

ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТИВНОГО СВЕТОФОРНОГО
РЕГУЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПЕРЕКРЕСТКОВ

Содержание

Введение	2
1 Характеристика объекта исследования	3
2 Оптимизация светофорного цикла и создание программы адаптивного регулирования.....	7
3 Моделирование предложенных решений.....	16
4 Эффективность предлагаемых мероприятий.....	22
Заключение.....	23
Список использованных источников	24

Введение

Автомобилизация наряду с положительным влиянием на экономику и социальное развитие несет в себе и отрицательные последствия, связанные с большим числом дорожно-транспортных происшествий, погибших и раненых, огромным материальным ущербом, негативным влиянием на экологическое состояние городской среды, загромождением улиц стоящими автомобилями, транспортными заторами и резким снижением скоростей движения. Уменьшить последствия автомобилизации можно правильной организацией дорожного движения, под которой обычно понимается комплекс инженерных и организационно-технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности движения транспортных и пешеходных потоков.

Решение проблем дорожного движения в современном городе является важнейшей градостроительной задачей, от которой зависит уровень благоустройства города, направление его дальнейшего развития, характер и форма расселения жителей. Для повышения пропускной способности улиц проводится реконструкция улично-дорожной сети, внедряются новые способы и средства организации движения транспортных средств и пешеходов. Одним из таких способов является введение адаптивной системы регулирования транспортных потоков предназначена для решения актуальной задачи управления дорожным движением на оживленных перекрестках в условиях максимальной загрузки проезжей части транспортными средствами. Предлагается увеличивать пропускную способность перекрестка за счет непрерывного автоматизированного мониторинга дорожного движением, анализа оперативной обстановки, прогнозирования и предупреждения возможных скоплений транспорта.

1 Характеристика объекта исследования

В качестве объекта исследования выбран регулируемый перекресток на пересечении улицы Интернациональной – проспекта Ленина.

Перекресток является четырехсторонним и регулируемым, что характеризуется наличием транспортных светофоров (4 основных и 4 дублирующих). Главной дорогой является проспект Ленина (установлен знак 2.1 «Главная дорога»), второстепенной – ул. Интернациональная (установлен знак 2.5 «Движение без остановки запрещено»). Схема перекрестка приведена на рисунке 1.1

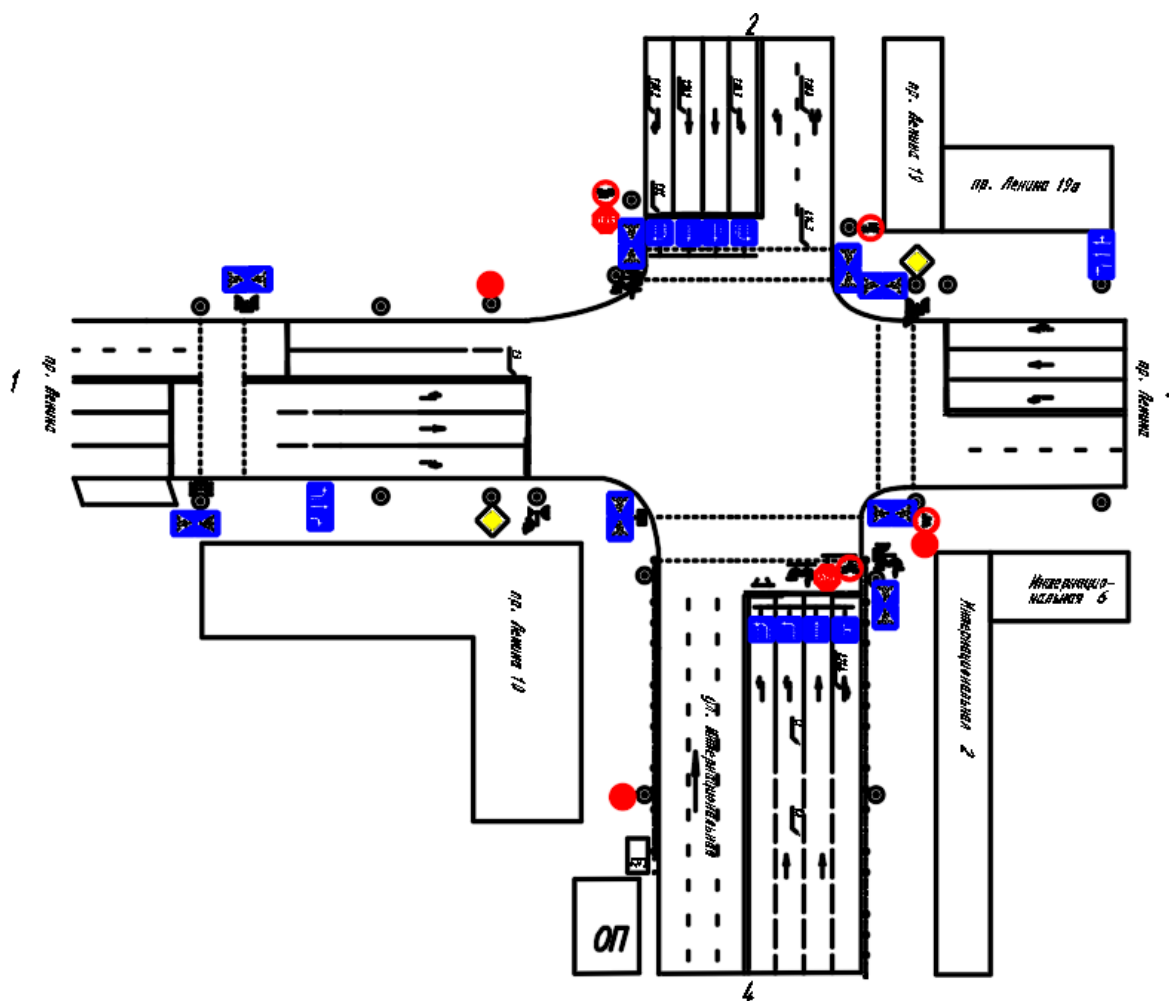


Рисунок 1.1 – Схема исследуемого объекта

Ширина входов на улице Интернациональная составляет 22,6 м со входа IV и 21,8 м со входа II, а ширина входов на проспекте Ленина составляет 17,2 м (вход I) и 17,7 м (вход II). На каждом входе по ул. Интернациональная имеется по шесть полос движения шириной по 3,5 м, а по проспекту Ленина имеется по пять полос движения с каждого входа шириной по

На входе II 3 полосы движения, шириной по 3,5 м.

На входе III имеется 3 полосы движения для въезда на перекресток, и одна для движения от перекрестка. Ширина проезжей части составляет 12,8 м.

Ширина одной полосы составляет 3,2 м. После перекрестка число полос уменьшается до трёх шириной по 3,2 м.

Схема проведения замеров, график изменения интенсивностей по часам суток, суточная цифрограмма интенсивностей движения и картограммы состава транспортного потока приведены на рисунках 1.2-1.4.

