

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ
НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ МАТРИЦЫ ХЭДДОНА**

Старший преподаватель **Якупова Г.А.**,
доктор техн. наук, профессор **Макарова И.В.**,
кандидат техн. наук, доцент **Буйвол П.А.**,
кандидат техн. наук, доцент **Мухаметдинов Э.М.**
(Набережночелнинский институт Казанского федерального университета, РФ)

ENSURING ROAD SAFETY BASED ON THE MODIFIED HADDON MATRIX

Senior Lecturer **Yakupova G.A.**,
Doctor (Tech.), Professor **Makarova I.V.**,
Ph. D. (Tech.), Associate Professor **Buyvol P.A.**,
Ph. D. (Tech.), Associate Professor **Mukhametdinov E.M.**
(Kazan Federal University, Naberezhnye Chelny, Russian Federation)

Модифицированная матрица Хэддона, системный подход, безопасность дорожного движения, дорожно-транспортные происшествия, вероятность аварий, статистика аварий, статистика нарушений правил дорожного движения.

Accident probability, accident statistics, modified Haddon matrix, road accidents, systems approach, traffic safety, traffic violations statistics.

В статье рассматривается вопрос о повышении безопасности дорожного движения, а именно приводится системный подход к выявлению причин возникновения и степени тяжести аварий на основе модели, называемой Матрица Хэддона. Представлены результаты статистического анализа о правонарушениях и авариях в динамике в целом по стране и в отдельном взятом населенном пункте. Показано, что специфика города, а именно численность жителей, уровень автомобилизации и особенности улично-дорожной сети и инфраструктуры, являются факторами, влияющими на уровень аварийности и травматизма и, как следствие, на мероприятия, необходимые для их снижения.

The article discusses the issue of improving road safety, namely, a systematic approach to identifying the causes of accidents occurrence and increasing their severity is presented, based on a model called the Haddon Matrix. The results of a statistical analysis of offenses and accidents in dynamics in the country as a whole and in a particular settlement are presented. It is shown that the specifics of the city, namely the number of residents, the level of motorization and the characteristics of the road network and infrastructure, are the factors reflected the accident and traumatism rate and, as a consequence, the measures necessary to reduce it.

Введение

Ускорение процессов урбанизации и глобализации развитых и развивающихся стран приводит к появлению мегаполисов. Вместе с этим увеличивается уровень автомобилизации населения, а также численность парков коммерческого транспорта, что, в свою очередь, при недостаточных темпах развития инфраструктуры приводит к снижению безопасности транспортной системы в целом, увеличению числа дорожно-транспортных происшествий (ДТП), а также степени тяжести их последствий.

В период событий, связанных с COVID-19, во многих населенных пунктах были полностью или частично запрещены поездки на личном автомобильном транспорте в течение достаточно продолжительного времени. Уровень профессионального мастерства водителей при отсутствии регулярного вождения приводит к потере навыков и попаданию водителя в категорию начинающего. При этом риск попадания в дорожно-транспортные происшествия существенно возрастает. В таких условиях представляется актуальным выделение факторов и типовых ситуаций, приводящих к сниже-

нию безопасности дорожного движения (БДД). Подобные сценарии могут быть полезными при разработке систем управления движением автономных транспортных средств.

**Методика системного подхода в управлении
безопасностью дорожного движения**

Наибольших успехов в области повышения БДД может принести применение эффективной стратегии управления на основе системного рассмотрения данного вопроса. Благодаря такому подходу с помощью сочетаний технических и организационных мероприятий большинство дорожных происшествий может быть спрогнозировано и предупреждено, а для произошедших - максимально снижена тяжесть последствий. Действенность данного подхода подтверждается примером многих европейских стран, которым удается приблизиться к нулевой смертности на дорогах, несмотря на стремительный рост автомобилизации.

В этом смысле методика, реализованная в матрице Хэддона, является примером системного подхода, которая позволяет выявлять факторы риска и разрабаты-

вать мероприятия для реализации значимой и спланированной системы управления по предотвращению и снижению травм, полученных в результате дорожных происшествий. Исследования Уильяма Хэддона [1], проанализировавшего возникновение и последствия ликвидационных этапов аварии, дали возможность разработать модель, способствующую проанализировать основные факторы, оказывающие неблагоприятные воздействия на здоровье людей, осуществляющие взаимодействие с системой «пешеход - транспортное средство – дорога - окружающая среда». В матрице Хэддона отдельно выделяются человеческие, автомобильные факторы, а также факторы, относящиеся к внешней среде, которые показаны в разрезе трех фаз по времени – до момента аварии, в момент аварии и после аварии. Поскольку реализация эффективных мер управления в настоящее время немыслима без использования информационно-коммуникационной среды и технологий, авторами были также выделены в отдельную категорию факторы ИТ (рис. 1).

