



---

---

# ВЕСТНИК

Белорусского  
Государственного  
Университета  
Транспорта

---

---

# НАУКА и ТРАНСПОРТ

---

---

1/2022



**ВЕСТНИК**  
**Белорусского**  
**Государственного**  
**Университета**  
**Транспорта**

---

Научно-практический журнал

---

**НАУКА**  
**и ТРАНСПОРТ**

**№ 1 (44)/2022**



«ВЕСТНИК БелГУТа: НАУКА И ТРАНСПОРТ»

Научно-практический журнал № 1 (44) 2022 года

Издается с апреля 2000 года

Выходит один раз в полугодие

Учредители:

Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта»  
Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь

Главный редактор *Ю. И. КУЛАЖЕНКО*

Заместители главного редактора: *А. А. ЕРОФЕЕВ, А. О. ШИМАНОВСКИЙ*

Редакционная коллегия:

*А. А. СИВАК, В. М. МОРОЗОВ, В. Н. ШУБАДЕРОВ,  
В. Я. НЕГРЕЙ, К. А. БОЧКОВ, Ю. О. ПАЗОЙСКИЙ, Э. И. СТАРОВОЙТОВ, О. Н. ЧИСЛОВ*

Ответственный секретарь *Т. А. ВЛАСЮК*

Адрес редакции: ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель, Республика Беларусь  
Телефон (факс) (0232) 31-59-48

Свидетельство о государственной регистрации средства массовой информации № 1247 от 08.02.2010,  
выданное Министерством информации Республики Беларусь

На белорусском и русском языках

СОДЕРЖАНИЕ

Людня В. А. 100 лет со дня рождения выдающегося ученого, руководителя, общественного деятеля Белого Владимира Алексеевича.....	4
<b>АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА И СВЯЗЬ</b>	
Шевчук В. Г., Бельский А. Н. Перспективные направления модернизации систем связи и передачи данных на Белорусской железной дороге.....	6
Шевчук В. Г., Веселов А. В. Аппаратно-программный комплекс тестирования и учета аккумуляторных батарей в дистанциях сигнализации и связи.....	11
Камнчатный Д. В. Аналитическое решение задач расчета электростатических полей техники высоких напряжений методом теорем сложения.....	14
<b>АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ</b>	
Аземша С. А., Грищенко Т. В., Ясинская О. О. Оптимизация параметров координированного регулирования по ул. Советской г. Гомеля.....	18
С. Н. Карасевич, Аземша С. А., Грищенко Т. В., Ясинская О. О. Совершенствование нормативного правового регулирования системы тахографического контроля в Республике Беларусь.....	27
Кавтун В. А., Короткевич С. Г., Людня В. А. Расчет и проектирование цистерн прямоугольного сечения пожарных автомобилей с повышенными прочностными характеристиками.....	34
<b>ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ</b>	
Путято А. В. Комплекс технических решений для модернизации универсального сливного прибора вагона-цистерны в условиях депо.....	38
Путято А. В. Автоматизация расчета ресурса несущих конструкций грузовых вагонов после длительной эксплуатации.....	43
Берченков В. В. Цифровые технологии для совершенствования технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов.....	47
<b>ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА</b>	
Ерофеев А. А., Чапский С. Ю. Прогнозирование продолжительности выполнения технологических операций в интеллектуальной системе управления перевозочным процессом.....	52
Ерофеев А. А., Кузнецов В. Г., Литвинова И. М., Килочницкая М. А. Системные требования к законодательному регулированию железнодорожного транспорта.....	57
Власюк Т. А., Белоус А. Н., Гончарова Л. А. Особенности организации безбарьерного пространства для пассажиров на железнодорожных вокзалах Республики Беларусь.....	63
Михальченко А. А. Оптимизация взаимодействия с объектами управления при разработке диспетчерских управляющих решений.....	68
Кавтун П. В., Дубровская Т. А. Развитие путевого хозяйства Белорусской железной дороги на современном этапе.....	73
Романенко В. В., Ценя А. А., Макаревич В. Д. Особенности, тенденции и факторы, влияющие на методологию управления состоянием бесстыкового пути.....	75
<b>НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ</b>	
Хрусталева Б. М., Пехота А. Н., Вострова Р. Н., Пшеничнов Ю. А. Применение многокомпонентного топлива в котлах пескосушильных установок локомотивных депо.....	79
Щадзубный А. А., Гордон В. А. Динамика конструктивно нелинейной системы «балка – основание» при внезапном образовании трещин.....	84
Васильев А. А., Кабышева Ю. К., Доля В. А., Леонов Н. А. Анализ предельной величины карбонизации бетона для различных классов бетона по прочности на сжатие.....	88
Громыко И. Л., Белькин В. О., Галушко В. Н. Диагностический комплекс трансформаторов и технология его применения с помощью сверточных нейронных сетей.....	91
<b>ПОДГОТОВКА КАДРОВ</b>	
Гришанкова Н. А. Анализ потребности специалистов технического профиля в чтении литературы на иностранных языках ..	96



## АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

УДК 656.13.05

*С. А. АЗЕМША, кандидат технических наук, Т. В. ГРИЩЕНКО, магистр техники и технологии, О. О. ЯСИНСКАЯ, магистр техники и технологии, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

### ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ КООРДИНИРОВАННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПО УЛ. СОВЕТСКОЙ г. ГОМЕЛЯ

Центральные улицы современных городов Республики Беларусь являются местом повышенных потерь в дорожном движении. Это обусловлено узкой проезжей частью в местах сложившейся застройки и ростом автомобилизации населения. В таких условиях реконструкция с уширением проезжей части невозможна. Кроме того, как показывает практика, подобные меры являются дорогостоящими, временными и в перспективе, с дальнейшим ростом автомобилизации, ситуация усугубляется вновь. Одним из недорогостоящих способов повышения эффективности дорожного движения в подобных условиях является введение координированного регулирования.