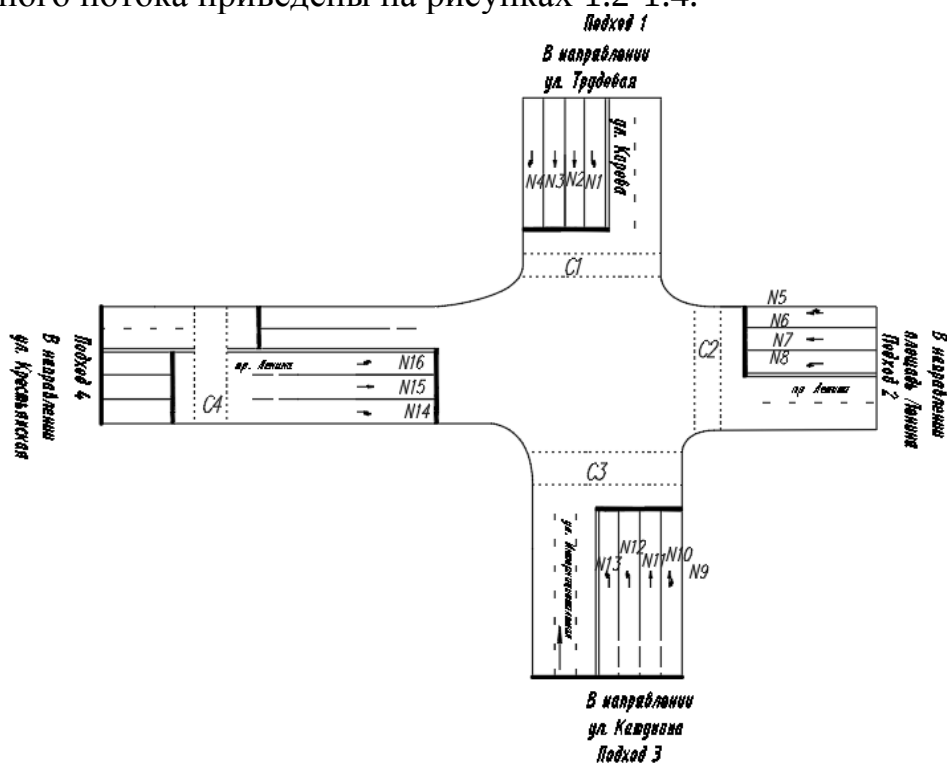


Рисунок 1.2 – Схема проведения замеров интенсивностей на перекрестке ул. Интернациональная – пр. Ленина

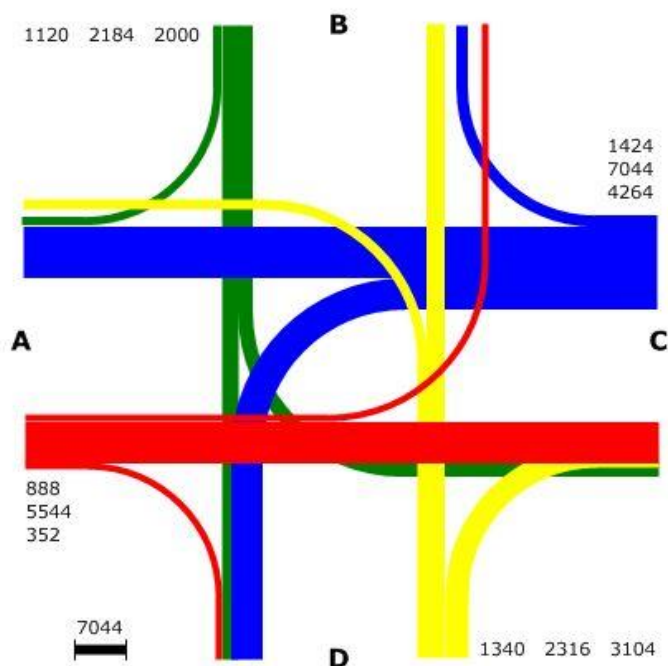


Рисунок 1.3 – Цифрограмма интенсивностей на перекрестке ул. Интернациональная – пр. Ленина (с 07:00 до 19:00)

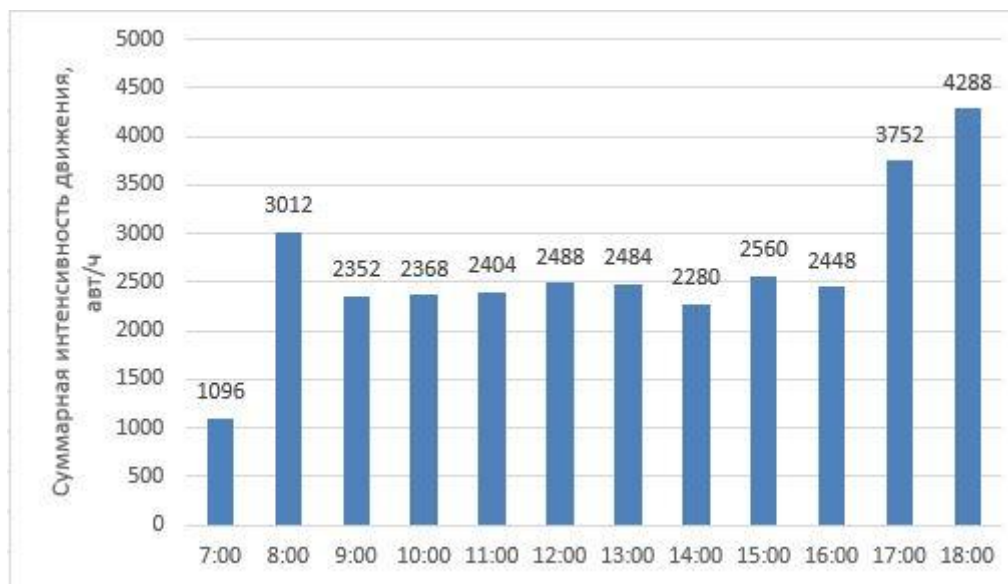


Рисунок 1.4 – График изменения интенсивностей на перекрестке ул. Интернациональная – пр. Ленина по часам суток

Существующая диаграмма светофорного регулирования и схема пофазного разъезда приведены на рисунках 1.5-1.6

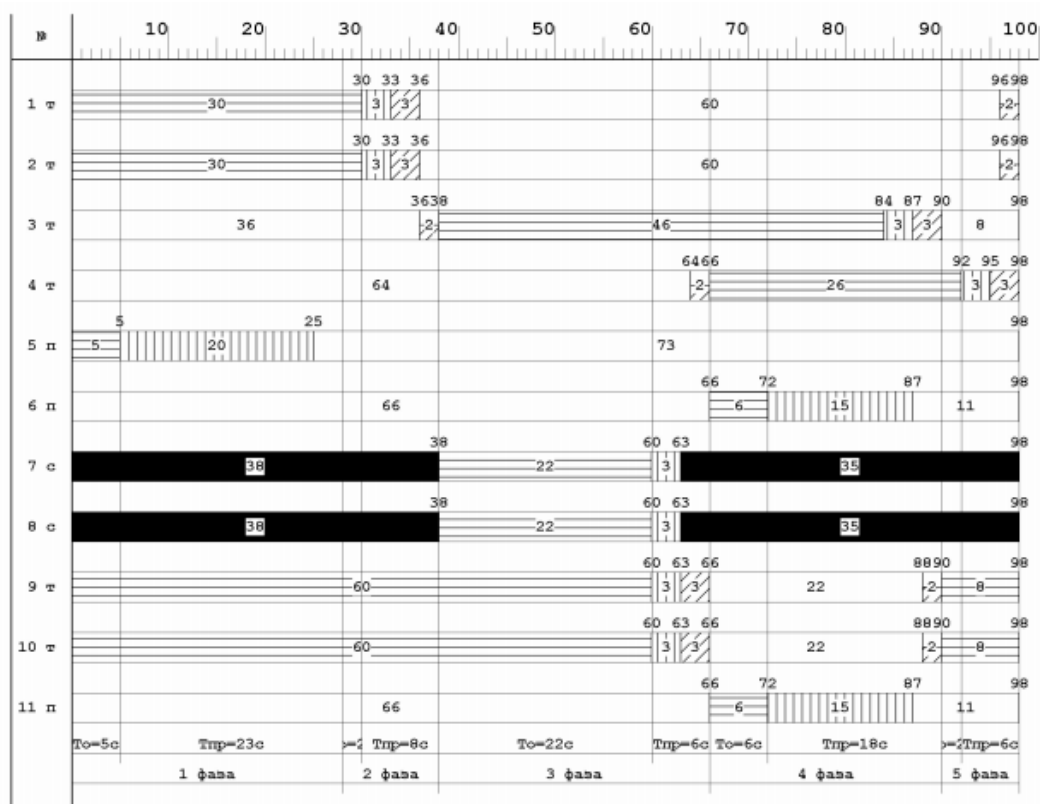


Рисунок 1.5 – Диаграмма существующего светофорного регулирования на исследуемом объекте

Пофазный разезд
«пр. Ленина – ул. Интернациональная»

