек и данный показатель не удовлетворяет водителей, которые стремятся выбирать маршруты исходя из минимальной скорости сообщения. Однако с точки зрения управления ИТС в целом необходимо выбирать параметры исходя из требований минимизации задержек на УДС.

Алгоритм оптимизации сдвигов при координированном регулировании реализован в действующей АСУ ДД города Минска и при реализации в составе второй компоненты позволит увеличить эффективность управления на магистральной УДС на 10 %–15 %.

Таким образом, наибольшую эффективность показала модель, основанная на минимизации задержек. С точки зрения ИТС, данный параметр является одним из ключевых, однако по-прежнему остаются неизученными вопросы поведения водителей при доведении до них информации о маршрутах движения, приводящих к минимизации задержек, но не минимизирующих время движения по конкретно заданному водителем (пользователем) маршруту.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Papageorgiou, M., Diakaki, C., Dinopoulou, V., Kotsialos, A. Review of road traffic control strategies. Proceedings of the IEEE 91, 2043–2067. – 2003.
2. Врубель, Ю. А. Определение потерь в дорожном движении : монография / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский, Е. Н. Кот. – Минск : БНТУ, 2006. – 240 с.
3. Врубель, Ю. А. Координированное управление дорожным движением : монография / Ю. А. Врубель [и др.]. – Минск : БНТУ, 2011. – 230 с.
4. Капский, Д. В. Совершенствование применения периферийных устройств при модернизации АСУ дорожным движением / Д. В. Капский, Д. В. Рожанский, Д. В. Навой // Безпека дорожнього руху України. – 2006. – № 1–2. – С. 112–120.
5. Капский, Д. Рекомендации по разработке режимов светофорного регулирования на пешеходных переходах / Д. Капский, Е. Кот // Transport and telecommunication. – 2006. – Vol. 7, № 3. – Р. 496–503.
6. Капский, Д. В. Проведение исследований интенсивности движения транспортных потоков: теория и эксперимент / Д. В. Капский, Д. В. Рожанский, Д. В. Мозалевский // Безпека дорожнього руху України. – 2006. – № 3–4 (23). – С. 35–40.
7. Мочалов, В. В. Влияние на безопасность движения автомобильных телематических систем / В. В. Мочалов, А. Я. Андреев, Д. В. Капский // Вместе к эффективному дорожному движению! : сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 28–31 окт. 2008 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол. : А. С. Калиниченко [и др.]. – Минск, 2008. – С. 136–145.

8. Ben-Akiva, M., Bierlaire, M. Discrete Choice Methods and their Applications to Short Term Travel Decisions, in: Hall, R.W. (Ed.), Handbook of Transportation Science. Springer US, Boston, MA. – Vol. 23 of International Series in Operations Research & Management Science. – 1999. – P. 5–33.
9. Cascetta, E., Nuzzolo, A., Russo, F., Vitetta, A. A. Modified Logit Route Choice Model Overcoming Path Overlapping Problems: Specification and some Calibration Results for Interurban Networks, in: Proceedings of the 13th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, Lyon, France. – 1996. – P. 697–711.
10. Robertson, D.I. TRANSYT: A Traffic Network Study Tool. Road Research Laboratory Report LR 253. – 1969.
11. Lowrie, P.R. SCATS – Principles, Methodology and Algorithms, in: Proceedings of the International Conference on Road Traffic Signalling, London, United Kingdom. – 1982.
12. Hunt, P. B., Robertson, D. I., Bretherton, R. D., Winton, R. I. SCOOT – a Traffic Responsive Method of Co-Ordinating Signals. TRRL Report 1014. – 1981.
13. Gartner, N.H., OPAC: A Demand-Responsive Strategy for Traffic Signal Control. Transportation Research Record 906. – 1983. – P. 75–81.
14. Henry, J. J., Farges, J. L. PROLYN, in: Proceedings of the 6th IFAC/IFIP/IFORS Symposium on Control, Computers, Communications in Transportation, Paris, France. – 1989. – P. 505–507.
15. Di Taranto, C., Mauro, V. UTOPIA, in: Proceedings of the 6th IFAC/IFIP/IFORS Symposium on Control, Computers, Communications in Transportation, Paris, France. – 1989. – P. 575–597.
16. Head, K. L., Mirchandani, P. B., Sheppard, D. Hierarchical Framework for Real-Time Traffic Control. Transportation Research Record 1360. – 1992. – P. 82–88.
17. Van Katwijk, R.T. Multi-Agent Look-Ahead Traffic-Adaptive Control. Ph.D. thesis. Delft University of Technology. Delft, The Netherlands. – 2008.
18. Tassioulas, L., Ephremides, A. Stability properties of constrained queueing systems and scheduling policies for maximum throughput in multihop radio networks. IEEE Transactions on Automatic Control 37. – 1992. – P. 1936–1948.
19. Smith, M. J., A Local Traffic Control Policy Which Automatically Maximises the Overall Travel Capacity of an Urban Road Network. Traffic Engineering + Control 21. –1980. – P. 298–302.
20. Smith, M. J. Traffic signal control and route choice: A new assignment and control model which designs signal timings. Transportation Research Part C: Emerging Technologies (in press). – 2015.
21. Varaiya, P. A universal feedback control policy for arbitrary networks of signalized intersections. EECS, UC Berkeley. – 2009.
22. Varaiya, P. Max pressure control of a network of signalized intersections. Transportation Research Part C: Emerging Technologies 36. – 2013. – P. 177–195.
23. Wongpiromsarn, T., Uthacharoenpong, T., Wang, Y., Frazzoli, E., Wang, D. Distributed traffic signal control for maximum network throughput, in: 2012 15th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, IEEE. – 2012. – P. 588–595.



РАЗРАБОТКА ТРЕХУРОВНЕВОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ В ИТС Г. МИНСКА

Д. В. Капский, доктор технических наук, доцент, декан автотракторного факультета Белорусского национального технического университета, профессор кафедры «Транспортные системы и технологии», главный научный сотрудник Научно-исследовательского центра дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт», г. Минск, Беларусь

Д. В. Навой, начальник отдела организации дорожного движения и дорожной инспекции управления ГАИ Министерства внутренних дел Республики Беларусь, г. Минск, Беларусь

Рассмотрена модель, работающая на основе параметров интенсивности движения транспортных потоков в характерных точках. Приведены результаты моделирования с использованием компьютерной программы, что позволило повысить эффективность управления дорожным движением на исследованной магистрали на 15 % за счет снижения уровня задержек при односторонней координации.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ЕЕ РЕШЕНИЯ

За последние десятилетия разработано немало детерминированных и стохастических моделей систем управления дорожным движением для решения транспортных и инженерных проблем в дорожном движении. В данном разделе рассмотрены модели систем управления дорожным движением, работающие на нечеткой логике, которые представлены в литературных источниках. Цель данного рассмотрения – определить, как вопросы систем управления дорожным движением, работающих на нечеткой логике, формализованы в представленных моделях.

Хеги и др. в 2001 году [1] предложена модель системы поддержки управленческих решений для центров управления дорожным движением, основанная на применении нечеткой логики в выборе сценариев управляющих воздействий для каждой конкретной дорожно-транспортной ситуации. В то же время группой исследователей Вей, Йонг, Ксиакинг и Ян [2] представлена концепция, основанная на нечеткой логике, названная «значительная срочная фаза и незначительная срочная фаза». Концепция устанавливает правила выбора управляющих воздействий, основанные на нечеткой логике, для оптимизации параметров транспортного потока и минимизации задержек транспорта на светофорных объектах.

Чоу и Тенг в 2002 году [3] предложили дорожный контроллер (FTJSC), работа которого основана на нечеткой логике. Данный дорожный контроллер позволяет управлять регулируруемыми, последовательно расположенными пересечениями, с учетом количества полос, длины транспортных средств и ширины улицы. Куо и Лин в 2002 году [4] пошли еще дальше и разработали процедуру расчета изменения и сдвига интервалов светофора на основе модели системы управления дорожным движением с нечеткой логикой. Эта процедура расчета основана на предположении, что «принятие решения водителем на регулируемом пересечении основано на неточной или нечеткой информации».

Косонен в 2003 году [5] представил модель системы управления дорожным движением основанную на нечетком управлении работой сигналов светофора. В основу модели системы положен алгоритм, позволяющий обеспечить контроль работы светофорных объектов с помощью системы принятия решений, основанной на нечеткой логике. Халид, Си и Юзоф в 2004 [6] году предложили нечеткую модель системы управления светофорами, базирующуюся на шести фазах для светофорного объекта с

четырьмя входами. В основу «нечеткого» дорожного контроллера положены три модуля: «Следующая фаза», «Зеленая фаза», «Модуль принятия решений». Система позволяла осуществлять связь между соседними дорожными контроллерами и управлять последовательностью и длиной фаз в адаптивном режиме в зависимости от интенсивности движения, остановок (времени ожидания) и задержек (заторов).

Акияма и Окушима в 2006 году [7] модифицировали дорожный контроллер с постоянными переменными, оптимизирующий параметры лингвистических переменных с нечетким обоснованием и предложили более совершенное управление дорожным движением на основе нечеткой логики в качестве расширения для обычного контроля за дорожным движением, с целью снижения заторов на автомагистралях в Японии.

Бакери, Энсан, Фаззи и Бехния в 2007 году [8] предложили модель «нечеткого» контроля управления сигналами светофоров как продвинутое подсистему в составе системы управления дорожным движением, используя алгоритм Мамдани для сокращения среднего времени ожидания и длины очереди.

Также Ху, Томас и Стониер в 2007 году [9] создали модель системы контроля дорожного движения на базе нечеткой логики, позволявшей управлять реальным локальным перекрестком, состоящим из пяти входов, 14 полос для движения транспорта, включая 6 поворотных транспортных направлений, и двух пешеходных направлений. Эволюционный алгоритм создавал (генерировал) правила контроля, основанные на применении нечеткой логики, с использованием реальных параметров транспортного потока, поступающих с перекрестка.

Занг и Йе в 2008 году [10] предложили методологию системы, основанной на нечеткой логике, для прогнозирования параметров транспортного потока с использованием двойного петлевого детектора транспорта. Результаты прогнозирования показали, что система, основанная на нечеткой логике, дает более точные и устойчивые прогнозные показатели. Также система показала более высокую надежность при прогнозировании параметров транспортных потоков для различных состояний транспортного потока и детекторов транспорта.

Ханг, Со и Рахман в 2009 году [11] предложили модель управления дорожным движением на локальном перекрестке на основе алгоритма Сугено. Сравнительный анализ между моделью управления, основанной на нечеткой логике и моделью управления с зафиксированным циклом регулирования, показал более высокую эффективность модели системы управления дорожным движением, основанной на алгоритме Сугено.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ТРЕХУРОВНЕВОЙ МОДЕЛИ

Трехуровневая модель предназначена для расчета параметров транспортных потоков на УДС и предоставления пользователям (водителям) информации о маршрутах следования для минимизации задержек на сети.

Предлагаемая трехуровневая модель представляет собой некое связующее звено между АСУДД и системой контроля инцидентов и маршрутного ориентирования в составе ИТС (рис. 1).

Трехуровневая модель включает в себя модели первого и второго уровней. Модель первого уровня (Модель 1) реализуется на основе нечеткой логики и предназначена для расчета параметров УДС на локальном перекрестке с минимизацией задержек на локальном уровне. Модель второго уровня (Модель 2) предназначена для расчета параметров транспортных потоков на магистральном уровне с минимизацией задержек и синхронизацией работы светофорных объектов по рассматриваемым маршрутам.

Параметры исходных данных трехуровневой модели представлены на рисунке 2.

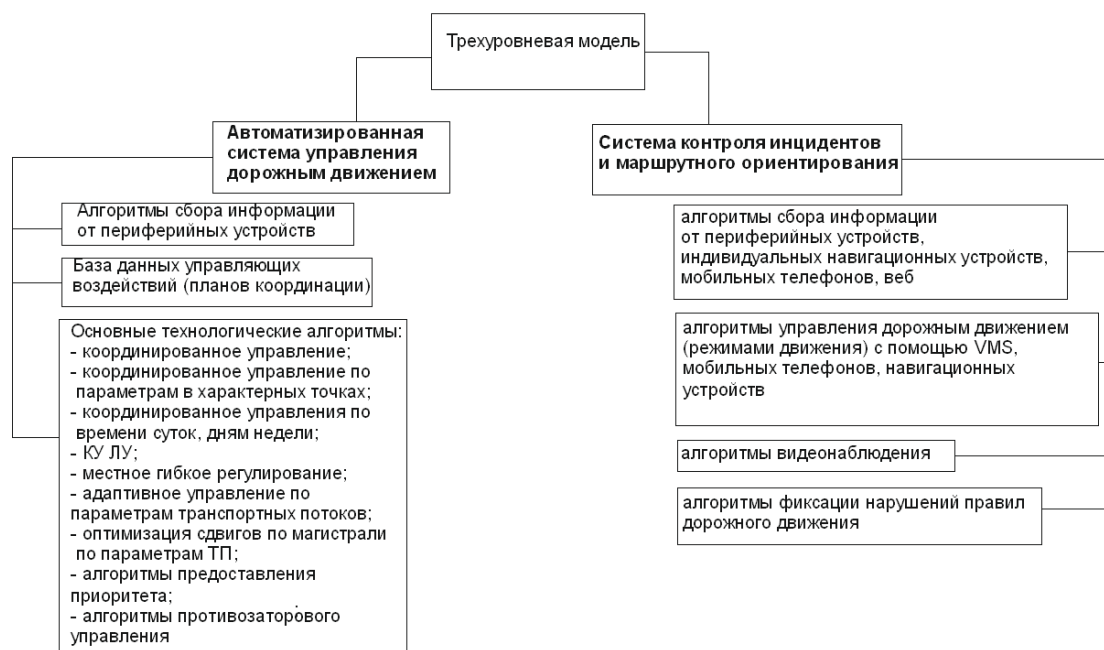


Рисунок 1 – Трехуровневая модель как связующее звено

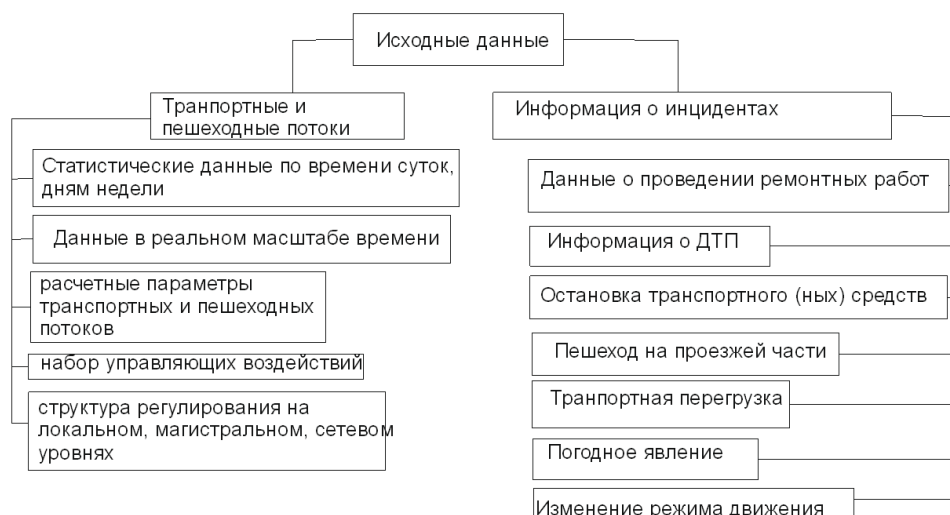


Рисунок 2 – Параметры исходных данных трехуровневой модели

Модели управления дорожным движением, как правило, решают две проблемы: последовательность включения регулируемых направлений в цикле и продолжительность разрешающих сигналов для регулируемых направлений.

СОЗДАНИЕ И АПРОБАЦИЯ МОДЕЛИ

Первым шагом в создании модели управления дорожным движением, основанной на нечеткой логике, является определение набора входных параметров. Входные параметры для предлагаемой модели включают в себя:

- уровень текущей дорожной ситуации (нахождение автомобиля внутри детектируемой зоны);
- уровень последовательности включения регулируемых направлений или фаз (последовательность включения разрешающих сигналов);

- стратегический фазовый уровень (продолжительность горения сигналов светофора).

Предлагаемая модель управления дорожным движением предполагает следующие допущения:

- модель не учитывает длину транспортных средств и дистанцию между транспортными средствами;

- модель использует установленный график регулирования для светофорного объекта на пересечении ул. Кижеватова – ул. Серова в городе Минске;

- модель разрабатывается для перекрестка с локальным адаптивным управлением, имеющем четыре входа, неограниченное количество полос движения и следующее базовое чередование фаз регулирования: P1-P2-P3-P6;

- пешеходные направления в нечеткой модели не учитывались, так как необходима установка ТВП.

Перекресток ул.Кижеватова – ул.Серова имеет шесть фаз регулирования с базовым циклом регулирования в режиме КУ-ЛУ (координированный, локальный режим) 110 секунд (рис. 3).

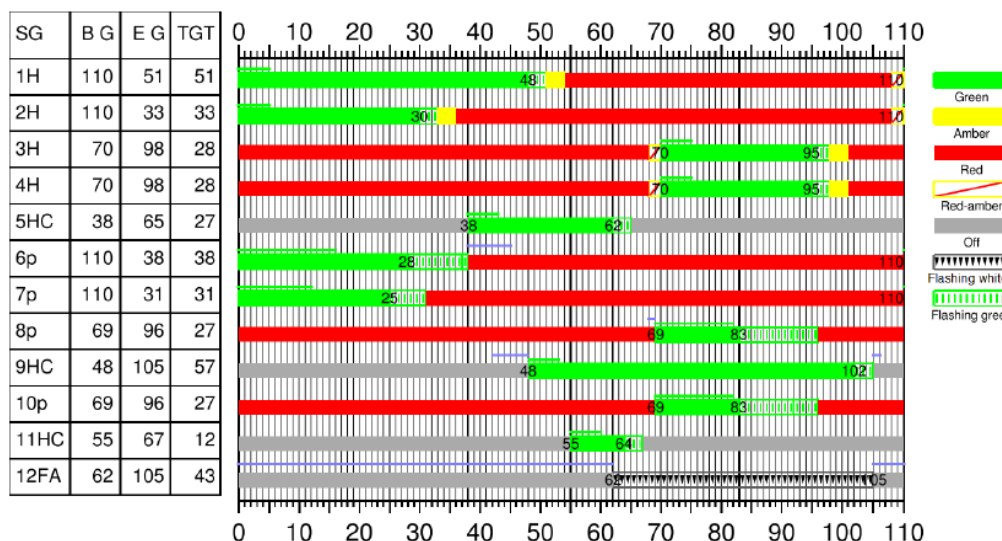


Рисунок 3 – Существующий график регулирования на пересечении ул. Кижеватова – ул. Серова

Существующий алгоритм управления реализует адаптивный режим, который действует с использованием логических условий, основанных на минимальной и максимальной длительности разрешающего сигнала, и набора переходных интервалов для заданных условий смены фаз регулирования.

Расстановка технических средств организации дорожного движения и детекторов транспорта представлена на рисунке 4.

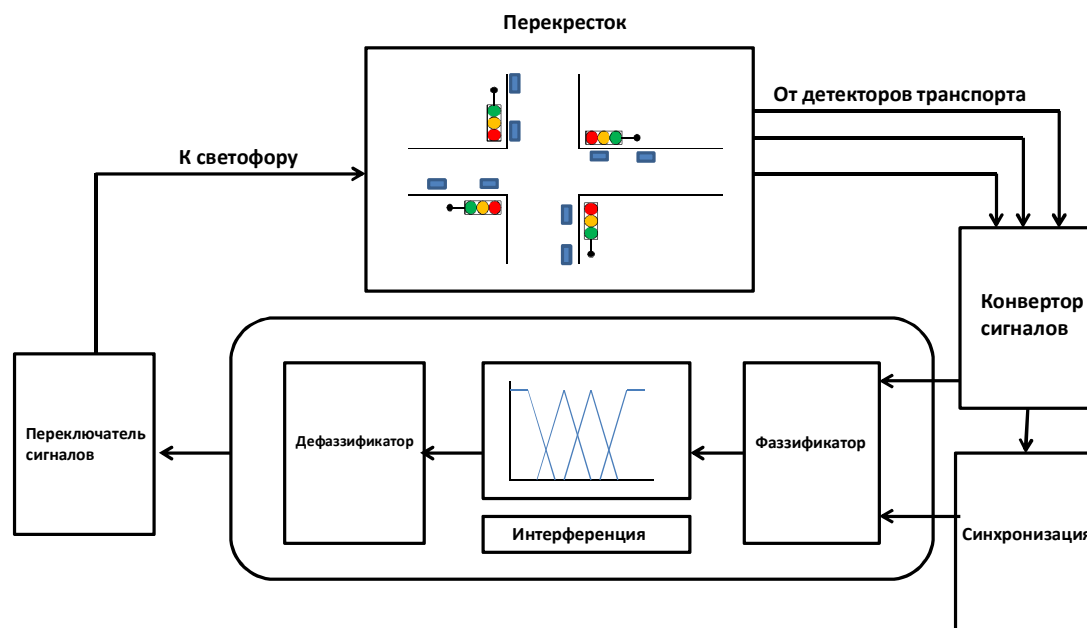


Рисунок 5 – Структура модели первого уровня

Нечеткая логика началась с концепции нечеткого множества. Предлагаемая модель имеет шесть входов и шесть выходов. Все входы и выходы лингвистически определены как: очень малое, малое, среднее, большое, очень большое. Члены функций, которые представляют величину входной и выходной переменных для фаз и направлений регулирования определены следующим образом.

Нечеткие правила определяют различные сценарии, как показано на рисунке 5, и с использованием «If»-«then».

Для моделирования используем программный пакет MATLABfuzzylogic. Модель состоит из 42 нечетких правил, как показано на рисунке 6. Функции входных и выходных переменных показаны на рисунках 7 и 8. Редактор нечетких правил показан на рисунке 9.

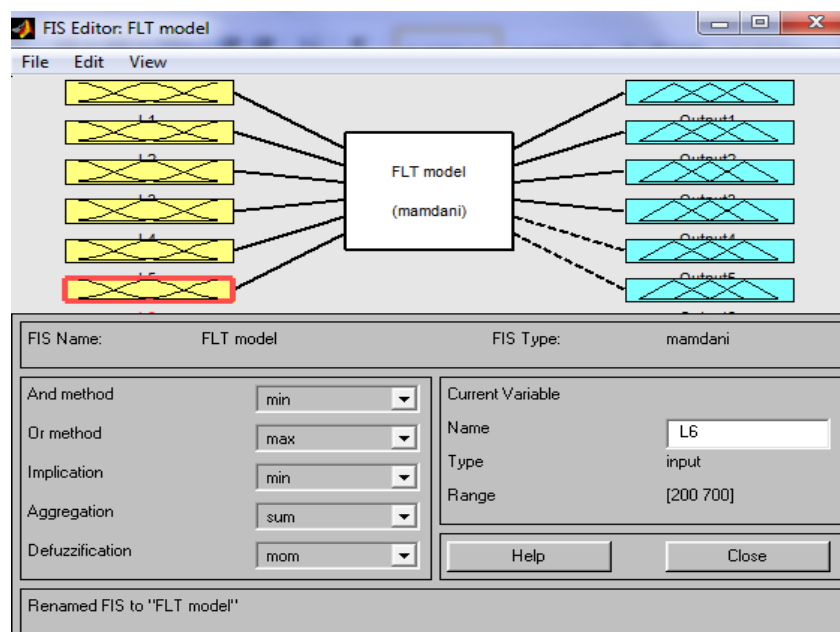


Рисунок 6 – Предлагаемая нечеткая модель первого уровня

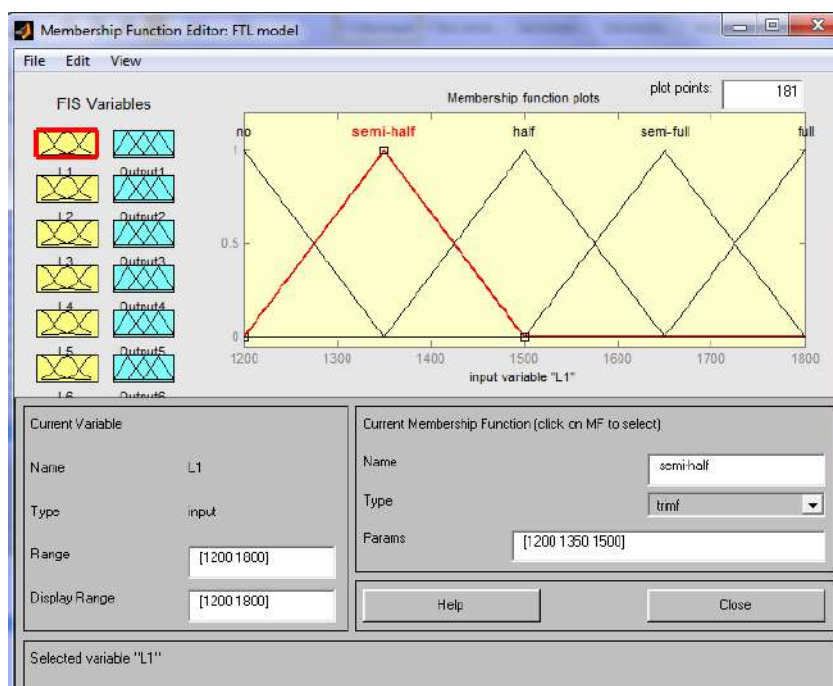


Рисунок 7 – Функции входных переменных

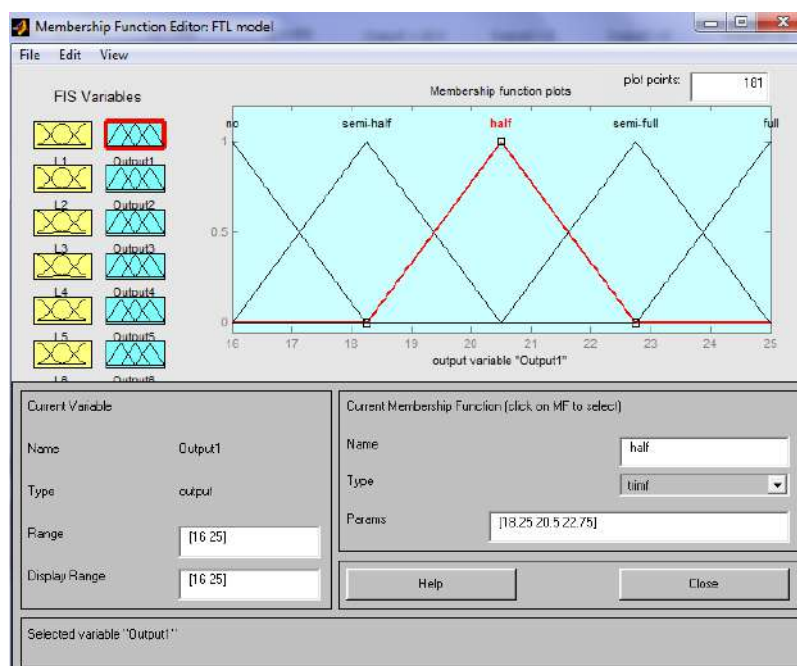


Рисунок 8 – Функции выходных переменных

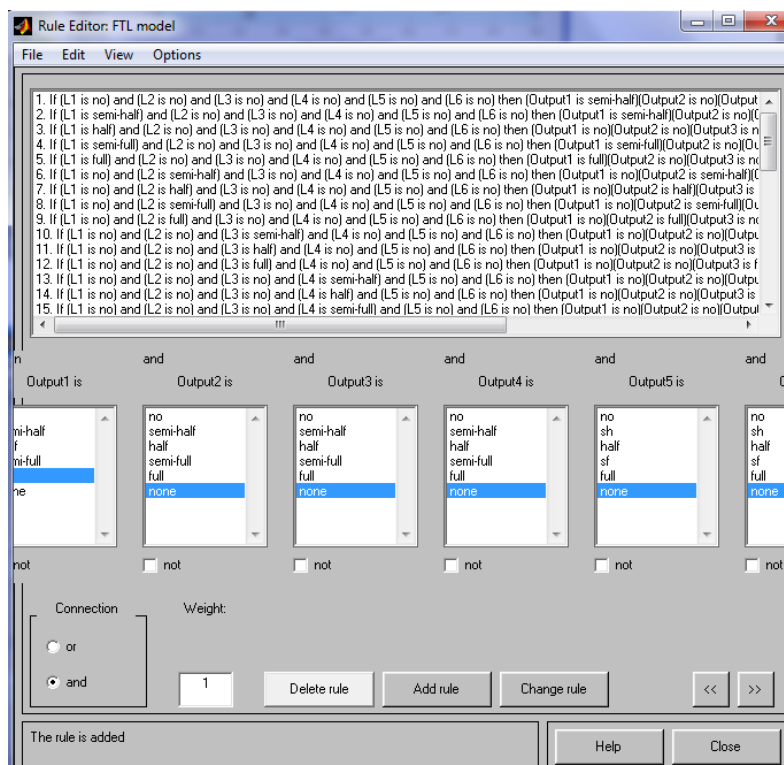


Рисунок 9 – Редактор нечетких правил

Для проведения эксперимента проведено сравнение длительности базового цикла и продолжительности фаз регулирования с предложенной моделью, полученной в результате моделирования.