В данной статье исследована ул. Советская г. Гомеля: проведены натурные исследования транспортных и пешеходных потоков, геометрии перекрестков, построена модель магистрали в программе ArteryLite. С помощью такой модели оптимизированы параметры координированного регулирования.

**В**ведение. Улица Советская начинается от перекрестка с ул. Билецкого и ул. Трудовой и заканчивается у перекрестка с ул. Объездной. Протяженность участка составляет около 7,3 км. Так как ул. Советская соединяет Центральный и Железнодорожный районы, а здесь сконцентрировано большое количество промышленных предприятий, улица является одной из самых нагруженных по транспортной интенсивности и пассажиропотоку.

Последний раз расчет параметров координированного регулирования для ул. Советской проводился в 2011 году. За это время существенно изменился уровень автомобилизации, возросло население г. Гомеля, произведен ряд реконструкций (перекрестки с ул. Ефремова, ул. Троллейбусной и др.), изменены скоростные режимы движения, внесены изменения в схемы организации дорожного движения (ОДД) на некоторых объектах. Всё это является существенными предпосылками, обосновывающими актуальность пересмотра и оптимизации параметров координированного регулирования светофорными объектами (СФО) по ул. Советской.

**Постановка задачи.** На исследуемом участке расположено 24 СФО. Из них 10 объектов являются четырехсторонними перекрестками, 7 – трехсторонними перекрестками, 4 – регулируемыми пешеходными переходами, расположенными на перегонах, 3 – сложными регулируемыми перекрестками (РПК) (пересечения ул. Советской с пр. Победы и пл. Восстания, ул. Кирова и ул. Малайчука, ул. Ефремова). На шести объектах реализованы трехфазные циклы регулирования, на остальных – двухфазные. Предусмотрена реализация по часам суток 9 программ координации (ПК).

На всём протяжении исследуемый участок имеет скоростное ограничение до 50 км/ч, установленное дорожным знаком «Ограничение максимальное скорости». Исключения составляют два участка в направлении движения от пл. Ленина в сторону ул. Федюнинского:

- 1) от перекрестка с ул. Коммунаров до перекрестка с ул. Крестьянской;
- 2) через 30 м после регулируемого пешеходного перехода возле средней школы № 34 до перекрестка с ул. Троллейбусной.

На этих двух участках установлено максимальное ограничение скорости 40 км/ч.

Анализ существующего СФР показал, что на СФО, входящих в группу координации по ул. Советской г. Гомеля, не действует координированное регулирование, что подтверждается разными значениями продолжительности цикла светофорного регулирования (СФР) на этих перекрестках. Также установлено, что количество рабочих программ (РП) на разных перекрестках неодинаково и варьируется от одной до трех, что с высокой вероятностью не может обеспечивать подстройку регулирования под колебания интенсивностей как по часам суток, так и по дням недели. Кроме того, сомнения вызывает продолжительность переходных интервалов на некоторых СФО.

Для расчета параметров светофорного и координированного регулирования на СФО по ул. Советской, создания модели этого объекта в ArteryLite необходимы данные о геометрических характеристиках СФО, входящих в группу координации, а также существующих схемах ОДД на них. Такие параметры получены путем натурного обследования СФО, входящих в группу координации. В результате этого обследования созданы модели исследуемых СФО.

Анализ схем ОДД на СФО по ул. Советской показал, что на большинстве перекрестков запрещен поворот налево на входах со стороны ул. Советской. Это обусловлено, вероятно, необходимостью обеспечения достаточного уровня пропускной способности СФО. Часть таких перекрестков расположена не в стесненных условиях и позволяет предусмотреть реконструкцию с уширением проезжей части и выделением левоповоротных полос (например, перекресток с ул. Головацкого, Кожара, Тимофеевко и т. д.). Другая часть СФО, расположенная в исторической части города, возможностями к уширению не располагает.

Для оценки существующей транспортной нагрузки на ул. Советской было проведено натурное исследование транспортных и пешеходных потоков в один будний день (вторник 14.09.2021), одну субботу (18.09.2021) и одно воскресенье (19.09.2021). Обследования интенсивностей транспортных и пешеходных по-



токов на СФО ул. Советской производились путем подсчета количества транспортных средств (ТС), подъезжающих с каждого входа на СФО, и пешеходов, движущихся в каждом направлении на каждом пешеходном переходе 10 мин в течение каждого часа в период с 6:00 до 22:00. Установлено, что наибольшая транспортная нагрузка наблюдается на перегоне от перекрестка с ул. Хатаевича до перекрестка с ул. Рогачевской (рисунок 1). В утренний час пик буднего дня на этом перегоне наблюдается порядка 2130 авт./ч в направлении от ул. Обьездной к пл. Ленина. В вечерний час пик транспортная нагрузка доходит до 1879 авт./ч, но в обратном направлении. Максимальная суточная интенсивность в будний и выходные дни наблюдается на этом же перегоне и достигает 21 тыс. авт./сут в будний день, 17,1 тыс. авт./сут в субботу и 14,3 тыс. авт./сут в воскресенье.

Также произведен анализ востребованности введенных относительно недавно диагональных пешеходных переходов на перекрестке с ул. Ланге и ул. Трудовой (рисунок 2). Расчеты показывают, что всего за период наблюдения им воспользовалось порядка 20,6 % от общего числа пешеходов, переходивших проезжую часть на данном перекрестке. При этом во вторник им воспользовалось 23,6 % пешеходов, в субботу – 20,2 %, а в воскресенье – 14,7 %. Тест на значимость различий по доле пешеходов, пользующихся диагональными пешеходными переходами по критерию Уилкоксона, показал отсутствие статистической значимости таких различий (рисунок 3). Это говорит об отсутствии зависимости в доле пешеходов, пользующихся диагональными пешеходными переходами от дня недели.