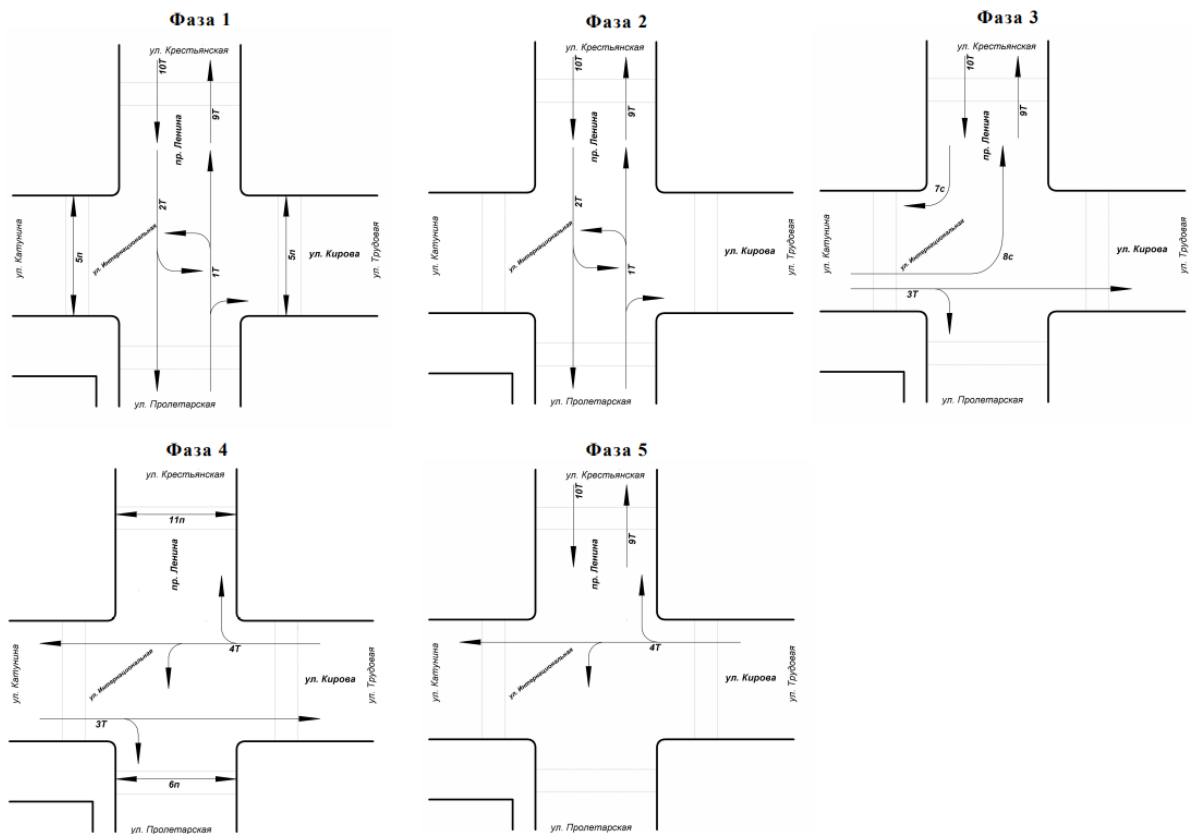


Рисунок 1.6 – Существующая схема пофазного разезда на исследуемом объекте

2 Оптимизация светофорного цикла и создание программы адаптивного регулирования

Оптимизация параметров светофорного регулирования и корректировка пафазного разъезда выполнялись с помощью программного комплекса ArteryLite (Transyt) по следующему алгоритму.

Первый шаг – создание новой модели TRANSYT.

Второй шаг – создание полос движения.

Меню «Правка» – «Полосы». Создаем полосы во всех направлениях: север, юг, запад, восток. Также можно выбрать команду меню «Правка» – «Полосы» – «Все подъезды» приводит к автоматическому открытию четырех экземпляров окна, по одному на каждый из подъездов к перекрестку.

На рисунке 2.1 показано начальное окно «Конфигурации полос на перекрестке».

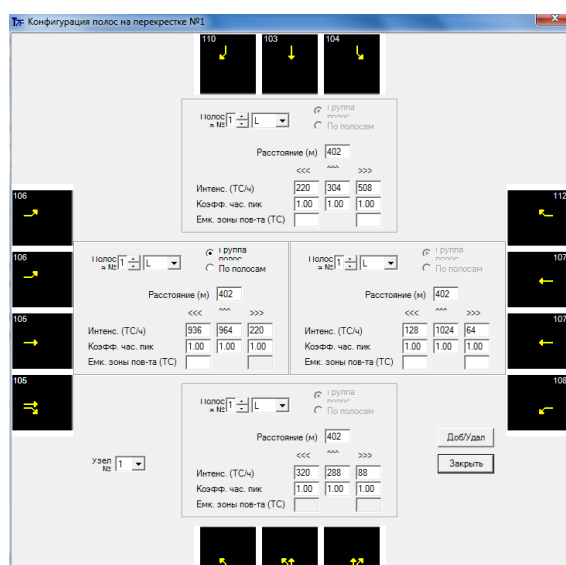


Рисунок 2.1 – «Конфигурации полос на перекрестке»

Параметры окна:

Использование полосы: раскрывающийся список содержит перечень опций использования полосы, номер которой выбран в соседнем поле: L – движение налево, T – прямо, R – направо, LT –налево и прямо, LR – налево и направо, TR – прямо и направо, LTR – движение налево, прямо и направо.

Тип анализа: переключатель позволяет выбирать один из вариантов анализа – «Группа полос» или (более точный) «По полосам».

Направление подъезда: в раскрывающемся списке выбирается подъезд к перекрестку.

Расстояние: поле ввода задает расстояние на текущем подъезде к перекрестку от предыдущего перекрестка.

Интенсивность: указывается интенсивность движения на каждом направлении сегмента (ТС/час).

Коэффициент часа пик: поле ввода предназначено для задания коэффициента часа пик (PHF) для трех стандартных направлений движения.

Емкость зоны поворота: поле ввода определяет емкость очереди автомобилей в направлениях левого и правого поворота.

Добавить/Удалить: кнопка позволяет создавать и удалять полосы аналогично упомянутой выше опции контекстного меню диаграммы.

Номер узла: меню переключения между узлами перекрестка.

Следующий шаг состоит в использовании окна «Движение на перекрестке». Меню «Правка» – «Движение» для просмотра и редактирования интенсивности потоков и иных параметров движения (рисунок 2.2).

Движение на перекрестке 1

Вост. напр.			Запад. напр.			Север. напр.			Южн. напр.		
<<<	^^	>>>	<<<	^^	>>>	<<<	^^	>>>	<<<	^^	>>>
106	105	111	108	107	112	102	101	109	104	103	110

Общая интенсивность потока (ТС/час)

936	964	220	128	1024	64	160	288	88	220	304	508
-----	-----	-----	-----	------	----	-----	-----	----	-----	-----	-----

Интенсивность потока насыщения (ТС/час зел.)

3600	3600	0	1800	3600	1800	0	3600	0	1800	1800	1800
------	------	---	------	------	------	---	------	---	------	------	------

Длина сегмента (м; фут.)

402	402	402	402	402	402	402	402	402	402	402	402
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Входящие потоки со второстепенных источников (ТС/час)

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Потери времени на старте (с)

2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Удлинение эффективного зеленого сигнала (с)

2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Узел № 1

Сегмент <Сегмент Закрыть

Рисунок 2.2 – Редактирования интенсивности потоков и иных параметров движения

Четвертый шаг – задание фазовых таблиц. Задаем новые направления движения в первых двух фазах исходя из условия бесконфликтного левого поворота по проспекту Ленина, а также задаем минимальные длительности зеленого для каждой фазы (рисунок 2.3).

Рисунок 2.3 – Создание фазовых таблиц

Параметры окна:

Фаза №: содержимое поля свидетельствует о том, какая фаза подлежит редактированию.

Активная: флажок определяет, является ли фаза активной. Модель TRANSYT предполагает, что если конкретное направление движения допускает актуализацию или прекращение действия фазы, такая фаза считается активной.

С / Ю / З / В: в списке выбирается подъезд (на север/юг/запад/восток), подлежащий редактированию.

<<< (влево) / ^^^ (прямо) / >>> (вправо): флажки используются для указания, какие из направлений активны в период действия текущей фазы, а также для добавления фаз в расписание и удаления из него.

