

**НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ**



**Технические средства организации
дорожного движения**

ПРАКТИКУМ

Новосибирск 2017

УДК
ББК

Составитель: к.т.н., доцент **Федюнин П.И.**
ст. препод. **В.А. Комлев**

Рецензент канд. техн. наук, доцент, **С.Г.Щукин**

Технические средства организации дорожного движения:
практикум/ Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т; сост.
Федюнин П.И., Комлев В.А.– Новосибирск, 2017. –28 с.

В практикуме предлагается изучение технических средств ОДД, основных методов определения и расчета их параметров, нормативно-технической документации для проектирования схем дорожного движения и методики определения основных параметров движения автотранспорта в черте города.

Предназначен для студентов, обучающихся по направлению подготовки 23.03.01 Технология транспортных (профиль Организация и безопасность движения).

Утверждены и рекомендованы к изданию методической комиссией Инженерного института (протокол №10 от 30 мая 2017 г.).

Оглавление

Введение	4
Общий порядок выполнения практических работ	5
Практическая работа № 1 Проверка условий введения светофорного регулирования на перекрестке	6
Практическая работа № 2	
Определение потоков насыщения	10
Практическая работа №3	12
Определение режима светофорного регулирования на перекрестке	12
Практическая работа № 4 Проверка оптимальности режима светофорного регулирования на перекрестке	15
Практическая работа №5... Определение задержки транспортных средств на регулируемом перекрестке.	19
Библиографический список	27

ВВЕДЕНИЕ

Организация дорожного движения в условиях минимума задержек, выбросов отработавших газов, затрат и обеспечения безопасности транспортных и пешеходных потоков не осуществима без применения комплекса технических средств, рациональных инженерных решений, электронной и вычислительной техники.

Выполнение практических работ является одним из важнейших этапов программы профессиональной подготовки студентов, обучающихся по направлению подготовки 190700 Технология транспортных процессов, профиль 190700.62 Организация и безопасность движения, способствует закреплению теоретических основ этого курса, приобретению студентами практических навыков по использованию технических средств, методов их настройки для оптимизации режимов управления дорожным движением. Исполнитель практической работы, выполняя исследовательские операции с оценкой уровня организации дорожного движения, в том числе конфликтных загрузок, находит и предлагает новые методы решения.

Каждая практическая работа является исходной исследовательской базой соответствующего этапа контрольной работы по данной дисциплине.

ОБЩИЙ ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Перед выполнением каждой практической работы преподаватель, проверяет уровень подготовки студентов к выполнению работы. Задаёт перекресток улично-дорожной сети города, где будет проходить работа, закрепляет за каждым постом наблюдения конкретных студентов, указывает на специфику работы, знакомит с правилами техники безопасности (приложение 1).

Практическая работа состоит из трех этапов. Первый - самостоятельная подготовка: ознакомление с целью и содержанием работы по методическим указаниям, повторение соответствующих разделов лекционного курса, подготовка необходимых черновиков таблиц.

Второй этап выполняется непосредственно на практических занятиях - на перекрестке улично-дорожной сети города. Здесь студенты собирают необходимый статистический материал о параметрах транспортных и пешеходных потоков, заполняют необходимые черновики таблиц, изучают конструкцию технических средств.

Третий этап подразумевает самостоятельную работу студента: обработку статистических данных, выполнение отчета по работе.

Полностью оформленные и осмысленные отчеты должны быть предъявлены преподавателю для защиты непосредственно после выполнения последней практической работы. При этом студент должен хорошо понимать содержание своего отчета и быть готовым защитить его, т.е. уметь ответить на теоретические вопросы по работе. Для самоконтроля по каждой практической работе приведен перечень контрольных вопросов.

Защита студентом всех практических работ является основанием для допуска его к последующим формам контроля знаний: экзамен.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

ПРОВЕРКА УСЛОВИЙ ВВЕДЕНИЯ СВЕТОФОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НА ПЕРЕКРЕСТКЕ

Цель работы: выработать практические навыки сбора статистического материала о параметрах транспортных потоков. Научиться проверять критерии ввода светофорного регулирования на перекрестке.