ФАЗЫ →	До ДТП	Во время ДТП	После ДТП
ЧЕЛОВЕЧЕСКИЕ (ВОДИТЕЛИ, ВЕЛОСИПЕДИСТЫ, ПЕШЕХОДЫ И Т.Д.)	<ul style="list-style-type: none"> • РАБОТА С НАРУШИТЕЛЯМИ • ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПЫТА ПРЕДЫДУЩИХ ДТП • УЖЕСТОЧЕНИЕ ШТРАФОВ • ПОВЕДЕНИЕ И ОТНОШЕНИЕ, НАПР. ВОЖДЕНИЕ В НЕТРЕЗВОМ ВИДЕ, НАРУШЕНИЕ СКОРОСТИ 	<ul style="list-style-type: none"> • ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЯ (НАПР., РЕМНИ БЕЗОПАСНОСТИ, ДЕТСКИЕ КРЕСЛА) 	<ul style="list-style-type: none"> • ЭКСТРЕННОЕ РЕАГИРОВАНИЕ • КОНТРОЛЬ ПОВЕДЕНИЯ ВИНОВНИКА ДТП • ВЫЯВЛЕНИЕ «ЗЛОСТНЫХ» НАРУШИТЕЛЕЙ И РАБОТА С НИМИ
ТРАНСПОРТНЫЕ	<ul style="list-style-type: none"> • ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ • ADAS • КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТС 	<ul style="list-style-type: none"> • ЗАЩИТА ОТ УДАРА (ПОДУШКИ И РЕМНИ БЕЗОПАСНОСТИ, КОНСТРУКЦИЯ АВТОМОБИЛЯ) 	<ul style="list-style-type: none"> • СРЕДСТВА ПЕРВОЙ ПОМОЩИ • КНОПКА ОПОВЕЩЕНИЯ О ДТП (ЭРА-ГЛОНАСС)
ИНФРАСТРУКТУРНЫЕ	<ul style="list-style-type: none"> • ГЕОМЕТРИЯ ДОРОГИ, СОСТОЯНИЕ ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА, ЗНАКИ • ВИДИМОСТЬ, ПОГОДА • НАЛИЧИЕ ПЕШЕХОДНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ 	<ul style="list-style-type: none"> • ДОРОЖНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, НАПР., БУФЕРНЫЕ ЗОНЫ, БАРЬЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ 	<ul style="list-style-type: none"> • РЕКОНСТРУКЦИЯ ДТП • СИСТЕМА ОПОВЕЩЕНИЯ УЧАСТНИКОВ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ О ПРОИЗОШЕДШЕЙ ДТП • ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТ КОНЦЕНТРАЦИИ ДТП
ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	<ul style="list-style-type: none"> • ИТ ОБНАРУЖИВАЮЩИЕ ВИДЫ НАРУШЕНИЯ • СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ • УСИЛЕНИЕ ЗАЩИТЫ 	<ul style="list-style-type: none"> • ИДЕНТИФИКАЦИЯ РИСКОВ • БЛОКИРОВКА УГРОЗ • СТРАЖЕНИЕ АТАК 	<ul style="list-style-type: none"> • УСТРАНЕНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ • ЛЕЧЕНИЕ ВИРУСОВ • УСТРАНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ УГРОЗ
↑ ФАКТОРЫ	↑ ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ДТП	↑ СНИЖЕНИЕ ТЯЖЕСТИ ПОСЛЕДСТВИЙ ДТП	↑ ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ДТП

Рис.1. Факторы ИТ информационно-коммуникационной среды и технологий

Ввиду обозначенного системного подхода в научных и государственных взглядах на вопросы обеспечения безопасности, дорожная политика должна вестись на основе разработки эффективных управленческих воздействий в трех направлениях выявления типичных влияющих факторов и мероприятий для их нивелирования: в разрезе предотвращения аварий, снижения степени тяжести последствий ДТП и ликвидация его последствий.