Координированный сигнал: устанавливается в случае, если узел является частью координированной сети.

Минимум: поле используется для задания минимальной длительности фазы (где длительность фазы равна сумме длин интервалов зеленого, желтого и общего красного сигналов).

Номер узла: меню переключения между узлами перекрестка.

Диаграмма фаз: диаграмма фаз служит графическим представлением расписания. Неактивные фазы обозначаются синими стрелками, а активные – серыми. Привилегированным направлениям отвечают сплошные, а направлениям с разрешением – штриховые стрелки.

Линейная диаграмма: линейная диаграмма, наряду с диаграммой фаз, является одним из самых важных компонентов окна «Расписания». При просмотре слева направо диаграмма дает пространственно-временное представление расписания. По горизонтальной оси откладываются длительности цикла и интервалов. Ширина каждого интервала на диаграмме пропорциональна его длительности. Линейная диаграмма согласуется с диаграммой фаз: начальные интервалы слева ассоциируются с первой фазой, а завершающие, расположенные справа, – с последней фазой.

Смещение: разность в секундах между моментами начала зеленых сигналов на смежных регулируемых перекрестках.

Опорный интервал: изменение значения приводит к смещению начала работы цикла.

Добавить/Удалить: щелчок на кнопке позволяет легко добавить или удалить любую фазу для активного перекрестка.

Экспорт: Кнопка дает возможность экспорта данных, включающих длину цикла, смещения и длительности фаз для соответствующего узла, во входной файл CORSIM (*.TRF) (CORSIM программа микроскопического моделирования движения производит сравнительную оценку расписаний-кандидатов, полученных в результате оптимизации в TRANSYT-7FR , в собственной системе моделирования).

Пятый шаг – расчет потоков насыщения.

Экран предназначен в помощь пользователю при корректировке значений интенсивности потока насыщения. Если скорректированные значения интенсивности потоков насыщения уже известны, их можно ввести непосредственно на экране «Движение» и к окну калькулятора не обращаться

вовсе. Также на данном экране задается влияние пешеходов на поворотное движение (отсутствует / незначительное / среднее / значительное) (Рисунок 2.4).

Использование полос

Сл_л Сл_п Р_л Р_п Сл_л Р_л Р_п Сл_л Р_л Р_п Р_л Р_п Р_л Р_п

Направление движения

Вл_л Пр_л Вп_л Вл_п Пр_п Вп_п Вл_л Пр_л Вп_л Вл_п Пр_п Вп_п Вл_п Пр_п Вп_п

Влияние пешеходов/велосипедистов на левые повороты

Зн_л Зн_п Отс_л Зн_л Зн_п Отс_л Зн_л Зн_п Отс_л Зн_л Зн_п Отс_л

Влияние пешеходов/велосипедистов на правые повороты

Отс_п Зн_л Зн_п Отс_п Зн_л Зн_п Отс_п Зн_л Зн_п Отс_п Зн_л Зн_п

Влияние пешеходов/велосипедистов на повороты (Т/С/п)

Рисунок 2.4 – Окно «Поток насыщения»

Окно «Параметры расчета» открывается после нажатия клавиши «ОК» в окне «Создание входного файла TRANSYT» или вызывается через меню «Правка» – «Анализ» (рисунок 2.5).

Запустим модель нажав «Пуск» – «запустить TRANSYT-7FR». Если ошибок не выявлено, то на экране появится отчет о текущих транспортных данных

Результаты работы в программе TRANSYT «Оптимизация » представлены на рисунке 2.6.

Параметры расчета

☒ Моноцикл. ☐ мультицикл

☒ По шагам ☐ по сегментам

☐ Имитация ☒ Оптимизация ☐ Оценка

Параметры генетического алгоритма

Параметры оптимизации фаз

☐ Англо-амер. е ☒ Метрич. ед.

☐ Сокр. отчет ☒ Полн. отчет

Мин. дл. цикла (с) 60

Исх. дл. цикла (с) 98

Макс. дл. цикла (с) 120

Шаг цикла (с) 1

☐ Некоординир. сеть

PROS/DI

Задержки

Период имитации (мин.) 15

Беспреп. движение (%) 0

Период инициал. (с) 98

Макс. показат. насыщ. 0

Превыш. показат. насыщ. 0

☒ Длит. цикла ☐ Послед. фаз ☒ Длит. фаз ☐ Смещения

☒ Генетич. алгоритм ☐ Алг. кратч. спуска

Кол-во поколений 50

☐ Исх. расп. 1 ☐ Исх. расп. 2 ☐ Игнор. актив.

Инфо Закрывать

Рисунок 2.5 – Окно «Параметры расчета Оптимизация»

```

Предприятие:
Юрисдикция:
Управляющее: Наименование сеанса
Имя файла: 23324.tin

Симуляционная программа: ТРАНЗИТ

Входные параметры Генетического Алгоритма
-----
Вероятность кроссовера (%): 30
Вероятность мутаций (%): 1
Порог сходимости (%): 0,01
Максимально допустимое число генераций: 50
Действительное число генераций: 46
Размер популяции: 10
Начальное число случайного перебора: 7781
Элитный метод: используется
Lower/Original/Upper Cycle Length (сек): 60/98/120
Флажок начального хронометрирования: Off
Целевая функция: Индекс невыгодности

Результаты оптимизации (длительность цикла и деления)
-----

узел  цикл      офсет      фазы С-Ю    фазы В-З
      нач.оконч.  нач.оконч.  нач.оконч.  нач.оконч.
      1  79  95    ---  ---    ---  ---

узел раздел.#1  раздел.#2  раздел.#3  раздел.#4  раздел.#5
      нач.оконч.  нач.оконч.  нач.оконч.  нач.оконч.  нач.оконч.
      1  19  23    21  23    13  27    13  9    13  13

```

Рисунок 2.6 – Итог работы в программе TRANSYT «Оптимизация»

В результате разработки были скорректированы длительности фаз.

Оптимизированная временная диаграмма светофорного регулирования приведена на рисунке 2.7