Для оценки динамики изменения интенсивностей транспортных потоков полученные при обследовании данные о существующих интенсивностях транспортных потоков были сравнены с их аналогичными значениями, полученными в 2011 г. Результаты такого сравнения показывают (таблица 1), что максимальный рост транспортной нагрузки составляет 65 % и наблюдается на перекрестке с ул. Комсомольской в период с 7:00 до 8:00. На перекрестке ул. Советской с ул. Федюнинского, а также на перекрестке с ул. Кирова в период с 7:00 до 8:00 наблюдается падение интенсивности в 2021 г. по сравнению с 2011 г. Это объясняется масштабной реконструкцией перекрестка ул. Советской с ул. Ефремова, на котором интенсивность выросла на 34,5 %. Установлено, что в среднем интенсивность движения по рассмотренным РПК ул. Советской в 2011 г. составляла 2528,1 авт./ч, а в 2021 – 3031,1 авт./ч. Таким образом, по рассмотренным объектам наблюдения средний рост интенсивности составил 20,6 %. Тест на значимость различий значений интенсивностей в двух зависимых выборках (значения интенсивностей в 2011 и в 2021 гг., (рисунок 4) показал статистическую значимость таких различий. Основой такого роста транспортной нагрузки стал рост автомобилизации в Гомельской области, который составил в 2021 г. 27,2 % по сравнению с уровнем 2011 г. Существующий уровень автомобилизации нельзя назвать высоким, поэтому разумным будет предположить дальнейшее ее увеличение и, как следствие, рост транспортной нагрузки на ул. Советской. Учитывая ограниченность пространства в исторической застройке ул. Советской и невозможность ее уширения, следует

предусматривать перспективные пути повышения пропускной способности. Оптимизация параметров координированного регулирования с реализацией диагональных пешеходных переходов является одним из таких путей.

#### Основная часть.

На основании данных, полученных при обследовании транспортных и пешеходных потоков по ул. Советской г. Гомеля, построена модель работы этой улицы в программном продукте ArteryLite.

При создании модели ул. Советской учитывались расстояния между СФО по ул. Советской, количество полос движения на каждом входе и их ширина, разрешенные направления движения по полосам, интенсивность и состав ТП по направлениям движения, интенсивность пешеходного потока, разрешенные скорости движения, существующие циклы СФО и ПК, выделенные перед перекрестком полосы для поворота налево/направо, остановочные пункты, влияющие на поведение транспортного потока (ТП), вертикальные уклоны (подъемы и спуски) [1].

Построенная модель позволила получить критерии оценки функционирования объекта координации при существующих условиях регулирования. В качестве таких критериев выступали следующие [2].

1 Системные характеристики для всей магистрали (таблица 2):

- средняя задержка, с/авт.;
- остановки полные, авт./ч (%);
- количество перенасыщенных сегментов – число сегментов на магистрали, на которых интенсивность превышает пропускную способность;
- расход топлива, л/ч – суммарное количество топлива, потребляемое всеми ТС при движении по всему объекту моделирования;
- индекс эффективности (DI/PROS) – отношение индекса невыгодности (DI) к показателю беспрепятственного движения (PROS). Индекс невыгодности (DI) – комплексный показатель, учитывающий неблагоприятные факторы (остановки, задержки, расход топлива). Показатель беспрепятственного движения (PROS) – это количественный критерий, характеризующий способность транспорта следовать через несколько перекрестков подряд без остановок.

2 Локальные характеристики для каждого регулируемого СФО и для каждого входа на него:

- средняя задержка, с/авт. – разница во времени движения через регулируемый СФО с фактической скоростью (с учетом снижения скорости, остановок и т. д.) и с максимально допустимой скоростью;
- остановки полные, авт./ч (%) – количество автомобилей, остановившихся в единицу времени, авт./ч, или отношение количества автомобилей, остановившихся в единицу времени к суммарному числу автомобилей, проехавших через этот же перекресток в единицу времени (%);
- расход топлива, л – суммарное количество топлива, расходуемое за анализируемый период при проезде через перекресток всеми ТС;
- уровень сервиса – укрупненная характеристика ТП, показывающая условия движения в нем и учитывающая соотношения между интенсивностью, скоростью и плотностью.