Данные о параметрах транспортных потоков собраны с помощью детекторов транспорта, расположенных, как показано на рисунке 4.

На рисунке 10 показаны результаты моделирования.

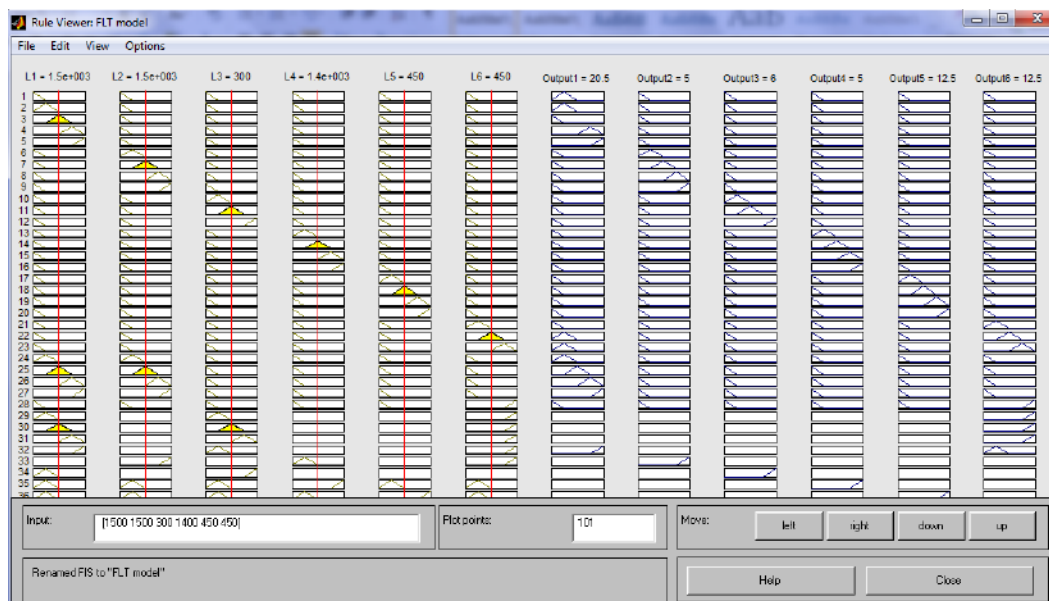


Рисунок 10 – Результаты моделирования

В результате проведенной итерации получено значение светофорного цикла 101 секунда. После проведения еще пяти итераций для различных параметров входных переменных (интенсивностей движения) получено снижение продолжительности светофорного цикла в среднем на 8 % при предлагаемой модели нечеткого светофора. Данные теоретические результаты вполне коррелируют с экспериментальными данными исследования импульсов интенсивности транспортных потоков (см. пример на рисунке 11).

В качестве примера результаты моделирования (алгоритм нахождения максимальной площади) по объекту Логойский тракт от ул. Калиновского до завода «Термопласт» (перегон 226 метров, $T_{\text{зел}} = 30$ с) приведен на рисунке 12.

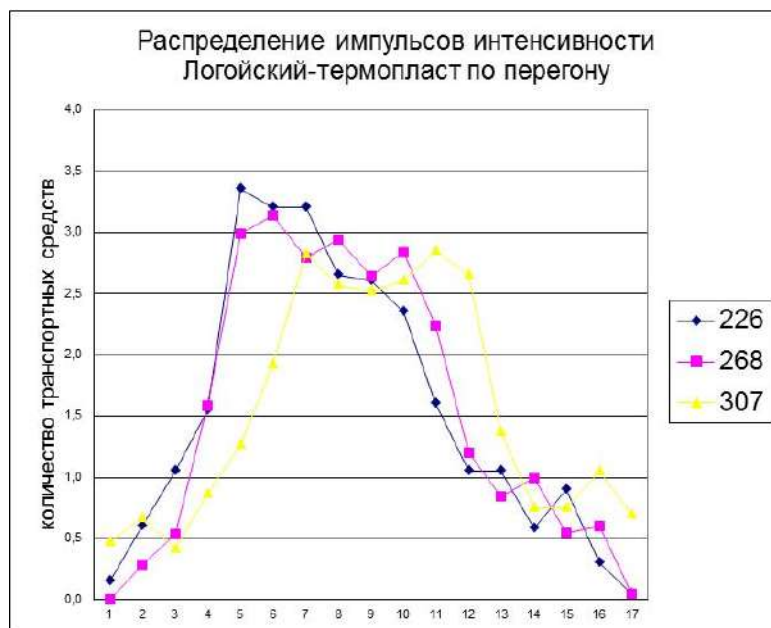


Рисунок 11 – Распределение импульсов интенсивности по объекту «Логойский тракт – завод «Термопласт» (перегон)

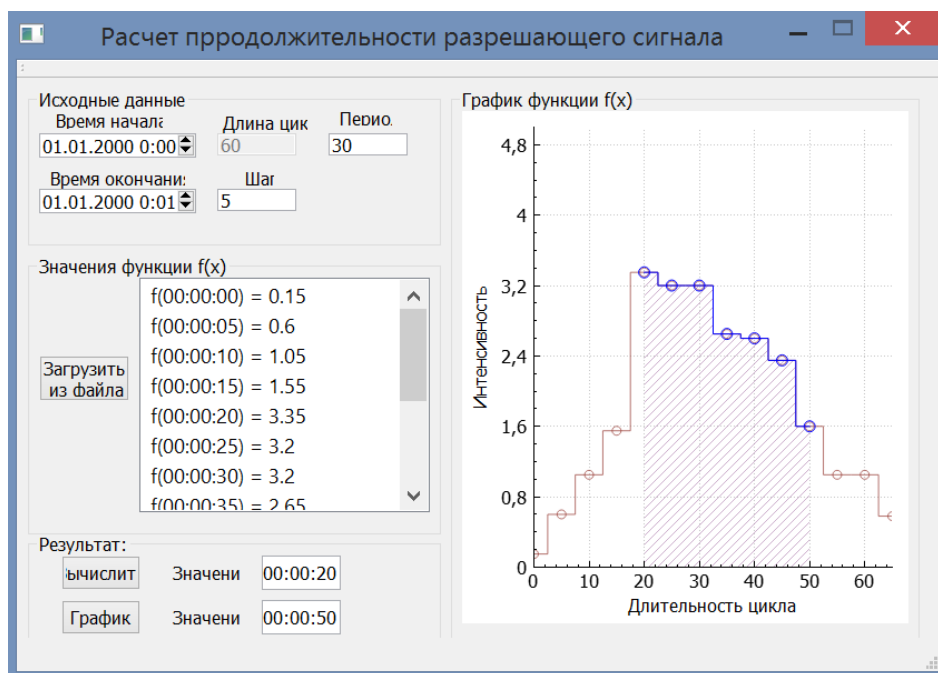


Рисунок 12 – Результаты моделирования при нахождении максимальной длительности разрешающего сигнала для минимизации задержек

Предлагаемая модель третьего уровня включает в себя модели первого и второго уровней и обеспечивает водителей информацией о времени сообщения и использует информацию о маршрутах движения пользователей для минимизации задержек.

Выделим события, влияющие на условия оптимизации:

1. Прогнозируемые события:

1.1. Статистически постоянно возникающие события (ежедневные параметры транспортных потоков при нормальных условиях и т. д.);

1.2. Не постоянно возникающие события (спортивные, культурно-массовые мероприятия и т. д.)

2. Внезапно возникающие события (инциденты):

- ДТП;

- затор;

- ремонтные работы;

- террористическая угроза на участке УДС;

- техногенное происшествие на участке УДС;

- ухудшение погодных условий;

- помеха на проезжей части (пешеход, груз и т. д.);

- стихийное массовое мероприятие.

Каждый тип событий, влияющих на условия оптимизации, требует различных методов по мониторингу, идентификации, минимизации и устранению последствий (в случае возникновения инцидента).

Трехуровневая модель, выбирающая маршрут на основе анализа коэффициентов загрузки полос (структура № 1) реализуется следующим образом:

1. Получение запроса от водителей о необходимости движения по маршруту А–В.

2. Расчет кратчайшего пути между точками А и В.

3. Запрос на расчет времени сообщения по запрашиваемому маршруту.

4. Расчет времени циклов, задержек и коэффициентов загрузки полос для всех регулируемых перекрестков по маршруту А–В (с использованием Модели 1).

5. Проверка коэффициентов загрузки полос на условие $\sum X_i/n < 1$, где $\sum X_i$ – суммарный коэффициент загрузки полос для рассматриваемого направления, n – количество полос рассматриваемого направления.

6. Координация регулируемых пересечений по маршруту А–В, расчет задержек, времени сообщения (с использованием Модели 1).

7. Доведение до пользователей информации о рекомендуемом маршруте движения из точки А в точку В и времени сообщения при движении по маршруту.

8. Отслеживание поведения водителей на предмет их возможного движения не по рекомендуемому маршруту.

Модель третьего уровня исследована с применением в качестве инструмента для моделирования САПР «Магистральное управление». В рамках эксперимента рассматривалось несколько маршрутов движения водителей на реальной УДС Минска при возникновении инцидента (ДТП). Целью эксперимента ставилось определение параметра оценки для системы управления дорожным движением с целью достижения максимальной эффективности для УДС в целом, а также совместимость данного параметра с поведением водителей при возникновении инцидента. В результате моделирования выявлено, что наиболее эффективным параметром является показатель задержек и данный показатель не удовлетворяет водителей, которые стремятся выбирать маршруты исходя из минимальной скорости сообщения. Однако с точки зрения управления ИТС в целом необходимо выбирать параметры исходя из

требований минимизации задержек на УДС. Предложено использовать структуру трехуровневой модели, которая минимизирует задержки и коэффициент загрузки полос на исследуемых маршрутах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований разработана модель управления дорожным движением для минимизации задержек на УДС, предлагаемая в качестве инновационной при создании и развитии ИТС города Минска. Модель имеет комплексную структуру. Модель первого уровня, реализована на основе нечеткой логики. Разработана программа, определены условия и смоделирована работа светофорного объекта на реальном локальном перекрестке города Минска. Инновацией в модели первого уровня является подход в определении условий при определении нечеткого множества без использования алгоритма местного гибкого регулирования. В настоящем докладе предложена и исследована модель, работающая на основе параметров интенсивности движения транспортных потоков в характерных точках. Эффективность модели первого уровня составила 8 % за счет оптимизации светофорного цикла.

Результаты моделирования с использованием предлагаемой компьютерной программы позволили повысить эффективность управления дорожным движением на исследованной магистрали Логойский тракт на 15 % за счет снижения уровня задержек при односторонней координации. Алгоритм уже реализован в составе действующей АСУДД в городе Минске и показал свою эффективность, однако данную эффективность можно увеличить, если использовать его совместно с алгоритмом поиска максимального объема движения в цикле при распределенном импульсе интенсивности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hegyi, A., De Schutter, B., Babuska, R., Hoogendoorn, S., Zuylen, H., & Schuurman, H. A fuzzy decision support system for traffic control centers. In Proceedings of the 2001 IEEE intelligent transportation systems conference (ITSC'01), Oakland, California. – 2001. – P. 358–363.
2. Varaiya, P. Max pressure control of a network of signalized intersections. Transportation Research Part C: Emerging Technologies 36. – 2013. – P. 177–195.
3. Врубель, Ю. А. Координированное управление дорожным движением : монография / Ю. А. Врубель [и др.]. – Минск : БНТУ, 2011. – 230 с.
4. Jamshidi, M., Titli, A., Zadeh, L., & Boverie, S. Applications of fuzzy logic towards high machine intelligence quotient systems. Prentice Hall. – 1997.
5. Henry, J. J., Farges, J. L., PROLYN, in: Proceeding soft he 6th IFAC/IFIP/IFORS Symposium on Control, Computers, Communications in Transportation, Paris, France. – 1989. – P. 505–507.
6. Врубель, Ю. А. Определение потерь в дорожном движении : монография / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский, Е. Н. Кот. – Минск : БНТУ, 2006. – 240 с.
7. Капский, Д. В. Совершенствование применения периферийных устройств при модернизации АСУ дорожным движением / Д. В. Капский, Д. В. Рожанский, Д. В. Навой // Безпека дорожнього руху України. – 2006. – № 1–2. – С. 112–120.
8. Капский, Д. Рекомендации по разработке режимов светофорного регулирования на пешеходных переходах / Д. Капский, Е. Кот // Transport and telecommunication. – 2006. – Vol. 7. – № 3. – P. 496–503.
9. Капский, Д. В. Проведение исследований интенсивности движения транспортных потоков: теория и эксперимент / Д. В. Капский, Д. В. Рожанский, Д. В. Мозалевский // Безпека дорожнього руху України. – 2006. – № 3–4 (23). – С. 35–40.

10. Мочалов, В. В. Влияние на безопасность движения автомобильных телематических систем / В. В. Мочалов, А. Я. Андреев, Д. В. Капский // Вместе к эффективному дорожному движению! : сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 28–31 окт. 2008 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол. : А. С. Калининко [и др.]. – Минск, 2008. – С. 136–145.

11. Akiyama, T. & Okushima, M. Advanced fuzzy traffic controller for urban expressways. International Journal of Innovative Computing, Information and Control, 2(2). – 2006. – P. 339–355.



СИСТЕМА ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА БУДУЩЕГО

Д. В. Капский, доктор технических наук, доцент, декан автотракторного факультета Белорусского национального технического университета, профессор кафедры «Транспортные системы и технологии», главный научный сотрудник Научно-исследовательского центра дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт», г. Минск, Беларусь

Е. Е. Пролиско, кандидат технических наук, доцент Брестского государственного технического университета, г. Брест, Беларусь

В. Н. Шуть, кандидат технических наук, доцент Брестского государственного технического университета, г. Брест, Беларусь

Предложен новый тип городской транспортной системы с характеристиками, которые недоступны классической транспортной системе. Кассетная, роботизированная городская транспортная система массовой конвейерной перевозки пассажиров – это создание нового цифрового автоматического типа транспорта, в контуре управления которого человек отсутствует, способного перевозить в городской улично-дорожной среде количество пассажиров, сравнимое с метро. Предложена вероятностная математическая модель такой транспортной системы, позволяющая оптимизировать ее работу.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в крупных городах отмечается рост количества личного транспорта, который значительно опережает по своим темпам развитие дорожной инфраструктуры городов, что приводит к возникновению дорожных заторов, и, как следствие, к ухудшению экологической обстановки в результате загрязнения воздуха выхлопными газами двигателей внутреннего сгорания. Наиболее эффективным решением возникшей проблемы является расширение использования электрического транспорта. Одним из наиболее перспективных направлений в этой области является расширение использования общественного транспорта на электротяге [1]. Однако развитие классического пассажирского электротранспорта большой вместимости, какими являются троллейбус и трамвай, не может в полной мере решить указанную проблему, особенно в условиях плотной городской застройки, вследствие своих конструктивных особенностей, а также существующих финансовых потребностей и технических ограничений по организации сопутствующей их использованию инфраструктуры.

Классическая транспортная система пассажирских городских перевозок сложилась примерно 120 лет назад и с этого времени практически не изменилась. Она состоит из парка автотранспортных

средств различной вместимости и скоростных характеристик, таких как автобус, трамвай и троллейбус. Другой составляющей транспортной системы является диспетчерский пункт, который обеспечивает разработку городских маршрутов, расписание движения транспортных средств и оперативное управление выводом на маршрут того или иного по вместимости транспортного средства в зависимости от времени суток и предполагаемой на текущий момент величины пассажиропотока.

Пассажиропоток характеризуется интенсивностью. Интервалы между моментами появления пассажиров на остановочных пунктах являются случайными величинами, распределение которых изменяется в зависимости от времени, а также на различных перегонах маршрута. Пассажиропоток может меняться и в зависимости от направления движения по маршруту (прямое и обратное направление). Данные об интенсивности пассажиропотока используются для выбора транспорта необходимой вместимости и определения оптимального количества транспортных средств, обеспечивающих рациональную эффективность их использования и высокий уровень обслуживания пассажиров. Систематически собираемая и анализируемая информация о величине пассажиропотока на маршруте является исходной базой для таких расчетов, которые должна постоянно проводить диспетчерская служба [2].

Диспетчер в таких сложных условиях, должен обладать соответствующей квалификацией, опытом работы и даже интуицией. Неверные решения приводят к потерям. Так, например, использование транспортных средств малой вместимости при большой интенсивности пассажиропотока увеличивает необходимое количество транспортных средств (водителей) и повышает загрузку улиц. И, наоборот, эксплуатация транспортных средств большой вместимости на маршруте с малой интенсивностью пассажиропотока приводит к слишком большим интервалам движения, к излишним затратам времени пассажирами на ожидание транспортного средства и в связи с этим к большим неудобствам для населения.

Таким образом, современное состояние пассажироперевозок имеет следующие недостатки:

- отсутствие точной, объективной информации в режиме реального времени об интенсивности пассажиропотока на маршруте, что препятствует принятию оптимальных решений и ведет к экономическим потерям;
- присутствие человеческого фактора в принятии ответственных решений.

И третьим, очень существенным, и может быть, самым главным недостатком является малая номенклатура транспортных средств различной вместимости для более точного покрытия меняющегося пассажиропотока. Данный недостаток в рамках современного технического обеспечения городских пассажирских перевозок преодолеть невозможно, так как промышленность не в состоянии изготовить, положим, двадцать типов автобусов различной вместимости. И даже, если гипотетически предположить, что нужный ассортимент изготовлен, то трудно найти диспетчера, эффективно им управляющего. Тем более что управляющие решения принимаются на основе интегральной (усредненной) прошлой информации о пассажиропотоках, а не моментальной, текущей на данный момент. И второй вопрос: где и как хранить такой разнообразный парк транспортных средств?

При этом все разнообразие городских пассажирских транспортных средств может быть и должно быть упразднено и сведено к одной транспортной единице номинальной вместимости – инфобусу. В дальнейшем автоматические беспилотные электрокары будут иметь дополнительное название «инфобус», что указывает на особую важность информационных процессов в данном виде транспорта.

В зависимости от интенсивности пассажиропотока на маршруте управляющая ЭВМ высылает на линию такое число инфобусов, чтобы суммарный объем их был равен или незначительно превышал объем пассажиропотока.

КОНСТРУКЦИЯ КАССЕТНОЙ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ГОРОДСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Состав системы. Кассетная роботизированная городская транспортная система массовой конвейерной перевозки пассажиров состоит из выделенного узкого пути (дорожное полотно, рельс либо монорельс), остановочных пунктов посадки и высадки пассажиров, снабженных турникетами, беспилотных автономных электрокаров (инфобусов) емкостью в 50 пассажиров. Каждый инфобус оборудован компьютером, связанным с сервером системы, команды с которого он отрабатывает полностью автономно под управлением собственного компьютера. Инфобусы базируются в накопителях, расположенных в конечных пунктах маршрута. В них выполняется подзарядка инфобусов и оттуда они выдвигаются на маршруты.

Работа системы. Система функционирует при полном отсутствии управления со стороны человека и является принципиально новым видом общественного транспорта на базе мобильных беспилотных автономных электрокаров (инфобусов). Введение такого названия оправдано тем, что предлагаемый тип транспорта является системой, в которой информационные процессы (сбор информации, обработка информации, принятие решений) носят основополагающий характер, выполняются постоянно и составляют основу информационной транспортной системы. Нарушение любого из этих процессов делает систему неработоспособной. Единичным транспортным средством системы является инфобус. В отличие от известных транспортных пассажирских средств (автобус, троллейбус, трамвай и т. д.), которые работают автономно, инфобус может функционировать только в составе информационной транспортной системы с разветвленными алгоритмами и программами управления. Инфобус жестко вмонтирован в интеллектуальную транспортную систему и является одним из ее элементов [3].

Технико-экономические характеристики, которые обеспечивает данная транспортная система, недоступны известным на сегодняшний момент транспортным средствам городской перевозки пассажиров, таким как автобус, троллейбус, трамвай и метро. Все беспилотные электрокары увязаны в один контур управления. Система является адаптивной к пассажиропотоку, то есть работает по требованию на обслуживание на перевозку с минимальным временем ответа на запрос (время ожидания пассажира). Сочетает в себе признаки личного (малое время ожидания транспорта и безостановочный, или с минимальным числом остановок, проезд пассажиром из пункта отправления в пункт назначения) и общественного транспорта (высокая провозная способность).

Система управления движением инфобусов – это специально разработанная программа управления со многими функциями, которые отсутствуют во всех традиционных видах городского транспорта, таких как автобус, троллейбус, трамвай и метро. Система управления универсальная и может быть использована как для наземного транспорта, так и подземного.

Кассетная роботизированная городская транспортная система массовой конвейерной перевозки пассажиров в исходном состоянии находится в «спящем» режиме и активизируется в момент появления пассажиров на станции (остановке). Пассажир, проходя через турникет, оплачивает проезд и одновременно указывает свою станцию назначения. Эти сведения поступают на сервер системы, где формируется матрица корреспонденций по данной остановке [2–6].

Поданный к остановке инфобус может иметь электронную надпись (на дисплее корпуса), на какую станцию либо две станции он поедет. Таким образом, обеспечивается проезд пассажира с минимальным числом остановок (в данном случае одной).

Данный транспорт называется кассетным, так как инфобусы собираются в виртуальные кассеты от одного и до шести электрокаров для организации автопоезда. Здесь используется известный

принцип автокараванинга, основанный Еврокомиссией в сентябре 2009 года в проекте Safe Road Trains for the Environment (SARTRE), который позволяет нескольким машинам двигаться по дороге в организованной колонне [8]. Аналогичный российский проект будет реализован к 2018 году.

В названии присутствует конвейерный способ перевозки, что указывает на непрерывный процесс движения кассет (автопоездов) с минимальным интервалом в 20 секунд между ними. Это также является минимальным достаточным временем для высадки и посадки пассажиров. Для этого инфобусы выполнены узкими (ширина один метр) с множеством дверей. Конвейерный способ движения позволяет максимально использовать дорожное улично-дорожное пространство, равномерно распределять нагрузку на рельсовое либо дорожное полотно пути и обеспечивать время ожидания транспорта пассажиром от 20 секунд до одной минуты в любое время суток. Так, в данной системе время посадки и высадки пассажиров составляет 20 секунд. Отсюда следует, что каждые 20 с от остановки отъезжает инфопоезд с возможным максимальным числом инфобусов в нем в час «пик» до шести. Ограничение на число инфобусов в инфопоезде связано с нормативной, рекомендуемой длиной остановки (30–50 метров). При длине инфобуса 6 метров на остановке помещается 6 инфобусов. При вместимости инфобуса 50 пассажиров каждые 20 секунд от станции отъезжает автопоезд до 6 инфобусов, в котором будет до 300 пассажиров. В течение одной минуты через станцию проезжает до 900 пассажиров, а в течение 1 часа до 54 000, что сравнимо с производительностью современного метрополитена.

Такая транспортная система является адаптивной к пассажиропотоку. Она своевременно и оперативно меняется и подстраивается под пассажиропоток. В связи с этим система является наиболее экономичной и наилучшим образом удовлетворяет транспортные потребности населения, так как транспортные средства не будут курсировать полупустыми или чрезмерно переполненными.

В таком транспорте могут исчезнуть такие понятия, как расписание движения и маршрут. Пассажир с минимальным временем ожидания с высокой скоростью и без остановок достигает места назначения. Такой транспорт работает 24 часа в сутки, так как не требует человеческого ресурса; обладает высокой средней скоростью передвижения (60–90 км/ч), так как работает по выделенной полосе движения (сейчас общественный транспорт в городе передвигается со средней скоростью 20–25 км/ч).

Центральным звеном всей кассетной роботизированной городской транспортной системы массовой конвейерной перевозки пассажиров является остановочный пункт, который расположен вдоль тротуара и не имеет привычного кармана для заезда транспорта.

ВЕРОЯТНОСТНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «ИНФОБУС»

Поставим перед собой задачу построения математической модели организации работы этой транспортной системы, обеспечивающей решение какой-либо задачи оптимизации. В частности, как организовать отправку поездов по маршруту, чтобы они забрали всех пассажиров на остановочных пунктах с заданной вероятностью α , например, $\alpha = 95\%$.

Главная проблема при построении такой математической модели состоит в том, что пассажиры будут подходить на остановки и после того, как вагоны отправятся на маршрут. Кроме того, к моменту отправления очередного поезда на маршруте могут находиться и другие поезда, которые «собирают» пассажиров на остановках, и часть пассажиров при этом может остаться на остановке из-за нехватки мест.

Формализуем работу системы. Рассмотрим стандартную систему организации пассажирских перевозок, когда поезда отправляются из одного накопителя по расписанию и после проезда послед-

ней остановки попадают во второй накопитель. Затем эти же (или другие поезда, если в накопителе есть их достаточный запас) движутся по обратному маршруту. Полагаем, что загруженность пассажирами по обоим направлениям одинакова, поэтому можно рассматривать только одну ветвь движения.

Пусть на маршруте имеется k остановок, и в заданные расписанием моменты времени $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_m$ из 1-го депо должны выходить поезда. Момент выхода 1-го поезда можно считать началом работы системы, т. е. $\tau_1 = 0$. Если поезда выходят через равные промежутки времени $\Delta\tau$, то $\tau_j = (j - 1) \cdot \Delta\tau$, $j = 1, 2, \dots, m$. При приближении к остановке каждый поезд, движущийся с некоторой постоянной скоростью v_0 :

- 1) плавно снижает скорость;
- 2) останавливается;
- 3) открывает двери;
- 4) выдерживает интервал высадки-посадки пассажиров;
- 5) закрывает двери;
- 6) начинает разгон;
- 7) выходит на постоянную скорость v_0 .