1. Способы предотвращения ДТП. Для снижения вероятности возникновения ДТП необходимо развивать активную безопасность – комплекс мероприятий, предотвращающих возникновения ДТП. Сюда необходимо отнести конструктивно заложенные характеристики транспортных средств, дорожного полотна и инфра-

Государственная политика многих стран также ориентирована на применение системной стратегии в вопросе обеспечения дорожной безопасности. Например, в «Стратегии безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018 - 2024 годы» [2] предлагается целостный систематизированный подход для разрешения и устранения проблем дорожно-транспортного травматизма. Следует отметить, что одним из главных понятий, применяемых в стратегии, называют интеллектуальную транспортную систему.

Повысить безопасность и надежность транспортной системы можно с помощью интеллектуальных транспортных систем, предполагающих внедрение средств связи, сбора, обработки данных, управления и контроля, изначально заложенных в транспортных средствах и инфраструктуре [3,4]. Следующий шаг предполагает выработку рациональных управленческих решений на основе полученной информации в реальном времени [5, 6].

структуры, а также достаточный опыт водителей, наличие культуры вождения и организационные факторы.

Исследователи [7] считают, что именно интеллектуализация транспортных средств приведет к повышению устойчивости транспортных систем. Авторами показаны методы ситуационного управления, основанные на интеллектуальных технологиях повышения безопасности сложных технических систем.

Актуальна также проблема повышения безопасности участников дорожного движения, подверженных наибольшей опасности при авариях. Поэтому в исследовании [8] авторами рассмотрен способ предотвращения наезда на пешехода с помощью установки кнопочного светофора. Предложено использование механизма нечеткой логики для управления переключением фаз светофора.

Несмотря на комплексные технические меры и усилия по обеспечению БДД, число ДТП остается высоким, поэтому роль человека является самой значимой. Следовательно, особенно актуальными становятся исследования, предлагающие методы и алгоритмы для разработки систем контроля усталости водителя [9].

Значительная часть аварий на дорогах, прежде всего, связана с правонарушениями дорожного движения. Использование телефонов водителями также влияет на эффективность дорожного движения, поэтому авторами работы [10] было исследовано использование телефонов водителями во время остановки на красный сигнал светофора, а также во время движения. Ими было показано систематическое влияние использования мобильных устройств на задержку реакции водителя, неспособность водителями воспринимать и обрабатывать сигналы светофора и опасности, присутствующие на дороге. Их результаты показали, что большее влияние оказывает продолжительность использования телефона в тот момент, когда уже загорелся зеленый сигнал светофора. Поэтому необходимы инструменты, позволяющие снижать интенсивность трафика, оптимизировать транспортные потоки и сокращать время проезда отдельных участков улично-дорожной сети. Первоочередным и недорогим мероприятием в данном случае является оптимизация работы режимов светофоров. В работе [11] авторы предлагают новую методику расчета рабочего цикла светофоров на основе экспертного расчета, учитывающего необходимость сохранения возможности въезда на перекресток всех транспортных средств, прибывших на перекресток с каждого из конфликтующих направлений (в том числе и самых загруженных) за один цикл.

Вероятность аварии в целом падает при уменьшении интенсивности транспортного потока. Наблюдающееся в настоящее время широкое внедрение удаленных рабочих мест [12] и дистанционных образовательных технологий [13] (в том числе, ввиду COVID-19) способствует снижению трафика.

2. Снижение тяжести последствий ДТП. Снизить степень тяжести травм, полученных во время ДТП, возможно мерами повышения пассивной безопасности. В систему пассивной безопасности транспортных средств входят следующие элементы: ремни безопасности и датчики, сигнализирующие об их пристежке; ABS и EBS системы; триплексные стекла; конструкции узлов рулевого управления и приборные панели, которые смягчают удары пассажиров; двери, спроектированные таким образом, чтобы оставаться закрытыми при авариях; защищенные топливные баки и аварийный размыкатель аккумуляторной батареи; ограничения на максимальную скорость транспортного средства.

Как известно, именно благодаря детским удерживающим устройствам снижается вероятность гибели детей. Однако пользователь транспортного средства должен иметь элементарные знания о функционировании ремней безопасности и детских удерживающих систем, поскольку авторы в работе [14] при проведении испытаний установили, что неправильное использование ремней безопасности может привести к большей опасности для ребенка. Также, перед установкой детской удерживающей системы необходимо учитывать множество факторов, таких как вес, рост и способ установки системы.

Для повышения безопасности участников дорожного движения необходима установка фотовидеофиксирующих камер, сооружение искусственных неровностей на дорожном полотне в качестве превентивных мер для соблюдения водителями скоростных ограничений. Камеры также могут быть использованы для контроля обнаружения не пристегнутых ремней безопасности и не использования детских удерживающих устройств.