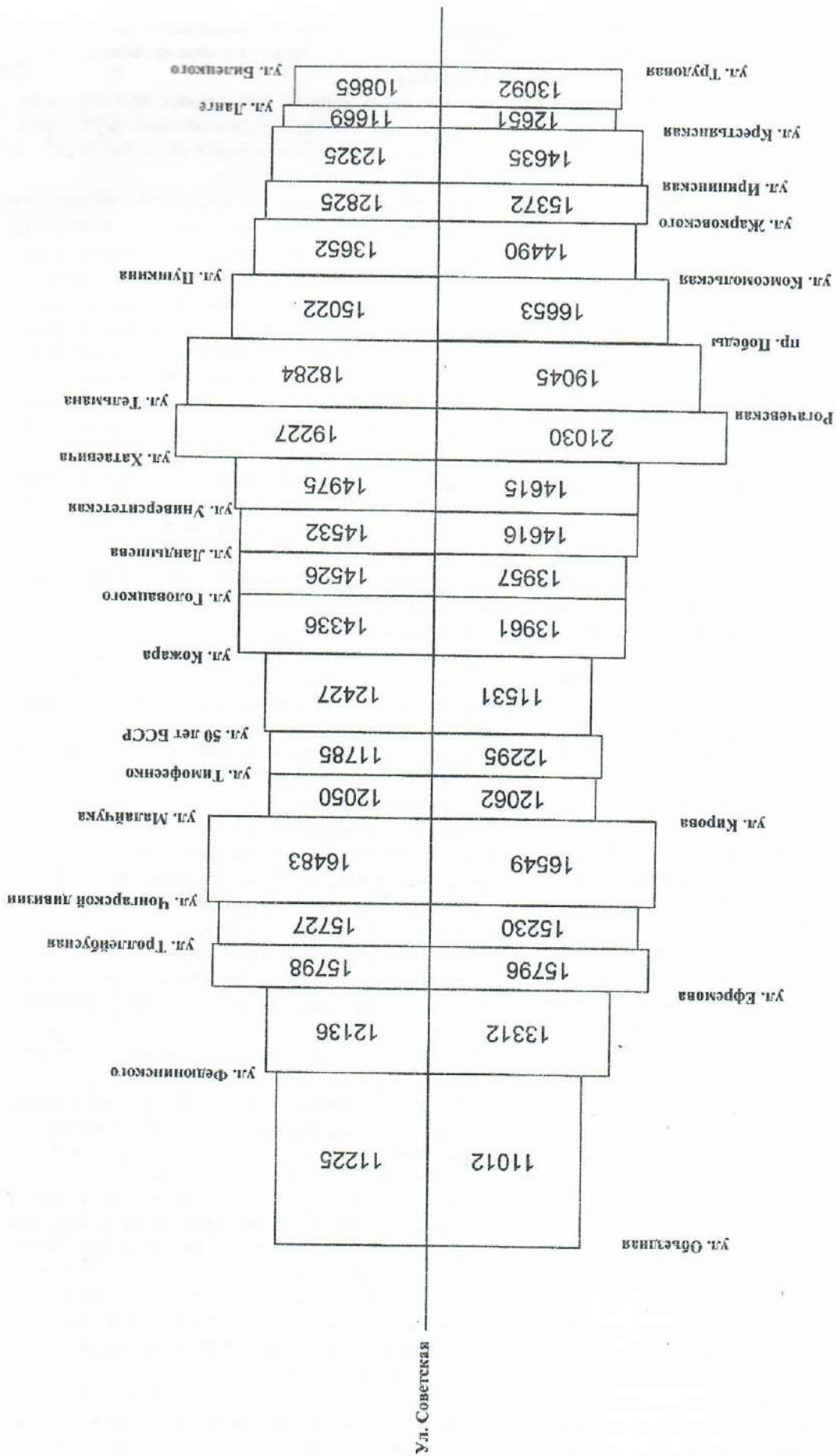


Рисунок 1 – Картограмма суточных интенсивностей транспортных потоков в будний день (вторник 14.09.2021)

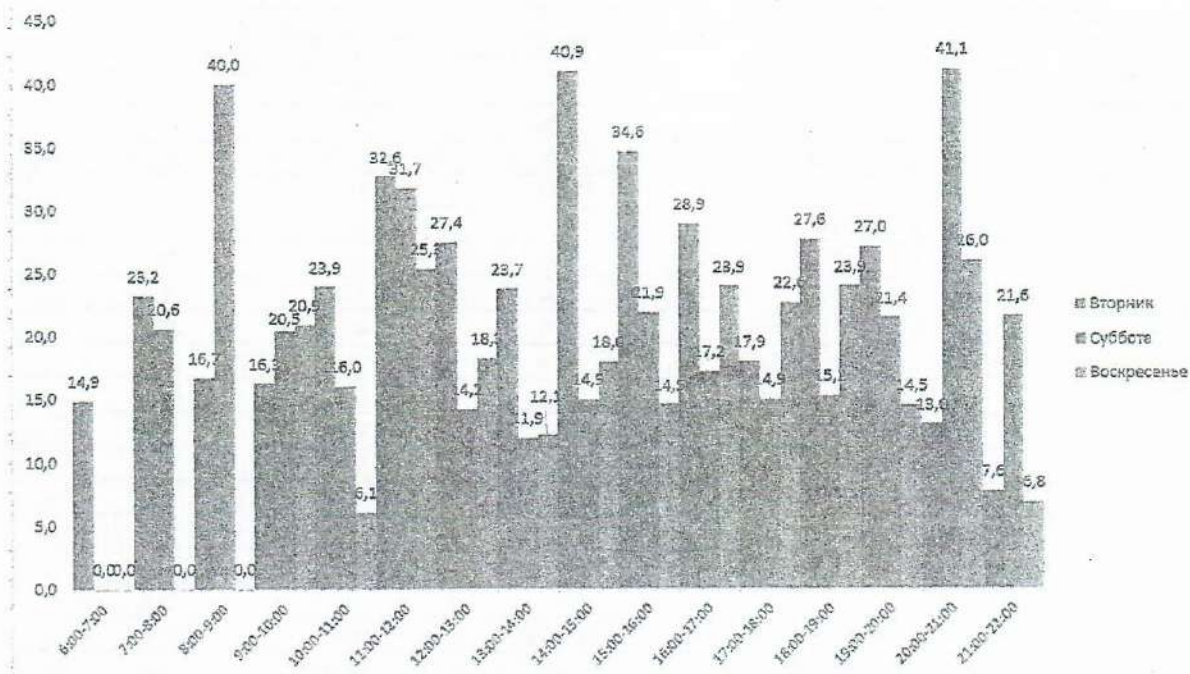


Рисунок 2 – Доля пешеходов, пользующихся диагональными пешеходными переходами

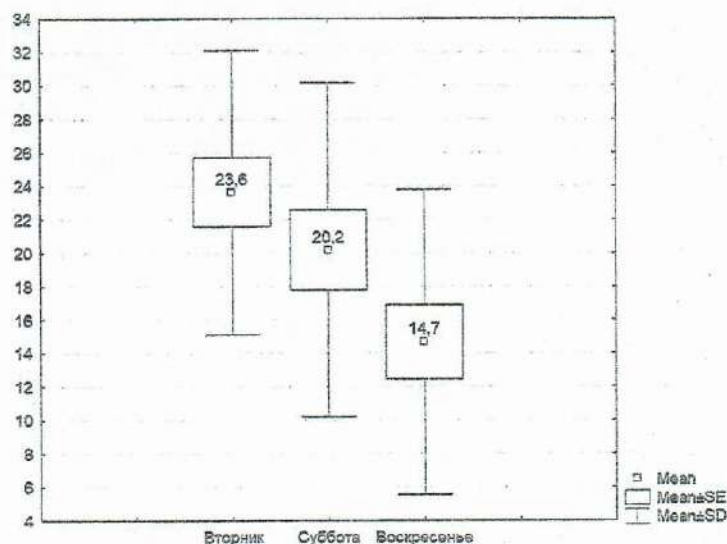


Рисунок 3 – Сравнение доли пешеходов, пользующихся диагональными пешеходными переходами по дням недели

Таблица 1 – Сравнение транспортной нагрузки в 2011 и 2021 гг.