Из всех перечисленных моментов наиболее значимым представляется 5-й момент (закрытие дверей), так как полагаем, что все пассажиры, пришедшие на остановку до этого момента, могут попасть в поезд. Этот момент назовем моментом проезда остановки. Т. е. формально поезд движется с некоторой постоянной скоростью v_1 ($v_1 < v_0$) и в эти моменты происходит «мгновенный» обмен пассажирами и поезд «без остановки» движется дальше со скоростью v_1 . Обозначим через Δt_i , $i = 2, 3, \dots, k$ – интервалы времени между проездом $(i - 1)$ -й и i -й остановками. Через Δt_1 обозначим время перемещения поезда от 1-го накопителя до 1-й остановки. Введем также величины

$$\Delta T_i = \sum_{r=1}^i \Delta t_r, \quad i = 1, 2, \dots, k,$$

определяющие интервал времени между выходом поезда из накопителя и проездом i -й остановки.

Сравнивая величины ΔT_i и $\Delta\tau$, можно выделить три режима работы системы:

а) $\Delta\tau \geq \Delta T_{k-1}$ – в момент выхода поезда других поездов на маршруте нет за исключением поездов, которые проехали предпоследнюю $(k - 1)$ -ю остановку, но, возможно, не достигли еще последней k -й (они на работу системы никак не влияют);

б) $\Delta T_1 \leq \Delta\tau < \Delta T_{k-1}$ – в момент выхода поезда на маршруте есть другие поезда, но предыдущий поезд уже проехал по крайней мере одну остановку;

в) $\Delta\tau < \Delta T_1$ – в момент выхода поезда на маршруте есть другие поезда, и предыдущий поезд еще не доехал даже до 1-й остановки.

Наибольший интерес представляет режим «б». В этом режиме можно выделить два класса остановок. К 1-му классу отнесем остановки, которые уже проехал предыдущий поезд, для них, кроме вероятностной информации о пассажирах, которые подойдут к остановке, имеется информация, известная к моменту выезда. Ко 2-му классу отнесем станции, которые предыдущие поезда еще не проехали, по этим остановкам есть только вероятностная информация о возможных пассажирах. В режиме «а» все остановки относятся к 1-му классу, а в режиме «в» – ко 2-му.

Для любого момента работы системы t можно построить: матрицу корреспонденций по станциям; вектор корреспонденций каждого поезда; вероятностные характеристики потока пассажиров по станциям; матрицу предпочтений по станциям.

Квадратную матрицу корреспонденций «известных» пассажиров $M(t) = [m_{ij}(t)]$, $i, j = 1, 2, \dots, k$ можно построить на основе данных с терминалов на остановках, где $m_{ij}(t)$ – количество пассажиров, находящихся в момент t на i -й станции и желающих доехать до j -й. Очевидно, что все $m_{ij}(t) = 0$ для $i = 1, 2, \dots, k$, $j \leq i$. Состояние матрицы корреспонденций меняется в каждый момент, когда на остановку подходят новые пассажиры, или пассажиры садятся в поезд. Если t – это момент прохода поезда через j -ю станцию, то все пассажиры, находящиеся к этому моменту на этой станции, при наличии свободных мест садятся в поезд. Это выражается тем, что вся j -я строка матрицы $M(t)$ обнуляется. В случаях, когда свободных мест в поезде не хватает, полагаем, что любой из находящихся к данному моменту пассажиров с равной вероятностью может попасть в поезд независимо от станции назначения и момента прихода на остановку.

В момент проезда j -й станции количество «известных» пассажиров, желающих сесть в поезд, определяется как сумма j -й строки матрицы $M(t)$

$$m_{jg}(t) = \sum_{r=1}^k m_{j,r}(t) = \sum_{r=j+1}^k m_{j,r}(t), \quad j = 1, \dots, k-1. \quad (1)$$

Вектор корреспонденций n -го поезда определим, как $V^{(n)}(t) = [v_r^{(n)}(t)]$, $j = 1, \dots, k-1$, $r = 1, \dots, k$, где $v_r^{(n)}(t)$ – количество пассажиров n -го поезда на момент t , которые выйдут на r -й станции. Очевидно, что после проезда j -й станции все $v_r^{(n)}(t) = 0$ для $r \leq j$. Величина

$$W^{(n)}(t) = \sum_{r=1}^k v_r^{(n)}(t), \quad (2)$$

определяет текущее, на момент t , количество пассажиров n -го поезда.

Пусть момент t – это момент отправления очередного поезда. Необходимо рассчитать количество вагонов, чтобы решить основную задачу – с заданной вероятностью α собрать всех пассажиров, которые окажутся на станциях к моменту прохода через них этого поезда.

Всех пассажиров, которые имеются в системе разделим на 2 категории:

- «известных» пассажиров количество и станции назначения нам известны. Это пассажиры на станциях, пришедшие до момента t , информация о которых находится в матрице $M(t)$, и пассажиры в поездах, находящихся в момент t на маршруте, информация о которых находится в векторах $V^{(n)}(t)$;

- «неизвестных» пассажиров, количество и станции назначения которых на этот момент не известны. Это пассажиры, пришедшие на станции после момента t , пассажиры в поездах, которые попадут туда после момента t и пассажиры, которые останутся на станциях из-за нехватки мест в поездах.

Все показатели, относящиеся к «неизвестным» пассажирам, являются случайными и описываются с использованием аппарата теории вероятностей.

Полагаем что нам известны, например, на основе достаточно продолжительных наблюдений, величины $p_j^n(t_1, t_2)$, задающие вероятности того, что на n -ю станцию в интервале между моментами t_1 и t_2 прибудет ровно j пассажиров ($j = 0, 1, 2, \dots$).

Полагаем также известной матрицу предпочтений $Q^{(n)} = [q_{ij}^{(n)}]$, $i, j = 1, \dots, k$, где $q_{ij}^{(n)}$ – вероятность того, что «неизвестный» пассажир n -го поезда, севший на i -й станции, выйдет на j -й станции. Аналогично матрице корреспонденций можно указать, что все $q_{ij}^{(n)} = 0$ для $i = 1, \dots, k$, $j \leq i$.

Рассмотрим только «неизвестные» показатели работы системы, не касаясь «известных». С дискретными случайными величинами (ДСВ), задающими эти показатели, возможны следующие преобразования:

1) сумма двух или более ДСВ, которая возникает, когда, например, надо оценить количество пассажиров на станции как суммы пришедших на эту станцию за некоторый промежуток времени и «не взятых» предыдущим поездом, а также количество пассажиров, уже находящихся в поезде и вошедших на станции;

2) прореживание ДСВ с заданной вероятностью, когда надо определить количество пассажиров, находящихся в поезде, если каждый из этих пассажиров, независимо от других, может выйти на очередной станции с известной вероятностью.

Распределение суммы двух ДСВ рассчитывается по известной формуле свертки. Пусть $p_i^{(1)}$ и $p_i^{(2)}$ ($i = 0, 1, 2, \dots$) известные распределения двух независимых ДСВ, где p_i^j есть вероятность того, что j -я ДСВ ($j = 1, 2$) примет значение i . Тогда распределение ДСВ, являющейся суммой этих двух будет

$$p_i^{(\Sigma)} = \sum_{j=0}^i p_j^{(1)} \cdot p_{i-j}^{(2)}, \quad i = 0, 1, 2, \dots, B, \quad (3)$$

где B – максимально возможное количество, в нашем случае, например, определяется количеством свободных мест в поезде. При необходимости количество слагаемых ДСВ можно увеличивать.

Пусть взята совокупность из случайного числа элементов, заданная распределением p_i , $i = 0, 1, 2, \dots$. Например, это ДСВ, задающая количество пассажиров в поезде. И пусть с вероятностью q любой из этих элементов независимо от других может покинуть совокупность (некоторые из пассажиров выходят на очередной остановке). Тогда количество элементов новой совокупности будет иметь распределение

$$p'_i = p_i - \sum_{j=1}^i C_{i-j}^{j-1} \cdot p_j \cdot q^j \cdot (1-q)^{i-j} + \sum_{j=i+1}^B C_j^{j-i} \cdot p_j \cdot q^{j-i} \cdot (1-q)^i, \quad (4)$$

$$i = 0, 1, 2, \dots, B$$

В (4) 1-е слагаемое – это исходная вероятность того, что в совокупности ровно i элементов; 2-е слагаемое (сумма со знаком минус) – вероятность того, что часть реализаций, в которых изначально было i элементов потеряют часть элементов из-за прореживания; 3-е слагаемое (сумма со знаком плюс) – вероятность того, что в части реализаций, в которых изначально было больше, чем i элементов, произойдут потери элементов из-за прореживания, так что в них останется ровно i элементов.

Распределение количества пассажиров, «не взятых» каким-либо поездом, определяется исходя из распределения суммы «неизвестных» пассажиров в поезде после «выхода» пассажиров, доехавших до нужной станции, и «неизвестных» пассажиров на станции, с учетом свободного места в поезде, равного общему числу мест минус количество «известных» пассажиров.

Рассмотрим состояние системы в заданный момент t . Перенумеруем все поезда, находящиеся в этот момент на маршруте. Пусть номер 1 соответствует поезду, который последним покинул накопитель, а N – максимальный номер поезда на маршруте, который к моменту t еще не проехал предпоследнюю $(k-1)$ -ю станцию. Известными считаем количество вагонов в каждом поезде $Z^{(n)}$, $n = 1, \dots, N$, а, следовательно, количество мест в каждом поезде

$$S^{(n)} = H \cdot Z^{(n)}, \quad n = 1, \dots, N, \quad (5)$$

где H – максимальное количество мест в вагоне.

Рассмотрим сначала математическую модель N -го поезда. Пусть последняя станция, которую он прошел, имеет номер $R^{(N)} \in [0, k-2]$ (здесь и далее в качестве нулевой станции будем считать ис-

ходный накопитель). Для этого поезда известна точная информация о составе пассажиров на станциях с номерами от $(R^{(N)} + 1)$ до $(k - 1)$ по состоянию матрицы корреспонденций $M(t)$, и о пассажирах в поезде по состоянию вектора корреспонденций $V_R^{(N)}(t)$. Используя формулы (3) и (4) оценим распределение количества пассажиров в поезде после проезда станций с номерами от $(R^{(N)} + 1)$ до $(k - 1)$, а также распределение количества пассажиров, «оставленных» на этих станциях, т. е. тех, для которых в данном поезде не хватит места.

Аналогично мы производим перерасчеты для поездов с номерами $(N - 1)$, $(N - 2)$, ..., 1. Данные расчеты распределений ДСВ, описывающих систему, должны учитывать и «оставленных» пассажиров.

Конечным результатом этого этапа расчетов будет распределение «оставленных» пассажиров по каждой остановке. Так как мы полагаем известными распределение количества пассажиров по всем остановкам, то мы получим общие распределения, имеющиеся на каждой из остановок к моменту прибытия на них будущего поезда.

Произведем расчет количества пассажиров для нового (нулевого) поезда. Количество пассажиров, которые окажутся в поезде в момент t проезда j -й станции ($j = 1, \dots, k - 1$), будет состоять из двух слагаемых – детерминированного и случайного. Детерминированное слагаемое определяется по известной на момент t информации

$$D_j^{(0)}(t) = W^{(0)}(t) - v_j^{(0)}(t) + m_{jg}(t), \quad (6)$$

где $W^{(0)}(t)$ – общее количество пассажиров в поезде (вычисляется по формуле (2)); $v_j^{(0)}(t)$ – количество пассажиров поезда, которые выйдут на j -й станции; $m_{jg}(t)$ – количество пассажиров на j -й остановке, которые собираются сесть в поезд (вычисляется по формуле (1)).

Случайное слагаемое представляют «неизвестные» пассажиры, для которых мы можем получить распределение их количества для каждой из остановок. Для каждой j -й остановки ($j = 1, \dots, k - 1$) определим величину R_j , для которой можно утверждать, что с заданной доверительной вероятностью α в поезде после j -й остановки будет находиться не более R_j «неизвестных» пассажиров. Очевидно, что

$$R_j = \min \left(m : \sum_{i=0}^m p_m^3 \alpha \right).$$

Тогда можно утверждать, что после проезда j -й остановки в поезде с вероятностью α будет не более $v_j = D_j^{(0)} + R_j$ пассажиров, а значит величина

$$V = \max_j(v_j)$$

определяет максимально количество пассажиров по всем остановкам. Откуда можно получить необходимое количество вагонов

$$W = \lceil V / H \rceil,$$

где знак скобки $\lceil \rceil$ означают округление вверх.

Полученное число W и определяет количество вагонов для отправляемого поезда, которое с заданной доверительной вероятностью позволит забрать всех пассажиров по маршруту движения поезда.

Теоретические расчеты были подтверждены на имитационной модели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описана новейшая система общественного городского транспорта, обладающая рядом исключительных достоинств. Принципы, положенные в ее основу, позволяют оптимизировать ее работу.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проект программы развития зарядной инфраструктуры и электромобильного транспорта в Республике Беларусь
2. Варелопупо, Г. А. Организация движения и перевозок на городском пассажирском транспорте. – М. : Транспорт, 1981. – 93 с.
3. Vasili Shuts, Valery Kasyanik. Mobile Autonomous robots – a new type of city public transport // Transport and Telecommunication. – 2011. – V. 12. – № 4. – P. 52–60.
4. Пролиско, Е. Е., Шуть, В. Н. Высокопроизводительный вид городского пассажирского транспорта на базе современных информационных технологий // Сб. науч. трудов по мат-лам междунар. заочной научно-практич. конф. «Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика», Воронеж, 2016 г. – Воронеж : ВГЛУ, 2016. – Т. 4. – № 5. – Ч. 3. – С. 336–341.
5. Пролиско, Е. Е., Шуть, В. Н. Динамическая модель работы транспортной системы «Инфобус» // Материалы научно-технической конференции «Искусственный интеллект. Интеллектуальные транспортные системы»; Брест, 25–28 мая 2016 г. – Брест : БрГТУ, 2016. – С. 49–54.
6. Стоимость сооружения 1 км метро в Минске составляет от 40 до 60 млн долларов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://minsknews.by/blog/2014/08/19/stoimost-sooruzheniya-1-km-metro-v-min-ske-sostavlyayet-ot-40-do-60-mln-dollarov/>.
7. Винер, Н. Кибернетика. – М. : Советское радио ,1958.
8. Проект Safe Road Trains for the Environment (SARTRE) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://en.wikipedia.org/wiki/Safe_Road_Trains_for_the_Environment.



ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА РЕСПУБЛИКАНСКИХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ИТС И ЦЕНТРА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ

С. М. Клибашев, начальник управления РУП «Белдорцентр», г. Минск, Беларусь

А. Н. Столярчук, инженер РУП «Белдорцентр», г. Минск, Беларусь

В докладе рассмотрено влияние интеллектуальной транспортной системы (далее – ИТС) на безопасность дорожного движения на республиканских автомобильных дорогах с точки зрения сокращения дорожно-транспортных происшествий (далее – ДТП). Проведен анализ ДТП на дорогах общего пользования в Республике Беларусь, и определены категории и вид ДТП, количество которых можно уменьшить при внедрении ИТС и центра управления движением.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе своего развития человечество особое внимание уделяет созданию и усовершенствованию механических транспортных средств, предназначенных для перемещения человека или грузов из одного пункта в другой. Развитие автомобилестроения наблюдается на протяжении более 250 лет. За этот период были изобретены: фары, стартер, механическая и автоматическая коробки переменных передач, независимая подвеска, трехточечный ремень безопасности, подушки безопасности, бортовой компьютер и многое другое. К концу 2017 года в Республике Беларусь насчитывалось около 3,9 млн транспортных средств. Данный показатель ежегодно увеличивается в среднем на 2,5 %, что в результате приводит к постоянному увеличению количества участников движения, росту мощностных и скоростных показателей автомобиля, необходимости в регулировании транспортного потока и обеспечении безопасности участников дорожного движения.

На безопасность дорожного движения наибольшее влияние оказывает человеческий фактор, транспортное средство и инфраструктура. Из них только транспортное средство и инфраструктура наиболее склонны к улучшению, что подтверждается многочисленными изобретениями элементов транспортных средств, обеспечивающих пассивную и активную безопасность, а также применением коммуникационных, контролирующих и информационных технологий в транспортных системах.

Несмотря на постоянное усовершенствование систем безопасности транспортного средства и увеличение парка автомобилей, оборудованных данными системами, в Республике Беларусь в 2017 году 43 % ДТП были совершены с участием транспортных средств после 2003 года выпуска, в которых погибло 38 % человек от общего количества погибших. Данные наблюдения сигнализируют о необходимости улучшения дорожной инфраструктуры. Достижение этой цели возможно с помощью ИТС, в которых применяются информационные и коммуникационные технологии в сфере автотранспорта (включая инфраструктуру, транспортные средства, участников системы, а также дорожно-транспортное регулирование), и имеющих, наряду с этим, возможность взаимодействия с другими видами транспортных систем.

ВНЕДРЕНИЕ ИТС И ЦЕНТРА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

Следует отметить положительную тенденцию в Республике Беларусь по развитию направления развития ИТС. В настоящее время в стране есть опыт внедрения и использования разрозненных информационных систем, решающих ограниченные технологические задачи.

Существующие и разрабатываемые системы информационного сопровождения и контроля деятельности сегментов транспортно-дорожного комплекса обеспечивают в ряде случаев эффективное решение узкого перечня задач. При этом отсутствие стандартов развития аналогичных систем ограничивает возможность их интеграции с целью создания единой управляющей платформы, в которой принципы управления выходят на новый качественный уровень – прогнозного управления, то есть предвидения ситуации по всем показателям деятельности транспортно-дорожного комплекса, так, как это делается в развитых странах.

Главными целями внедрения ИТС являются обеспечение безопасности и высокой транспортной мобильности, сохранности дорожного покрытия и повышение качества дорожного сервиса.

К основным задачам и функциям ИТС относятся управление транспортными потоками и производственными процессами на действующих дорогах, прогнозирование опасных ситуаций в процессе

движения, информирование участников движения об их возникновении, локализация опасных мест на дорогах. Сюда же следует отнести разработку планов по устранению негативных последствий как в реальном времени, так и отложенных.

В Республике Беларусь сложилась определенная система взаимодействия, связанная с обслуживанием и развитием аппаратного обеспечения ИТС, созданы и разрабатываются отдельные элементы ИТС, в том числе: дорожные метеостанции, система видеонаблюдения, система взимания платы, система фотофиксации нарушений скоростного режима, система динамического взвешивания, датчики учета состава и интенсивности транспортного потока и некоторые другие. Имеются определенные программные наработки, такие как Информационный центр дорожного хозяйства, система управления транспортно-эксплуатационным состоянием автомобильных дорог «Ремонт», система управления мостами «Белмост» и некоторые другие.

В настоящее время в рамках реконструкции автомобильной дороги М-6 Минск – Гродно реализуется отдельным проектом создание центра управления движения – центрального ядра ИТС.

Для оценки состояния аварийности на республиканских автомобильных дорогах Республики Беларусь и ответа на вопрос, повлияет ли на безопасность дорожного движения внедрение и использование ИТС, рассмотрим некоторые показатели аварийности (рис. 1).

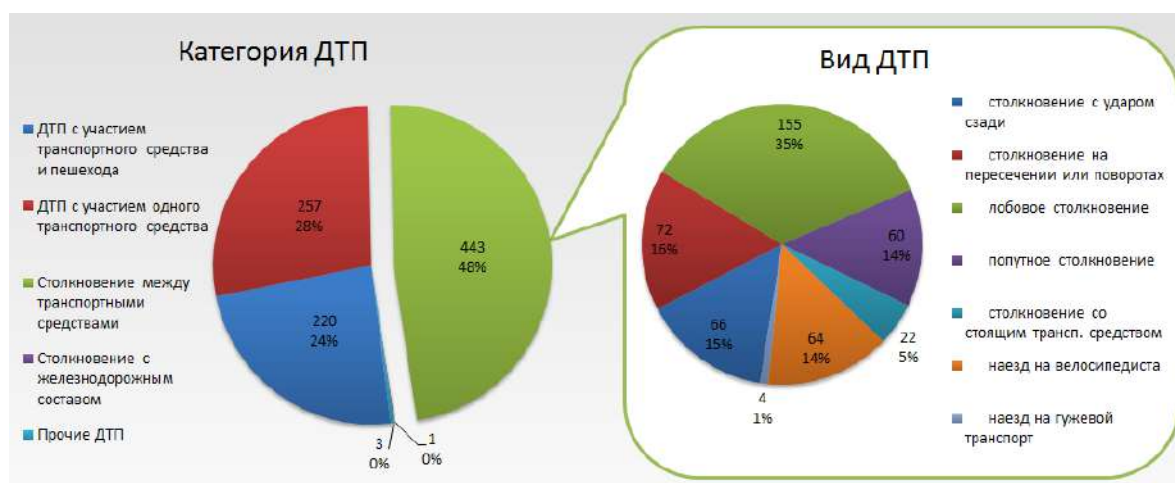


Рисунок 1 – Распределение ДТП по категориям и видам

Из рисунка 1 видно, что 48 % ДТП происходит при столкновении транспортных средств. Из них наиболее часты лобовые столкновения, столкновения на пересечениях и поворотах, а также с ударом сзади. Данные цифры показывают, что использование элементов ИТС, регулирующих транспортный поток, окажет влияние практически на половину ДТП на республиканских автомобильных дорогах Беларуси.

Рисунок 2 демонстрирует возможность повышения безопасности дорожного движения на мокром покрытии республиканских автомобильных дорог при использовании систем метеорологического обеспечения, систем информирования водителей, являющихся одними из основных элементов ИТС.

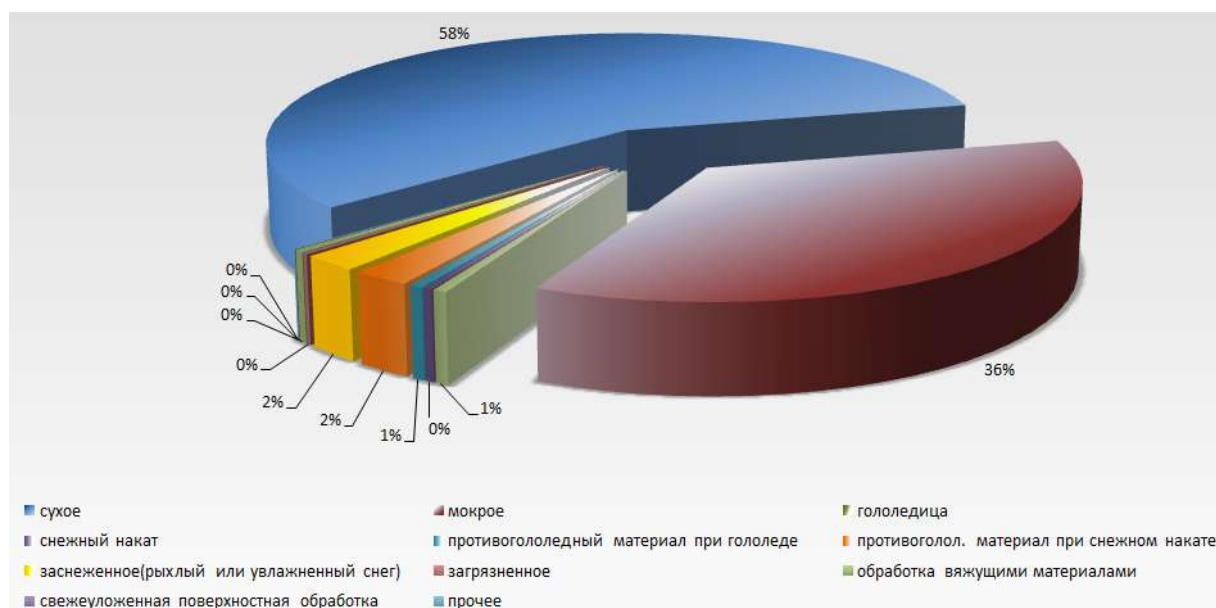


Рисунок 2 – Распределение ДТП в зависимости от состояния покрытия

На рисунке 3 видно, что на магистральных автомобильных дорогах Республики Беларусь из общего количества погибших 45 % составляют пешеходы и велосипедисты. При использовании систем видеонаблюдения, оперативного обнаружения пешеходов и велосипедистов и систем информирования водителей на характерных участках дорог данных потерь можно будет избежать.

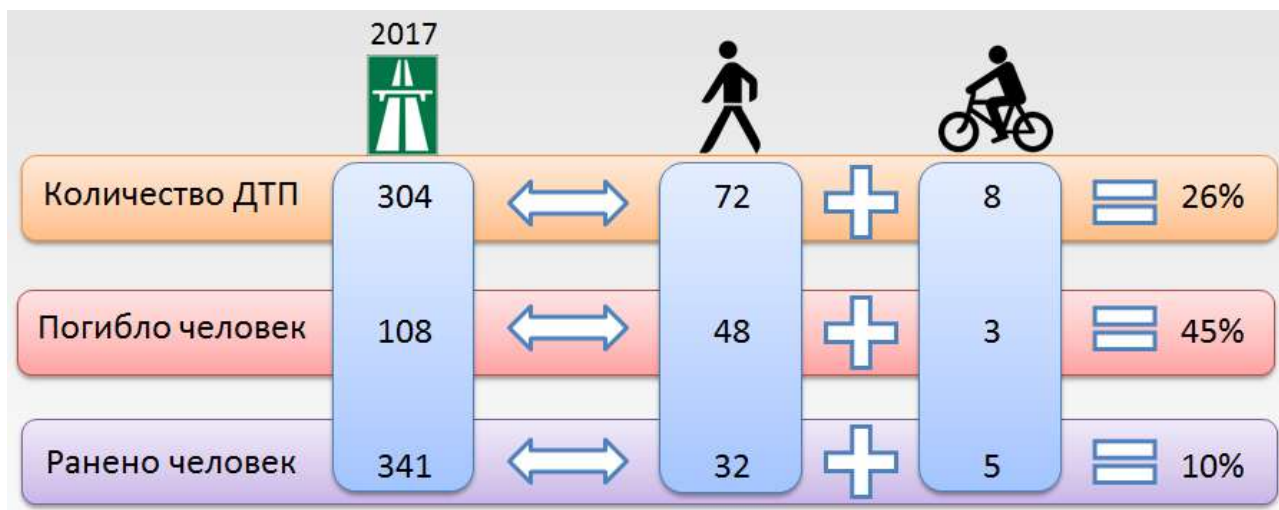


Рисунок 3 – ДТП на магистральных автомобильных дорогах

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, можно предположить, что разработка и совершенствование ИТС, действительно, смогут повлиять на состояние аварийности на дорогах республиканского значения Республики Беларусь, и в первую очередь на магистральных автодорогах. Использование нескольких компонентов ИТС (системы метеорологического обеспечения, видеонаблюдения, системы информирования водителей) окажет огромное влияние в среднем на 1/3 ДТП на республиканских автомобильных дорогах, а это более 100 человеческих жизней. Помимо повышения безопасности на дорогах с помощью ИТС, повы-

сится средняя скорость движения, сократится время задержек в пути, уменьшится износ дорожных одежд, снизятся расход топлива и масса выбросов вредных веществ. Элементы ИТС могут быть эффективным способом улучшения ситуации на дорогах и в настоящий момент должны широко разрабатываться и внедряться в Республике Беларусь.