3. Ликвидация последствий ДТП. Необходимо приложить максимум усилий, чтобы уменьшить размер ущерба от произошедших аварий. Большое значение имеют эффективность и скорость работы аварийных служб, в том числе, по оказанию своевременной медицинской помощи, задействованных в ликвидации последствий аварии, наличие ресурсов и квалификация персонала.

Данную проблему авторы работы [15] предлагают решать на основе концептуальной модели, позволяющей объединить службы и организации, действующие в реагировании на аварии, в подсистему реагирования на аварии, которая для большего эффекта должна быть тесно связана с интеллектуальной транспортно-логистической системой.

Для сокращения продолжительности инцидента, уменьшения количества вторичных аварий и повышения надежности времени в пути по автомагистралям между регионами часто задействуется парк транспортных средств. Такие патрули безопасности используются для обнаружения дорожных происшествий и сбоев, помощи застрявшим автомобилистам, а также осуществления краткосрочного управления движением. В работе [16] предлагается модель оптимизации маршрута с помощью генетического алгоритма, чтобы оптимально позиционировать патрули безопасности для минимизации среднего времени их реагирования на инцидент.

Стоит отметить, что для автоматического оповещения аварийных служб о ДТП во многих автомобилях встраиваются системы экстренного вызова. С такой же целью используют технологии компьютерного зрения, которые позволяют распознать произошедшее дорожно-транспортное происшествие и соответствующим образом отреагировать.

Для повышения безопасности дорожного движения важно проводить периодический анализ статистических данных о нарушениях правил дорожного движения и дорожно-транспортных происшествиях. В первом случае это позволяет выявить группу потенциально опасных водителей, во втором - факторы, влияющие на вероятность и степень тяжести аварий. Для мест концентрации ДТП должны быть апробированы возможные изменения инфраструктуры или дорожного полотна, например, с использованием имитационного моделирования.

Результаты выявления типовых ситуаций, приводящих к снижению БДД в Российской Федерации и в городе Елабуга

За последние годы в России наблюдается тенденция роста числа новых водителей и количество ТС на дорогах. Несмотря на высокий рост автомобилизации, уровень безопасности дорожного движения еще не достиг европейского. Как следствие, высокий уровень использования автомобилей приводит к проблемам загруженности на дорогах, к образованию пробок, загрязняющих

воздух, и повышению уровня аварийности. Именно поэтому одним из приоритетных направлений в области повышения БДД в России является разрешение всех вышеперечисленных проблем.

В 2019 году в России произошло 164 тыс. ДТП, в которых пострадали 211 тыс. человек и около 17 тыс. погибли [17]. Анализ статистических данных (рис. 2) показал снижение количества аварий, но их уровень остается достаточно высоким.

Существующее отставание России от европейских стран в уровне дорожной безопасности, как отмечается в [2], связано с низкой дисциплинированностью участников дорожного движения; отсутствием должного уровня подготовки водителей; неудовлетворительным техническим состоянием ТС; ненадлежащим состоянием улично-дорожной сети; плохой организацией дорожного движения.