Объект	Часы суток	Интенсивность, авт./ч		Рост, %	
		2011	2021		
Советская – Трудовая	7:00–8:00	1980	2615	32,1	21,3
	13:00–14:00	1644	1911	16,2	
	17:00–18:00	2184	2618	19,9	
	19:00–20:00	1596	1835	15,0	
Советская – Крестьянская	7:00–8:00	1848	2471	33,7	29,2
	13:00–14:00	1656	1867	12,7	
	17:00–18:00	2124	2864	34,8	
	19:00–20:00	1356	1821	34,3	
Советская – Первомайская (Ирининская)	7:00–8:00	1872	2918	55,9	29,9
	13:00–14:00	1728	2245	29,9	
	17:00–18:00	2664	3204	20,3	
	19:00–20:00	1776	2074	16,8	
Советская – Комсомольская	7:00–8:00	1644	2713	65,0	24,1
	12:00–13:00	2124	2473	16,4	
	17:00–18:00	2856	3142	10,0	
	19:00–20:00	1728	2035	17,8	



Объект	Часы суток	Интенсивность, авт./ч		Рост, %	
		2011	2021		
Советская – Победы	7:00–8:00	2816	3114	10,6	13,8
	13:00–14:00	2460	2629	6,9	
	17:00–18:00	2874	3613	25,7	
	19:00–20:00	2190	2411	10,1	
Советская – Рогачевская	7:00–8:00	3066	3804	24,1	18,8
	13:00–14:00	2754	2844	3,3	
	17:00–18:00	3306	4085	23,6	
	19:00–20:00	2454	3023	23,2	
Советская – Хатаевича	8:00–9:00	3358	5032	49,9	31,0
	13:00–14:00	3132	3353	7,1	
	17:00–18:00	4452	5829	30,9	
	19:00–20:00	3498	4696	34,2	
Советская – Кирова	7:00–8:00	3944	3747	-5,0	7,5
	13:00–14:00	2919	2997	2,7	
	17:00–18:00	3764	4809	27,8	
	19:00–20:00	2587	2653	2,6	
Советская – Ефремова	7:00–8:00	3166	3863	22,0	34,5
	13:00–14:00	2644	3295	24,6	
	17:00–18:00	3264	4599	40,9	
	19:00–20:00	1848	2935	58,8	
Советская – Федюнинского	7:00–8:00	2904	2566	-11,6	-7,5
	13:00–14:00	2052	1764	-14,0	
	17:00–18:00	3168	3117	-1,6	
	19:00–20:00	1723	1659	-3,7	

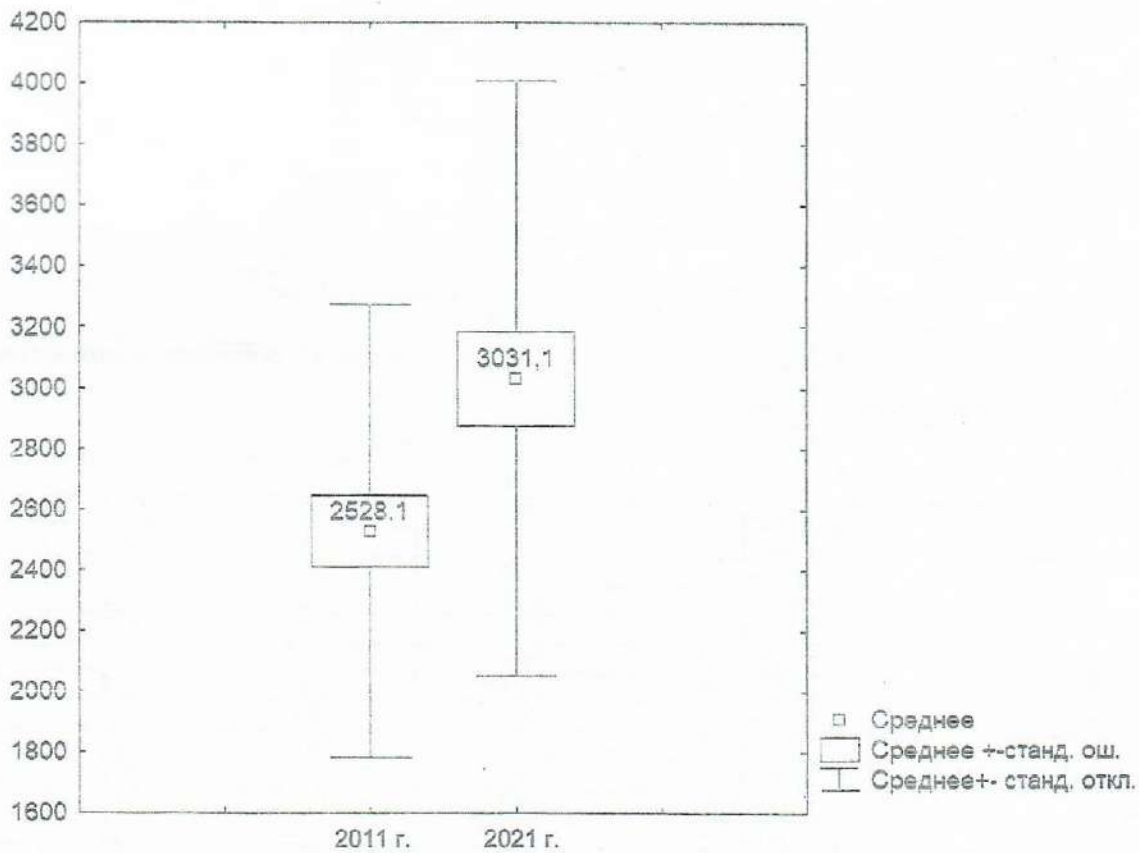


Рисунок 4 – Диаграмма размаха интенсивностей в 2011 и 2021 гг.