SICE AUTOMATIC DANGER WARNING SYSTEM AT SECONDARY ROAD INTERSECTIONS

Juan Jesús Mínguez, Sociedad Ibérica de Construcciones Eléctricas (SICE), Madrid, Spain

Leonid Kopyrin Goldshtein, Sociedad Ibérica de Construcciones Eléctricas (SICE), Madrid, Spain

One of the main objectives of all Traffic Departments is to reduce black spots on its national road networks. In this sense, Spanish National Traffic Department (DGT) has implemented an innovative Automatic Danger Warning System (DWS) at the secondary road intersections that are seemed to be particularly conflictive, in order to reduce accidents, increase safety and, at the same time, to start introducing cooperative services in vehicular scenarios, which are becoming essential for connected vehicles scenario within the V2I paradigm of the future ITS.

The Automatic Danger Warning System developed by SICE is a system able to warn a driver about the presence of other vehicles in real time, before entering the dangerous intersection. The system provides an early warning, so that the driver could adapt the vehicle speed to the existing traffic situation and prevent unexpected maneuvering of other drivers.

The system is configurable in different parameters and easily adaptable to meet changing requirements whenever necessary. It is also compatible with C-ITS.

The solution is based on algorithms and technology, which permit to detect the presence of a vehicle that approaches the intersection from the secondary road. In this case, the driver on a main road receives a warning light sign and a text message: «vehicle at the intersection».

The safety can be reinforced with I2V technology based on C-ITS European Standard that allows data interchange between vehicles and road infrastructures.

The system works autonomously or it can be integrated with a Traffic Control Center (TCC). In this case, the received information and alerts are sent to the TCC in real time. Thus, a complete and centralized register is available to check the system operation at each installation point.

The empirical analysis made by SICE after the system deployment found that the Automatic Danger Warning System reduced the average vehicle speeds after being actuated. In case of «No Warning», the mean speeds of approaching vehicles were 62,54 km/h and in case of «Warning» – 56,52 km/h and this 10 % reduction was statistically significant.

INTRODUCTION

Road safety is a matter of utmost priority. According to the Spanish National Traffic Department (DGT), in 2015 862 people have died and 3300 people were seriously injured in traffic accidents on secondary roads, which are more dangerous due to numerous intersections, overtaking manoeuvres and distractions that sometimes have severe negative consequences. A recent study found that 62 % of crashes in secondary stop-

controlled intersections were caused by drivers stopping and looking, but not seeing the other vehicle and proceeding into the intersection. 26 % of right-angle crashes at stop-controlled intersections were caused by drivers failing to stop.

Taking this problem into serious consideration, DGT has planned wide range of activities in order to reduce accidents on the secondary roads. One of those activities was to provide the high-risk intersections with «not expensive tech solutions». The sites are ranked for such factors as limited visibility before the intersection; whether there is a railroad or commercial development close by; traffic volume; previous crash history; and distance on the road from the last «stop» sign.

SYSTEM OPERATIONAL PRINCIPLES

The operation of the SICE Automatic Danger Warning System (ADWS) provides real-time warning to drivers with an advance post-mounted signs and flashers on the major road and vehicle detection on the minor road with potential accident risk or limited visibility. Drivers receive a prior warning, so they have time to adapt their speed to the road conditions and are aware of the possible manoeuvres of other vehicles. Figure 1 shows the principles of the system operation:

- 1 – Detectors installed on the secondary road pavement can detect the approach of a vehicle to the intersection;
- 2 – The installed sensors' network allows detection of the vehicle at any position. In case, when certain vehicles occasionally invade detection zones, a specific algorithm will filter such events to prevent the system from activating the non-corresponding signs;
- 3 – The driver of another vehicle at the main road will be warned of the danger via advance warning signs;
- 4 – If the vehicle has an OBU capable of communicating with the infrastructures or connected mobile device, it will also receive an acoustic sign or a light indication.

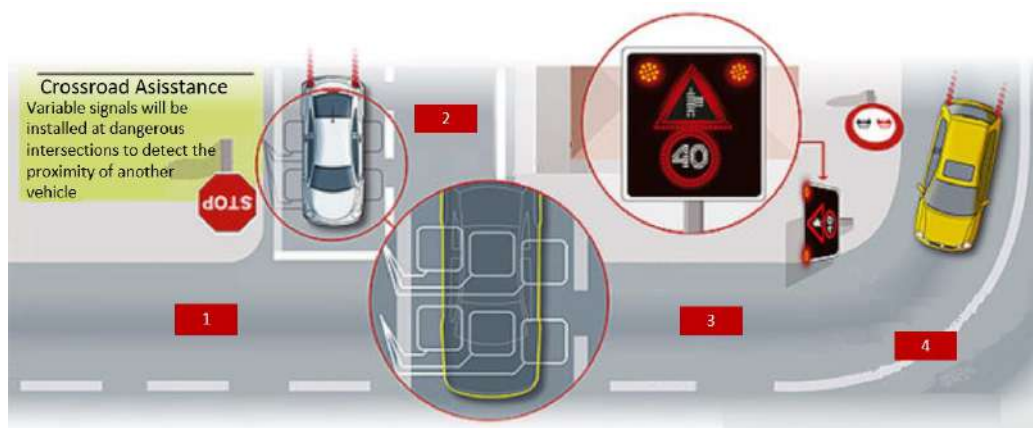


Figure 1 – System Operation

SYSTEM ARCHITECTURE AND OPERATING MODE

The system is based on a 24V SICE-ERU platform (fig. 2) with SICE-ETD 2020BC module.

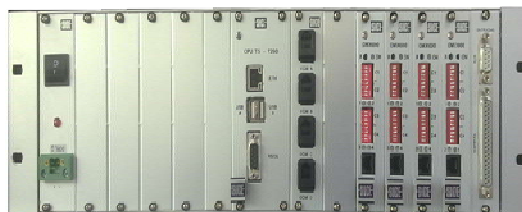


Figure 2 – ERU Platform and ETD module

The ERU is in charge of:

- receiving the data from the sensors (according to the physical characteristics of each implementation), which are configured as simple logical detectors. Different type of sensor's technology can be used: conventional inductive loops or advanced systems, such as radars, video detection systems or Lidar sensors;
- controlling warning signs, «on and off» mode, that inform drivers approaching the intersection by the main road about other vehicles at the intersection coming from the secondary road. The equipment is monitored by two digital signs using the Modbus/TCP protocol.

The system can be configured as a remoted or «stand alone» traffic control system. Figure 3 shows the architecture of the system.

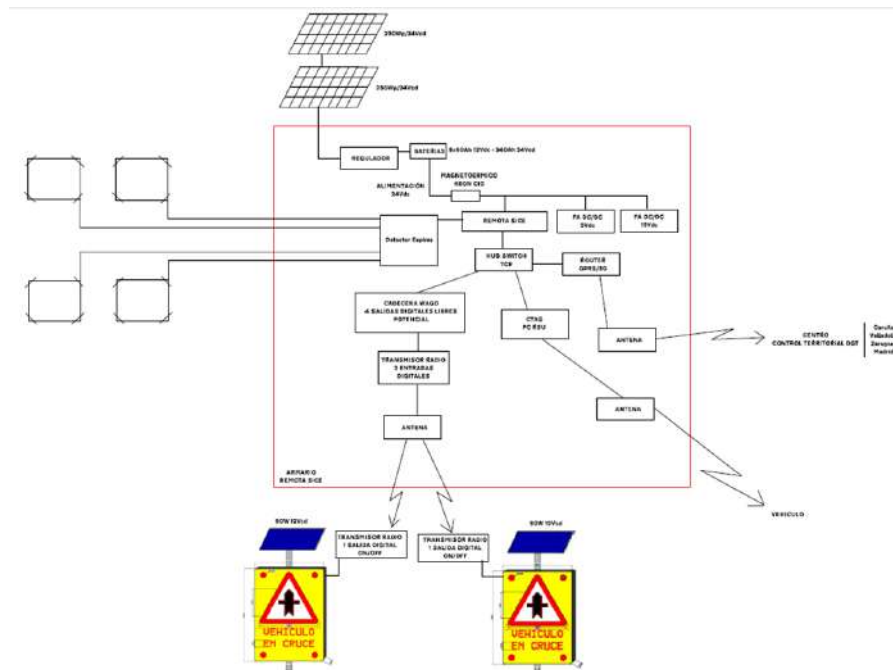


Figure 3 – System Architecture

The SICE-ETD2020BC is the module responsible for the implementation of the vehicle detection and execution of the vehicle-counting algorithm, specifically designed for usage where it is required with a high degree of precision in vehicle detection and classification.

The counting algorithm works using parameters obtained from vehicle detectors, and for each case of detection executes orders to be carried out when detecting «a vehicle footprint» or at the end of the detection.

The choice of distance for the advance warning signs in which they are installed is based on the calculation of the distance travelled during the perception, reaction and detention times.

It is calculated by the following equation:

$$D_p = \frac{V \cdot t_p}{3.6} + \frac{V^2}{(254 \cdot (f_l + i))}, \quad (1)$$

where D_0 = stopping distance (m);

V = speed (km/h);

f_l = wheel-pavement longitudinal friction coefficient;

i = slope of the grade;

t_p = perception time and reaction (s).

The exact location of the intersection access detectors depends on the location of the advance warning signs, taking into consideration the following parameters:

- the travel time of a vehicle of the main road from the warning sign to the intersection at the nominal speed, TT-route;
- 3 seconds of a safety time, the value that allows a vehicle on the main road to read the warning sign, TT-safety.

Thus, the distance for location of intersection access detectors is obtained from the following equation:

$$\text{Distance} = \frac{\text{Velocity}(\frac{Km}{h})}{36} \cdot (\text{TT - route} + \text{TT - safety}).$$

There are two operation modes:

- a) Actions to take when the detector starts detecting or during the detection process:
 - 1) List of warning signs that must be activated, cancelling any pre-existing turn-off order;
 - 2) For each sign from the list, delay time in seconds to wait before continuing with turn-on order.
- b) Actions to take when the detector is released:
 - 1) List of warning signs that must be turned off:
 - For each sign from the list, delay time in seconds to wait before continuing with turn-off order.
 - 2) List of warning signs that must be turned on:
 - For each sign of the previous list, delay time in seconds to wait before continuing with turn-on order;
 - For each sign of the previous list, delay time in seconds during which it must remain active.

Figure 4 shows the system operating mode.

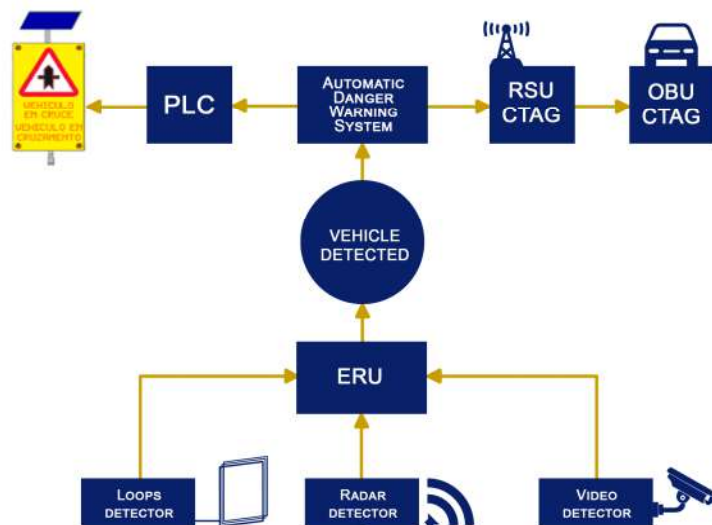


Figure 4 – System Operation Mode

INTEGRATION WITH THE CONTROL CENTER

The SICE-ERU platform can be connected to the TCC and it is capable to communicate with the TMC software (Traffic Management Center). Conventional communication devices can be used for the integration with the TCC, so traffic data and alarms can be sent to the Center in real time (fig. 5).



Figure 5 – Control Center and ITS SIDERA Platform

I2V COMMUNICATION

The system also has an RSU equipment that allows the warning transmission to the on-board units (OBU) by means of the standardized I2V protocols (C-ITS).

Through this system, and with the deployment of the cooperative information services provided by the RSU, the vehicle can be alerted of a dangerous situation.

This device integrates Broadcast communications (IEEE 802.11p) and messages (CAM/DENM) based on C-ITS European Standard.

The RSU is located in the same ERU platform. The on-board unit may be built-in or standard mobile device (fig. 6).



Figure 6 – Screenshot of HMI application

CASE STUDY OF SESMONDE INTERSECTION

The SICE Automatic Danger Warning System was deployed in 2017 at the intersection N634 and AC840, P:K:675, Sesmonde to Curtis (fig. 7).



Figure 7 – Intersection N634 and AC840, P:K:675

This location was selected because of its difficult sight distance due to a roundabout curve on the AC840 road's approach. (This intersection has poor accidental statistics: ten accidents were fixed between 2012 and 2014 with a balance of two deaths and 12 injuries. The intersection has Average Daily traffic (ADT) 6000 v/d, with 25 % of heavy trucks and buses).

SYSTEM DESIGN

SICE Automatic Danger Warning System has advance warning signs and loop detectors installed at the approach to the intersection from the secondary road (AC840), SICE-ERU low consumption platform (6–10W), SICE-ETD2020BC, solar and battery power supply, GPRS communication equipment and Road side unit (RSU) equipment (fig. 8). The advance warning signs were placed at 60 – 90 m from the intersection, and the speed limit is 60 km/h.



Figure 8 – Equipment location in Sesmonde (Coruña, Spain)

DATA COLLECTION

A before/after study analyzed the location where the SICE Automatic Danger Warning System is deployed. The study aimed to assess the system safety performance and to determine if it is effective in reducing crashes.

The «before» phase period lasted 2 months and the «after» phase had a duration of 6 months, which were dedicated to record the traffic after the SICE Automatic Danger Warning System had been installed. The primary data collected was the speed of vehicles entering the intersection from the N634 approaches.

The «before» period (average, median and standard deviation of speeds were 62,54, 62,49 and 16,2 km/h respectively). The «after» period (average, median and standard deviation speeds were 62,2, 62,1 and 16,0 km/h respectively). The before/after crash analysis has not been implemented because of the short duration of the study.

RESULTS

The average vehicle speeds decrease overall when the system was actuated. In case of «No Warning», the mean speeds of approaching vehicles were 61,7 km/h, in case of «Warning» – 56,52 km/h.

It is concluded that the Automatic Danger Warning System was found to be effective at changing driver behavior at the intersection N634 and AC840 road.

REFERENCES

1. SICE corporate webpage <http://www.sice.com/en/news/intelligent-signing-in-dangerous-crossings-aimed-at-minimizing-accident-rates>.
2. http://magazine.mafex.es/wp-content/uploads/2017/05/Mafex_Magazine_N11_EN.pdf.
3. <http://www.elindependiente.com/economia/2017/02/09/cruces-inteligentes/>.
4. <http://www.larazon.es/sociedad/mesa-redonda-en-la-razon-sobre-las-nuevas-estrategias-para-mejorar-la-seguridad-vial-AH15123614>.
5. MnDOT RICWS Safety, report, 1295 Northland Dr. Suite 200 Mendota Heights, MN 55120.



ALTERNATIVE TRAVEL PLANNING BY AUTONOMOUS VEHICLES

Vytautas Palevičius, dr., Department of Roads, Faculty of Environmental Engineering, Vilnius Gediminas technical university, Vilnius, Lithuania

Simona Zapolskytė, Department of Roads, Faculty of Environmental Engineering, Vilnius Gediminas technical university, Vilnius, Lithuania

Jonas Damidavičius, Department of Roads, Faculty of Environmental Engineering, Vilnius Gediminas technical university, Vilnius, Lithuania

Rapidly the traditional automotive industry will change dynamically as advanced autonomous technologies will gain on the market. It is likely that in the upcoming years we will see autonomous vehicles (AV) on the roads of the European Union, and in the next 15-20 years, AV will replace the traditional automotive industry. One can conclude that the trends of global car transport: artificial intelligence in AV, various digital and communication systems of AV, sharing platforms and other components necessary for AV. Considering this background, the emergence of new technologies calls for urgent action to adapt the existing transport infrastructure to the developing AV industry. In order to

adjust the technology of AV to the existing communication infrastructure, the authors provide insights into alternative travel planning for AV.

INTRODUCTION

A European strategy on Cooperative Intelligent Transport Systems emphasizes: «Communication between vehicles, infrastructure, and other road users is also crucial to increase the safety of future automated vehicles and their full integration in the overall transport system (A European strategy on Cooperative Intelligent Transport Systems, a milestone towards cooperative, connected and automated mobility, 2016). In Declaration of Amsterdam of 14 April 2016, European transport ministers called on the European Commission to develop a European strategy on cooperated, connected and automated vehicles. No less important is the fact that in 2019 the industry announced its intention launching a widespread introduction of vehicles capable of operating with cooperative intelligent transport systems (C-ITS). But to do this, urgent coordination at European level is urgently needed».

It is also important to mention that the testing of cars in the countries of the European Union is limited by the Vienna Convention. One of the fundamental principles of the Vienna Convention is Article 8, which states that «every moving vehicle or combination of vehicles shall have a driver» (Convention on Road Traffic, 1968) and «every driver shall at all times be able to control his vehicle». This principle denies the ability to manage or use AV in all countries that have ratified the convention since the very essence of AV is that it is driven not by man but by the system. In 2014, an amendment to the Convention was adopted, according to which «systems which may control car driving and can be overridden or switched off by the driver are not in breach of the principle of Article 8 of the Convention» (Report of the sixty-eighth session of the Working Party on Road Traffic Safety, 2014). Although the Convention has been amended to authorize the use of cars with automatic systems that influence driving, it does not remove the requirement that every car must have a driver. The amendment presented above also validated 0-2 level tests of AV on the roads. The driver, using the AV levels mentioned above, remains responsible for environmental monitoring and maintenance of automated systems. In 2016, the Vienna Convention was extended by a new amendment that authorized the transfer of the vehicle's driving function to the autonomous system or the AV itself.

On 23rd of March, 2017, Twenty-nine European countries, members of the European Union and members of the European Economic Area signed a Letter of Intent in Rome aimed at intensifying cooperation in AV tests on cross-border test sites (Report of the sixty-eighth session of the Working Party on Road Traffic Safety, 2014).

Considering the published strategies, conventions, declarations and other documents at the level of European Union, the aim is to provide insights on the alternative travel by AV. To achieve this, three tasks identified:

- To review ongoing or prepared international projects;
- Examine good practice abroad;
- Present three levels of AV communication systems.

ONGOING PROJECTS

The aim of the «C-Roads Platform» is to develop harmonized specifications taking the EU-C-ITS platform recommendations into account, linking all C-ITS deployments and planning intensive cross-testing.

The «C-Roads Platform» is making cross-border C-ITS services a reality today and building the foundations for connected and automated vehicles (C-Roads, 2016).

CityMobil2 project. Several EU cities selected during this project, in which people were driven by autonomous public transport at peak hours. One of the main aims of the project is to bypass the legal obstacles to the legalization of the autonomous road transport system (CityMobil2 n.d.).

Compared to human driving, the results – a lower probability of speeding; reduced number and severity of accidents; the chances of excessive acceleration and slowing down are less likely; reduced fuel consumption and emissions.

The AdaptIVe project is an EU-funded project. Project organizer seek to improve the interaction between the human and the AV and assess the safety of an AV in a difficult situation. One of the major benefits of this project is that it is another step towards the harmonization of AV laws (CityMobil2 n.d.).

REVIEW OF THE AUTONOMOUS VEHICLES

AV uses a variety of technologies to analyze the environment, such as radar, laser light, and computer vision. Advanced control systems interpret sensor information to identify appropriate navigation paths, as well as obstacles and associated signs.

Technologies of transport automation use information provided by various sensors, including radars, remote sensing technology that detects objects through reflective laser light, cameras, infrared cameras, ultrasounds, Global Positioning System (GPS), accelerometers, etc. Automated vehicles can also use wireless communication information, connection with other equipped vehicles or subjects in the environment.

The AV will have a significant impact on the society, so planning needs to assess both potential benefits and potential negative consequences.

The key AV potential positive and negative factors can be distinguished as following:

Table 1 – Potential positive and negative factors

Potential AV positive factors	Potential AV negative factors
Reducing the number of accidents and injuries	Negative health effects
More efficient traffic flows	Job losses
Increased mobility for people with disabilities, seniors and children	Unsafe privacy and security
Requires less land for parking	Effects on other modes of transport
Door to door travel	
Lower pollution and fuel consumption	

There are more than 53 cities that try or consider AV trials, including San Francisco, Austin, Nashville, Washington, Paris, Helsinki and London. Another 18 cities, such as Los Angeles, Tel Aviv, Buenos Aires and São Paulo, are conducting research or evaluating the effects of AVs (Hawkins, 2017).

There are three major AV studies in Europe: Helsinki (Finland), Sion (Switzerland) and Wageningen (The Netherlands).

The outgoing tests were made with AV «Easymile EZ-10» in the August of 2017 in Helsinki. In addition to the Helsinki tests, minivans were tested on the road between Espoo and Tampere, and another route from Helsinki's Mustikkamaa Entertainment Island to the Helsinki Zoo (Sisson, 2017).

Switzerland is more advanced than other European countries, which are conducting tests on autonomous buses. The SmartShuttle project was launched in the spring of 2016, during which local residents

and tourists from Sion can ride buses in the old town of Sion and on the route between the Valerian and Tourbillon castles.

The Netherlands National Road Traffic Agency has developed a clear procedure for testing AV and other intelligent transport systems. There are also planned cross-border tests with Germany.

In Germany the Bundestag has approved amendments to the law allowing AV to participate in traffic with other vehicles in the spring of 2017. Germany also has a smart road section on the A9 motorway, where AV are tested.

In summer of 2017, a large mass project «Drive Me» is starting in Sweden, which features 100 AV models driving around Gothenburg. The project is unique as AV will be tried out by potential clients while the project itself is developed by combined forces of «Volvo», the government of Sweden and «Lindholmen» tech park.

Shanghai has ambitious goals – become the center of 10 000 AV by the year 2020.

First AV tests on public roads in Japan have been started in 2013. Seeking to speed up systematic practical use, it had been decided to already implement large mass tests on public roads in autumn of 2018. In the middle of April 2017, National Japan's police agency has announced on planning to permit manufacturers on testing AV on public roads without human assistance (Cheng, 2017). AV machinery tests are also held in Tokyo.

In 2014, Singapore's ministry of Transportation has created a committee for the creation of strategy for land AV vehicles. From 2016, Singapore has started a self-driving taxi service.

In the United States, AV testing rules have been approved on May and September, 2014. In the state of California, it is planned on completely evaluating the regulation of AV testing and exploitation by the end of 2017.

On November 15th, 2017, an electric AV has been tested in Vilnius. This is a completely autonomous, electric, safe, reliable and comfortable mean of transport, which can fit up to 15 people.

RISKS

It has been recognized, that AV create economic and social benefits, however also there might appear unexpected consequences, developing due to technological upsets. Autonomous systems are described as ones that are able to take up independent decisions without human interference, yet they might also decide while coming across false information (Taeihagh & Si Min Lim, 2018). The government of Singapore has identified 5 technological types of risks: privacy, responsibility, cyber security, security and industrial impact (Li et al., 2018).

Safety. It is thought that at least 90 percent of car accidents are made due to human error (Taeihagh & Si Min Lim, 2018). While using AV, the amount of these mistakes may be decreased, hence the main reason of accidents would be removed, however the safety against the mistakes made by passengers and pedestrians would not be influenced: not all passengers are using seat belts, pedestrians might be less cautious. Seeking to safely test AV on the road, all possible safety regulations should be taken into account (Kalibavičius, 2018).

Responsibility. Majority of average car drivers used some kind of car control and, hence, take out primary responsibility for the fate of the vehicle. As AV are not mainly controlled by humans, a part or the whole responsibility is brought out on the shoulders of the manufacturer, as accidents are becoming more influenced by production safety and efficiency (Taeihagh & Si Min Lim, 2018). There is no clearly-defined law system, which would be clearly described, as accidents are split out on 3rd parties, responsible for the creation

of AV systems – manufacturer, supplier, IT supplier. In the European Union, the manufacturer is responsible for the damage found due to manufacturing bugs. Responsibility to the manufacturer is brought when the created product does not guarantee safety that the buyer is legally expecting for. However, law harmonization for damage created by AV is not present in the European Union (Kalibavičius, 2018).

Cyber security. Main challenge is the threat on cyber security that is able to harm users' data privacy and its safety. In accordance to the increasing threat on AV's and their manufacturers'/suppliers' safety, which is raising the probability of cyber security attacks and making an impact on trust of AV technology (Alonso Raposo et al, 2018). Traditional road transportation vehicles are not suited for electronical sites for electronical control of vehicles, while for AVs they are necessary. The most dangerous scenario is if someone would like to use intelligent vehicle features for malicious purposes, for example, to make an accident deliberately (Tettamanti et al, 2016). The AV is attractive to burglars, because such information can be sold in order to obtain financial benefits, or these systems can be used by extremists to cause physical harm (Taeihagh & Si Min Lim, 2018).

Industrial influence. Due to lower demand for drivers, the transport sector will be less affordable. The impact of competition will apply not only to the transport sector, but also to all other low-skilled occupations to which drivers will apply for (Tettamanti et al., 2016). It is estimated that the net economic impact of AV introduction is positive, but the redistribution of employment will have a negative impact on the most low-skilled workers (Alonso et al, 2018).

COMMUNICATION SYSTEMS OF AUTONOMOUS VEHICLES

Nowadays cities are testing AV in different transport systems, but till now tests are based on AV adaptation to transport infrastructure. In order to integrate AV to common traffic system, first of all it is necessary to know the technological, urbanistic and infrastructural capacities that influence the use of AV. Urban and regional infrastructure must be prepared for traffic of AV, regardless of their number.

Taking into account provided rankings of AVs by SAE International (SAE), authors has formed 3 different levels of communication systems based on AV traffic:

- I – Smart travel planning;
- II – Partial communication system of AV;
- III – Full integration.

Smart travel planning. This level includes 0–1 ranks of AVs. At this level, the trips are carried out on the basis of personal travel planning from point A to point B using mobile applications or information technologies (fig. 1).

