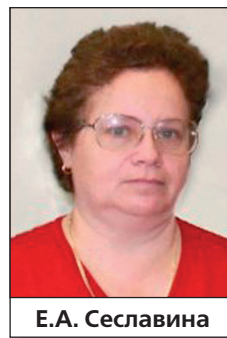


УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДАХ НА ОСНОВЕ ПРОГНОЗНЫХ МОДЕЛЕЙ

Статья посвящена разработке математической модели, позволяющей получать прогнозные показатели безопасности движения при одноуровневом пересечении железнодорожных путей автомобильной дорогой для дальнейшего построения приоритетного ряда железнодорожных переездов с точки зрения потребности усовершенствования или их дополнительного оборудования.



Е.А. Сеславина



А.И. Сеславин

***Ключевые слова:** безопасность движения, железнодорожные переезды, математическое моделирование, прогнозная модель*

EDN: MSDGQI

Проблема травматизма, гибели людей, пере-
рывов в движении поездов, а также значи-
тельный ущерб, причиняемый как владельцам
транспортных средств, так и компании — владельцу
инфраструктуры железнодорожного транспорта, всегда
была и остается крайне важной для всех участников
и организаторов движения. Для обеспечения требу-
емого уровня безопасности и надежности на желез-
нодорожных переездах необходимо осуществлять ряд
технических, технологических и административных
мероприятий. При этом финансовые ресурсы компа-
нии-владельца инфраструктуры железнодорожного
транспорта ограничены. Поэтому требуется ранжи-
ровать такие мероприятия с учетом их эффективно-

сти. Одной из основных причин травматизма и гибели
людей, связанной с железнодорожным транспортом,
являются дорожно-транспортные происшествия (ДТП)
на железнодорожных переездах [1–5]. В этих рабо-
тах рассмотрены организационные меры для всех
участников движения и технические мероприятия,
направленные на повышение безопасности пересе-
чений автомобильных и железных дорог. Опираясь на
двадцатилетний период наблюдений и до настоящего
времени, можно сделать вывод о том, что в подавляю-
щем большинстве случаев виновниками ДТП на пере-
ездах являются водители автотранспортных средств.
Несмотря на это, для транспортной компании такие
случаи носят отрицательный характер, связанный не

Сеславина Елена Александровна, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Информационные системы цифровой экономики» Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: математическое моделирование экономических процессов на транспорте, безопасность движения на железнодорожном транспорте. Автор 86 научных работ, в том числе четырех монографий и пяти учебников.

Сеславин Андрей Игоревич, старший преподаватель кафедры «Управление и защита информации» Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: теория автоматического управления, безопасность движения на железнодорожном транспорте. Автор 86 научных работ, в том числе трех монографий и шести учебников.

Евдокимова Екатерина Наумовна, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика, финансы и управление на транспорте» Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: экономика железнодорожного транспорта, управление затратами, инвестиционный менеджмент, безопасность движения на железнодорожном транспорте. Автор 46 научных работ, в том числе двух монографий и восьми учебников.

только с материальным ущербом объектам инфраструктуры (повреждение пути, средств автоматики и телемеханики, энергоснабжения и т.д.), подвижному составу, но и с ущербом имиджу железнодорожного перевозчика [6]. Также, при рассмотрении проектов по строительству высокоскоростных железных дорог, невозможность обеспечения отсутствия пересечения новой магистрали на одном уровне с автодорогами становится одной из причин отсрочек или даже отказа от реализации таких проектов. Информация о состоянии безопасности движения на железных дорогах мира, отражаемая в ежегодных материалах одной из старейших международных организаций, которая объединяет более 200 национальных железнодорожных компаний, для повсеместного развития железнодорожного транспорта — Международного союза железных дорог — позволяет оценить уровень безопасности перевозок железнодорожным транспортом в нашей стране по всем факторам (число серьезных случаев — крушений, аварий, сходов подвижного состава, столкновений поездов, относительные показатели к поездо-километровой работе) выше среднего. Единственным негативным показателем является количество ДТП на переездах и последствия от них, особенно в части травматизма и гибели людей [7].