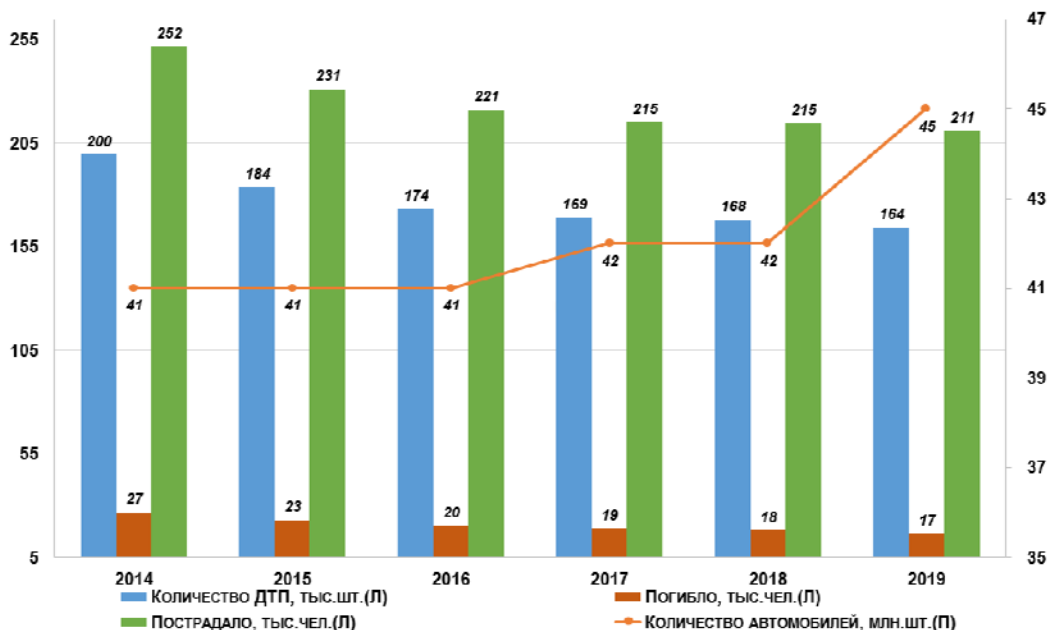


Рис.2. Анализ статистических данных ДТП в РФ в 2019 г.



Рис. 3. Динамика правонарушений в РФ за 2017-2019гг.

Установлено, что состояние БДД в России во многих случаях определяется дисциплиной водителей: более 85 % ДТП совершаются по причине нарушения ПДД водителями ТС. В таких происшествиях погибают более 80 % населения и более 90 % получают ранения [2]. Поэтому было принято решение проанализировать статистику нарушений ПДД, которые можно представить в виде двух категорий:

- нарушения, увеличивающие вероятность возникновения ДТП (управление автотранспортным средством нетрезвым водителем, выезд на встречную полосу, использование мобильного телефона во время езды, превышение скорости);
- нарушения, увеличивающие тяжесть последствий при ДТП (несоблюдение правил перевозки детей, не пристегнутые ремни безопасности).

Для исследования исходные данные были взяты с официального сайта ГИБДД РФ [17].

На рисунке 3, в котором приведена динамика нарушений ПДД за последние три года, видно, что количество нарушений, увеличивающих вероятность возникновения ДТП, растет с каждым годом примерно на 20%, а количество нарушений, увеличивающих степень тяжести последствий при ДТП, остается на одинаково стабильном уровне. Такую динамику можно объяснить тем, что большинство правонарушений фиксируются при помощи фотовидеофиксации, и именно возможности современного регистрирующего оборудования позволяют выявить так много нарушений ПДД. С каждым

годом внедряется все большее количество дорожных камер и комплексов автоматической фиксации нарушений, а также расширяются их возможности: всё больше комплексов умеет замечать сразу несколько видов нарушений.

Проанализировав детально виды правонарушений по России за трехлетний период 2017-2019 года, можно обнаружить, что самыми распространёнными нарушениями являются превышение скорости, несоблюдение знаков и разметки, проезд на красный сигнал светофора, нарушение правил парковки и обгона, не пристёгнутые ремни безопасности и не использование мотошлемов (рис. 4).



Рис. 4. Распространенные виды нарушений ПДД в РФ

Согласно недавнему исследованию ГИБДД почти половина водителей в России (49 %) часто отвлекаются от дороги при управлении автомобилем, а 5 % делают это постоянно. Существенную часть внимания отнимают именно гаджеты, что и объясняет в большинстве случаев проезд на красный сигнал светофора или позднюю реакцию водителя на меняющийся сигнал светофора. По статистике, 19 % водителей смотрят в телефон при медленном движении, а во время остановки на светофоре – почти 42 %.

Что касается, то, По данным Госавтоинспекции, в 2017 году ремнями безопасности не пользовались 40% водителей, погибших в результате ДТП. В 2019-м данный показатель снизился до 19%. Однако число погибших всё равно намного больше тысячи – 1330 человек разбились, будучи не пристёгнутыми.

Следующим этапом исследования является анализ статистических данных в небольшом городе Елабуге Республики Татарстан. По численности населения рассматриваемый город относится к средним городам (население 73 913 человек), но уровень автомобилизации достаточно высок. Также стоит отметить, что количество ДТП в этом городе с каждым годом увеличивается и растет количество пострадавших и погибших (рис. 5). Для исследования были использованы показатели ДТП и правонарушений, собранные ГИБДД по г. Елабуге за 2017-2019 годы.