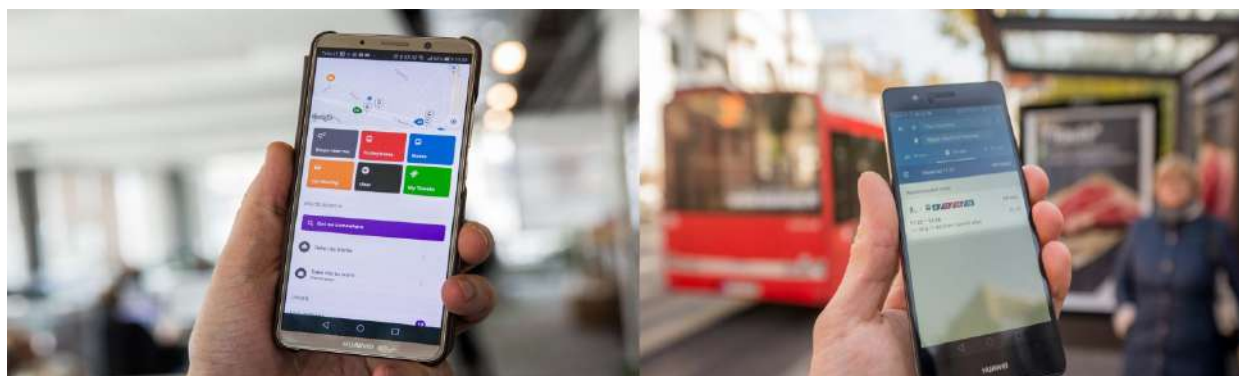


Figure 1 – Travel planning using information technologies (source: www.kaunas.lt/ www.15min.lt)

For the smart travel planning, the integrity and accessibility of data of the transport systems must be ensured. This data should cover all transport modes, operated in cities and regions. For example, open static travel data (location search (origin/destination, topographic places, identified access nodes, map layout structure of access nodes, (all scheduled modes)), trip plan computation (road network, cycle network, pedestrian network and accessibility facilities, network topology and routes, connection links where interchanges may be made, transport operators, timetables, planned interchanges between guaranteed scheduled services, hours of operation, accessibility of access nodes, Park & Ride stops, bike sharing stations, car-sharing stations), also information where and how to buy tickets for scheduled modes)) and dynamic travel and traffic data (passing times, trip plans and auxiliary information (disruptions, real-time status information (delays, cancellations, guaranteed connections monitoring (all modes)), status of access node features, estimated departure and arrival times of services, current road link travel times, cycling network closures/diversions, availability check (car-sharing availability, bike sharing availability), future predicted road link travel times must be available to every user (fig. 2).

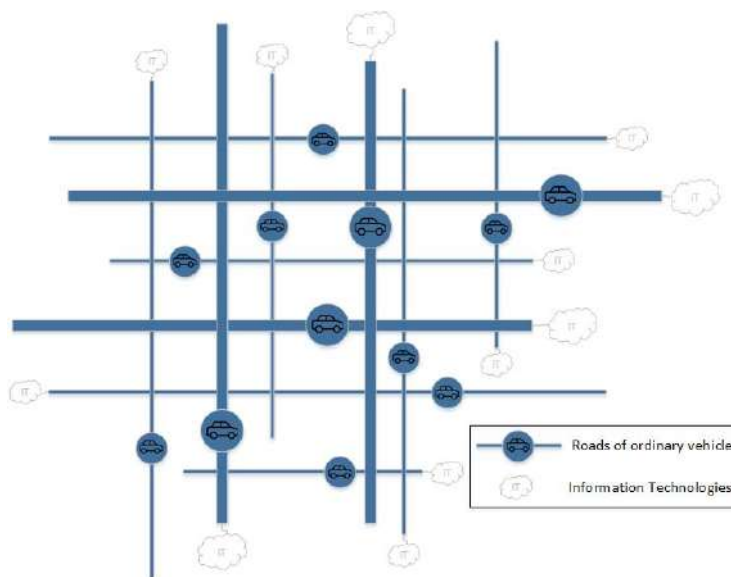


Figure 2 – I level principal scheme (created by authors)

In principle, at this level, the communication system aren't change radically, remains the same need to have its own vehicle, where to park it, and the need for infrastructure development.

Partial communication system of autonomous vehicle. This level includes 2–3 ranks of AVs. At this level, the trips are carried out on the basis of personal travel planning from point A to point B while integrating previously known routes with interacted AV, connected infrastructure and other road users (fig. 3).



Figure 3 – Autonomous vehicles in common traffic (source: www.vz.lt)

In cities or regions, AV routes are formed by the main roads of the network, which have all the necessary infrastructure for ensuring the smooth intervention between vehicle and the transport infrastructure. In this system AV efficiently function as a public transport that ensure accurate timing, safety and great comfort, but at the same time personal AVs and conventional vehicles traffic would be allowed too. It's very important to ensure that both conventional and AV traffic would be formed in separate lanes of the common routes (fig. 4).

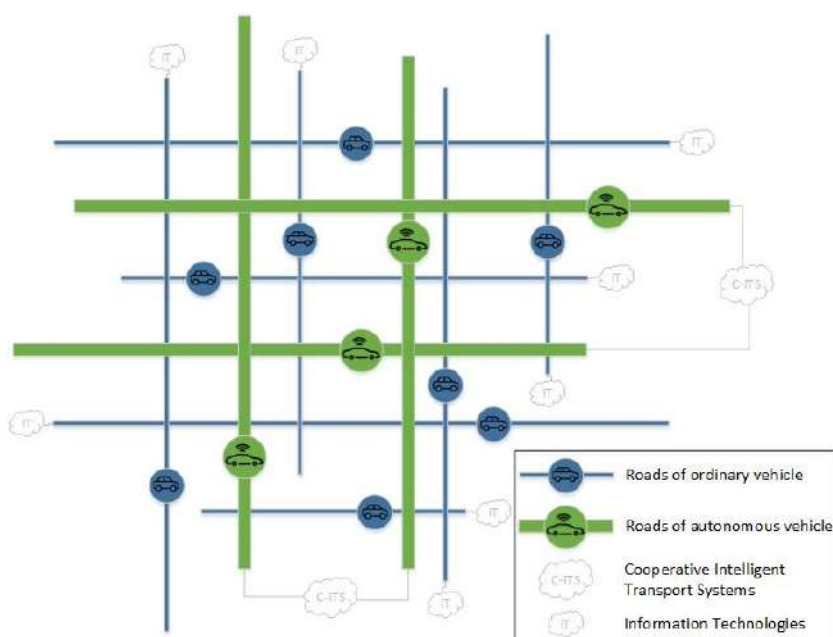


Figure 4 – II level principal scheme (created by authors)

At this level, the need to use a personal vehicle would be reduced, the use of public transport would be increased, unnecessary car parking spaces would be replaced by green spaces.

Full integration. This level includes 4–5 ranks of AVs. At this level, the integrity of the communication systems with the AV is fully ensured and travels are carried out choosing only the starting point and destination, while the AV itself chooses the most appropriate route for the trip. Also, this level ensures the integrity of all transport modes, so personal vehicles, public transport and AV-sharing schemes are available for travels (fig. 5). After choosing the origin and destination, as well as specifying intermediate stops, travel

planning tool evaluate possible travel options and select the most effective one. In order to function all different types of AVs and to avoid traffic jams, the route (with all intermediate stops, selected vehicles, etc.) should not be changed if there is no significant reason for it (fig. 6).



Figure 5 – Autonomous vehicles traffic (source: www.govtech.com / www.2025ad.com)

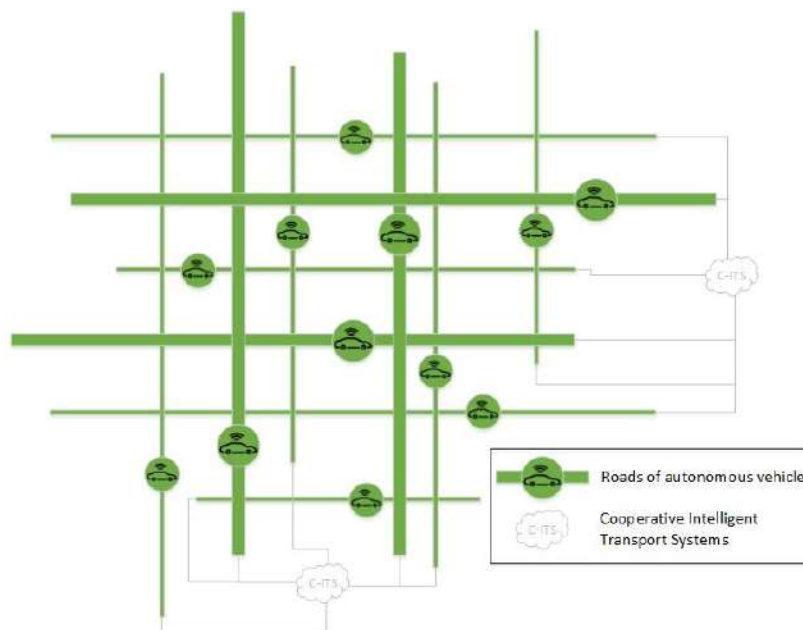


Figure 6 – III level principal scheme (created by authors)

At this level, the need to use a personal vehicle would be significantly reduced, the free spaces would be converted to green spaces, and AV-sharing services would be increased.

CONCLUSION

The breakdown of AV communication systems into levels will help to clearly plan the entire road network and the required C-ITS. In many countries, cities and regions have already developed I level, where trips can be planned by smart devices, regardless of where you are. Such global companies as Google or start-ups like Trafi (Lithuania), providing smart travel planning services, significantly increased the quality of these services and the demand of the planning is increasing rapidly. Predicted that by 2020 the AV communication systems between cities of different countries would be developed in all major regions. In order

to develop II level communication systems, it is necessary to develop C-ITS. It is important to emphasize that II level communication systems are suitable for AV manufacturers, who can test their prototypes and look for technological solutions that ensure the smooth operation of these vehicles. Nowadays, the Governments of the countries compete with each other by creating separate transport routes and areas for AVs trials, seeking to become leaders in this area with exemplary communication systems of AVs. By developing these test routes and merging them into one common system, cities and regions are approaching II level development. In order to achieve this, full integration of both conventional and AV into the general transport network must be ensured. The proper use of C-ITS ensures easy operation of different modes of transport operation. It is estimated that II level systems launch in 2030, and in 2050, the combination of these levels will ensure that all basic transportation needs would be assured by the AV, III level will be achieved. Till that time, car manufacturing trends will have to change drastically, and manufacturers will have to look for ways to make the AVs accessible to the public and start mass production.

REFERENCES

1. A European strategy on Cooperative Intelligent Transport Systems, a milestone towards cooperative, connected and automated mobility, 2016 [Electronic resource]. – Mode of access : <<https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/EN/COM-2016-766-F1-EN-MAIN.PDF>>. [14 December 2017].
2. Alonso Raposo M., Grosso, M., Després, J., Fernández Macías, E., Galassi, C., Krasenbrink, A., Krause, J., Levati, L., Mourtzouchou, A., Saveyn, B., Thiel, C. and Ciuffo, B. 2018. «An analysis of possible socio-economic effects of a Cooperative, Connected and Automated Mobility (CCAM) in Europe». JRC Science for Policy Report. DOI: 10.2760/777
3. Bradley, S. 2015. Driverless buses hit the streets of Sion [Electronic resource]. – Mode of access : Available from: <https://www.swissinfo.ch/eng/hop-on-board_driverless-buses-hit-the-streets-of-sion/41846-698>. [1 July 2018].
4. Cheng, M. 2017. Japan's Police Agency to Allow Testing of Self-driving Cars on Public Roadways [Electronic resource]. – Mode of access : <<http://www.futurecar.com/871/Japans-Police-Agency-to-Allow-Testing-of-Self-driving-Cars-on-Public-Roadways>>. [1 July 2018].
5. CityMobil2, n. d. Available from: <http://www.isis-it.com/portfolio-items/citymobil-2/>. [3 August 2018].
6. Convention on Road Traffic, 1968 [Electronic resource]. – Mode of access : <<https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/conventn/crt1968e.pdf>>. [14 December 2017].
7. C-Roads, 2016 [Electronic resource]. – Mode of access : <<https://connecteda-utomateddriving.eu/project/c-roads/>>. [3 August 2018].
8. Hawkins, A. J. 2017. This map shows how few self-driving cars are actually on the road today. Only 35 cities worldwide are currently hosting autonomous vehicle testing [Electronic resource]. – Mode of access : <<https://www.theverge.com/2017/10/23/16510696/self-driving-cars-map-testing-bloomberg-aspen>>. [14 December 2017].
9. Kalibavičius, K. 2018. «Ar neblaivus asmuo turi teisę valdyti autonominį automobilį?», Teisės apžvalga, No.1(17), 2018, p. 85-112, DOI: <http://dx.doi.org/10.7220/2029-4239.17.5>.
10. Li, Y., Taeihagh, A., de Jong, M. 2018. «The governance of risks in ridesharing: A revelatory case from Singapore», Energies, 11(5), 1277. DOI: 10.3390/en11051277.
11. Report of the sixty-eighth session of the Working party on Road Traffic Safety, 2014 [Electronic resource]. – Mode of access : <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2014/wp1/ECE-TRANS-WP1-145e.pdf> >. [7 March 2018].

12. Sisson, P. 2017. Driverless bus line coming to Helsinki this fall [Electronic resource]. – Mode of access : <<https://www.curbed.com/2017/6/15/15810912/driverless-self-driving-bus-finland-helsinki-transportation>>. [1 July 2018].
13. Taeihagh, A., Si Min Lim, H. 2018. «Governing autonomous vehicles: emerging responses for safety, liability, privacy, cybersecurity, and industry risks» // Transport Reviews, DOI: 10.1080/01441647.2018.1494640.
14. Tettamanti, T., Varga, I., Szalay, Z. 2016. «Impacts of Autonomous Cars from a Traffic Engineering Perspective» // Periodica Polytechnica Transportation Engineering. – 2016. – 44 (4) – Pp. 244–250. – DOI: 10.3311/PPtr.9464.



СТРАТЕГИЯ КОНТУРНОЙ ЦИФРОВИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

И. Н. Пугачев, доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобильные дороги» Тихоокеанского государственного университета, г. Хабаровск, Россия

Ю. И. Куликов, кандидат технических наук, доцент, директор МИП «Орбита» Тихоокеанского государственного университета, г. Хабаровск, Россия

Рассмотрены вопросы необходимости внедрения на транспорте цифровых технологий и сервисов, обеспечивающих связанность территорий РФ, цифровую «бесшовную» логистику доставки грузов и пассажиров, электронный документооборот, качественное функционирование автомобильного транспорта на основе оптимизации совместимости взаимодействующих объектов в комплексном развитии автомобильно-дорожной отрасли через цифровые технологические платформы, предусматривающие формирование и объединение в одну экосистему имеющихся в стране сервисов как по отдельным видам транспорта, так и в совокупности по типу «одного окна», что позволяет снизить издержки для бизнеса и оптимизировать госрегулирование процесса перевозок.

ВВЕДЕНИЕ

Наступившая эра непрерывной автомобилизации городов и стран мира породила усложнение сходных транспортных проблем, связанных с удовлетворенностью спроса населения на транспортные услуги в городах и агломерациях, особенно в часы пик: образование дорожных транспортных заторов резко снижает скорость сообщения пассажиров и скорость оперативной доставки грузов на уличных видах транспорта; загрязняется атмосфера городов отработанными газами автомобилей; увеличивается транспортный шум; повышается аварийность на дорогах; блокируется движение специального транспорта экстренно-аварийных городских служб; осложняются градостроительные проблемы, связанные с реконструкцией улично-дорожной сети, парковкой и хранением легковых автомобилей и другие проблемы, негативно сказывающиеся в конечном итоге на здоровье и качестве жизни людей.

Особенности автомобильного транспорта (АТ) РФ определяются относительно других видов транспорта по нескольким направлениям.

Технико-эксплуатационные особенности характеризуются техническими возможностями АТ, к которым относятся: доставка грузов и пассажиров по прямому варианту «от двери до двери»; автономность движения; мобильность; маневренность; универсальность и специализация транспортных средств (ТС).

Организационные особенности АТ заключаются в обязательном исполнении норм и правил, при которых допускается эксплуатация ТС. К ним относятся: регистрация ТС в региональных управлениях ГИБДД МВД РФ, при которой выдается свидетельство о регистрации ТС и регистрационный знак (номер), содержащий буквенный и цифровой код региона (субъекта РФ); обязательное страхование автогражданской ответственности (ОСАГО) и добровольное страхование ТС (КАСКО) в страховых компаниях; проведение технического осмотра ТС с использованием средств технического диагностирования; регламентное техническое обслуживание, предусмотренное в нормативно-технической документации, которое по периодичности и трудоемкости выполняемых работ подразделяется на следующие виды: ежедневное (ЕО), первое (ТО-1), второе (ТО-2), сезонное (СО); наличие у водителя водительского удостоверения на право управления ТС определенной категории и подкатегории в соответствии с ФЗ «О безопасности дорожного движения» в последней редакции от 3 июля 2016 г. № 296-ФЗ.

В связи с цифровизацией АТ с 1 июля 2018 г. все транспортные средства при выпуске в обращение будут иметь электронные паспорта (ЭПТС). При этом страховые полисы владельцев ТС оформляются в электронном виде. Предусматривается маркировка ТС RFID-метками (чипами) на лобовом стекле для считывания радиочастотной идентификации ТС в условиях плохой видимости (густой туман, загрязнение номеров и т. д.) и специальных наблюдений.

Для удобного, надежного, качественного и прозрачного проведения технического осмотра ТС предлагается возобновить государственный технический осмотр (ГТО) с одновременной работой в пункте ГТО представителя страховой компании и представителя ГИБДД с полицейской функцией – проведение идентификации прибывших ТС и водителей по полицейской базе данных в электронном виде, содержащем единую автоматизированную информационную систему ГТО ТС, пополняемую в пункте ГТО не позднее чем в течение суток с момента окончания проведения ГТО [1].

Статистические особенности АТ заключаются в том, что учет перевезенных грузов осуществляется по моменту прибытия, а учет перевезенных пассажиров автобусным транспортом – по моменту приобретения билета.

По объему перевозок грузов и пассажиров АТ занимает лидирующую позицию в транспортном комплексе РФ. При этом АТ, по нашему мнению, наиболее востребован и восприимчив к цифровой экономике, особенно пассажирский общественный транспорт, формирующий главным образом комфортность городской среды, выступающий показателем обновления и гармоничного пространственного развития страны. Внедрение валидации транспортных карт (возможности пользоваться при пересадках единой картой) и спутниковой навигации общественного транспорта с использованием системы «ГЛОНАСС», позволит обеспечить регулярность движения общественного транспорта и даст возможность пассажирам спланировать поездки [2].

Следует отметить, что грузовой автомобильный транспорт является не только самостоятельным видом в транспортной системе РФ, но и составным элементом городского, промышленного и взаимодействующих видов транспорта. При этом грузовые автомобильные перевозки по признаку взаимодействия сегментируют на прямые перевозки без участия других видов транспорта, в том числе унимодальные (одновидовые) перевозки перевалочных (трансферных) грузов, и смешанные (прямые или раздельные) с участием других видов транспорта, в том числе мультимодальные и интермодальные (в международных сообщениях) перевозки соответственно по внутренним и международным тран-

спортным коридорам, что требует цифровой координации и взаимодействия перевозчиков, грузоотправителей и грузополучателей [3], [4].

ВНЕДРЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И СЕРВИСОВ

В соответствии с Указом Президента РФ от 7 мая 2018 г. «О национальных целях и стратегических задачах развития РФ на период до 2024 года», к числу приоритетных направлений стратегического развития отнесены безопасные и качественные автомобильные дороги, а также цифровая экономика.

Эффективность работы автомобильного транспорта определяется наличием и совместимостью совокупности объектов транспортной инфраструктуры, являющейся материально-технической базой транспортных услуг, и цифровых технологических платформ, обеспечивающих маркетинг спроса транспортных услуг, логистику и космический мониторинг автомобильных перевозок по всем индикаторам подключенных автомобилей, стратегический менеджмент и предоставление сервисных услуг пользователям автотранспорта. При этом выделяют два вида автомобильных перевозок – пассажирские и грузовые, что определяет два самостоятельных цифровых контура по видам перевозок (сервисных услуг) [3], [5].

Основными объектами материально-технической базы транспортных услуг являются перевозочные средства, выпускаемые автопромом, автомобильные дороги с объектами придорожного сервиса, терминальные комплексы и топливно-энергетические станции. Структура автотранспортных средств определяется Стратегией развития автомобильной промышленности РФ на период до 2025 года, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 28 апреля 2018 г. № 831-р.

Для разработки **цифровой экономики в области пассажирских автомобильных перевозок** требуется их сегментация по специфике перевозок. По видам сообщений внутренние (внутригосударственные) перевозки пассажиров и багажа автобусами общего пользования классифицируют в городском, пригородном, междугородном и сельском сообщении. По назначению (особенностям перевозок) различают перевозки общего назначения, экскурсионные, туристские, школьные, служебные, вахтовые и специальные (по заказам предприятий, организаций и населения).

Перевозки общего назначения являются социально значимыми, определяющими возможности жизнедеятельности поселений, осуществляются автобусами общего пользования в различных видах сообщений по маршрутным расписаниям. Расписание составляется для каждого остановочного пункта маршрута регулярных перевозок, в котором предусмотрена обязательная остановка автобуса. При этом автобусы оборудуются аппаратурой спутникового навигационного мониторинга, обеспечивающего диспетчеризацию и регулярность перевозок, а также интерактивность движения автобусов на маршрутах для цифровых сервисов пассажиров (смартфонов и планшетов).

Альтернативой общественному пассажирскому транспорту в цифровом контуре являются системы индивидуального заказа в приложениях мобильных цифровых сервисов пассажиров Яндекс. Такси и Каршеринг, как подкатегории транспорта общего пользования.

Функциональность сервиса Яндекс. Такси заключается в предоставлении заказчику возможности удобной, быстрой, экономичной частной поездки в условиях города по сравнению с личным автотранспортом. Для оценки времени подачи автомобиля и расчета маршрутов Яндекс. Такси использует технологии Яндекс. Карт и Яндекс. Навигатора. Маршрут строится с учетом как текущих заторов, так и прогнозируемых. При этом сервис может рекомендовать точку для подачи такси поблизости от текущего местоположения заказчика с указанием пути и возможной экономии. Система распределяет заказы между водителями автоматически.

Функциональность сервисной системы Каршеринг заключается в предоставлении пользователю кратковременной аренды (проката) автомобиля с поминутной, почасовой или покилометровой оплатой в основном для внутригородских поездок с возможностью окончания поездки в удобных для водителя-пользователя точках и местах, обозначенных знаком парковки. При этом автомобиль выделяется цветографической окраской в соответствии с утвержденным брендингом. Для пользования автомобилями компании-оператора необходимо пользователю один раз заключить договор, в котором прописаны основные нюансы предоставления сервиса, права и обязанности сторон. Технически для доступа к автомобилю может использоваться обычное водительское удостоверение с RFID-меткой; онлайн-бронирование свободных автомобилей через браузер; бронирование автомобиля через приложение для смартфона. Указанный тип Каршеринга является классическим. Существуют и другие типы Каршеринга, которые находятся в стадии анонсирования в России.

Любой тип Каршеринга в стратегическом развитии является альтернативой автомобилизации городов и агломераций, преимущества которой перевешаны обременением владения и переходят в стадию заката, открывая эру беспилотного автотранспорта с повсеместным внедрением интеллектуальных транспортных систем [6–9].

Разработка **цифровой экономики в области грузовых автомобильных перевозок** базируется на регистрации в грузовом цифровом контуре загруженности и дорожного трафика грузового подвижного состава, перевозящего тяжеловесные, крупногабаритные и особо опасные грузы, а также на интерактивности движения автотранспортных средств, выполняющих терминальные перевозки грузов в магистральных внутренних и международных сообщениях по паспортизированным транспортным коридорам. Логистическая доставка мелкопартионных грузов легкими коммерческими автомобилями в условиях городов и агломераций определяется цифровым взаимодействием отправителей и получателей грузов. При этом электронный документооборот совмещается в едином грузовом цифровом контуре.

В развитии автомобильного транспорта и автомобильных дорог сложились парадоксальные диспропорции. По данным Федерального дорожного агентства «Росавтодор», дорожная сеть страны по темпам своего развития в три раза отстает от темпов развития автомобильного парка. При этом существующая автодорожная сеть России находится в сложном состоянии по несущей и пропускной способности автомобильных дорог, капитальность которых может не соответствовать реальным осевым нагрузкам движущегося автотранспорта, что и становится причиной преждевременного разрушения автомобильных дорог и, соответственно, причиной для компенсации этого ущерба через систему взимания платы.

В основе концессионного соглашения между Росавтодором и ООО «РТ-Инвест Транспортные системы» (РТТС) содержится система взимания платы (СВП) в счет возмещения вреда, причиняемого автомобильным дорогам общего пользования федерального значения транспортными средствами, имеющими разрешенный максимальный вес свыше 12 тонн, получившая название «Платон». В дополнение к «Платону» развернуты системы автоматизированных стационарных постов весогабаритного контроля (СПВК) с функцией фотовидеофиксации на контролируемых автомобильных дорогах. Полученные по СВП «Платон» средства используются на приведение в нормативное состояние и обеспечение необходимого уровня безопасности движения на дорожной сети федерального значения. Практика использования СВП «Платон» показала реальную эффективность.

В настоящее время компания-оператор системы «Платон» – (РТТС) – и АО «ГЛОНАСС» разрабатывают национальную цифровую телематическую платформу в сфере автотранспорта на основе создаваемого совместного предприятия. При этом представляется разумным распространить опыт

контролируемого трафика с федеральных дорог на региональные, чтобы реализовать софинансирование развития региональных дорог по механизму государственно-частного партнерства в рамках приоритетного направления стратегического развития РФ «Безопасные и качественные автомобильные дороги».

Однако, что принципиально важно, необходимо сменить акценты взимания платы из области «в счет возмещения вреда» в область уплаты налога за пользование дорогами, то есть взимать плату за качество автомобильных дорог, обеспечивающее инновационные транспортные технологии, надежную, безопасную, экономичную, гарантированную логистику доставки грузов и пассажиров с предоставлением сервисных услуг. При этом не исключается дополнительное взимание платы за вред автомобильным дорогам по причине превышения автотранспортом допустимых весовых параметров.

Цифровой контур по автомобильным дорогам базируется на использовании электронной платформы системы «Эталон», которая в настоящее время внедрена в Росавтодоре для цифрового взаимодействия с подведомственными организациями и заявителями в формате цифрового документооборота и предоставления технических требований и условий для размещения рекламных конструкций в придорожной зоне и присоединения к дороге объектов сервиса. К обязательным объектам придорожного сервиса на автомобильных дорогах федерального значения относятся: площадки-стоянки; площадки отдыха с эстакадой; моечные пункты; пункты питания и торговли; мотели, кемпинги; автозаправочные станции (АЗС); станции технического обслуживания автомобилей; медпункты; общественные туалеты; объекты рекламы; посты ГИБДД, МЧС, таможни; пункты весового контроля, пункты связи и другие объекты сервиса [10], [11].

Интегрирующим цифровым контуром автомобильного транспорта на территории субъекта РФ является ситуационный Центр безопасности дорожного движения, который обеспечивает цифровое взаимодействие, сбор и обработку оперативной информации в части погодных условий, состояния автомобильных дорог, нарушения Правил дорожного движения и передачу мультимедийной информации в режиме реального времени экстренно-аварийным службам и всем заинтересованным сторонам. При этом прием информации совмещается с мониторингом системы экстренного реагирования на аварии «ЭРА-ГЛОНАСС», экстренных сообщений служб «112» и «103» [12–14].