Для разработки эффективных мероприятий, направленных на снижение рисков и повышение безопасности движения на железнодорожном транспорте, важно понимать причины формирования описанной выше ситуации. Поскольку железнодорожный переезд является местом пересечения железнодорожных путей автомобильной дорогой, рассмотрим статистику нарушений безопасности по каждому из них. Статистические данные о ДТП на инфраструктуре автомобильных дорог Российской Федерации за период с 2017 по 2023 гг. (табл.1) [8], свидетельствуют о постоянном снижении их количества. За последние четыре года статистика таких происшествий, приведенная в табл. 2, показывает устойчивую негативную тенденцию, особенно тревожит то, что при снижении числа ДТП в 2023 году, отмечен рост

числа погибших, максимальный за рассматриваемый период [8;9]. Данные табл. 2 о последствиях ДТП на железнодорожных переездах за четыре года не указывают на устойчивый тренд. Ущерб от таких нарушений безопасности движения ежегодно составляет значительные суммы. Тенденция снижения отмечается и при рассмотрении статистики крушений, аварий, сходов подвижного состава в поездной работе на железнодорожной инфраструктуре. Это, конечно, свидетельствует о результатах системного проведения работы, направленной на предотвращение нарушений безопасности движения всеми причастными структурами на обоих видах транспорта.

Однако, с точки зрения управления рисками, ключевыми являются результаты сопоставления данных о ДТП на инфраструктуре автомобильных дорог с числом ежегодных крушений, аварий, сходов, столкновений подвижного состава в поездной работе на железнодорожном транспорте, а именно более чем 100-кратное превышение числа ДТП на автомобильных дорогах. Таким образом, можно сделать важный вывод: именно места пересечения железнодорожных магистралей, характеризующихся в целом даже низким уровнем риска нарушения безопасности перевозки, с автомобильной дорогой — местом высокого риска, оказываются крайне опасными для всех участников движения и требуют повышенного внимания со стороны железнодорожников.

В целях сокращения числа ДТП на переездах и тяжести моральных и материальных последствий от них компания-владелец инфраструктуры и ГИБДД проводят активную работу по предупреждению столкновения железнодорожного подвижного состава с автотранспортными средствами. При этом следует отметить активные просветительские, административные и информационные мероприятия, проводимые государственными органами; технические и технологические — со стороны железнодорожников, обеспечивающих одноуровневое расположение железнодорожных путей и автомобильной дороги различным оборудованием: автоматическими шлаг-

Таблица 1

**Данные о ДТП на автомобильных дорогах Российской Федерации
за период 2017–2023 гг.**

Данные о ДТП	Годы						
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Количество ДТП	169432	168099	164358	145073	133331	126705	121332
Количество погибших людей	19088	18214	16981	16152	14874	14172	13438
Количество раненых людей	215374	214853	210877	183040	167856	159635	152783

Таблица 2

Последствия ДТП на железнодорожных переездах за период с 2020 по 2023 гг.

Месяц	2020			2021			2022			2023		
	ДТП	Гибель	Ранено	ДТП	Гибель	Ранено	ДТП	Гибель	Ранено	ДТП	Гибель	Ранено
Январь	13	4	14	14	4	14	12	4	13	14	13	13
Февраль	22	4	26	19	6	19	10	3	10	8	3	9
Март	18	8	20	20	5	25	10	1	10	9	4	13
Апрель	15	1	20	13	5	14	13	8	17	13	3	11
Май	17	5	12	16	3	20	12	5	18	10	4	12
Июнь	13	4	13	18	11	18	17	5	25	6	1	10
Июль	24	6	25	17	6	20	14	5	16	22	10	20
Август	14	2	21	16	9	19	22	3	29	16	5	21
Сентябрь	20	1	26	12	4	11	10	4	14	19	8	17
Октябрь	16	2	22	15	4	20	15	5	41	16	7	12
Ноябрь	18	8	20	10	2	10	13	3	17	10	8	13
Декабрь	21	3	26	13	5	38	15	6	15	22	9	29
РФ всего	211	48	245	183	64	228	163	52	225	165	75	180

Составлено авторами по материалам <http://stat.gibdd.ru/>.