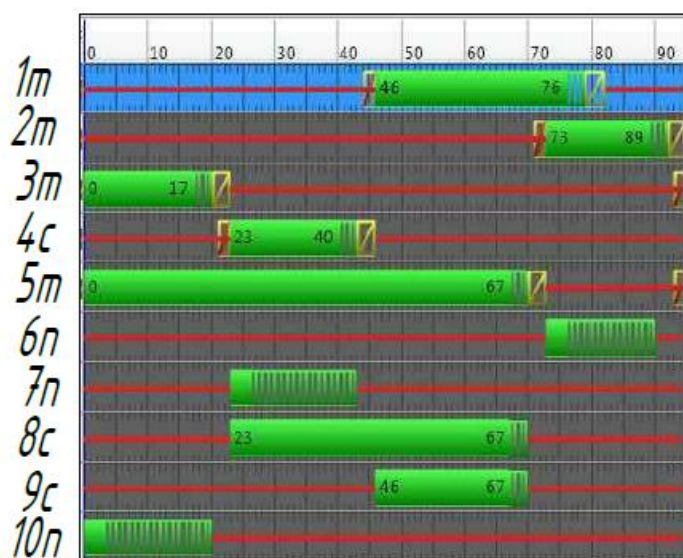


Рисунок 2.7 – Оптимизированная диаграмма светофорного регулирования

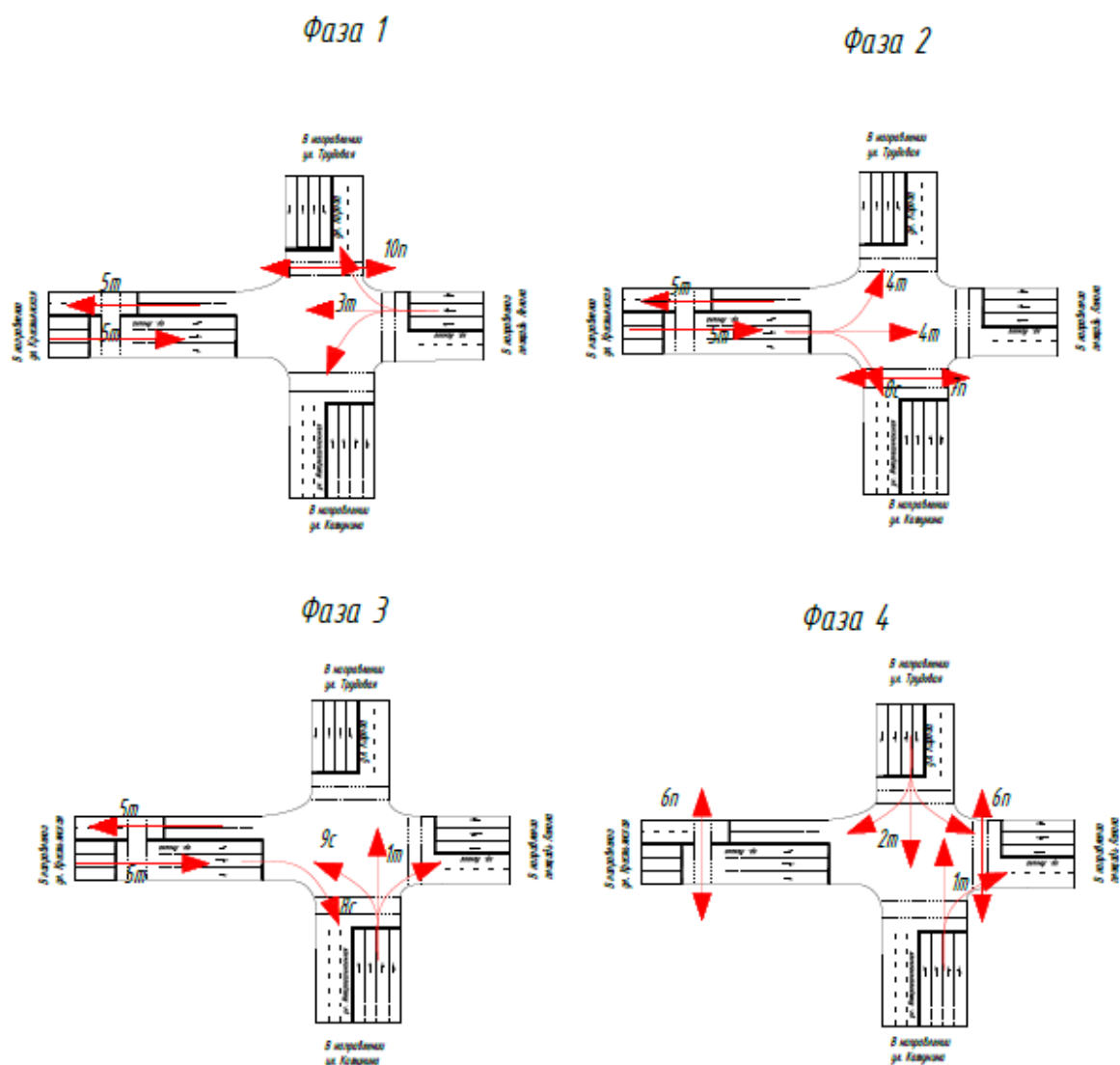


Рисунок 2.8 – Предлагаемая схема пофазного разъезда

Суть адаптивного регулирования для перекрестка ул. Интернациональная и пр. Ленина заключается в реализации алгоритма поиска разрыва в транспортном потоке в направлении действия разрешающего сигнала по ул. Интернациональная и пр. Ленина при фиксированных значениях управляющих параметров (время, определяющее разрыв в потоке, минимальная и максимальная длительности разрешающего сигнала). Сигнал переключается с разрешающего на запрещающий при обнаружении временного интервала между прибывающими к перекрестку автомобилями, большего или равного заданному. В противном случае длительность разрешающего сигнала продлевается на длительность заданного интервала. Данный алгоритм реализуем с помощью детекторов транспорта – техническое средство, регистрирующее проходящее количество транспортных средств через сечение дороги, а также определяющее параметры транспортных потоков. Эти данные необходимы для реализации

алгоритмов гибкого регулирования, расчета или автоматического выбора программы управления дорожным движением.

Разработаем модель исследуемого перекрестка с реализацией данного алгоритма с помощью программного продукта PTV Vissim.

Для введения адаптивного регулирования, в частности влияние разрыва в транспортном потоке на СФО, необходимо создать с помощью дополнительного модуля VAP логику управления СФО, под средством детекторов, которые будут определять разрыв в т.п. Определяется разрыв в транспортном потоке в 3с, детекторы устанавливаются на расстоянии 30 м от стоп-линии (согласно немецким нормативам RilSA), С помощью дополнительного модуля VisVAP создаем логику управления СФО рисунок 2.9.

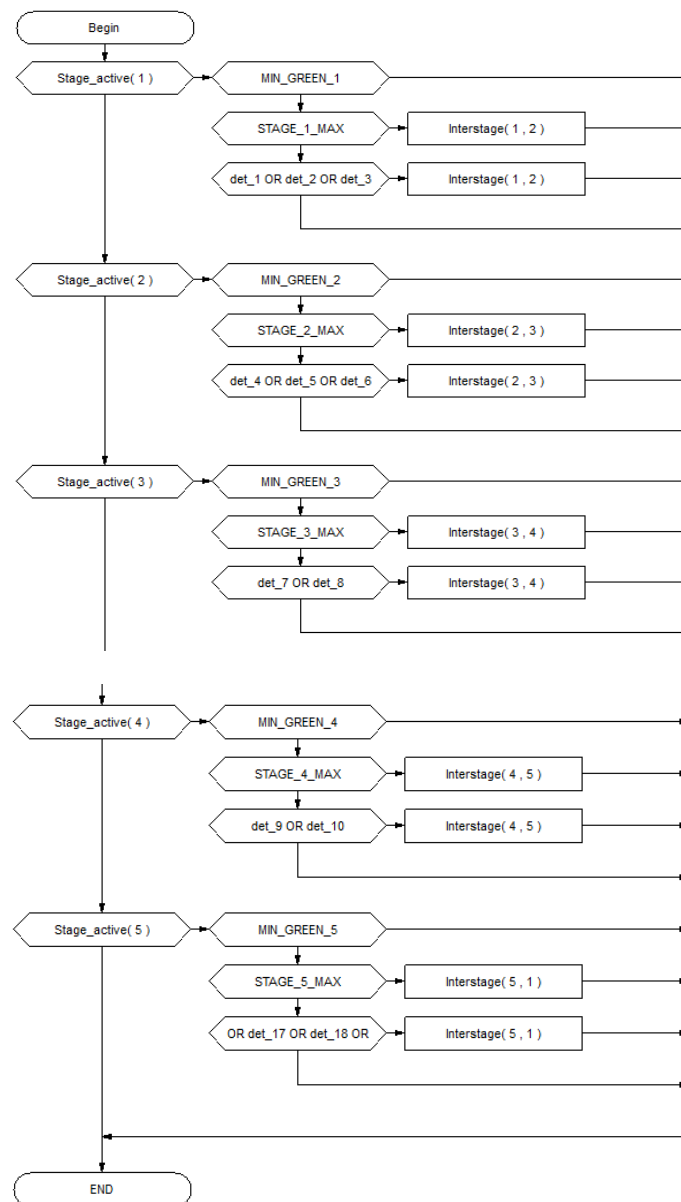


Рисунок 2.9 – Блок-схема предлагаемой логики управления СФО

На основе разработанной блок-схемы, создаем текстовый файл логики управления СФО для последующего применения данной логики в PTV Vissim.

Следующим шагом создаем сигнальную программу, на которой будет основываться работа СФО, в частности задаем последовательность переключения групп сигналов и продолжительность переходных тактов, а также определение необходимого интервала разрыва в т.п., и время в течении которого данный алгоритм будет работать. Минимальное значение зеленого сигнала по ул. Интернациональная составляет 16 с, максимальное – 22 с.