Таблица 2 – Системные характеристики функционирования всей магистрали при существующих параметрах КР

Период	Средняя за- держка с/авт.	Остановки		Количество перенасы- щенных сегментов, ед.	Средняя ско- рость, км/ч	Расход топлива, л	Индекс эффективности
		количество	%				
<b>Вторник (14.09.2021)</b>							
6:00–7:00	10,6	8552	43	0	31,8	924	0,4154
7:00–8:00	17,8	32233	50	3	25,2	3364	0,0754
8:00–9:00	14,1	30776	51	0	28	2992	0,1013
9:00–10:00	12,2	24447	48	0	29,9	2403	0,1393
10:00–11:00	12,9	26174	49	0	28,6	2551	0,1259
11:00–12:00	13,1	25458	48	1	28,4	2540	0,125
12:00–13:00	13,1	26230	49	1	27,8	2562	0,1242
13:00–14:00	15,8	23560	47	1	26,5	2510	0,1094
14:00–15:00	13,6	26782	49	1	27,9	2670	0,1171
15:00–16:00	12,9	30715	50	1	28,6	3009	0,1087
16:00–17:00	13,7	31562	52	0	28,1	3055	0,1033
17:00–18:00	31,1	43701	59	7	19,1	4780	0,0373
18:00–19:00	19,2	33488	53	2	24	3357	0,0714
19:00–20:00	19,8	23812	49	2	24,4	2610	0,0889
20:00–21:00	11,3	18334	45	0	29,4	1885	0,1848
21:00–22:00	10,8	9268	44	0	31,8	960	0,377
<b>Суббота (18.09.2021)</b>							
6:00–7:00	10,5	5918	44	0	32,5	632	0,6113
7:00–8:00	10,1	10553	42	0	31,7	1142	0,3406
8:00–9:00	10,3	13710	43	0	31,6	1476	0,2632
9:00–10:00	11,6	17660	47	0	29,7	1804	0,1961
10:00–11:00	12,6	23341	49	0	28,4	2280	0,1443
11:00–12:00	13,9	26650	50	1	28,2	2636	0,117
12:00–13:00	16,3	27334	51	1	26,2	2753	0,0982
13:00–14:00	13,8	27599	51	1	28,3	2664	0,1158
14:00–15:00	15,3	25106	50	2	27	2477	0,1126
15:00–16:00	14,8	24834	49	1	27,7	2533	0,1155
16:00–17:00	12,9	24408	50	0	28,9	2381	0,1358
17:00–18:00	12,3	21686	48	0	28,6	2157	0,1534
18:00–19:00	11,6	18248	47	0	29,7	1851	0,1885
19:00–20:00	12,7	15179	46	1	29,2	1566	0,2036
20:00–21:00	10,8	13057	43	0	31	1374	0,2651
21:00–22:00	10,1	10155	42	0	31,9	1086	0,3486
<b>Воскресенье (19.09.2021)</b>							
6:00–7:00	10,6	4686	44	0	32,5	496	0,7702
7:00–8:00	9,8	7460	41	0	32,4	819	0,4845
8:00–9:00	9,5	8085	41	0	33	885	0,4535
9:00–10:00	11,5	12824	46	0	29,8	1321	0,2668
10:00–11:00	11,4	15598	46	0	29,4	1621	0,2213
11:00–12:00	11,6	19002	46	0	29,7	1948	0,1796
12:00–13:00	12,3	22516	48	0	29,8	2234	0,1499
13:00–14:00	13,2	22206	49	1	28,6	2197	0,1443
14:00–15:00	12,1	22092	48	0	29,3	2156	0,1557
15:00–16:00	14,1	21763	49	2	28,3	2220	0,1366
16:00–17:00	11,6	19428	47	0	30,2	1963	0,1773
17:00–18:00	11,7	19908	47	0	28,9	2006	0,17
18:00–19:00	11,8	19104	47	0	30,1	1896	0,1786
19:00–20:00	11,5	17258	46	0	30,4	1748	0,1993
20:00–21:00	10,7	12851	43	0	30,6	1365	0,2681
21:00–22:00	10,3	8071	42	0	32,2	848	0,435



По значениям индекса эффективности (см. таблицу 2) установлено, что наибольшие потери в дорожном движении наблюдаются в будний день с 7:00 до 9:00 и с 17:00 до 20:00. Также пониженным значением индекса эффективности характеризуются будний день с 10:00 до 17:00 и суббота с 11:00 до 16:00. Также было установлено следующее.

1 Уровень обслуживания F в общем по СФО наблюдается:

- в будний день с 7:00 до 8:00 на перекрестке с ул. Объездной;
- в будний день с 17:00 до 18:00 на перекрестке с ул. Чонгарской дивизии и на перекрестке с ул. Хатаевича;
- в будний день с 18:00 до 20:00 на перекрестке с ул. Рогачевской и ул. Тельмана.