баумами, сигнальными светофорами, звуковым предупреждением о приближающемся поезде, устройствами заграждения переезда (УЗП) и современным комплексным оборудованием [10]. Требования по оснащению переездов регламентированы Приказом Министерства транспорта РФ «Об утверждении условий эксплуатации железнодорожных переездов» и зависят от категории переезда [11]. Следует отметить, что на переездах первой категории (при максимальной интенсивности железнодорожного и автомобильного движения) с дежурным работником, оборудованными шлагбаумами, заградительными устройствами, ежегодно отмечаются случаи столкновения локомотивов с автотранспортом. Следовательно, одних технических средств оказывается недостаточно. Наибольшая доля случаев ДТП приходится на переезды 3 и 4 категорий — неохораниваемые, расположенные в малонаселенной местности с низкой интенсивностью железнодорожного и автомобильного движения [12].

Разработка математической модели вероятности возникновения ДТП на переезде

Для того, чтобы обоснованно проводить оснащение таких переездов соответствующим оборудованием, необходимо разработать модель, описывающую возможность возникновения ДТП на железнодорожном переезде. При формировании модели требуется информация, отражающая технические характеристики, оснащение и интенсивность железнодорожного и автомобильного движения по переезду [13]. Перечень требуемых показателей приведен в табл. 3. Дополнительно при расчете возможности возникновения ДТП необходимо учитывать фактор

сезонности (в разрезе месяцев рассматриваемого года).

Практически вся требуемая информация по каждому железнодорожному переезду (количество железнодорожных путей, оснащенность оборудованием, интенсивность движения и др.) содержится в «Карточке на железнодорожный переезд», которая хранится в электронном и бумажном виде и актуализируется не реже 1 раза в год.

Перейдем к разработке модели прогнозирования возможности ДТП на железнодорожном переезде, учитывая требования ГОСТ 32965-2014 [14]. Такая ситуация возникает только при одновременном нахождении на переезде железнодорожного подвижного состава и автотранспортного средства при неправильных действиях водителя автомашины и/или машиниста. Этот факт используется при разработке математической модели. Вероятность такого сложного события зависит, прежде всего, от вероятности пребывания на переезде и железнодорожного подвижного состава и автотранспортного средства [15]. Распределение вероятностей соответствует равномерным законам. Для некоторого выбранного переезда указанная вероятность равна произведению вероятностей, отражающих движение по автомобильной дороге и железнодорожным путям. Причем эти события в вероятностном смысле независимы. Поэтому имеет место формула

$$p = \frac{t_{ат}}{\tau} \cdot \frac{t_{п}}{T}, \quad (1)$$

где p — вероятность возникновения ДТП на железнодорожном переезде;

$t_{ат}$ — время проследования переезда автотранспортным средством;

Таблица 3

Перечень показателей для формирования модели прогнозирования возможности возникновения ДТП на железнодорожном переезде

№ п/п	Наименование показателя	Условные обозначения	Единица измерения
1	Ширина переезда	L	км
2	Количество пар пересекаемых железнодорожных путей	k	ед.
3	Средняя скорость движения автотранспорта	$V_{ат}$	км/ч
4	Интенсивность движения автотранспорта	$N_{ат}$	ед./сутки
5	Длина переезда	D	км
6	Средняя скорость движения поезда	$V_{п}$	км/ч
7	Средняя интенсивность движения поездов	$N_{пп}$	пар поездов/сутки

$$t_{ат} = \frac{L \cdot q}{1000 \cdot v_{ат}}, \quad (2)$$

где L — ширина переезда, м;

$v_{ат}$ — средняя скорость движения автотранспорта на переезде, км/ч;

q — количество железнодорожных путей, пересекаемых автотранспортом (≥ 1);

t_n — время проследования переезда железнодорожным подвижным составом:

$$t_n = \frac{D}{1000 \cdot v_n}, \quad (3)$$

где D — длина переезда, м;

v_n — средняя скорость движения поезда на переезде, км/ч;

τ — временной интервал между движением автотранспорта на переезде, ч:

$$\tau = \frac{24}{N_{ат} \cdot k_{ac}}, \quad (4)$$

где $N_{ат}$ — средняя интенсивность движения автотранспорта на переезде, ед./сут;

k_{ac} — коэффициент, учитывающий сезонное увеличение интенсивности движения автотранспорта (≥ 1);

T — временной интервал между движением железнодорожного подвижного состава на переезде, ч:

$$T = \frac{24}{N_{пн} \cdot 2 \cdot s_{nc}}, \quad (5)$$

где $N_{пн}$ — средняя интенсивность движения железнодорожного подвижного состава на переезде, поездов/сут;

s_{nc} — коэффициент, учитывающий сезонное увеличение интенсивности движения железнодорожного подвижного состава (≥ 1).