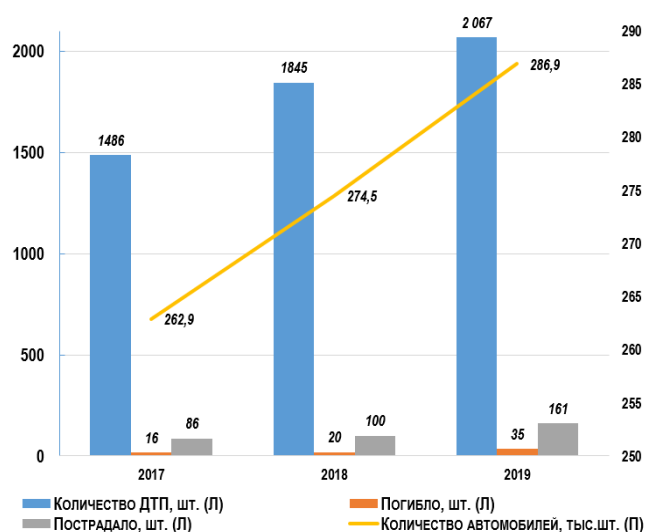


Рис. 5. Взаимосвязь количества ДТП и уровня автомобилизации за 2017-2019гг. в г. Елабуге

Анализом правонарушений, увеличивающих вероятность возникновения и тяжесть последствий при ДТП, было установлено, что динамика примерно такая же, как и по России в целом (рис. 6).



Рис. 6. Динамика правонарушений за 2017-2019гг. в г. Елабуге

В результате сравнения нарушений ПДД и ДТП (рис.7) были получены следующие закономерности: превышение установленной скорости движения является самым распространенным видом правонарушения. Уменьшение правонарушений по несоблюдению скоростного режима связано, прежде всего, с активной установкой камер фотовидеофиксации. Однако большее количество ДТП совершается из-за нарушений правил расположения ТС на проезжей части. Такая ситуация объясняется особенностями инфраструктуры самого города, характеризующегося небольшой территорией, где с ростом автомобилизации появляется дефицит парковочных мест для ТС и временной его остановки.