2 Уровень обслуживания E в общем по СФО наблюдается:

- в будний день с 13:00 до 14:00 и с 17:00 до 18:00 на перекрестке с ул. Рогачевской и ул. Тельмана;
- в субботу с 12:00 до 13:00 на перекрестке с ул. Рогачевской и ул. Тельмана;
- в субботу с 15:00 до 16:00 на перекрестке с пр. Победы.

Детальный анализ результатов моделирования работы этих объектов показал, что из девяти случаев превышения допустимого уровня обслуживания пять (примерно 55 %) приходится на перекресток с ул. Рогачевской и ул. Тельмана. Причем наихудшие условия движения для ТС наблюдаются на входе D при движении прямо и налево, а также на входе С при движении налево.

На следующих этапах при помощи модели улицы Советской г. Гомеля, построенной в программном продукте ArteryLite, моделировалась работа данной магистрали при реализации различных решений по ОДД, а также оптимизировались параметры КР СФО на ней. В качестве функции оптимизации было задано отношение PROS/DI [2, 3]. В качестве метода оптимизации выбран генетический метод. При этом в модели учитывались актуализированные и согласованные с УГАИ УВД Гомельского облисполкома значения переходных интервалов.

Всего смоделировано 34 варианта КР на ул. Советской, 19 из них были исключены из рассмотрения за явную неэффективностью. Остальные 15 вариантов отличались реализацией различных мероприятий по ОДД. Их описание и оценка эффективности приведены в таблице 3. Для выбора оптимальной модели применены методы математической статистики (тесты Вальда – Вольфовица, Колмогорова – Смирнова, Мана – Уитни, корреляционный анализ), реализованные в [4] (таблица 4). Из таблицы 4 видно, что наилучшими параметрами будет обладать модель, в которой:

- исключена ул. Объездная;
- реализованы мероприятия по ул. Рогачевской;
- сокращено время включения разрешающего зеленого сигнала при переходе через ул. Советскую;
- ликвидирован один переход через ул. Советскую на некоторых Т-образных перекрестках.

Из таблицы 3 этим условиям соответствуют модели 8–10, 13–15. УГАИ УВД Гомельского облисполкома со-

гласован 9-й вариант. Для этого варианта предусмотрено на реализацию следующих мероприятий:

- исключение из координации перекрестка с ул. Объездной;
- изменение схемы ОДД на перекрестке с ул. Рогачевской;
- диагональные пешеходные переходы на перекрестке с ул. Ланге;
- сокращение времени работы разрешающего зеленого при переходе через ул. Советскую на ряде пешеходных переходов;
- ликвидация пешеходного перехода через ул. Советскую на перекрестке с ул. Чонгарская дивизия (со стороны пл. Ленина), на перекрестке с ул. Тимофеевко (со стороны ул. Федюнинского), на перекрестке с ул. Головацкого (со стороны ул. Федюнинского).

Всего было рассчитано 5 ПК для различных дней недели и периодов суток. Для каждой ПК рассчитаны сдвиги включения разрешающего сигнала и светофорные циклы.

Установлено, что реализация предлагаемых мероприятий позволит снизить:

- 1) суммарные задержки на 256 932 авт-ч/год;
- 2) суммарное количество остановок на 10 615 384 ост./год;
- 3) расход топлива на 1 408 940 литров.

Экономический эффект от реализации предложенных мероприятий будет равен 1,44 млн у. е./год.

**Заключение и выводы.** Проведенные исследования условий движения по ул. Советской г. Гомеля, создание модели данной магистрали в программном продукте ArteryLite позволили оптимизировать параметры координированного регулирования на ней. Одновременно с этим предложен ряд мероприятий по изменению схем ОДД на ряде перекрестков, входящих в группу координации. Расчет экономической эффективности показал, что реализация предложенных мероприятий позволит снизить потери от остановок и задержек транспортных средств на 1,44 млн у. е. в год.

Для дальнейшего снижения потерь в ДД был предложен ряд мероприятий на перспективу.

1 Запретить поворот налево и разворот на перекрестках ул. Советской с ул. Телегина и с ул. Ландышева.

2 Обустроить остановочные пункты заездным карманом на всех остановочных пунктах, расположенных по ул. Советской.

3 Остановочные пункты «Фабрика 8 Марта» и «Ул. Жарковского» (при движении в сторону к площади Ленина) демонтировать и вместо них оборудовать остановочный пункт в виде кармана напротив дома 34 по ул. Советской.

4 Организовать платные парковки.

5 Предусмотреть расширение ПЧ с целью добавления полос для поворота налево на перекрестках ул. Советской с улицами 50 лет БССР, Кожара, Головацкого, Университетской.

6 Пересмотреть начало (окончание) смен (обеденных перерывов) предприятий.