Для проведения расчетов вероятности возникновения ДТП на переезде при учете человеческого фактора поведения водителей автомобилей следует ввести понятие коэффициента невнимательности (неосторожности) — k . Этот коэффициент равен отношению числа водителей, нарушающих правила пересечения переезда, к общему их числу, что определяется из статистических данных по прошедшим годам и позволяет добиваться точности математической модели. Тогда формула (1) примет следующий вид:

$$p = \frac{t_{ат}}{\tau} \cdot \frac{t_n}{T} \cdot k, \quad (6)$$

где $k < 1$.

При нахождении этого коэффициента следует учитывать обстоятельства, влияющие на поведение водителя.

Условия применимости математической модели

Модель может быть применима в тех случаях, когда автотранспортные средства приближаются к железнодорожному переезду в колонне. Если же они движутся поодиночке и их движение не наблюдается следующим за ними водителем, то в формуле модели (6) следует считать $k=1$, потому что взаимное влияние водителей отсутствует.

При нахождении автомобиля в потоке водитель движется за впереди идущим автомобилем и, в случае торможения последнего, он также тормозит, что снижает опасность возникновения ДТП. Заметим, что при высокой интенсивности автомобильного движения и снижении скорости головного автотранспортного средства на подъезде к пересечению железнодорожных путей, возникает очередь, поведение водителей в которой можно считать коллективным.

Представим расчет условия, когда движение в потоке отсутствует. Для этого обозначим расстояние по автомобильной дороге от указателя наличия железнодорожного переезда до самого переезда S .

Рассмотрим следующую задачу: при каких условиях коллективное поведение водителей отсутствует, то есть на дистанции S от переезда находится не более одного автомобиля, считая, что водитель производит торможение с постоянным отрицательным ускорением [16]. Если число автомобилей на этой дистанции больше одного, то коэффициент k оказывается меньшим единицы. Для того, чтобы различать две ситуации, следует провести расчет. По законам равнозамедленного движения с ускорением a имеет место следующая формула:

$$V(t) = V_0 - at,$$

где $V(t)$ — скорость движения автомобиля перед переездом,

V_0 — скорость движения автомобиля по дороге.

Из последней формулы получим:

$$a = \frac{V_0 - v_{ат}}{t_0},$$

где t_0 — время торможения автомобиля перед переездом.

По формуле перемещения автотранспортного средства при равнозамедленном движении найдем:

$$\begin{aligned} S &= V_0 t_0 - \frac{at_0^2}{2} = V_0 t_0 - \frac{(V_0 - v_{ат})t_0^2}{2} = \\ &= \frac{2V_0 t_0 - V_0 t_0 + v_{ат} t_0}{2} = \frac{(V_0 + v_{ат})t_0}{2}. \end{aligned}$$

Отсюда получим формулу для расчета времени торможения:

$$t_0 = \frac{2S}{V_0 + v_{ат}}. \quad (7)$$

Условие неопадания второго автомобиля на интервал S имеет следующий вид:

$$\frac{d}{V_0} > t_0 = \frac{2S}{V_0 + v_{ат}},$$

где d — интервал между автомобилями в потоке на перегезде, тогда

$$d > \frac{2SV_0}{V_0 + v_{ат}}. \quad (8)$$

Расчет параметра d проводится по формуле:

$$d = \tau V_0.$$

Рассмотрим задачу, когда на интервале S скапливается очередь ровно из $m > 1$ автомобилей.

$$\begin{cases} \frac{md}{V_0} > t_0 \\ \frac{(m-1)d}{V_0} < t_0. \end{cases}$$

Отсюда получим:

$$\begin{cases} \frac{t_0 V_0}{d} < m < 1 + \frac{t_0 V_0}{d} \\ m = \left[\frac{t_0 V_0}{d} \right] = \left[\frac{V_0 2S}{d(V_0 + v_{ат})} \right], \end{cases} \quad (9)$$

где квадратные скобки формулы (9) обозначают целую часть числа.