Самым коммерческим **цифровым контуром на автомобильном транспорте является топливно-энергетический контур**, объединяющий автозаправочные, газозаправочные и зарядные (для электромобилей) станции. В основу цифровизации бизнеса компания «Газпромнефть» предложила технологическую платформу под брендом «ОПТИ24», которая объединяет в себе сервисную карту для безналичной оплаты топлива и всех необходимых услуг, онлайн-систему управления бизнесом, цифровые продукты и специализированную сеть АЗС для коммерческого транспорта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для оптимизации совместимости взаимодействующих объектов в комплексном развитии автомобильно-дорожной отрасли необходима, по нашему мнению, разработка единого технического регламента (стандарта), гармонизированного с международным стандартом по максимальным нормативным (расчетным) нагрузкам автотранспортных средств как основы для проектирования и производства грузовых автотранспортных средств и их эксплуатации во внутреннем и международном сообщениях, а также для проектирования, строительства и реконструкции автомобильных дорог и искусственных сооружений в соответствии с требованиями транспортной стратегии РФ на период до 2030 года.

Оптимизация цифровых технологических платформ предусматривает формирование и объединение в одну экосистему имеющихся в стране сервисов как по отдельным видам транспорта, так и в совокупности. Транспортные компании РФ создали ассоциацию для объединения цифровых платформ по контурной цифровизации и интеграции транспортного комплекса страны в единую цифровую платформу «Цифровой транспорт и логистика» в рамках госпрограммы «Цифровая экономика».

Таким образом, формирование единой цифровой платформы на основе отечественных разработок в области программного обеспечения и платформенных решений позволит создать единое мультимодальное цифровое пространство и логистическое пространство на территории России, которое обеспечит создание безбарьерных транспортных коридоров, электронного документооборота и доступа пользователей ко всем сервисам по типу «одно окно», что позволит снизить издержки для бизнеса и оптимизировать госрегулирование процесса перевозок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куликов, Ю. И. Государственный технический осмотр – залог безотказной работы автомобильного транспорта / Ю. И. Куликов, И. Н. Пугачев // Автотранспортное предприятие. – № 8. – 2014. – С. 8–13.
2. Пугачев, И. Н. Особенности цифровой экономики в транспортной сфере / И. Н. Пугачев, Ю. И. Куликов, Г. Я. Маркелов, Л. М. Липсиц, А. Е. Борейко // Транспорт Российской Федерации. – 2018. – № 3 (76). – С. 34–36.
3. Куликов, Ю. И. Автомобильные перевозки : учеб. пособие / Ю. И. Куликов, И. Н. Пугачев, Г. Я. Маркелов. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеанского гос. ун-та, 2010. – 280 с.
4. Пугачев, И. Н. Стратегия развития транспортных коридоров России : монография / И. Н. Пугачев, Ю. И. Куликов, А. С. Балалаев // – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2014. – 243 с.
5. Пугачев, И. Н. Концептуальные подходы развития городского транспорта на современном этапе / И. Н. Пугачев, Ю. И. Куликов // Транспорт Российской Федерации. – № 4 (47). – 2013. – С. 8–11.
6. Пугачев, И. Н. Использование навигационных спутниковых систем в управлении автомобильными перевозками / И. Н. Пугачев, Ю. И. Куликов, Г. Я. Маркелов // Грузовое и пассажирское автохозяйство. – 2011. – № 4. – С. 64–69.
7. Куликов, Ю. И. Инновационная доктрина развития автомобильного транспорта / Ю. И. Куликов, И. Н. Пугачев, Г. Я. Маркелов; под ред. канд. техн. наук, доц. Ю. И. Куликова. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2013. – 365 с.
8. Пугачев, И. Н. Интеллектуальное управление транспортными системами городов / И. Н. Пугачев, Г. Я. Маркелов // Транспорт и сервис : сборник научных трудов. – Калининград : Изд-во им. И. Канта, 2014. – Вып 2 : Функционирование устойчивых городских транспортных систем. – С 58–66.
9. Пугачев, И. Н. Формирование ИТС. Методика исследования инфраструктуры на примере города Хабаровска : монография / И. Н. Пугачев, Г. Я. Маркелов, С. М. Бурков // – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2013. – 126 с.
10. Пугачев, И. Н. Анализ транспортной стратегии России в разрезе регионального аспекта развития дорожной отрасли / И. Н. Пугачев, Ю. И. Куликов // Мир дорог. – 2013. – № 69. – С. 11–12.
11. Пугачев, И. Н. Показатели качественного функционирования транспортного комплекса Российской Федерации / И. Н. Пугачев, Ю. И. Куликов, В. Н. Седюкевич // Наука и техника (Science & Technique). – 2015. – № 3. – С. 51–60.
12. Pugachev, I. Factor Analysis of Traffic Organization and Safety Systems / I. Pugachev, Y. Kulikov, G. Markelov, N. Sheshera // Transportation Research Procedia Volume 20, 12th International Conference

«Organization and Traffic Safety Management in large cities», SPbOTSIC-2016, 28-30 September 2016, St. Petersburg, Russia. – 2017. – Pp. 529–535.

13. Пугачев, И. Н. Методология разработки и реализации концепции безопасности дорожного движения и программы мероприятий на территории субъекта (на примере Хабаровского края) : монография / И. Н. Пугачев [и др.]. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2016. – 351 с.

14. Пугачев, И. Н. Стратегия развития транспортных систем городов России : монография / И. Н. Пугачев, Ю. И. Куликов, Г. Я. Маркелов, Т. Е. Кондратенко. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2017. – 148 с.



TRAFFIC MANAGEMENT IN COMPLEX ROAD NETWORKS: CHALLENGES AND TECHNOLOGICAL OPPORTUNITIES

César García Puente, Chief Operating Officer (TEKIA INGENIEROS), Ms. Industrial Engineer specialized in Electronics (Higher Technical School of Industrial Engineers, Comillas University), Master in Business Administration (University of Alcalá de Henares), Madrid, Spain

Alejandro Sánchez Cubel, International Manager (TEKIA INGENIEROS), Ms. Industrial Engineer specialized in Electronics (Higher Technical School of Industrial Engineers, Comillas University), Executive Master in Business Administration (ESIC Business and Marketing School), Madrid, Spain

Large metropolitan road networks provide many opportunities for improvement in terms of traffic safety, fluency and pollution. Traffic control centers may receive a huge amount of real-time information. Making the correct decision about the information to be captured, the means to inform and guide users and the preventive or corrected actions to be implemented requires a big engineering effort, both in the design process and also in the operation phase.

This paper summarizes the current challenges of traffic management and the opportunities that the technology is currently offering to address these problems.

INTRODUCTION

When addressing traffic management issues for a nationwide road network a number of challenges need to be faced. Normally congestion problems and incidents tend to concentrate around big cities, where demand growth is constantly defying the road capacity limits. Environmental improvement opportunities also arise in road sections with high traffic volumes, around highly populated areas. However, traffic safety problems causing victims may be spread all over the road network, not necessarily associated with high traffic road sections, but with local conditions (infrastructure, fog, frost) or user behavior (over speeding, alcohol abuse, etc.).

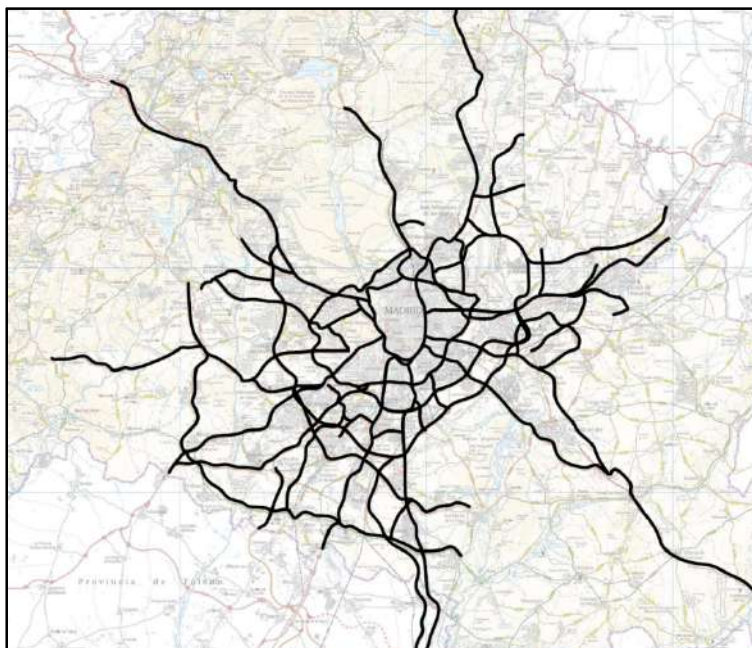


Figure 1 – Example of complex road network: high capacity road network in the metropolitan area of Madrid

Technology such as variable message signs or navigation devices offers us the possibility to influence driver behavior and route decision taking. In order to elaborate guidelines and recommendations for motorists, we will need precise traffic information (traffic intensities in each road section, vehicle speeds, road and weather conditions, etc.). Different traffic sensors, image processing techniques, weather stations and on-trip information from vehicles generated at on-board devices constitute nowadays the base of traffic data to be processed at a control center in order to make informed traffic management decisions. Basic information shown to control center operators over an adequate map display is often enough for them to implement corrective actions, when needed. However, as the road network complexity increases, decision-making processes get more challenging and the use of more sophisticated techniques paves the way for further optimization.

In most developed countries, traffic management systems have been developed from small implementations designed to address the traffic problems of a few hundred-kilometer road sections (typically as part of a road infrastructure concession). After some time, other traffic management systems arise in nearby roads and, in order to avoid undesired interferences between different traffic management centers and improve the overall efficiency of the road network, the need of traffic information exchange and coordination is made evident. Traffic management actions such as recommending an alternative route may benefit local traffic conditions but have a negative impact on other road sections. A wide view of the network is required to make the correct decisions to optimize traffic as a whole.

CHALLENGES

This section summarizes the most relevant challenges that can be addressed with adequate traffic management solutions.

Background scenario: increasing traffic problems in metropolitan areas of big cities

In some major metropolitan areas traffic demand seems to be reaching a peak and may not keep growing due to changes in mobility patterns (remote working, internet meetings, reduced young population, use of public transport and negative evolution of car ownership, etc.). However, in many big cities the peak has not yet been reached and traffic demand keeps growing with increasing problems in terms of congestion, safety, pollution and economic losses.¹

In parallel, several factors are inducing changes in mobility patterns:

- The increasing trend of smartphone ownership eases the use of shared cars.
- Navigator devices help to optimize route selection, although this is done from the individual perspective and not necessarily for the system as a whole.
- The development of e-commerce is boosting remote selling, with a significant impact on transportation and logistics services.
- The coming autonomous vehicles suggest that there will be a dramatic change in demand.

It is not easy to foresee the overall tendency that of all these changes will lead to, but it is clear that nowadays there is a great potential for improvement in the efficiency of the transportation system and this will have a significant impact on safety and pollution, affecting directly to the quality of life of citizens and their economy.

TRAFFIC SAFETY

According to the WHO (World Health Organization), over 1,2 million people die each year on roads all over the world and 20-50 million suffer non-fatal injuries [1]. Fatality rates are higher in low-income and middle-income countries, around 20 per 100 000 population, whereas in high-income countries the rate is around half of that figure. Traffic management contributes to greater road safety: traffic calming combined with speed enforcement, incident management, and other similar measures. Still in many cases deaths are related to other factors like drink-driving, lack of use of helmets, seat-belts and child restraints.



Figure 2 – Reducing the number of fatalities caused by traffic requires both preventive and corrective actions

¹ If we take the case of Belarus, in the period 2000–2014 the number of privately owned cars has almost doubled (from 142 to 298 per 1000 people). In this period, the maximum growth of car ownership was observed in Minsk (mainly due to the influx of economically active population). On the other hand, in Madrid (Spain), in the same period car ownership is probably close to the peak and it has experienced an increase of only 10 %–15 %: car ownership is already over 500 per 1000 people.

POLLUTION

About one third of pollutant emissions are associated to transport. According to OECD «Outdoor air pollution caused more than 3 million premature deaths in 2010, with elderly people and children most vulnerable. The OECD projections imply a doubling, or even tripling, of premature deaths from dirty air – or one premature death every four or five seconds – by 2060» [2]. This shows that there is an urgent need on improving transportation processes. Electric vehicles and cleaner combustion engines will be key to reduce the effects on pollution caused by traffic. In addition, many cities are implementing measures to promote public transport and to reduce the number of circulating vehicles inside the cities.

Although traffic management is a secondary measure to reduce pollution, keeping traffic fluent will also have a positive impact on emissions. Any modern traffic management system should take into consideration the effect of traffic management measures on pollutant emissions.

ECONOMIC LOSSES

Commuting time (from home to work) keeps growing. A recent document published by the University of West England (UK) on October 20th, 2017 reported that «The average one-way commute duration is 30 minutes, hence commuting consumes about one hour per day for the average commuter. However, one in seven commuters in England has a commuteduration of at least one hour, thus spending at least two hours per day commuting» [3].

According to the OECD in many countries such as Korea, China, Japan, Turkey, Mexico, India and South Africa, men may spend between 40 to 80 minutes in their trips from home to work on weekdays. This is a huge amount of time with a very relevant economic value. Apart from the savings in fuel consumption, more efficient trips would have a direct impact on the citizens' lives, providing them with additional leisure or productive time.



Figure 3 – Congestion generate enormous economic losses and negatively affects safety

OPPORTUNITIES

In the last decades, technological developments have enabled the possibility to increase information about the traffic conditions, perform cross-analysis in real time, with historical data, forecast future problems and implement traffic management measures, either in response to incidents or as preventive measures to

reduce or avoid traffic congestions. In the following paragraphs we summarize the main technological components from the point of view of the organization in charge of Intelligent Transportation Systems (ITS) deployment and traffic control center operations.

ADVANCED SENSORS

Traffic sensors

Loop detectors have been traditionally used to acquire traffic volume information as well as speed and (length-based) vehicle classification data. Although they are quite accurate and reliable-assuming appropriate maintenance, they tend to be damaged when road surface maintenance works are carried out. Consequently the market has evolved offering new types of so called «non-intrusive» sensors (typically microwave or radar based) that are installed on the roadside and allow the acquisition of similar information and are not affected by infrastructure maintenance operations.

Two decades ago, Bluetooth technology was being conceived, and by 2010s it was widely used in many smartphones and on-board devices. The possibility to interact with these devices and collect partial information about their identification numbers offered a possibility to collect data from the circulating vehicles in order to measure travel time in an origin-destination pair. Nowadays, these type of non-intrusive sensors are being widely used as the basis of travel time acquisition and user information systems.



Figure 4 – Examples of intrusive and non-intrusive (Bluetooth) sensors.
Lower image courtesy of Traffic Now

On-board units (OBUs) based on microwave communications (with data short range communications, DSRC) used for electronic-tolling applications offer similar opportunities: by interacting with the on-board units at two different locations the travel time from one to another can be measured very precisely. Nevertheless, at present the cost of the antennas to interact with these devices limits the efficiency of this solution: only in those

cases where the origin and destination points are tolling stations with electronic tolling antennas (or free-flow tolling gantries), the solution is cost-effective.

Weigh-In-Motion (WIM) systems do also constitute an ITS component. These systems allow dynamic evaluation of the load of a passing vehicle, with a reasonable accuracy. WIM systems first appeared in the USA in the 50s, but it was not until the 2000s when their improved accuracy and standardization boosted the use of this technology. Until now, these systems are being used for overload screening and preselection (enforcement), but in the coming years WIM technology is expected to be used for direct enforcement, and therefore it can contribute to the effective implementation of traffic restriction measures for heavy goods vehicles in specific peak demand scenarios.

Non-traffic sensors

Roadside equipment for traffic management purposes also includes two other types: weather and environmental stations. Weather stations typically acquire visibility, precipitation, road surface condition, wind speed and direction, air temperature and humidity, among other variables. These parameters are being constantly evaluated to identify and inform drivers about specific risks, or to implement preventive actions such as speed limit reductions.



Figure 1 – Adverse weather conditions with reduced visibility

Environmental stations monitor the air quality parameters and local meteorological conditions, in order to implement corrective measures such as traffic calming or circulation restrictions. They are normally present in urban or highly populated metropolitan areas.

IMAGE PROCESSING

Traffic cameras are extensively used for traffic management purposes. They allow the transmission of real-time traffic to a control center and are particularly useful to manage incident situations. Although, live images from traffic cameras are very demanding in terms of communication resources, the evolution of digital communication systems is counterbalancing this effect and nowadays traffic management systems tend to include several hundreds or thousands of cameras. In complex networks, the increasing number of cameras make it difficult for traffic operators to detect incidents by simple observation.

The trend shows that image processing techniques are being introduced to make an optimal use of cameras: certain incidents such as a vehicle stopping or congestion situations can be automatically identified providing an alarm to traffic operators within a few seconds, reducing considerably the detection time. This

contributes to traffic safety, giving the chance to inform other road users through the traffic information system, and activating on-field resources. Indirectly, a fast detection also contributes to avoid or mitigate congestion situations following the incident, thanks to a more efficient response and quicker resolution. Image processing techniques are also used for automatic license plate number recognition, which can be used as an alternative to measure travel times, matching the plate numbers of two nearby locations, identified within a certain time frame.

HIGH CAPACITY COMMUNICATION SYSTEMS

Every traffic management system needs a communication link from the control center to the roadside equipment. This may seem obvious, however we would like to highlight that the rapid development of information and communication technologies has significantly contributed to the proliferation of roadside equipment for traffic management purposes in a much more efficient way. Not long ago, in the decision process about the installation of a new traffic camera or traffic sensor, the cost of the device itself and the supporting mast could be much less than the provision of power supply and communication link.



Figure 6 – Variable message sign, controlled from a remote control centre, through a fiber-optic communication system

Nowadays, it is relatively common to find fiber-optic based Ethernet 1GB or 10GB systems, where a great number of digital cameras can be easily connected and their images transmitted to several locations simultaneously. If such a communication system is not available in the area, wireless 3G/4G/5G communications can offer an alternative in most cases. Modern communication solutions offer a constantly growing transmission capacity with higher reliability and lower prices.

CONNECTED VEHICLES

Vehicles are increasingly equipped with navigation systems and other communicating and computing devices. Information from these devices and smartphone mobile applications is being uploaded to monitor traffic speeds in an increasing number of roads, and used to inform other users about traffic conditions. This information is also used to estimate travel times in navigators and for trip optimization from the driver's perspective, and it is undoubtedly having an effect on network performance. Authorities in charge of traffic management can take advantage of these emerging technologies by reaching agreements with companies that handle mobility information from vehicles (Google, Yandex, Inrix, TomTom, etc.). By doing so, speed informa-

tion from virtually all road sections can be obtained, and the presence of incidents can be inferred in case of drastic change on speed. Some providers offer additional information from different sources such as weather and visibility conditions based on the activation of the windscreen wipers and the vehicle lighting.

Navigation devices also manage information about origin and destination of individual vehicles. This can potentially be used to optimize traffic management strategies, traffic information messages and for planning purposes.

TRAFFIC SIMULATION

Regarding congestion, the ambition of a traffic manager should be to prevent traffic jams rather than solve them after their occurrence. However apart from recurrent scenarios, it is extremely difficult for a traffic management operator to process and continuously evaluate the vast amount of information which is being received at the control center together with the ever-changing circumstances. In this field, traffic simulation software is gradually providing new tools to run ahead of events and enable proactive actions to avoid congestion.

Traffic simulators were originally conceived as a planning tool, in order to verify the correct design of infrastructure, identify potential bottlenecks taking demand forecasts into consideration and test traffic control algorithms. Nowadays their functionality has been upgraded and they can be fed with live traffic information in order to anticipate near-future (up to 30 min) events and test different corrective strategies to select the optimal solution.

Traffic simulators require a strong traffic engineering team behind in order to calibrate the model, ensure updated infrastructure, traffic information and user-behavior patterns, but they add a great potential for optimized traffic management strategies. Moreover, they can even take into consideration the effects on safety and emissions of different scenarios.

TRAFFIC ENGINEERING AND OPERATION STRATEGIES

Implementation of traffic management systems normally involve a significant investment cost. Consequently, we need to keep in mind that to have a good return on investment in terms of benefits, the importance of efficient «operation» of the system should not be neglected.



Figure 7 – Traffic control center

A strong team of traffic engineers is required to take advantage of the technological resources. In many cases, after the system is implemented, traffic management decisions are delegated to control center dispatchers with a vague knowledge of traffic concepts. Very often the training of control room operators is focused on the use of software tools (user interface options), but they receive insufficient guidance on how to respond to traffic problems in an effective way. Engineers should continuously evaluate traffic behavior to specify a set of pre-defined scenarios and corrective actions, so that the response to every recurrent situation is decided by an expert team. In a post-analysis they should periodically confirm that the pre-defined strategies are still valid.

In complex road networks, the actions taken in response to an event may have a negative impact on adjacent road sections, but it is very unlikely that they could affect road sections which are (let's say) 200 km away. Accordingly, in order to manage the network, it is usually divided into sub-networks which can be considered rather independent and, generally speaking, only those events that take place close to the boundaries require some kind of coordination. One single control center may be enough to manage the traffic of a rather wide area, profiting from a big set of human and technological resources concentrated in a safe location with the appropriate redundancies. However this solution may have the drawback of traffic management operators unfamiliar with local traffic conditions and environment. These circumstances often lead to a layout with several traffic management centers in different regions, which are interconnected, exchanging traffic and event information with standardized protocols, and are managed by control center operators with a good knowledge of local conditions.

Depending on the size and complexity of the road network and the recurrent traffic problems or incidents, a number of different scenarios can be identified. When this number is too high, selecting the correct scenario and manually activating traffic congestion countermeasures may become quite difficult. To handle these problems, modern systems include incident management modules that can guide control center operators in their diagnosis and selection of the most suitable actions.

CONCLUSIONS

Mobility demand is still growing in most metropolitan areas, and there is a clear need to improve safety, reduce pollution and economic losses. A successful solution to these problems will provide a better quality of life for citizenship.

Traffic management in complex road networks requires a big engineering effort, in the first place to define the goals and relevant indicators, then to determine the sensors required to acquire the necessary information for the traffic management actions to be implemented, and finally the devices required to implement an efficient traffic information system. In modern traffic management centers, a big amount of information can be acquired and processed: traffic data (speed, volume,...), travel time, images from traffic cameras, and other data such as speed in every road section from connected vehicles. Accordingly, traffic operators need information to be filtered so that only the most relevant parameters are shown in a first view. Complex road networks offer better chances to optimize traffic, since there is normally more than one alternative to travel from one point to another. This fact, combined with the wide number of parameters to be considered for an optimal solution, remarks the need of software tools that help dispatchers to identify the situations where traffic management actions are required, and guide them to implement the most suitable actions taking into consideration the road network as a whole, according to the objectives defined by traffic engineers.

REFERENCES

1. World Health Organization, 2009, Global status report on road safety. Time for action.
2. OECD (2016). The Economic Consequences of Outdoor Air Pollution, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264257474-en>.
3. Chatterjee, K., Clark, B., Martin, A. & Davis, A. (2017). The Commuting and Wellbeing Study: Understanding the Impact of Commuting on People's Lives. UWE Bristol, UK.



К ВОПРОСУ О НЕОБХОДИМОСТИ ПЕРЕСМОТРА «ТРАДИЦИЙ» В ПОДХОДЕ К ОРГАНИЗАЦИИ ОТДЕЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОВОРОТНЫХ ПОТОКОВ

Д. С. Саражинский, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Транспортные системы и технологии» Белорусского национального технического университета, г. Минск, Беларусь

Рассматривается традиционно применяемый в Беларуси для организации отдельного регулирования поворотными потоками подход с использованием дополнительной секции с зеленым огнем в виде стрелки. Предпринимается попытка обосновать необходимость пересмотра правил его применения как и целесообразность использования для аналогичных целей других подходов (по примеру зарубежного опыта).

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в Беларуси для организации отдельного регулирования поворотных потоков традиционно принято использовать дополнительную секцию с зеленым огнем в виде стрелки. Такой подход в общем не противоречит Венской конвенции (о дорожных знаках и сигналах) и до сих пор используется в ряде зарубежных стран. Однако, в отличие от последних, имеет в Беларуси свою особую, довольно неоднозначную (с точки зрения безопасности и эффективности организации регулирования) специфику. Это и побуждает организовать пересмотр практики применения соответствующего подхода (с учетом зарубежного опыта и положений Венской конвенции).

«КАНОНИЧЕСКИЕ» (ИЗНАЧАЛЬНО ПРЕДУСМОТРЕННЫЕ ВЕНСКОЙ КОНВЕНЦИЕЙ) ВАРИАНТЫ ОРГАНИЗАЦИИ СВЕТОФОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОТОКОВ

Во избежание путаницы договоримся далее следовать Венской конвенции (о дорожных знаках и сигналах) и использовать для обозначения светящейся области секции светофора термин «огонь»; термин же (световой) «сигнал» закрепим за световым представлением в виде огня или комбинацией из нескольких огней одного полноценного управляющего сигнала (например, комбинация красного и желтого огней образуют «красно-желтый сигнал»).

В соответствии с Венской конвенцией, первичным устройством для регулирования движения на перекрестках дорог выступает так называемая трехцветная система – устройство (светофор), образо-

ванное тремя фонарями (секциями), способными высвечивать, соответственно, красный, желтый и зеленый огни; сигналами, которые она призвана воспроизводить, являются хорошо знакомые базовые (таблица 1):

Таблица 1

Сигнал	Представление	Значение
«красный сигнал»	немигающий одиночно высвечиваемый красный огонь	«означает запрещение проезда» [1, ст. 23, п. 1). а). ii)]
«зеленый сигнал»	немигающий одиночно высвечиваемый зеленый огонь	«означает разрешение проезда» [1, ст. 23, п.1). а). i)]
«желтый мигающий сигнал»	мигающий одиночно высвечиваемый желтый огонь или два попеременно мигающих желтых огня	«означают, что водители могут продолжать движение, но обязаны соблюдать при этом особую осторожность» [1, ст. 23, п. 1). b). ii)]
«желтый сигнал»	немигающий одиночно высвечиваемый желтый огонь	«означает, что ни одно транспортное средство не должно пересекать линию остановки или выезжать за светофор, за исключением случаев, когда в момент включения огня оно находится так близко, что уже не может остановиться перед линией остановки или перед светофором с учетом требований безопасности движения» [1, ст. 23, п. 1). а). iii)]
«красно-желтый сигнал»	немигающий красный огонь, высвечиваемый одновременно с немигающим желтым огнем	«означает незамедлительную смену указаний сигнала, но он не изменяет запрещения проезда, предписанного красным огнем» [1, ст. 23, п. 1). а). iii)]

Будучи установленными на подъездах к перекрестку (например, с края проезжей части по направлению движения), такие трехцветные системы позволяют организовывать поочередную приостановку въезда на перекресток транспортных средств с определенных подъездов и тем самым избавляться (за счет разнесения во времени) от наиболее опасных и наиболее проблематичных для самостоятельного разрешения (по общим правилам проезда перекрестков) конфликтов.

Такая схема организации регулирования движения, несмотря на то, что является «классикой» светофорного регулирования (как по времени начала использования, так и по сути, в ней заложенной), все же имеет существенный недостаток. А именно, из-за того, что действие запрещающего движение сигнала распространяется на весь транспорт, находящийся на подъезде к перекрестку, для нее нередки ситуации, когда вместе с остановкой тех, кто имеет слишком опасный конфликт или сложную конфликтную ситуацию, вынуждены простаивать и те, кто таковых не имеет (поскольку намерен двигаться на перекрестке в другом направлении).

Наиболее часто такие ситуации с необоснованным простоем возникают именно для поворотных потоков, вынужденных простаивать вместе с прямыми. А потому возникает необходимость в механизмах, позволяющих осуществлять их отдельное регулирование.