EXPRESSIONS	Contents	Comment
MIN_GREEN_1	Stage_duration(1) < 16	
MIN_GREEN_2	Stage_duration(2) < 16	
MIN_GREEN_3	Stage_duration(3) < 10	
MIN_GREEN_4	Stage_duration(4) < 3	
MIN_GREEN_5	Stage_duration(5) < 7	
det_1	Headway(1) > 3	
det_2	Headway(2) > 3	
det_3	Headway(3) > 3	
det_4	Headway(4) > 3	
det_5	Headway(5) > 3	
det_6	Headway(6) > 3	
det_7	Headway(7) > 3	
det_8	Headway(8) > 3	
det_9	Headway(9) > 3	
det_10	Headway(10) > 3	
det_16	Headway(16) > 3	
det_17	Headway(17) > 3	
det_18	Headway(18) > 3	
det_19	Headway(19) > 3	
STAGE_1_MAX	Stage_duration(1) >= 22	
STAGE_2_MAX	Stage_duration(2) >= 22	
STAGE_3_MAX	Stage_duration(3) >= 21	
STAGE_4_MAX	Stage_duration(4) >= 15	
STAGE_5_MAX	Stage_duration(5) >= 15	

Рисунок 2.10 – Программа для переключения групп сигналов

3 Моделирование предложенных решений

В программном продукте PTV Vissim, созданы модели исследуемого объекта при существующем, оптимизированном и адаптивном регулировании, и произведены оценки параметров движения транспортных и пешеходных потоков. С помощью отрезков и соединительных отрезков, создаем модель данного перекрестка, которая представлена на рисунке 3.1.

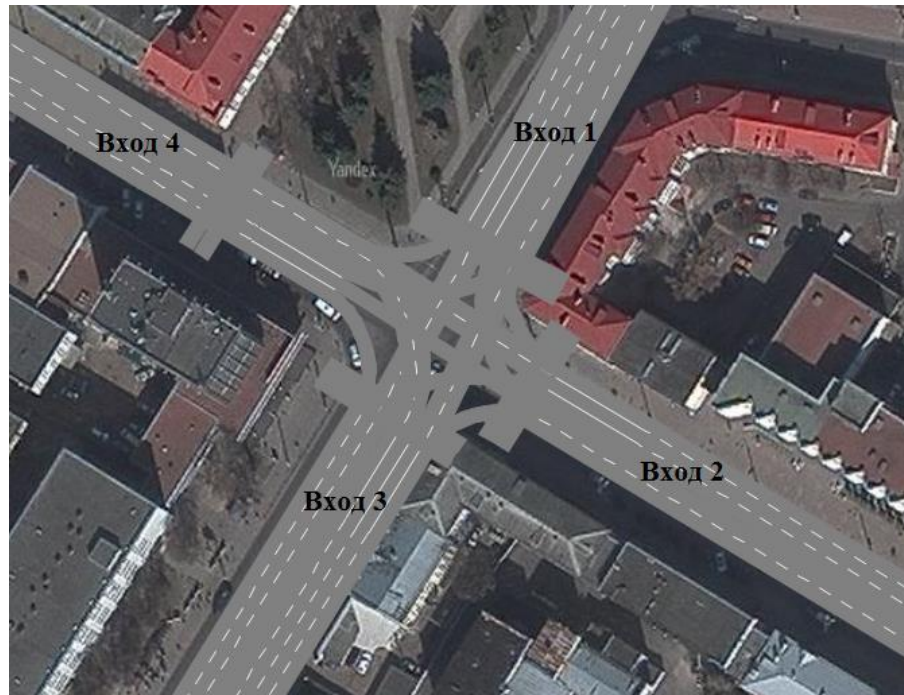


Рисунок 3.1 – Модель исследуемого перекрестка

Далее на каждом входе задаем входящий поток (интенсивность движения т.с.)

Скриншот интерфейса PTV Vissim, показывающий таблицу входящих потоков транспортных средств (ТС) на перекрестке. В таблице указаны параметры для каждого из четырех входов (Вход 1, 2, 3, 4) и для пешеходных потоков. Столбцы содержат: Числ, №, Имя, О, Нагр(0), Нагр(3600), Нагр(7200), Нагр(10800), Нагр(14400), Нагр(18000), Нагр(21600), Нагр(25200), Нагр(28800), Нагр(32400), Нагр(36000), Нагр(39600), СоставТрПотока(0).

Числ	№	Имя	О	Нагр(0)	Нагр(3600)	Нагр(7200)	Нагр(10800)	Нагр(14400)	Нагр(18000)	Нагр(21600)	Нагр(25200)	Нагр(28800)	Нагр(32400)	Нагр(36000)	Нагр(39600)	СоставТрПотока(0)
1	1	Вход4	18	0.0	830.0	634.0	646.0	631.0	754.0	782.0	569.0	742.0	684.0	804.0	1032.0	6: Вход 4
2	2	Вход1	7	360.0	732.0	616.0	545.0	579.0	558.0	603.0	365.0	523.0	677.0	966.0	1216.0	3: Вход 1
3	3	Вход2	3	286.0	484.0	530.0	442.0	482.0	463.0	425.0	654.0	572.0	490.0	782.0	696.0	4: Вход 2
4	4	Вход3	1	610.0	1708.0	1341.0	1173.0	1087.0	1041.0	1092.0	1065.0	1207.0	1086.0	1736.0	2120.0	5: Вход 3
5	5	Пешех	19	30.0	140.0	50.0	162.0	138.0	182.0	192.0	106.0	224.0	120.0	126.0	208.0	2: Пешеходы
6	6	Пешех	30	30.0	140.0	50.0	162.0	138.0	182.0	192.0	106.0	224.0	120.0	126.0	208.0	2: Пешеходы
7	7	Пешех	25	92.0	288.0	132.0	328.0	348.0	384.0	340.0	376.0	326.0	378.0	380.0	408.0	2: Пешеходы
8	8	Пешех	27	92.0	288.0	132.0	328.0	348.0	384.0	340.0	376.0	326.0	378.0	380.0	408.0	2: Пешеходы
9	9	Пешех	31	42.0	162.0	116.0	276.0	392.0	346.0	354.0	354.0	344.0	258.0	302.0	304.0	2: Пешеходы
10	10	Пешех	23	42.0	162.0	116.0	276.0	392.0	346.0	354.0	354.0	344.0	258.0	302.0	304.0	2: Пешеходы
11	11	Пешех	33	36.0	210.0	152.0	366.0	336.0	376.0	290.0	362.0	318.0	390.0	346.0	432.0	2: Пешеходы
12	12	Пешех	22	36.0	210.0	152.0	366.0	336.0	376.0	290.0	362.0	318.0	390.0	346.0	432.0	2: Пешеходы

Рисунок 3.2 – Входящий поток ТС

Осуществляем регулирование движения на перекрестке с помощью установки светосигнальных устройств, но для начала вводим правило приоритета с помощью конфликтных зон, которые представлены на рисунке 4.3.