Формула (9) представляет собой условие отсутствия движения автотранспорта в колонне. Поэтому при нарушении условия (9) следует использовать в

формуле (6) для расчета вероятности возникновения ДТП на перегезде найденный коэффициент k .

Поэтому коэффициент k формулы (6) рассчитывается следующим образом:

$$k = \frac{z}{m}, \quad (10)$$

где z уже не зависит от влияния человеческого фактора, но различен для разных категорий перегездов. Этот параметр теперь можно находить для каждой категории перегездов, усредняя годовые статистические данные о числе ДТП.

В модели не учтено влияние поведения машиниста, которое не является коллективным и характеризуется постоянной вероятностью, не зависящей от категории перегезда.

Применение полученной модели

Для апробации модели был проведен расчет параметра z по данным предыдущих лет статистики железных дорог Российской Федерации, результаты которого представлены в табл. 4.

По приведенным в табл. 4 данным можно прогнозировать вероятность возникновения ДТП для каждой категории железнодорожных перегездов в следующем году с помощью формулы (6).

Выводы

Математическая модель показывает, что при $k=1$, т.е. при одиночном движении автотранспорта, что характерно для перегездов третьей и четвертой категорий с низкой интенсивностью движения, вероятность ДТП возрастает.

Исходя из результатов прогнозирования, появляется возможность проводить ранжирование железно-

Таблица 4

Результаты расчета параметра z

Интенсивность движения пар поездов, в сутки	Интенсивность движения автомобилей, в сутки				
	До 200 включительно	От 201 до 1000	От 1001 до 3000	От 3001 до 7000	Более 7000
До 16 включительно, а также по всем станционным и подъездным путям	0,021335584	0,005333896	0,00106678	0,00070511	0,0002839
17–100	0,004063921	0,00101598	0,00033577	0,00010817	1,046E-05
101–200	0,001137898	0,000470076	7,5717E-05	5,8594E-06	2,93E-06
Более 200	0,001410228	0,000283938	5,6788E-05	4,3945E-06	2,197E-06

Источник: составлено авторами

дорожных переездов с целью принятия рационального решения по их техническому оснащению, что является важным элементом управления безопасностью перевозок [17]. Обеспечение безопасности на переездах первой категории не требует дополнительного оснащения, кроме тех случаев, когда возникают новые переезды. Для части переездов, относящихся ко второй категории, следует рассматривать вопрос о дополнительном оснащении, в случаях большого числа пар поездов в сутки.

Можно сделать вывод о том, что для переездов третьей и четвертой категорий целесообразно рассматривать вопрос об установке оборудования, снижающего аварийность. Число переездов, для которых предусматриваются такие мероприятия, должно определяться общим объемом ограниченного финансирования. 