В Венской конвенции для этого предусмотрены две возможности:

1) модификация трехцветной системы за счет ее дооснащения дополнительными фонарями, способными высвечивать зеленые огни в виде стрелок, и введение на их основе «дополнительного

зеленого сигнала», позволяющего разрешать движение по отдельным направлениям даже в случае, когда основной сигнал запрещает движение (таблица 2):

Таблица 2

Сигнал	Представление	Значение
«дополнительный зеленый сигнал»	немигающий дополнительно высвечиваемый зеленый огонь в виде стрелки/стрелок (на фоне огней запрещающего движение по данному направлению основного сигнала*)	«означает, – независимо от того, какой огонь трехцветной системы в это время включен, – что транспортные средства могут продолжать движение в направлении или в направлениях, указанных стрелкой или стрелками; [...] при условии, что они уступают дорогу транспортным средствам, двигающимся в том направлении, в котором эти водители намерены следовать, и при условии, что они не будут угрожать безопасности пешеходов [...]» [1, ст. 23, п.10]
* В контексте Венской конвенции высвечивание дополнительного зеленого огня имеет смысл только при запрещающем движении по данному направлению основном сигнале.		

При этом, как видно, за дополнительным зеленым сигналом Венской конвенцией закрепляется особое (отличающее его от обычного зеленого сигнала) свойство – способность глобально влиять на преимущество проезда конфликтных точек на перекрестке (отнимать его вне зависимости от того, что прописано в общих правилах проезда перекрестка), что позволяет избежать излишнего усложнения в правилах разрешения конфликтных ситуаций при реализации подобного рода механизма отдельного регулирования;

2) возможность устанавливать на одном подъезде к перекрестку сразу несколько трехцветных систем, каждая из которых бы высвечивала сигналы для транспортных средств, движущихся только по определенным направлениям (в это случае огни трехцветной системы выполняются в виде стрелки или стрелок, указывающих направления, к которым относятся сигналы этой системы).

В общем случае эти два подхода не взаимозаменяемы по следующим причинам:

- подход с использованием дополнительного сигнала, как уже было сказано выше, обладает уникальной возможностью отнимать преимущество проезда, что позволяет организовывать нетривиальные схемы регулирования, например, схему с одновременным движением прямого и идущего на слияние с ним правоповоротного потока (рис. 1):

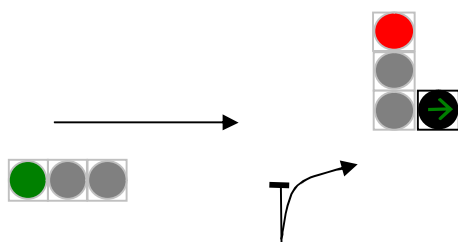


Рисунок 1

С другой стороны, этот подход обладает существенным недостатком – при его применении остановить поток, движущийся по направлению дополнительной стрелки, можно только совместно и одновременно с остановкой основного потока (рис. 2):

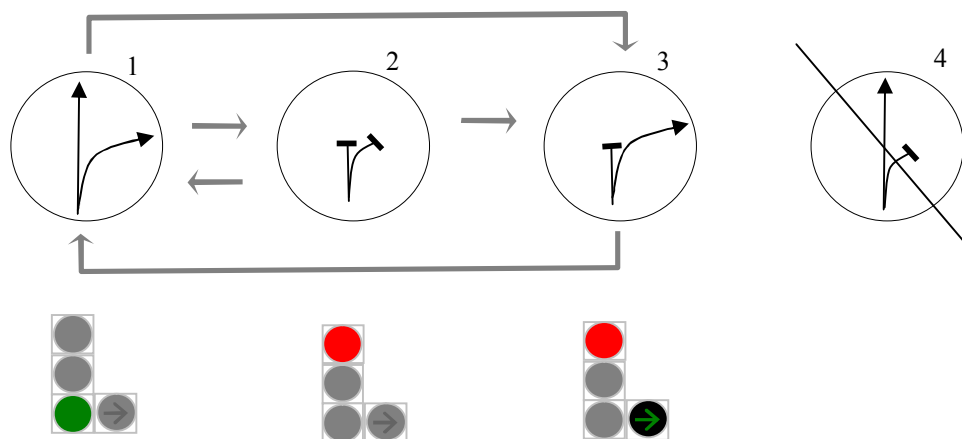


Рисунок 2 – Реализуемые стадии и допустимые переходы между ними

Это связано со спецификой сигналов и с тем, что Венская конвенция предписывает остановку потоков только через промежуточную стадию «желтого сигнала» [1, ст. 23, п. 2, 3], а для потока, движущегося по направлению дополнительной стрелки, это требование выполняется только при переходе 1→2.

Таким образом, этот подход обладает существенным ограничением на независимое управление потоками. В свою очередь, именно этих недостатков лишен второй подход – с отдельными трехцветными системами.

Это и показывает, что данные подходы в общем случае представляются взаимодополняющими, расширяющими возможности технолога по организации гибкого регулирования движением.

ВАРИАНТЫ-«МУТАНТЫ» В ОРГАНИЗАЦИИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОВОРОТНЫХ ПОТОКОВ

На практике, по-видимому, из-за того, что технические трудности установки и стоимость нескольких отдельных трехцветных систем оказывается выше, чем дооснащение одной трехцветной системы дополнительными фонарями, некоторые страны, в том числе США и бывший СССР, предпринимали попытки «сэкономить» за счет образования неких гибридов описанных выше двух подходов.

Так, в США пытались (хотя и с прямым нарушением Венской конвенции) оснащать трехцветную систему, помимо зеленого дополнительного огня, еще и дополнительным желтым огнем – в так называемом «doghouse» («собачья будка») светофоре (рис. 3):

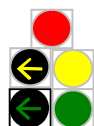


Рисунок 3 – «Doghouse»-светофор

Это позволяло реализовывать еще один вариант остановки движущихся на дополнительный зеленый сигнал светофора потоков (реализовывать переход 3→2) (рис. 4):

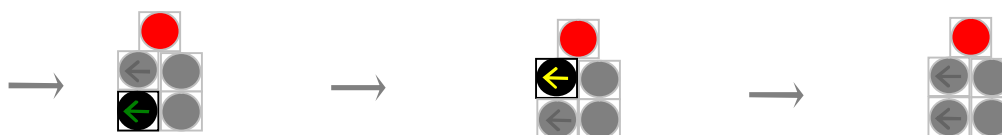


Рисунок 4 – Реализация остановки движущихся по дополнительному зеленому сигналу налево в американском «doghouse»-варианте

В СССР же предприняли попытку превратить дополнительную секцию в своеобразный аналог двухцветного (с красным и зеленым огнями) светофора.

Для этого поступили следующим образом: пользуясь предоставляемой Венской конвенцией возможностью исполнения огней в виде стрелок, на основной зеленый огонь нанесли черные стрелки, направление которых было отлично от направления дополнительной стрелки. Это вело к тому, что зажжение основного зеленого огня теперь переставало давать разрешение на проезд в направлении, относящемся к дополнительной стрелке (поскольку по конвенции сигналы в виде стрелок или с нанесенными черными стрелками относятся только к направлениям, указанным данными стрелками); а исходя из практикуемого принципа «все, что не разрешено, то запрещено», это означало, что теперь только зажжение дополнительной стрелки могло дать разрешение на проезд.

Тем самым добились того, что всякое выключение дополнительного огня стало вынуждать останавливаться движущихся по соответствующему направлению (рис. 5).



Рисунок 5 – Вынуждающие остановиться движущихся налево конфигурации:
i – движение налево запрещено основным огнем (ввиду отсутствия дополнительного);
ii – движение налево запрещено ввиду отсутствия относящегося к данному направлению

В таком варианте нельзя организовать движение налево/направо по основному сигналу (из-за наличия стрелок), зато можно останавливать движение по этим направлениям независимо от основного сигнала. И этим начали активно пользоваться, не слишком обращая внимание на то, что:

- остановка поворотных потоков в таких ситуациях происходит без промежуточной стадии «желтого сигнала»;
- конфигурация «ii» визуально плохо различима, а потому потенциально аварийно-опасна;
- сама ситуация, когда отсутствие какого бы то ни было сигнала запрещает движение, не согласуется с Венской конвенцией.

Все это как традиция перешло и в нынешнюю технологию организации регулирования поворотных потоков в республике Беларусь (а также России и многих других странах). Потому имеет смысл поднять вопрос о пересмотре «советского наследия» с целью избавления от указанных выше недостатков.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПЕРЕСМОТРУ ОРГАНИЗАЦИИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОВОРОТНЫХ ПОТОКОВ

В первую очередь имеет смысл обратиться к опыту зарубежных стран, использующих дополнительную стрелку, и вслед за ними

1) разрешить останавливать движение на дополнительный зеленый огонь только совместно с остановкой основного потока. Иными словами, запретить использовать переходы (рис. 6):

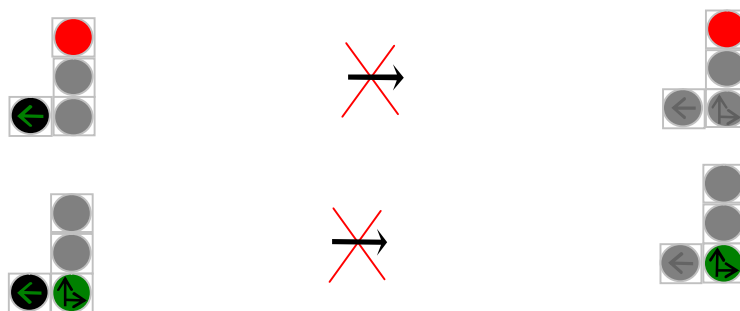


Рисунок 6 – Не согласующиеся с принципами Венской конвенции переходы

Ниже приведены выдержки из нормативных актов отдельных стран дальнего зарубежья, фиксирующие официальный запрет таких ситуаций.

Англия

«3.10 A filter arrow is an arrow normally mounted alongside the green aspect of a three aspect signal head and illuminated together with the red signal when the permitted movement is allowed by the signals. It is extinguished when the full green aspect is illuminated. It can be used when one movement is permitted to start before the full green. It cannot be used where the movement is required to stop independently of other movements. This will require a double headed signal with two red aspects» [2]

(3.10 filter arrow – это стрелка, обычно устанавливаемая возле зеленой секции трехцветного светофора и высвечиваемая с красным сигналом, когда допустимо разрешение движения данному потоку. Она гаснет, когда начинает высвечиваться основной зеленый сигнал. Она может использоваться, когда допустимо начало движения до начала включения основного зеленого сигнала. Она не может быть использована в случаях, когда требуется независимая от других потоков остановка движения. В этом случае требуется использование двух отдельных трехцветных светофоров).

США

«The MUTCD states that a circular yellow indication must always follow a circular green indication and that a yellow arrow indication must always follow a green arrow indication. All green arrows, even when they are

displayed with a circular green indication, must be terminated with a yellow arrow. A green arrow cannot simply vanish when the protected portion of the interval ends. Such "blind" change intervals are not permitted» [3]

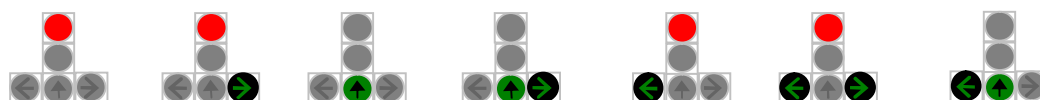
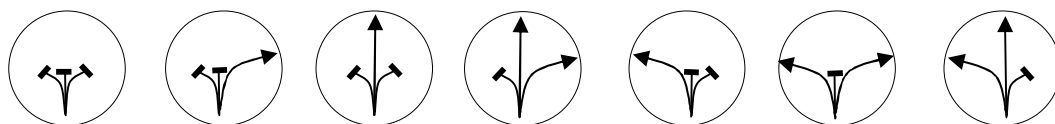
(MUTCD определяет, что круглый желтый огонь должен всегда следовать за зеленым, и что желтая стрелка должна всегда следовать за зеленой стрелкой. Все зеленые стрелки, даже когда они отображаются совместно с круглыми зелеными огнями, должны завершаться включением желтых стрелок. Не должно быть ситуации, когда зеленая стрелка просто исчезает по прошествии своего времени. Такая «слепая» смена сигнала не разрешается).

Австралия

«A four-aspect signal layout with single green arrow aspect (Figure 5.9) may be used only when the right-turn green arrow display is always terminated simultaneously with the circular green display, i.e. when the circular yellow display is introduced» [4]

(«Светофор с дополнительной секцией в виде зеленой стрелки (рис. 5.9) может быть использован, только когда отображение стрелки, относящейся к право-поворотному движению, всегда завершается одновременно с завершением отображения круглого зеленого огня, то есть, с началом отображения круглый желтого огня»);

2) во всех случаях, когда необходимо независимо останавливать поворотные потоки, использовать отдельные светофоры (рис. 7):



«Традиционный» вариант



Вариант 1



Вариант 2



Вариант 3

Рисунок 7 – Варианты замены «традиционной» реализации остановки поворотных потоков

Поскольку в большинстве случаев при разрешенном движении прямо нет причин останавливать движение направо, то вариант 1 можно рассматривать в качестве основного, покрывающего большинство практических ситуаций.

Стоит отметить, что подобный подход широко используется во многих зарубежных странах (рис. 8).



Англия

Швейцария

Германия

Швеция

Австрия

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ

Конкретную эффективность от данных мер напрямую оценить довольно проблематично в силу отсутствия данных по аналогичному опыту стран бывшего соцлагеря (большинство же стран северо-атлантического альянса, по-видимому, изначально не допускало мысли об использовании выключения дополнительной секции в качестве сигнала, останавливающего движение, а потому опираться на их опыт нет возможности). Однако косвенно можно ориентироваться, например, на данные американского Department of Transportation Federal Highway Administration (FHWA), в частности, на их таблицы индексов CRF (crush reduction factor) (показатель уменьшения аварийности), оценивающих ожидаемый процент снижения аварийности на перекрестке для отдельных предпринятых организаторами движения контрмер (countermeasures). Так, если считать, что замена дополнительной секции на полноценный светофор соответствует мерам по улучшению видимости запрещающего движение сигнала и улучшению видимости самих сигналов за счет добавления дополнительного светофора, то можно опираться на следующие результаты [5] (таблица 3).

Таблица 1 – Потенциальная эффективность (снижение аварийности в %)

Countermeasure(s) [Контрмеры]	All Crashes, % [Всех ава- рий]	Left-Turn Crashes, % [Аварий левого поворота]	Right-angle Crashes, % [Аварий пере- сечения под прямым углом]	Rear-end Crashes, % [Аварий попут- ного столкно- вения]	Sideswipe Crashes, % [Аварий скользящих ударов по борту]
Improve visibility of signal heads (install two red displays in each head) [Улучшение видимости свето- форов (установка двух крас- ных секций в каждом свето- форе)]	9	-	36	-	-
Install Additional Signal Heads [Установка дополнительного светофора]	10	-	42	-	-

Улучшению ситуации с аварийностью должно также способствовать и появление желтого сигнала, что, по данным американских исследователей, может существенно снизить число нарушений типа выездов на «запрещающий сигнал»:

«Bonneson and Zimmerman (2004c) found that increasing the length of amber by one second (provided that total did not exceed 5.5 seconds) decreased red light violations by at least 50 %. This benefit remained even though driver adapted to the longer amber period» [6]

(«Bonneson и Zimmerman (2004c) выяснили, что увеличение длительности желтого на одну секунду (при условии, что общая длительность не превосходит 5,5 секунд) уменьшает число выездов на красный сигнал по меньшей мере на 50 %»).

Кроме того, введение красно-желтого сигнала может увеличить пропускную способность

«The main research into starting amber was undertaken in the UK by Older (1963) [...]

Older calculated that removing the starting amber period led to a loss of capacity of 6%, but he found no effect on the number collisions» [6]

(«Значительное исследование по красно-желтому сигналу было предпринято в Великобритании Олдером (1963). Олдер подсчитал, что удаление красно-желтого сигнала ведет к потере пропускной способности на 6 %; влияния же на аварийность обнаружено не было»)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С учетом вышеизложенного можно говорить о том, что, действительно, имеются основания организовать пересмотр вариантов регулирования поворотных потоков в Республике Беларусь.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конвенция о дорожных знаках и сигналах, 1968 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/conventn/signalsr.pdf>.
2. Traffic Control System Design for All Purpose Roads (Compendium of Examples) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.ukroads.org/webfiles/MCH1969A.pdf.
3. Traffic Signal Supports, Indications and Signing, Course No: C03-024, Credit: 3 PDH, Jeffrey W. Buckholz, PhD, PE, PTOE [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.cedengineering.com/upload/Traffic%20Signal%20Supports%20R.pdf>.
4. Guide to traffic engineering practice series. Part 7: Traffic Signals : Standards Australia.
5. Intersection Safety Issue Briefs – Institute of Transportation Engineers [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ite.org/decade/pubs/BriefingSheets.pdf>.
6. Transport Research Laboratory Published Project Report PPR436, Literature review of road safety at traffic signal and signalized crossings, by Janet Kennedy, Barry Sexton, 2009 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://beta.tfl.gov.uk/cdn/static/cms/documents/literature-review-of-road-safety-at-traffic-signals-and-signalised-crossings.pdf>.



К ВОПРОСУ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ДВУХРЕЖИМНОГО ДВИЖЕНИЯ ЛЕВОПОВОРОТНЫХ ПОТОКОВ («НА ПРОСАЧИВАНИЕ ЗАЩИЩЕННОЕ»)

Д. С. Саражинский, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Транспортные системы и технологии» Белорусского национального технического университета, г. Минск, Беларусь

Рассматриваются схемы светофорного регулирования, действующие в одном цикле сразу два режима движения левоповоротных потоков – в конфликте с встречным направлением и без него. Предпринимается попытка показать целесообразность заимствования передового зарубежного опыта в использовании таких схем.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Согласно принятым нормам (в том числе Венской конвенции о дорожном движении) на регулируемом перекрестке в общем случае возможны два принципиально отличающихся друг от друга режима движения левоповоротных потоков (ЛПП):

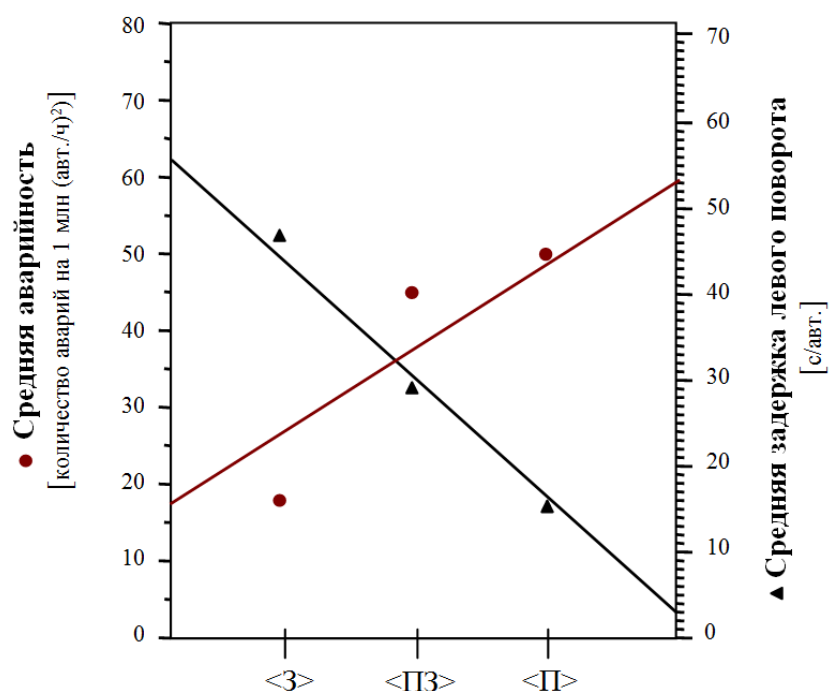
1) в конфликте с встречным прямым направлением – так называемый режим «на просачивание» (в англоязычной литературе «permitted left turn»);

2) с гарантированным отсутствием такого конфликта – так называемый режим «защищенного левоповоротного движения» (в англоязычной литературе «protected left turn»).

При построении схем светофорного регулирования с использованием только какого-то одного режима технологию приходится сталкиваться с проблемой выбора в условиях отсутствия оптимального решения. А именно, схема с режимом на просачивание (<П>) позволяет водителям совершать маневр при первом же подходящем разрыве во встречном потоке, что снижает их задержку; однако такой режим движения сопрягается с повышенным риском аварии. Схема с защищенным движением (<З>), наоборот, снижает опасность столкновения, но при этом способствует увеличению средней задержки из-за необходимости дожидаться разрешающего поворот сигнала светофора. Тем самым эти две схемы оказываются в оппозиции друг другу по соотношению «задержка транспорта»/«аварийность», что приводит к ситуации, когда при выборе одного приходится жертвовать другим.

СХЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ «НА ПРОСАЧИВАНИЕ ЗАЩИЩЕННОЕ» КАК ВАРИАНТ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ

Преодолеть указанные ограничения позволяет двухрежимная схема регулирования (<ПЗ>), предполагающая сочетание в одном цикле регулирования сразу двух указанных режимов движения. В англоязычной литературе она известна под названием «protected-permissive left turn», и, как показывают зарубежные исследования [1], во многих ситуациях действительно может играть роль «золотой середины» (рис. 1), помогая за счет этого достигать существенного общего выигрыша (учитывающего как стоимость аварий, так и стоимость задержек транспорта).



Shebeeb (1995)

Рисунок 1 – Соотношение между аварийностью и задержками в разных схемах регулирования

Ситуации, в которых данная схема может быть успешно применена, согласно [1], можно описать следующим набором условий:

1. Отсутствует систематическая составляющая в аварийности с участием левоповоротного потока, а именно, число аварий за период удовлетворяет: < 4 за год и < 6 за два года, и < 8 за три года.
2. Интенсивность левоповоротного потока находится в пределах от 50 до 300 авт./ч и в час пик превышает 2 авт./цикл.
3. Скорость встречного прямого потока ≤ 70 км/ч.
4. Видимость ≥ 75 м при скорости встречного прямого потока ≤ 55 км/ч и ≥ 120 м при скорости встречного прямого потока > 55 км/ч.
5. Полосность левоповоротного потока – 1.
6. Полосность встречного прямого потока – 1 или 2.
7. Произведение интенсивностей ЛПП и встречного прямого потока: $\leq 133\,000$ (авт./ч)² при однополосном встречном и ($\leq 93\,000$ (авт./ч)² при двухполосном встречном.

Как видно, эти условия позволяют эффективно применять соответствующую схему для достаточно большого набора реальных ситуаций. Однако на практике она оказалась не так широко распространена, как естественно было бы ожидать. Объяснение этому можно найти в нюансах технической реализации такой схемы.

ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ И ПЕРЕДОВОЙ ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ИХ РЕШЕНИЯ

Вплоть до совсем недавнего времени «классически» рассматриваемую схему пытались строить на базе следующих вариантов реализаций соответствующих режимов (рис. 2):

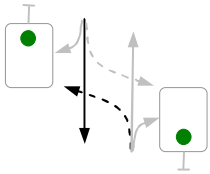
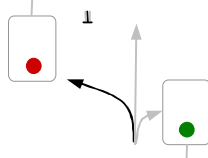
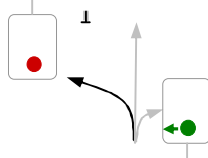
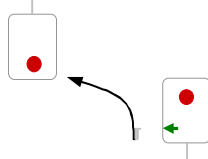
	«Классическая» реализация режима «просачивания»		Варианты «классической» реализации режима защищенного поворота
ПВ-0		3В-0	
		3В-1	
		3В-2	

Рисунок 2

В таком походе сразу же обнаруживается ряд принципиальных трудностей:

- при задействовании в <ПЗ> варианта 3В-0 из-за того, что у поворачивающих налево нет никакой информации о том, запрещено ли движение встречному потоку, происходит потеря времени, которое тратится на ожидание подтверждения остановки встречного потока, и увеличение аварийности из-за ошибочной оценки ситуации;

- переход от защищенного режима к режиму движения «на просачивание» де-факто отнимает у водителя преимущество проезда, а значит, он должен проходить через стадию «желтого сигнала». Но в данном подходе нет возможности технической реализации такой стадии, а потому использование в цикле регулирования прямого перехода от режима защищенного поворота к режиму «на просачивание» оказывается недопустимым по соображениям безопасности;

- предполагаемое схемой <ПЗ> асинхронное управление встречными потоками в условиях отсутствия явной информации об их состоянии друг у друга сопряжено с возникновением так называемой «ловушки желтого» («yellow trap»). А именно, при завершении режима «на просачивание» и переходе к режиму запрета движения водителя, стараясь завершить поворот на желтый сигнал, в условиях невозможности получить информацию о том, какой сигнал включен встречному направлению, полагают, что он такой же, как и у них (то есть, желтый, запрещающий выезд на перекресток), а потому могут попадать в серьезные аварии с движущимися еще на зеленый сигнал транспортными средствами встречного направления (рис. 3).

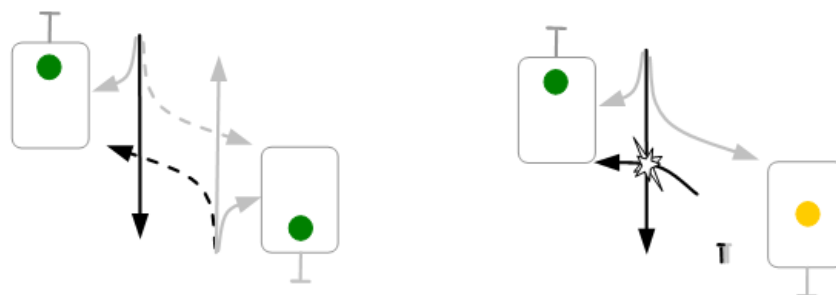


Рисунок 3 – «Ловушка желтого» («yellow trap»)

На фоне этих недостатков привлекательность схемы <ПЗ> значительно падает, потому частота встречаемости данной схемы оставалась ниже ожидаемой.

И такая ситуация сохранялась вплоть до совсем недавнего времени – до введения американскими разработчиками другого подхода к реализации <ПЗ>. А именно, они предложили использовать для регулирования движения налево отдельный светофор и реализовывать соответствующие режимы за счет следующих вариантов (рис. 4):

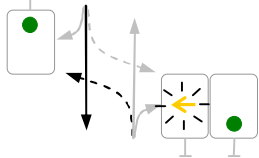
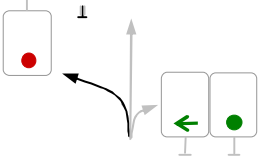
	Реализация режима «просачивания»		Реализации режима защищенного поворота
ПВ-0		ЗВ-0	

Рисунок 4

Это позволяет преодолеть все перечисленные выше принципиальные трудности (теперь водителю в явном виде сообщается, в каком режиме он находится, что снимает проблемы потери времени, повышенной аварийности и попадания в ситуацию ловушки желтого; возможность же реализации желтого сигнала снимает ограничения на порядок переходов между режимами).

Именно этот подход в настоящее время принят за стандарт организации <ПЗ> в США и дает по официальным данным [2] от 30 % до 50 % в снижении задержек (по сравнению с использованием <З>-схемы и при том же непревышении приемлемого уровня аварийности) и от 9 % до 12 % в снижении вредных выбросов.