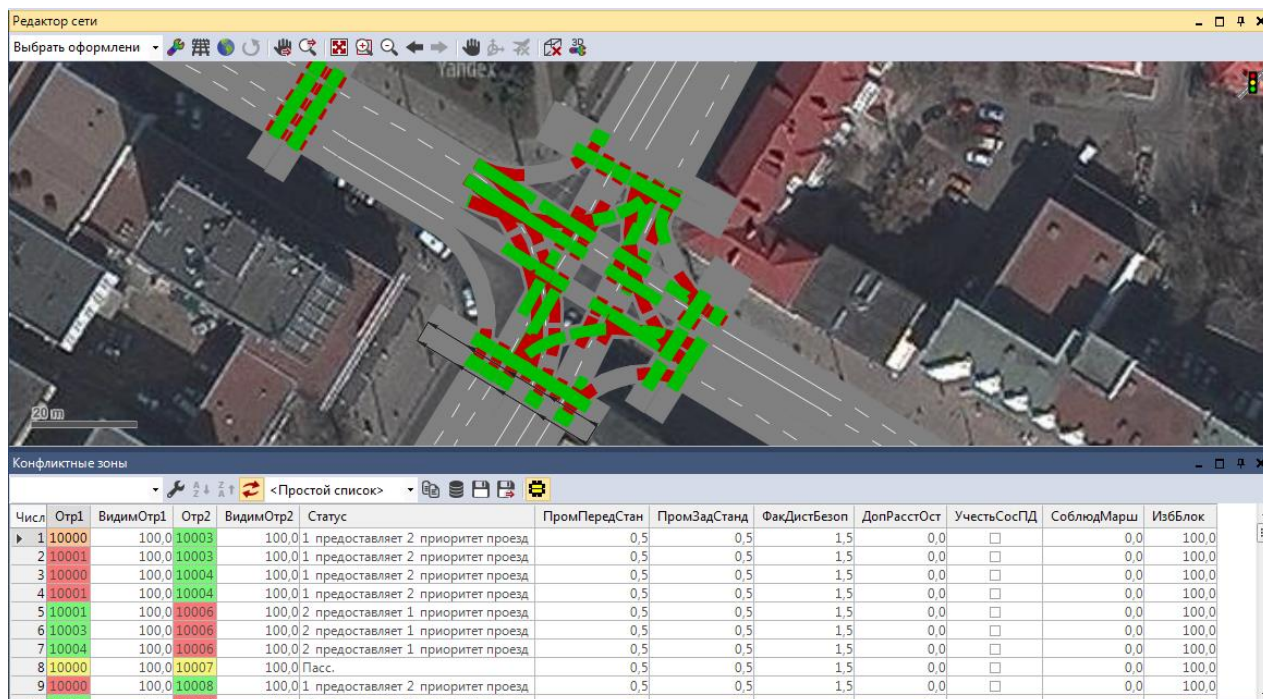


Рисунок 3.3– Конфликтные зоны на перекрестке

Для управления светофорами, создаем с помощью редактора VISSIG, четыре группы сигналов (ГС) и сигнальную программу на основе ГС, время цикла на данном перекрестке составляет 98с.

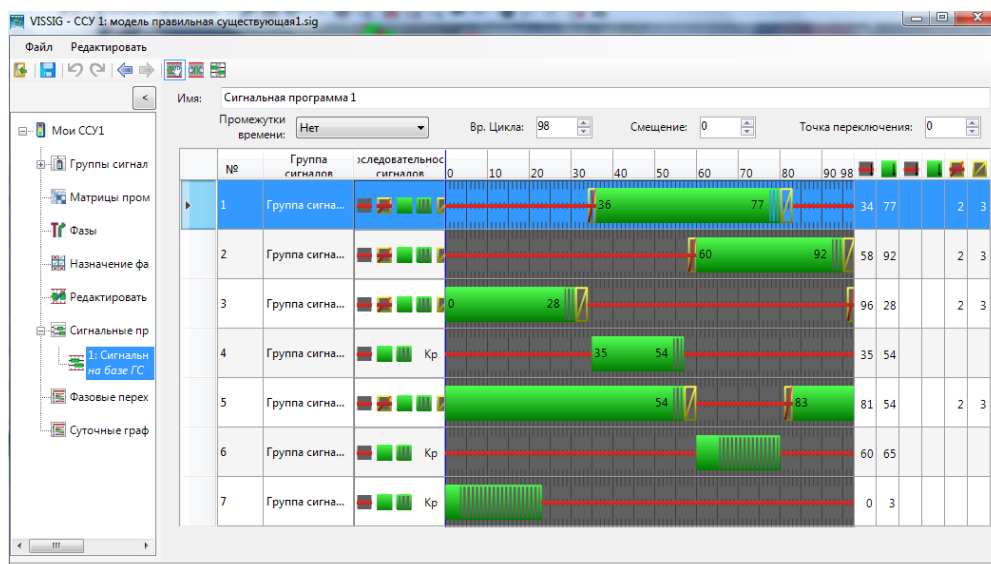


Рисунок 3.4 – Сигнальная программа

Верификация модели (Verification) - это проверка правильности ввода исходных данных, геометрии УДС, параметров ОДД, определяющих зависимостей (функций) и т.п.

После первоначального ввода исходных данных, прежде чем перейти к этапу калибровки, необходимо осуществить проверку правильности работы модели и введенной информации, этот процесс называется верификацией. От качества ввода и первоначальной настройки модели существенным образом зависит не только трудоемкость дальнейшей калибровки и валидации, но и возможность их выполнения в принципе.

Целью данного этапа является подтверждение корректности ввода данных по следующим аспектам:

1. отсутствие ошибок непосредственно при вводе численных параметров;
2. корректность базовых настроек и соотношений элементов модели;
3. учет специфических факторов.

В части проверки ошибок ввода необходимо удостовериться, что введенные значения таких параметров, как разрешенная скорость, объем движения между пунктами отправления/назначения, длительность фаз, параметры ТС и других численных параметров соответствуют собранным исходным данным. Характерными ошибками на этом этапе могут быть простые опечатки, например, лишний ноль, или неправильный выбор поля для ввода значения.

Рекомендуется, чтобы этапы первичного ввода данных и верификации выполнялись разными специалистами. Верификацию должен проводить более опытный специалист, предпочтительно тот, который будет заниматься калибровкой модели.

Рекомендуется использовать следующие методы выявления ошибок ввода:

Проверка правильности ввода атрибутов отрезков путем цветового выделения. Цветовое отображение позволит быстро определить отрезки с неправильными атрибутами;

Запуск модели с небольшой загрузкой (менее 50 % от пиковой) для поиска возможных ошибок. Если при невысокой нагрузке образуются заторы, то вероятно это из-за ошибок;

Проследить несколько траекторий движения ТС по ключевым маршрутам. Отследить непредвиденные торможения и смену полос;

Запуск модели с 50% загрузкой и выше для анализа реализуемости спроса. Следует проверить весь ли спрос входит в сеть, и какой процент выходит.

На выходе этапа верификации модель должна гарантировать отсутствие ошибок ввода и правильность настройки основных элементов и их соотношений, т.е. должна быть полностью готова к калибровке.

Калибровка модели

Калибровка модели (Calibration) - это настройка различных параметров модели с целью минимизировать расхождение данных обследований и результатов моделирования.

На входе этапа калибровки должна быть тщательно проверенная (верифицированная) модель, в которой отсутствуют какие-либо ошибки ввода и выбраны обоснованные начальные настройки и параметры.

Таким образом, можно сформулировать следующую последовательность действий калибровки локальной модели:

Шаг 1. Провести проверку правильности ввода исходных данных, выбрать перечень и значения параметров, не подлежащих калибровке. Этап анализа ошибок ввода является крайне важным, нельзя допустить того, чтобы процесс калибровки заключался в компенсации ошибок ввода.

Шаг 2. Выполнить начальный процесс калибровки с настройкой параметров, влияющих на пропускную способность и добиться удовлетворительного соответствия с наблюдаемыми в реальности значениями. В первую очередь калибруются глобальные параметры, затем локальные. На данном этапе параметры, влияющие на спрос, не меняются, но допускается искусственно увеличивать нагрузку, чтобы оценить пропускную способность. Данный этап также имеет важное значение, поскольку пропускная способность оказывает прямое влияние на показатели работы сети.

Шаг 3. Выполнить второй этап калибровки с фиксированными значениями параметров, полученных на предыдущем шаге. Изменяются только параметры, влияющие на распределение потоков. В первую очередь калибруются глобальные параметры, затем локальные.

Шаг 4. Оценка общих показателей модели на предмет соответствия реальным значениям (время движения, длины очередей и др.). Допускается минимальная настройка локальных параметров обоих типов при необходимости.

В случае существенных расхождений на данном этапе допускается небольшая подстройка параметров модели в пределах 10-15 %. Необходимость в более существенных корректировках говорит о некачественно выполненных предыдущих шагах калибровки.

Конечная цель калибровки модели – компромисс между усилиями, затраченными на калибровку, и точностью воспроизведения моделью реальной ситуации. В качестве критериев для завершения калибровки имитационных микромоделей рекомендуется применять следующие значения основных показателей (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Критерии качества калибровки имитационных микромоделей

Критерии и показатели	Приемлемые значения
Интенсивности потоков (авт/ч), разница между смоделированными и наблюдаемыми На отдельных отрезках До 15%, для потока от 700 авт/ч до 2700 авт/ч До 100 авт/ч для потока до 700 авт/ч До 400 авт/ч для потока более 2700 авт/ч	85% случаев 85% случаев 85% случаев
В целом по сети до 5%	85% случаев
GEN статистика – на отдельных отрезках $GEN < 5$ GEN статистика – в целом по сети $GEN < 4$	
Времена движения, разница между смоделированными и наблюдаемыми До 15% (или 1 минуты, в зависимости, что больше)	85% случаев
Потоки насыщения в сечении стоп-линий, разница между смоделированными и наблюдаемыми Не более 3%	100% случаев

Валидация модели

Валидация модели (Validation) - это сравнение результатов моделирования и реальной ситуации с использованием набора независимых данных не участвующих в калибровке для оценки работоспособности модели и возможности ее использования для прогнозов.