Литература

1. Жаворонков, В. А. Особенности дорожно-транспортных происшествий, совершаемых на железнодорожных переездах и меры по их предупреждению / В. А. Жаворонков. - Текст : непосредственный // Транспортное право и безопасность. - 2020. - № 1 (33). - С. 87-97.
2. Пути повышения транспортной безопасности / А. Избаирова, Ж. Альтаева, М. Нуржаубаев, Д. Элиакбаркызы. - Текст : непосредственный // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. - 2023. - № 2 (125). - С. 60-70.
3. Лебедева, Н. С. Обеспечение безопасности на железнодорожных переездах / Н. С. Лебедева, С. П. Епифанова, А. С. Петрова. - Текст : непосредственный // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. - 2020. - Т. 1. - С. 138-143.
4. Годяев, А. И. Методологические основы и принципы построения систем поддержки принятия решений в задачах обеспечения безопасности управления движением на железнодорожном транспорте : специальность : 05.22.08 « Управление процессами перевозок » : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Годяев Александр Иванович. - Москва, 2006. - 436 с. : ил. + Прил. (318 с.: ил.). - Текст : непосредственный.
5. Куртиков, Р. М. Комплекс эффективных решений по совершенствованию пересечений автомобильных и железных дорог / Р. М. Куртиков. - Текст : непосредственный // Современное состояние, проблемы и перспективы развития отраслевой науки : материалы VIII Всероссийской конференции с международным участием, Москва, 23-24 ноября 2023 года. - Москва : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2023. - С. 101-107.
6. Пономарев, В. М. Комплексная безопасность на железнодорожном транспорте и метрополитене. В двух частях. Часть 2. Безопасность движения и безопасность в чрезвычайных ситуациях: монография / В. М. Пономарев, В. И. Жуков, В. Г. Стручалин. - Москва : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2015. - 494 с. - 978-5-89035-823-3 978-5-89035-825-7. - Текст : электронный // УМЦ ЖДТ : электронная библиотека. - URL: <https://umczdt.ru/books/1197/225967/> (дата обращения: 16.12.2024). - Режим доступа: по подписке.
7. Международный союз железных дорог. - URL: <https://uic.org/> (дата обращения: 15.04.2024).
8. ГИБДД РФ. - URL: <http://stat.gibdd.ru/> (дата обращения: 02.04.2024).
9. Кошкин, А.Ю. Переездам - комплексные меры обеспечения безопасности / А. Ю. Кошкин, А. А. Иваненко. - Текст : непосредственный // Железнодорожный транспорт. - 2015. - № 6. - С. 4-8.
10. Розенберг, Е. Н. Многоуровневая система управления и обеспечения безопасности движения поездов : специальность 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» ; специальность 05.22.08 «Управление процессами перевозок» : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Розенберг Ефим Наумович. - Москва, 2004. - 317 с. : ил. - Текст : непосредственный.
11. Об утверждении условий эксплуатации железнодорожных переездов Приказ Минтранса Российской Федерации от 05.10.2022 г. № 402. - URL: <https://base.garant.ru/406279331/> (дата обращения: 03.04.2024). - Текст : непосредственный.
12. Невежин, В. С. Система контроля технического состояния железнодорожных переездов / В. С. Невежин, И. А. Кутень. - Текст : непосредственный // Фундаментальные и прикладные вопросы транспорта. - 2020. - № 1. - С. 21-26.

13. Власов, А. А. Теория транспортных потоков / А. А. Власов ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высшего проф. образования «Пензенский гос. ун-т архитектуры и стр-ва» (ПГУАС). - Пенза : Изд-во ПГУАС, 2014. - 123 с. - Текст : непосредственный

14. ГОСТ 32965-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Методы учета интенсивности движения транспортного потока = Automobile roads of the general use. Traffic flow intensity accounting methods : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 августа 2016 г. № 997-ст.: введен впервые : дата введения 2016-09-08 / Разработан Республиканским унитарным предприятием «Белорусский дорожный инженерно-технический центр» (РУП «Белдорцентр»), Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 418 «Дорожное хозяйство». - URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200132267?ysclid=m4s4d9fbnf12302904>. - Режим доступа : Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. - Текст : электронный.

15. Евдокимова, Е. Н. Формирование перечня показателей для анализа риска возникновения нарушений безопасности движения на железнодорожном транспорте, в том числе ДТП на железнодорожных переездах / Е. Н. Евдокимова, Е. А. Сеславина. - Текст : непосредственный // Корпоративное управление экономической и финансовой деятельностью на железнодорожном транспорте : сборник трудов по результатам IV международной научно-практической конференции, Москва, 11 января - 31 марта 2020 года. - Вып. 18. - Москва : Российский университет транспорта, 2020. - С. 128-134.

16. Savitha B.G., Murthy R. Satya, Jagadeesh H.S., Sathish H.S., Sundararajan T. Study on Geometric Factors Influencing Saturation Flow Rate at Signalized Intersections under Heterogeneous Traffic Conditions. Journal of Transportation Technologies. - Vol. 7. - №. 1. - January 2017. SCIRP <https://www.scirp.org> > journal.

17. Евдокимова, Е. Н. Разработка рекомендаций поддержки принятия решений при формировании инвестиционного проекта «Повышение безопасности движения» на железнодорожном транспорте / Е. Н. Евдокимова, А. И. Сеславин, Е. А. Сеславина. - Текст : непосредственный // Экономика, предпринимательство и право. - 2020. - Т. 10, № 3. - С. 791-804.