Американский вариант организации <ПЗ> представлен на рисунке 5.



Рисунок 5

ВОЗМОЖНОСТЬ ЗАИМСТВОВАНИЯ ОПЫТА

Замечательным обстоятельством является то, что для перекрестков с не изменяющей направление главной дорогой указанный вариант еще и полностью согласуется с Венской конвенцией, поскольку по ней «желтый мигающий огонь или два попеременно мигающих желтых огня означают, что водители могут продолжать движение, но обязаны соблюдать при этом особую осторожность».

А это открывает возможность использования данного подхода и в странах, подписавших Венскую конвенцию, в том числе и на постсоветском пространстве. Для этого необходимо лишь отказаться от

стереотипов в подходе к управлению движением (по этому поводу см. [3]) и привести в ПДД все то, что касается желтого мигающего сигнала, в соответствии с Конвенцией (в частности, убрать ограничение на его использование только в режиме «нерегулируемого перекрестка»).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, можно говорить о том, что схема организации двухрежимного движения левоповоротных потоков («на просачивание защищенное») вполне может найти применение в текущих реалиях белорусской практики организации дорожного движения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. TxDOT 0-5840-1 Development of Left-Turn Operations Guidelines at Signalized Intersections, Texas Department of Transportation, 2008 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.itri.tsu.edu/Reports/TxDOT_5840-R1.pdf.
2. NCHRP Report 493, Evaluation of Traffic Signal Displays for Protected/Permissive Left-Turn Control, 2003 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_493.pdf.
3. Саражинский, Д. С. К вопросу о необходимости пересмотра «традиций» в подходе к организации отдельного регулирования поворотных потоков : доклад в настоящем сборнике.



ПОДКЛЮЧЕННЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА. ТЕХНОЛОГИЯ V2X

В. Ю. Штеменко, *Kapsch TrafficCom AG, г. Минск, Беларусь*

В докладе представлена компания Kapsch TrafficCom, являющаяся поставщиком интеллектуальных транспортных систем (ИТС) в области взимания платы за пользование дорогами, контроля доступа в городскую среду и управления парковочным пространством, регулирования и мониторинга дорожного движения, мониторинга движения технологического транспорта, электронной регистрации транспортных средств, а также в области подключенных транспортных средств на базе технологии V2X (коммуникация автомобиля со всеми другими объектами).

ВВЕДЕНИЕ

Kapsch TrafficCom является поставщиком интеллектуальных транспортных систем (ИТС) в области взимания платы за пользование дорогами, контроля доступа в городскую среду и управления парковочным пространством, регулирования и мониторинга дорожного движения, мониторинга движения технологического транспорта, электронной регистрации транспортных средств, а также в области подключенных транспортных средств на базе технологии V2X (коммуникация автомобиля со всеми

другими объектами). Kapsch TrafficCom предлагает своим клиентам полный спектр услуг из одного источника: от поставки отдельных компонентов и разработки готовых решений до строительства и эксплуатации систем. Основными видами деятельности компании являются разработка, установка и эксплуатация электронных систем сбора платы за проезд и регулирования дорожного движения.

Благодаря успешным проектам, реализованным более чем в 50 странах, Kapsch TrafficCom является всемирно признанным поставщиком интеллектуальных транспортных систем. Являясь частью Kapsch Group, Kapsch TrafficCom располагает филиалами и представительствами более чем в 30 странах. С 2007 года акции компании котируются на Венской фондовой бирже в сегменте Prime Market (под торговым кодом KTCG). На сегодняшний день количество сотрудников Kapsch TrafficCom насчитывает более 4 800 человек. Прибыль компании за 2016–2017 финансовый год составила порядка 648 миллионов евро.

В основе кооперативных интеллектуальных транспортных систем (К-ИТС) лежат коммуникация между автомобилем и объектами инфраструктуры (V2I, или «автомобиль – инфраструктура») и коммуникация между автомобилями (V2V, или «автомобиль – автомобиль»). Такие технологии, позволяющие повысить безопасность дорожного движения и мобильность, также известны как V2X, или «автомобиль – все объекты».

ОБМЕН ДАННЫМИ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Технология V2X дает возможность обмена данными между транспортными средствами и окружающей средой по беспроводной связи. Важная информация передается в реальном времени, и это помогает всем участникам дорожного движения и сотрудникам центров обслуживания транспортных средств принимать решения. Эта технология является фундаментальным компонентом культуры «подключенных транспортных средств», нацеленной на повышение безопасности и комфорта дорожного движения, а также на уменьшение влияния дорожных перевозок на окружающую среду.

КОММУНИКАЦИЯ С УЧЕТОМ ВСЕХ ВОЗМОЖНЫХ НЮАНСОВ

С учетом глобальной тенденции увеличения охвата сетей коммуникации, кооперативные технологии взаимодействия между транспортными средствами, водителями, операторами дорожной сети, объектами инфраструктуры и партнерами становятся настоящей необходимостью. Использование V2X – это логичное решение, позволяющее обеспечить связь между всеми перечисленными объектами, ведь эта технология идеально соответствует требованиям, продиктованным особенностями коммуникации на дорогах. Благодаря динамичному обмену информацией в реальном времени эта технология позволяет повысить безопасность и эффективность дорожного движения. Более того, здесь предусмотрена возможность функционирования платежной системы, коммерческих информационно-развлекательных ресурсов и возможность сбора ценных данных для целей охраны окружающей среды.

V2X представляет собой еще один шаг на пути технологической эволюции сектора дорожных перевозок. По мере того как на рынок выходят беспилотные автомобили, обмен данными, обеспечиваемый в рамках технологии V2X, становится бесценным источником информации для датчиков, встроенных в транспортное средство.

Комбинация этих технологий позволит автомобилю получать наиболее полное представление о его окружении, что, в свою очередь, обеспечит максимальную безопасность для пассажиров и других участников дорожного движения.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ V2X –ЭТО РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ

V2X помогает в работе органам управления дорожным движением, повышает комфортность пользования дорогами и приносит существенную пользу в социальном и экологическом аспектах. Внедрение этой технологии позволяет расширить возможности регулирования дорожного движения, оптимизировать использование инфраструктуры и повысить уровень технического обслуживания благодаря качественному и количественному улучшению потока данных. Комфортность пользования дорогами повышается за счет повышения безопасности движения и уменьшения заторов на дорогах.

По результатам исследований V2X, проведенных в Австралии, с внедрением этой технологии прогнозируется снижение количества травм различных типов в диапазоне от 17 % до 35 %. При использовании в комбинации с системами автономного торможения возможны 35 %-ное снижение смертности и 55 %-ное снижение количества травм.*

Национальное управление безопасностью движения на трассах (NHTSA) в своем отчете перед Конгрессом Соединенных Штатов Америки приводит подробные числовые данные о технологии V2X. Внедрение этой технологии по всей стране позволит ежегодно предотвращать до 600 000 аварий и сохранять до 1 000 жизней.**

Технологии коммуникации уже были стандартизированы в Европе, и в настоящее время V2X доступна в США и других странах.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

V2X представляет собой технологию специализированной радиосвязи на коротких расстояниях (DSRC). Технология сходна с Wi-Fi, но функционирует на 6 каналах с частотами, близкими к 5,9 ГГц. В ней эффективно реализованы функции самоорганизующейся сети, что позволяет этой технологии в своей работе не полагаться на уже существующую инфраструктуру. Более того, в основе этой технологии коммуникации лежит широкополосная передача сообщений, а несоединение «точка – точка». Такая характеристика обеспечивает возможность коммуникации между неограниченным количеством участников сети без потери качества связи. На эту коммуникационную технологию распространяются следующие стандарты: ETSI TS 102 221 (стандарт в отношении интеллектуальных транспортных систем, разработанный Европейским институтом телекоммуникационных стандартов) – для Европы и IEEE 802.11p (стандарт в отношении беспроводного доступа в автомобильных средах, разработанный Институтом инженеров электротехники и электроники) – для США.

Со стороны транспортного средства для коммуникации используются так называемые бортовые устройства (БУ). Они создают интерфейс между данными транспортного средства и информацией в рамках технологии V2X. БУ дают возможность прямой связи между транспортными средствами. Кроме того, они позволяют обеспечить коммуникацию с объектами придорожной инфраструктуры, например, со знаками переменной информации, предупреждениями о дорожных работах, сигналами для регулирования дорожного движения и другими подобными объектами.

* Austroroads, Национальная стратегия по обеспечению безопасности дорожного движения, 2015.

** Национальное управление безопасностью движения на трассах (NHTSA), «Готовность технологии V2V к применению», 2015.

Для обеспечения возможности коммуникации с объектами инфраструктуры используются придорожные блоки (ПБ) с различным функционалом. С одной стороны, данные с объектов местной инфраструктуры или данные от центра управления дорожным движением (ЦУДД) передаются автомобилям по системе широко вещания. С другой стороны, данные, получаемые от транспортных средств, собираются и отправляются (обработанные или в исходном виде) в ЦУДД.

Компания Kapsch в своем стремлении превзойти ожидания клиентов и предвосхитить их потребности в плане взаимодействия с пользователем, комфорта, эффективности и безопасности, занимается разработкой технологии V2Xс 2007 года. В рамках процесса стандартизации коммуникации на основе технологии V2X, компания Kapsch стала первопроходцем в области разработки общих стандартов для Европы (ETSIITS5) и США (IEEEWAVE®).

Сегодня Kapsch предлагает широкое портфолио, включающее в себя все компоненты программного и аппаратного обеспечения, необходимые для интеграции коммуникационной технологии V2X. Помимо элементов программного обеспечения, играющих ключевую роль в реализации технологии V2X – придорожных блоков и бортовых устройств, компания Kapsch предлагает ряд дополнительной продукции, например, усовершенствованные системы управления дорожным движением (ATMS) и программные стеки на заказ для конкретного клиента, позволяющие запускать приложения V2X на придорожных блоках и бортовых устройствах.

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

В Центре управления дорожным движением (ЦУДД) система ATMS является основным блоком, позволяющим осуществлять мониторинг и контроль дорожного движения на трассах, мостах, в туннелях и городах. Управление датчиками дорожного движения, знаками переменной информации, светофорами и другими подобными объектами способствует повышению эффективности и безопасности, а также уменьшению влияния на окружающую среду. Этот настраиваемый продукт идеально адаптируется к особым требованиям конкретных клиентов. Решения ATMS от компании Kapsch имеют полный функционал, необходимый для работы V2X, и, следовательно, позволяют получать, обрабатывать и отправлять данные с подключенных придорожных блоков с технологией V2X и на такие блоки.

Придорожный блок

Придорожный блок с технологией V2X (ПБ) представляет собой интерфейс для коммуникации между объектами придорожной инфраструктуры и транспортными средствами. Эти устройства напрямую подключены к светофорам или знакам переменной информации, отображающим ограничение скорости, и передают актуальные данные по системе широко вещания при помощи этой технологии на частоте 5,9 ГГц. Более того, ПБ, подключенные к ЦУДД по сети, могут передавать данные, сгенерированные в ATMS.

Бортовое устройство

БУ обеспечивает транспортным средствам и водителям доступ к среде V2X. Оно дает возможность связи между автомобилями и объектами инфраструктуры, поддерживающими технологию V2X. БУ могут напрямую интегрироваться в транспортные средства производителями автомобилей (производителями оригинального оборудования, или OEM-компаниями) или устанавливаться в автомобили

после продажи в рамках переоборудования. В зависимости от выбранного уровня интеграции, данные бортовых датчиков могут комбинироваться с информацией, передаваемой по технологии V2X, что позволит усовершенствовать и расширить возможности соответствующих приложений. Эти устройства подключаются напрямую ко встроенному в транспортное средство человеку-машинному интерфейсу (ЧМИ), например, планшету или смартфону. На экране отображаются выбранные сообщения, связанные с безопасностью, и другая информация. Компания Kapsch предлагает целый ряд разнообразных БУ, идеально адаптированных к потребностям клиентов.

Приложения (программный стек)

Помимо аппаратного обеспечения с поддержкой V2X, Kapsch предлагает услуги персонализированной разработки программного обеспечения с учетом особенностей применения устройства и соответствующих сценариев его использования. Кроме того, индивидуальные программные интерфейсы могут быть интегрированы таким образом, чтобы обеспечивать связь между инфраструктурой конкретного клиента и встроенными в транспортное средство системами коммуникационных шин. Обзор доступных сценариев использования приводится далее. Поскольку V2X является быстроразвивающейся технологией, приложения постоянно расширяются и совершенствуются.

Сценарии использования

Диапазон областей применения технологии V2X широк. Однако текущие разработки в сфере электрификации транспортных средств и автоматизации вождения позволяют прогнозировать существенное расширение этого диапазона в будущем. На рисунках 1, 2 изображены различные варианты применения в городской среде и на трассах.

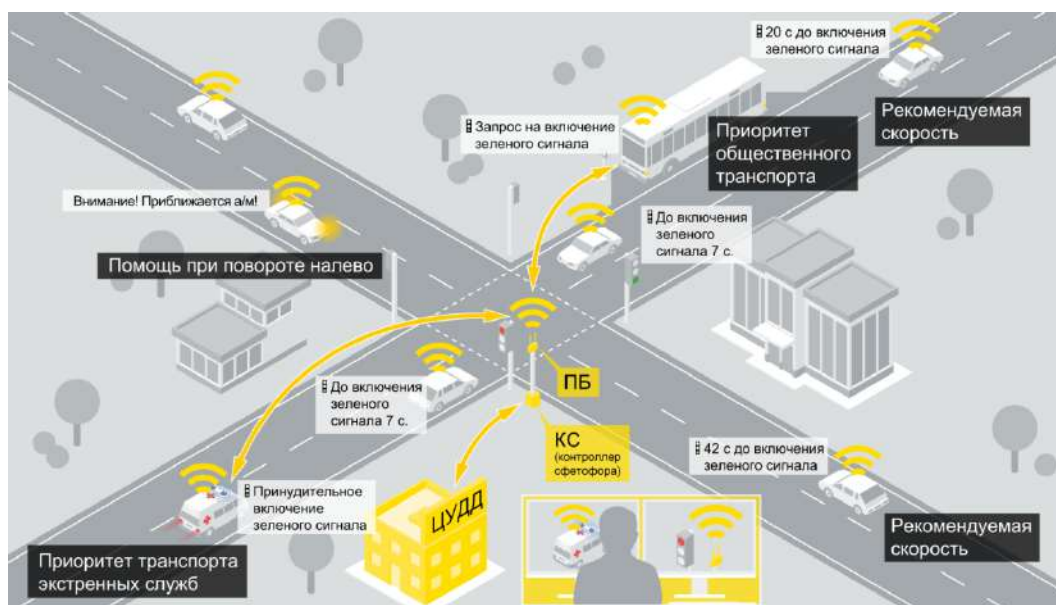


Рисунок 1 – Примеры использования технологии V2X в городской среде

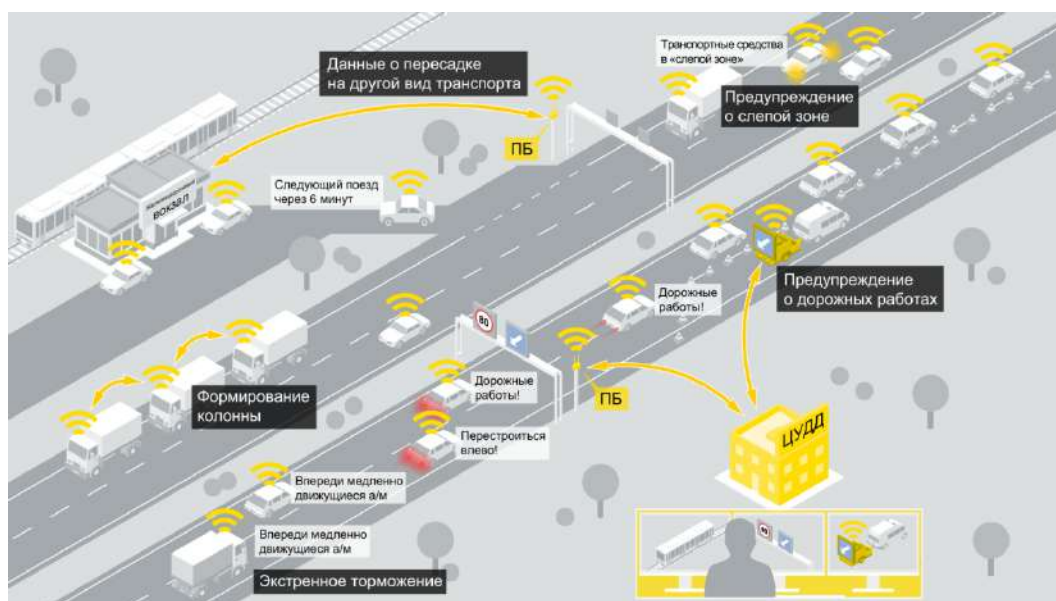


Рисунок 2 – Примеры использования технологии V2X за пределами города

Информация внутри транспортного средства (ИБТС)

Водителям предоставляют сведения о наличии ограничений скорости, зон запрещения обгона, а также иные актуальные сведения, касающиеся безопасности. Такие сведения отображаются на знаках переменной информации внутри транспортных средств.

Информация о пересадке на другой вид транспорта

Водителям предоставляют информацию об иных видах транспорта. В случае затора на дороге могут предлагаться маршруты общественного транспорта и отображаться ближайшие перехватывающие парковки. Кроме того, при приближении к остановке общественного транспорта выводятся актуальные данные о времени отправления железнодорожных поездов, поездов метро или автобусов.

Безопасность на перекрестках (БП)

Визуальные данные, отображаемые внутри транспортных средств, позволяют водителям получать полезную информацию о приближающемся перекрестке. На основании данных сообщения о фазе сигнала и времени (SPaT) и профиля доступа к сообщениям (MAP) может рассчитываться оптимальная скорость приближения к регулируемому перекрестку. Кроме того, водителям могут выводиться предупреждения в случае проезда на красный свет как их автомобиля, так и автомобиля другого участника дорожного движения.

Предупреждение о дорожных работах (ПДР)

Водителей, приближающихся к участку дорожных работ, информируют о наличии такого участка, его параметрах и связанных с этим препятствиях, например, перекрытых полосах или ограничениях скорости. Основной целью является своевременное уведомление водителей о потенциально опасных условиях движения.

Приоритет общественного транспорта

Технология V2X создает возможность адаптивной приоритизации, в рамках которой общественный транспорт может запрашивать продление текущей фазы зеленого сигнала светофора с целью обеспечения безопасности пересечения перекрестка или даже смену фазы сигнала светофора.

Транспортные средства экстренных служб

В случае приближения транспортных средств экстренных служб водителей предупреждают об этом прямо в их автомобилях. Помимо этого, для обеспечения возможности оптимального реагирования водителя могут показываться текущее местоположение и направление движения такого транспортного средства. Кооперативная система сигналов для регулирования дорожного движения может получить от транспортного средства экстренной службы сигнал, инициирующий смену фазы сигнала светофора для обеспечения безопасного и непрерывного движения такого транспортного средства.

Данные бортовых датчиков

Технология V2X позволяет собирать подробные данные о транспорте без необходимости установки дорогостоящих стационарных датчиков дорожного движения. Транспортные средства, проезжающие придорожные блоки, поддерживающие V2X, передают сообщения, которые могут быть получены и перенаправлены в соответствующий подключенный центр управления дорожным движением (ЦУДД). ЦУДД могут собирать и накапливать (анонимизированные) данные и, таким образом, существенно улучшать осведомленность о дорожной обстановке.

Помощь при движении по перекрестку

Водителей предупреждают о транспортных средствах, приближающихся сбоку на перекрестке. Это позволит избежать ДТП при пересечении перекрестка, которые, исходя из числа смертей, считаются самым серьезным типом аварий.

Помощь при повороте налево

Помощь при повороте налево важна в целях избежания ДТП, в которых одно транспортное средство выполняет поворот налево на перекрестке, а другое транспортное средство движется прямо с противоположной стороны. Водителей предупреждают о наличии транспортных средств, приближающихся с противоположной стороны.

Предупреждение об опасности переднего столкновения

Предупреждение об опасности переднего столкновения важно для предотвращения наездов сзади, сценарии которых можно подразделить на три основных типа в зависимости от характера движения впереди идущих транспортных средств. Водителей предупреждают об остановившихся, замедляющихся или движущихся медленнее транспортных средствах впереди.

Предупреждение о слепой зоне и предупреждение о смене полосы

Водителей уведомляют о наличии транспортных средств, приближающихся к слепой зоне их автомобиля или уже находящихся в ней и движущихся в соседней полосе, когда автомобили меняют полосы или выполняют маневр перестроения при приближении к концу полосы.

Электронный стоп-сигнал экстренного торможения

Сильное торможение транспортных средств в очереди впереди может своевременно распознаваться системой электронного стоп-сигнала экстренного торможения. Транспортные средства могут передавать информацию об экстренном торможении соседним автомобилям посредством системы широко вещания. После этого приложения, установленные в соседних транспортных средствах, определяют актуальность данных о событии экстренного торможения и уведомляют водителей. Такая функция может сыграть критическую роль в случае, когда поле зрения водителя ограничено или в нем присутствуют помехи.

Предупреждение о запрещении обгона

Когда водитель начинает маневр обгона транспортного средства, движущегося с более низкой скоростью, на двухполосной дороге без разделительной полосы, водителя предупреждают о наличии приближающегося встречного транспортного средства. Таким образом, можно избежать столкновений со встречными автомобилями при выполнении маневра обгона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Kapsch TrafficCom является поставщиком интеллектуальных транспортных систем (ИТС) в области взимания платы за пользование дорогами, контроля доступа в городскую среду и управления парковочным пространством, регулирования и мониторинга дорожного движения, мониторинга движения технологического транспорта, электронной регистрации транспортных средств, а также в области подключенных транспортных средств на базе технологии V2X (коммуникация автомобиля со всеми другими объектами). Kapsch TrafficCom предлагает своим клиентам полный спектр услуг из одного источника: от поставки отдельных компонентов и разработки готовых решений до строительства и эксплуатации систем. Основными видами деятельности компании являются разработка, установка и эксплуатация электронных систем сбора платы за проезд и регулирования дорожного движения.

Благодаря успешным проектам, реализованным более чем в 50 странах, Kapsch TrafficCom является всемирно признанным поставщиком интеллектуальных транспортных систем. Являясь частью Kapsch Group, Kapsch TrafficCom располагает филиалами и представительствами более чем в 30 странах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Connected Vehicles. V2X technology. – 2017.



СОДЕРЖАНИЕ

В. Н. Яромко Краткая история создания первой дорожной научно-исследовательской организации в Беларуси ..	3
В. Н. Яромко Проблемы геотехники при строительстве автомобильных дорог и как их решала белорусская дорожная наука	9
И. И. Леонович Вклад ученых БГТУ в теорию и практику проектирования и строительства лесных автомобильных дорог	19
Секция «Безопасность дорожного движения»	
Ю. Бибик Оценка социально-экономических потерь от дорожно-транспортных происшествий	28
С. В. Богданович К вопросу использования передового опыта управления безопасностью дорожной инфраструктуры в Республике Беларусь	31
В. К. Вырожемский, О. Беленчук Использование желтого сигнала светофора – необходимое условие обеспечения безопасности дорожного движения	38
В. К. Вырожемский, Л. Нагребельная Влияние ширины полосы движения на безопасность транспортного потока	42
Л. В. Дементьев, П. А. Пегин Умный автомобиль для умного города	47
Д. В. Капский Парадигмы безопасности дорожного движения	51
Д. В. Капский, А. В. Коржова, Д. В. Мозалевский, И. Г. Гамульский, Н. В. Артюшевская Меры сдерживания скорости движения и их эффективность	55
Д. В. Капский, А. В. Коржова, Д. В. Мозалевский, И. Г. Гамульский, Н. В. Артюшевская Эффективность некоторых мер сдерживания скорости движения	63
Д. В. Капский, В. Н. Кузьменко, Д. В. Мозалевский, А. В. Коржова, А. С. Красильникова, Н. С. Муравьева, Н. В. Артюшевская, Е. Н. Горелик, И. К. Гамульский Оценка эффективности проектных решений на дорогах и улицах	72

А. В. Коржова

Анализ нарушений правил дорожного движения пешеходами на нерегулируемых переходах, оборудованных искусственными неровностями 81

Е. Н. Кот, В. Ю. Ромейко, С. С. Семченков

Направления совершенствования системы сбора и анализа информации о дорожно-транспортных происшествиях 88

П. А. Кравченко, Е. М. Олещенко

Об инновационном потенциале систем обеспечения безопасности дорожного движения 97

Л. Нагребельная, А. Кононенко

Анализ дорожно-транспортных происшествий в Украине и основные причины их возникновения ... 106

Б. В. Некрасов

Некапиталоемкие мероприятия по сокращению аварийности в местах концентрации ДТП за счет применения современных технических средств организации дорожного движения. Опыт Российской Федерации 116

И. В. Нестерович

Опыт внедрения железобетонных барьерных ограждений организациями холдинга «Белавтодор» 120

К. Николаев

Дорожные знаки. Современные технологии световозвращения и учет их особенностей при разработке новейших европейских стандартов 127

В. А. Осипов

Внедрение в производство и испытание принципиально нового типа световозвращающего элемента на автомобильных дорогах 133

Luca Persia, Davide Shingo Usami

Accident data analysis and on-field inspections: do they lead to similar conclusions? 141

Luca Persia, Davide Shingo Usami, Veronica Sgarra

Determinants of the use of safety restraint systems in Italy 142

В. Полищук, Л. Нагребельная

Возникновение и последствия пробок на дорогах 142

Г. Р. Фоменко

Городские улицы и сложности движения по ним..... 149

Янис Фрейбергс, Юрис Смирновс, Алдис Лама

Некоторые аспекты работы кольцевых пересечений в Латгалии 153

Damjan Čekerevac, Jelena Maletić, Zoran Čekerevac

Standard ISO 39001:2012 – application and experiences 164

Секция «Интеллектуальные транспортные системы»

Д. В. Капский, Д. В. Навой

Алгоритмы управления в АСУ ДД г. Минска и облачные технологии 173

Д. В. Капский, Д. В. Навой

Разработка трехуровневой модели управления дорожным движением в ИТС г. Минска 183

Д. В. Капский, Е. Е. Пролиско, В. Н. Шуть

Система городского общественного транспорта будущего 194

С. М. Клибашев, А. Н. Столярчук

Оценка изменения безопасности движения на республиканских автомобильных дорогах
при внедрении ИТС и центра управления движением 202

Juan Jesús Mínguez, Leonid Kopyrin Goldshtein

Sice automatic danger warning system at secondary road intersections 206

Vytautas Palevičius, Simona Zapolskytė, Jonas Damidavičius

Alternative travel planning by autonomous vehicles 213

И. Н. Пугачев, Ю. И. Куликов

Стратегия контурной цифровизации автомобильного транспорта 222

César García Puente, Alejandro Sánchez Cubel

Traffic management in complex road networks: challenges and technological opportunities 228

Д. С. Саражинский

К вопросу о необходимости пересмотра «традиций» в подходе к организации отдельного регули-
рования поворотных потоков 237

Д. С. Саражинский

К вопросу об организации двухрежимного движения левоповоротных потоков («на просачивание
защищенное») 246

В. Ю. Штеменко

Подключенные транспортные средства. Технология V2X 250