Входными данными для этапа валидации является откалиброванные модели и набор независимых данных той же номенклатуры, что и для проведения калибровки.

Валидация имитационной модели основывается на сравнительном анализе наблюдаемых выходных характеристик реальной системы и итоговых данных, получаемых в результате выполнения имитационных экспериментов над компьютерной моделью.

На выходе этапа валидации должна быть получена итоговая модель, которая на основании проведенного анализа считается пригодной для дальнейших экспериментов.

Модель исследуемого перекрестка прошла все этапы проверки, и считается пригодной для дальнейших исследований.

Ниже подробно приводятся результаты имитации работы перекрестка улиц Интернациональная – пр. Ленина. После проведения имитации снимаем параметры транспортного и пешеходного потоков в будний и выходной день, которые представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Основные параметры транспортного и пешеходного потоков

Время	Существующее регулирование									
	Общее время задержки, ч				Количество остановок, ед.			Выбросы вредных веществ		
	Л	Г	О	Пеш	Л	Г	О	CO, г	Nox, г	VOC, г
Будний	1015,16	0,94	112,27	237,67	79650	83	14032	101561	19760	23538
Выходной	536,41	0,51	61,33	179,37	48727	41	9472	74686	14531	17309
День	Оптимизированное регулирование									
	Общее время задержки, ч				Количество остановок, ед.			Выбросы вредных веществ		
	Л	Г	О	Пеш	Л	Г	О	CO, г	Nox, г	VOC, г
Будний	573,32	1,72	92,08	233,83	50499	140	8281	77169	15014	17885
Выходной	288,62	0,58	51,1	175,52	29005	51	5087	53861	10479	12483
Время	Адаптивное регулирование									
	Общее время задержки, ч				Количество остановок, ед.			Выбросы вредных веществ		
	Л	Г	О	Пеш	Л	Г	О	CO, г	Nox, г	VOC, г
Будний	555,35	1,52	88,36	230,61	49032	110	7906	76671	14917	17769
Выходной	282,68	0,67	47,23	172,74	28522	51	4716	53626	10434	12428

4 Эффективность предлагаемых мероприятий

Эффективность предлагаемых мероприятий по всем рассчитанным аспектам приведена в таблице 4.1 и на рисунке 4.1

Таблица 4.1 Эффективность предлагаемых мероприятий

Вид регулирования	День	Задержки, мин.	Остановки, ед.	CO, г	Nox, г	VOC, г
Существующее регулирование	будний	81962,4	93765	101561	19760	23538
	выходной	46657,2	58240	74686	14531	17309
Оптимизированное регулирование	будний	54057	58920	77169	15014	17885
	выходной	30949,2	34143	53861	10479	12483
Адаптивное регулирование	будний	52550,4	57048	76671	14917	17769
	выходной	30199,2	33289	53626	10434	12428
Эффективность оптимизации цикла	будний	34%	37%	24%	24%	24%
	выходной	34%	41%	28%	28%	28%
Эффективность адаптивного регулирования	будний	36%	39%	25%	25%	25%
	выходной	35%	43%	28%	28%	28%

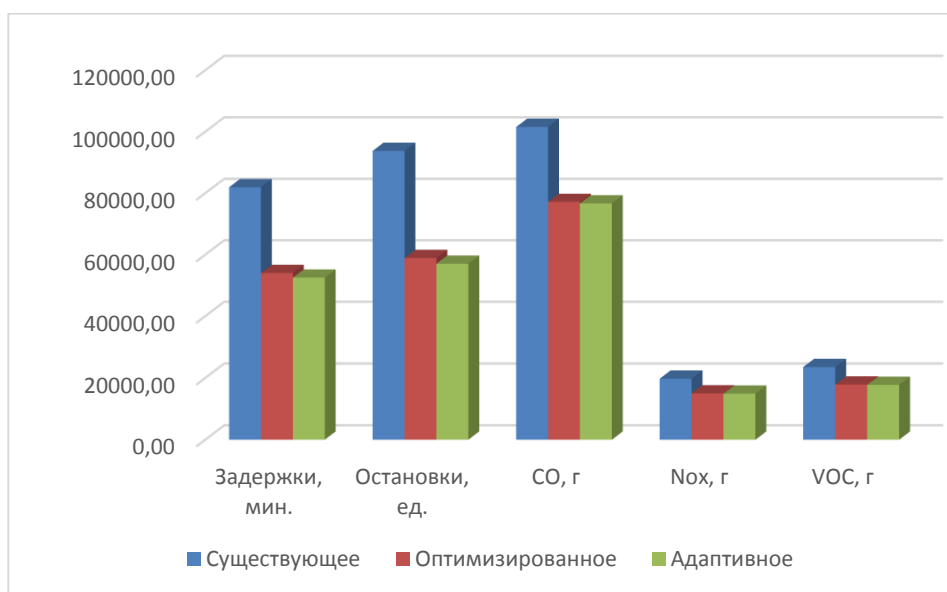


Рисунок 4.1 – Сравнение показателей перекрестка при различных видах регулирования

Из таблицы видно, что применение адаптивного регулирования позволит снизить в среднем задержки на 35%, остановки на 41%, выбросы вредных веществ на 26%.

Заключение

В данной работе произведен анализ организации дорожного движения на одном из наиболее загруженных пересечений г. Гомеля - перекрестке улицы Интернациональная – проспекта Ленина, а также произведена оптимизация светофорного регулирования и расчет программы адаптивного регулирования на данном объекте. Для обследования были исследованы интенсивности движения транспорта и пешеходов на данном объекте. Затем параметры существующего светофорного регулирования были оптимизированы с помощью программного комплекса Artery Lite. Также была написана программа адаптивного управления с помощью дополнительного модуля VisVar программного комплекса PTV Vissim. В программном комплексе PTV Vissim были созданы модели перекрестка при существующем, оптимизированном и адаптивном регулировании, а также получены основные характеристики транспортных и пешеходных потоков при каждом из видов регулирования. Для рассмотренных трех вариантов регулирования была произведена оценка потерь, которая показала, что применение адаптивного регулирования позволит снизить в среднем задержки на 35%, остановки на 41%, выбросы вредных веществ на 26%.

Список использованных источников

1. Аземша С.А. Применение научных методов в повышении безопасности дорожного движения: [монография]/ С.А. Аземша, А.Н. Старовойтов; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп.— Гомель: БелГУТ, 2017. – 191 с. –ISBN 978-985-554-618-5.
2. ArteryLite. Computer program/ Serial number: 9MBQ2-XJVU4-9KJ5V-BCQGS-4U6YT.
3. Капский, Д. В. Прогнозирование аварийности в дорожном движении / Д. В. Капский.— Минск: БНТУ, 2008.—243с.
- 4 Аземша С.А. Обеспечение безопасности дорожного движения и перевозок: учеб. пособие /С.А. Аземша, В.А. Марковцев, Д.В. Рожанский; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2011. – 259с.
- 5 Врубель Ю.А. Определение потерь в дорожном движении. – Мн.: БНТУ, 2006. – 252с.
- 6 Карасевич, С. Н. Организация дорожного движения в контексте целей устойчивого развития / С. Н. Карасевич, С. А. Аземша // Проблемы безопасности на транспорте : материалы V Междунар. науч.- практ. конф., Гомель, 25–26 ноября 2017 г. / Белорус. гос. ун-т трансп.; редкол.: В. И. Сенько [и др.]. – Гомель, 2017. – С. 58–61.
- 7 Gettman, D., Pu, L., Sayed, T., and S. Shelby. Surrogate Safety Assessment Model and Validation:Final Report. Publication FHWA-HRT-08-051. FHWA, U.S. Department of Transportation, 2008.