Таблица 3. Технические показатели вариантов КТ в вечерний час пик буднего дня

№ п/п	Включение перекрестка с ул. Обрзальной в модель, да/нет		Изменение схемы ОЛД на перекрестке с ул. Рогачевской, да/нет		Количество итераций, ед	Особенности модели		Сопровождение продолжительности времени включения разрешающего сигнала светофора для пешеходов при переходе через ул. Советскую	Ликвидация одного перехода через ул. Советскую на Т-образных перекрестках	Время цикла, с	Средняя задержка, с/авт.	Средняя скорость, км/ч	Количество остановок, тыс. ед	Число сегментов с перерушкой, ед	Расход топлива, л	PROS	PROS/DI	Минимальная ширина ленты обслуживания, с	Количество сегментов с уровнем обслуживания			
	Е	Р	Е	Р																		
0	Нет	Нет	0	Нет	0	На перекрестке с ул. Ланге	Нет	Нет	Нет	6	30,7	20,2	41,2	6	4504	23,5	0,0338	0	1	3	2	8
0	Да	Нет	0	Нет	0	»	Нет	Нет	Нет	7	31,1	19,1	43,7	7	4780	21,8	0,0296	0	1	3	3	8
1	Да	Да	19000	Нет	19000	На перекрестках с ул. Жарковского, Ирининской, Крестьянской, Ланге, Билецкого	Нет	Нет	Нет	90	18,9	24,4	45,4	1	4127	25,8	0,0598	5,58	2	6	0	2
2	Да	Нет	19000	Нет	19000	»	Нет	Нет	Нет	95	20,2	23,8	43,7	2	4148	29	0,07	8,55	2	5	0	7
3	Да	Да	30000	Да	30000	»	Нет	Нет	Нет	94	19,8	24,1	44,2	1	4177	28,8	0,0613	5,64	2	5	0	5
4	Нет	Да	20000	Нет	20000	На перекрестке с ул. Ланге	Да	Да	Нет	92	17,4	27,7	39,5	1	3700	30,2	0,084	12,88	1	2	0	3
5	Нет	Нет	10000	Нет	10000	»	Да	Да	Нет	97	18,3	27,1	38,4	2	3735	29,1	0,0833	5,82	1	5	0	3
6	Нет	Да	30000	Да	30000	На перекрестках с ул. Жарковского, Ирининской, Крестьянской, Ланге, Билецкого	Да	Да	Нет	91	19,7	26,1	43,9	1	3926	27,4	0,0594	7,28	2	4	0	4
7	Нет	Да	10000	Да	10000	»	Да	Да	Нет	103	19,6	25,8	42,8	1	3936	32,2	0,0723	9,27	3	11	0	5
8	Нет	Да	10000	Да	10000	»	Да	Да	Да	93	18,4	27	40,6	1	3785	28,1	0,0797	8,37	1	2	0	4
9	Нет	Да	10000	Да	10000	На перекрестке с ул. Ланге	Да	Да	Да	92	16,6	28,3	38,8	1	3651	31	0,0959	14,72	1	2	0	1
10	Нет	Да	20000	Да	20000	На перекрестках с ул. Жарковского, Ирининской, Крестьянской, Ланге, Билецкого	Да	Да	Да	104	18,8	26,4	38,9	1	3805	34,6	0,093	13,52	3	13	1	3
11	Да	Да	10000	Да	10000	На перекрестке с ул. Ланге	Да	Да	Да	93	16,6	25,7	40,7	1	3899	30,3	0,0869	13,02	2	6	0	1
12	Нет	Да	30000	Да	30000	»	Да	Да	Нет	92	17	28	39,2	1	3674	30,9	0,0913	14,72	2	4	0	3
13	Нет	Да	20000	Да	20000	»	Да	Да	Да	93	16,6	28,3	38,8	1	3680	31,8	0,099	15,81	2	3	0	2
14	Нет	Да	30000	Да	30000	На перекрестках с ул. Жарковского, Ирининской, Крестьянской, Ланге, Билецкого	Да	Да	Да	104	18,8	26,4	38,9	1	3805	34,2	0,0879	13,52	3	13	1	3
15	Нет	Да	30000	Да	30000	»	Да	Да	Да	104	24,8	23	37,5	2	4094	35,5	0,067	18,72	3	12	1	5



Таблица 4 – Оценка значимости влияния предложенных мероприятий на показатели функционирования КР на ул. Советской

Критерий	Включение перекрестка с ул. Объездной в модель, да/нет	Реализация мероприятий по ул. Рога-чевской, да/нет	Количество итераций, ед.	Наличие диагональных пешеходных переходов	Сокращение времени включения разрешающего зеленого сигнала при переходе через ул. Советскую в соответствии с СТБ 1300	Ликвидация одного перехода через ул. Советскую на Т-образных перекрестках
Средняя задержка, с/авт.	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
Средняя скорость, км/ч	Да	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
Количество остановок, ед.	Да	Нет	Нет	Нет	Да	Да
Число сегментов с перегрузкой, ед.	Нет	Да	Нет	Нет	Нет	Нет
Расход топлива, л	Да	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
PROS	Нет	Да	Нет	Нет	Да	Да
PROS/DI	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Да
Минимальная ширина ленты безостановочного движения, с	Нет	Да	Нет	Нет	Да	Да
Е по ул. Советской	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Нет
Е по въездам на ул. Советскую	Нет	Да	Нет	Нет	Нет	Нет
Е по ул. Советской	Нет	Да	Нет	Нет	Нет	Нет
Е по въездам на ул. Советскую	Нет	Да	Нет	Нет	Нет	Нет

#### Список литературы

1 Расчет параметров координированного регулирования светофорными объектами по ул. Советская в г. Гомеле. Ч. 1. Сбор данных о работе светофорных объектов, входящих в координацию: отчет о НИР по договору 2/1943 от 14 июля 2021 г. – Гомель: БелГУТ. – 2021. – 646 с.

2 Transyt-7FR. Руководство пользователя (русская версия). – 508 с.

3 ArteryLite. Руководство пользователя. – 101 с.

4 Statistica 13.3. Computer program. Serial number JRR 709H998119TE-A.

5 ArteryLite. Computer program. Serial number 9MBQ2-XJVU4-9KJ5V-BCQGS-4U6YT.

Получено 22.02.2022

**S. A. Azemsha, T. V. Hryshchanka, V. O. Yasinskaya.** Optimization of parametr of coordinated regulation on Sovetskaya Street, Gomel.

The central streets of modern cities of the Republic of Belarus are the place of increased losses in traffic. This is due to the narrow roadway in the places of existing development and the growth of motorization of the population. Under such conditions, reconstruction with the widening of the carriageway is not possible. In addition, as practice shows, such measures are expensive, temporary, and in the future, with a further increase in motorization, the situation is aggravated again. One inexpensive way to improve the efficiency of traffic in such conditions is the introduction of coordinated regulation.

In this article, Sovetskaya Street city of Gomel: full-scale studies of traffic and pedestrian flows, geometry of intersections were carried out, a model of the highway was built in the ArteryLite program. Using this model, the parameters of coordinated regulation are optimized.