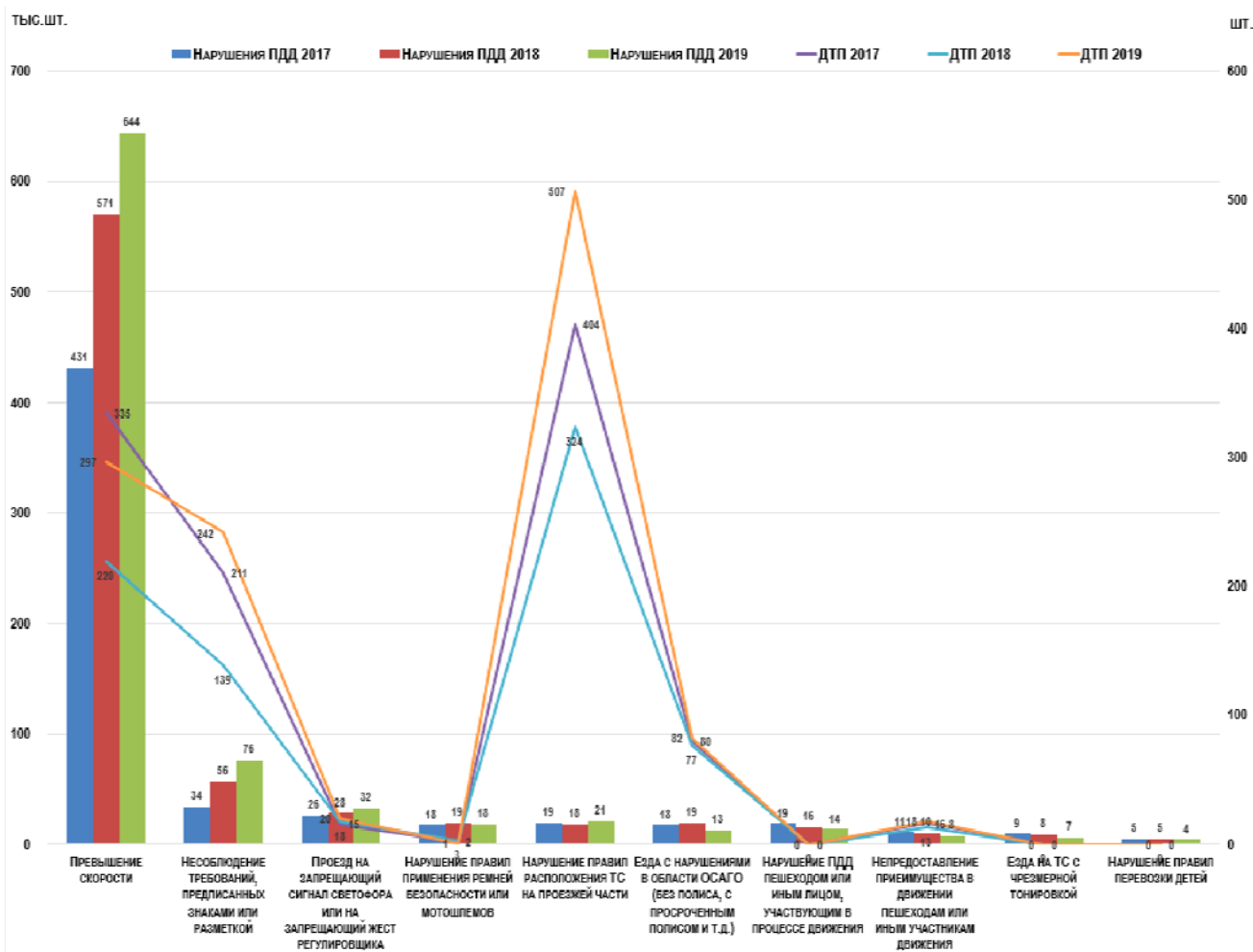


Рис. 7. Взаимосвязь нарушений ПДД и числа ДТП

Также в этом городе есть оживленные нерегулируемые и регулируемые перекрестки. Существует проблема скопления большого количества автомобилей, вызывающих заторы на перекрестках, для чего необходимо оптимизировать маршрутизацию движения и улучшать настройку параметров светофора. Проверить возможные варианты решения данной проблемы можно с помощью имитационного моделирования конкретных ситуаций, что авторами статьи было сделано в работе [18].

Выводы

Решением вопроса по снижению вероятности ДТП, согласно проведенному анализу, может являться реализация мер, направленных на улучшение дорожной инфраструктуры. Поскольку большая часть аварий вызвана неправильным расположением ТС на проезжей части, можно сделать вывод, что установка камер фотовидеофиксации не принесла существенного эффекта. Необходимо рассмотрение альтернативных мероприятий по оптимизации инфраструктуры.

Поскольку малые и средние города не располагают большим финансированием для развития инфраструктуры, в качестве эффективного инструмента необходимо, в первую очередь, рассматривать управленческие мероприятия из матрицы Хэддона по оптимизации параметров уже существующих инфраструктурных объектов, например, фаз работы светофора.

Необходимо отметить, что обязательными предпосылками успешного применения матрицы Хэддона является сбор и систематизация сведений о проводимых мероприятиях, объектах инфраструктуры, параметрах транспортного потока и среды, участниках дорожного движения и дорожно-транспортных происшествиях. Только в этом случае появляется возможность применения аналитических инструментов и появления обратной связи в управлении транспортной системой с большим количеством динамических связей.

В статьях [19, 20] продемонстрированы методики выявления факторов, вызывающих риск возникновения аварий и увеличения степени тяжести последствий, а также метод, позволяющий оценить результаты проводимых мер и мероприятий на основе обратной связи. Однако в виду необходимости ускорения аналитического процесса необходима автоматизация в рамках матрицы Хэддона, что и будет являться предметом последующих научных и практических изысканий авторского коллектива.

Литература

1. Haddon Jr., W. Options for the prevention of motor vehicle crash injury. *Israel Journal of Medical Sciences*, Volume 16, Issue 1, 1980, Pages 45-65
2. Стратегия безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018 - 2024 годы. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 8 января 2018 г. N 1-п г. Москва
3. Shepelev V., Aliukov S., Nikolskaya K., Shabiev S. The capacity of the road network: Data collection and statistical analysis of traffic characteristics. *Energies*. Volume 13, Issue 7, April 2020. Номер статьи 1765
4. Khazukov K., Shepelev V., Karpeta T., Shabiev S., Slobodin I., Charbadze I., Alferova I. Real-time monitoring of traffic parameters. *Journal of Big Data*, Volume 7, Issue 1, 1 December 2020. Номер статьи 84
5. Makarova I., Khabibullin R., Belyaev E., Mavrin V. "Increase of city transport system management efficiency with application of modeling methods and data intellectual analysis". *Studies in Systems, Decision and Control* Volume 32, 2016, Pages 37-80.
6. Shepelev V., Aliukov S., Glushkov A., Shabiev S. Identification of distinguishing characteristics of intersections based on statistical analysis and data from video cameras. *Journal of Big Data*, Volume 7, Issue 1, 1 December 2020. Номер статьи 46
7. Makarova I., Pashkevich A., Mukhametdinov E., Mavrin V. "Application of the situational management methods to ensure safety in intelligent transport systems". *VEHITS 2017 - Proceedings of the 3rd International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems 2017*, Pages 339-345
8. Makarova I., Shubenkova K., Mavrin V., Buyvol P. "Improving safety on the crosswalks with the use of fuzzy logic". *Transport Problems*, Volume 13, Issue 1, 2018, Pages 97-109

9. S. De Nadai, M. Benza, M. D'Incà, F. Parodi and R. Sacile. "A system of systems approach to evaluate at-risk human behaviour in the transport by road," 2015 IEEE International Symposium on Systems Engineering (ISSE), Rome, 2015, pp. 212-215, doi: 10.1109/SysEng.2015.7302759

10. S. Jin, J. A. Alagbe and D. Ma. "Drivers' Phone Use Behavior at Red Traffic Signals," in *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, vol. 13, no. 1, pp. 169-180, Spring 2021, doi: 10.1109/MITS.2018.2889726.

11. Gorodokin V., Almetova Z., Shepelev V. Procedure for Calculating On-Time Duration of the Main Cycle of a Set of Coordinated Traffic Lights. *Transportation Research Procedia*, vol. 20, 2017, pp. 231-235.

12. Crowley F., Daly H., Doran J., Ryan G. 2020. COVID-19, social distancing, remote work and transport choice. <http://hdl.handle.net/10419/221739>

13. Sergey V. Shaytura, Alina M. Minitaeva, Konstantin V. Ordov, Slaveyko G. Gospodinov, Vitaliy O. Chulkov Review of Distance Learning Solutions Used during the COVID-19 Crisis. *Proceedings of the 2020 6th International Conference on Social Science and Higher Education (ICSSHE 2020)*, *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, volume 505. doi: 10.2991/assehr.k.201214.001.

14. P. Posuniak, M. Jaśkiewicz, K. Kowalski and F. Dąbrowski, "Child restraint systems: Problems related to the safety of children transported in booster seats (without integral safety belts)," 2018 XI International Science-Technical Conference Automotive Safety, Casta, 2018, pp. 1-7, doi: 10.1109/AUTOSAFE.2018.8373352

15. S. Lyapin, Y. Rizaeva, D. Kadasev and I. Kadaseva, "Models for Ensuring the Minimum Arrival Time of Accident Response Services in Intelligent Transportation and Logistics System," 2020 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA), Lipetsk, Russia, 2020, pp. 766-771, doi: 10.1109/SUMMA50634.2020.9280810.

16. A. Abrisqueta, C. A. Bishop, S. P. Perryman, L. M. Shoebotham, J. Wang and M. Porter, "Evaluation of VDOT's Safety Service Patrols to Improve Response to Incidents," 2019 Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS), Charlottesville, VA, USA, 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/SIEDS.2019.8735648.

17. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения. stat.gibdd.ru. (Дата обращения 22 февраля 2021).

18. Buival P.A., Iakupova G.A., Makarova I.V., Mukhametdinov E.M. "Search and optimization of factors to improve road safety". *International Journal of Engineering Research and Technology*, Volume 13, Issue 11, 2020, Pages 3751-3756

19. Makarova I., Yakupova G., Buyvol P., Mukhametdinov E., Pashkevich A. Association rules to identify factors affecting risk and severity of road accidents. *VEHITS 2020 - Proceedings of the 6th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems*, 2020, стр. 614-621

20. Yakupova G., Buyvol P., Mukhametdinov E., Boyko A. Road safety analysis from a viewpoint of influencing factors. *Proceedings - International Conference on Developments in eSystems Engineering, DeSE*, 2019, October-2019, стр. 806-811, 9073530

Сведения об авторах

Якупова Гульнара Анваровна, старший преподаватель кафедры «Сервис транспортных систем» Набережночелнинского института Казанского федерального университета,
Тел.: +79274176603
E-mail: math8@mail.ru, gayakupova@kpfu.ru.

Макарова Ирина Викторовна, доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Сервис транспортных систем» Набережночелнинского института Казанского федерального университета,
Тел.: +9272457141
E-mail: kamIVM@mail.ru, IrVMakarova@kpfu.ru.

Буйвол Полина Александровна, кандидат техн. наук, доцент, доцент кафедры «Сервис транспортных систем» Набережночелнинского института Казанского федерального университета,
Тел.: +9274508605
E-mail: skyeyes@mail.ru, PABujvol@kpfu.ru.

Мухаметдинов Эдуард Мухаматзакиевич, кандидат техн. наук, доцент, доцент кафедры «Сервис транспортных систем» Набережночелнинского института Казанского федерального университета
Тел.: +9272442165
E-mail: funte@mail.ru, EMMuhametdinov@kpfu.ru.