Теория

Транспортные светофоры типов 1, 2 и пешеходные светофоры должны устанавливаться при наличии хотя бы одного из следующих четырех условий:

Условие 1. В течение 8 ч (суммарно) рабочего дня недели интенсивность движения транспортных средств, не менее, указанной в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Интенсивность движения транспортных средств

Число полос движения в одном направлении		Интенсивность движения транспортных средств, ед./ч.	
1	2	3	4
Главная (более загруженная) дорога	Второстепенная (менее загруженная) дорога	По главной дороге в двух направлениях	По второстепенной дороге в одном, наиболее загруженном направлении
1	1	750 670 580 500 410 380	75 100 125 150 175 190
2 и более	1	900 800 700 600 500 400	75 100 125 150 175 200
2 или более	2 или более	900 825 750 675 600 525 480	100 125 150 175 200 225 240

Условие 2. В течение 8 ч (суммарно) рабочего дня недели интенсивность движения не менее:

- 600 ед./ч (для дорог с разделительной полосой 1000 ед./ч) по главной дороге в двух направлениях;
- 150 пешеходов пересекают проезжую часть в одном, наиболее загруженном направлении в каждый из тех же 8 ч. Для населенных пунктов с численностью жителей менее 10 тыс. чел. нормативы по условиям 1 и 2 составляют 70% указанных.

Условие 3. Условия 1 и 2 одновременно выполняются по каждому отдельному нормативу на 80% и более.

Условие 4. За последние 12 месяцев на перекрестке совершено не менее трех дорожно-транспортных происшествий, которые могли бы быть предотвращены при наличии светофорной сигнализации (например, столкновения транспортных средств, движущихся с поперечных направлений, наезды транспортных средств на пешеходов, переходящих дорогу, столкновения между транспортными средствами, движущимися в прямом направлении и поворачивающими налево со встречного направления). При этом условия 1 или 2 должны выполняться на 80% или более.

Методические указания к выполнению работы

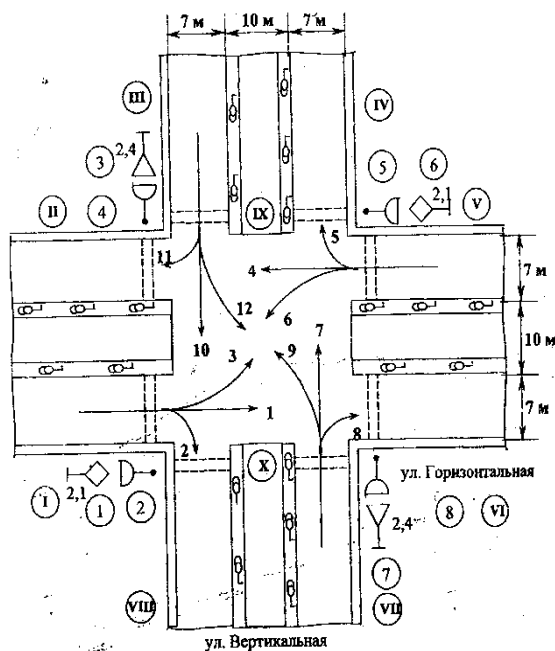
Для проверки условий необходимо определить интенсивность движения на перекрестке. Для исследования выбирается перекресток на одной из транспортных магистралей города. Перекресток должен иметь значительные конфликтующие транспортные потоки, пешеходное движение через перекресток также должно быть весьма интенсивным.

Перед подсчетом характеристик транспортных и пешеходных потоков необходимо составить план перекрестка в масштабе. Нанести на него расположение существующих технических средств ОДД, а также примыкающие к нему углы зданий, торговые палатки, газоны и др. Пользуясь полученным планом, определить расположение и количество постов учета исходя из следующих условий:

1. Расположение поста должно обеспечивать обзор 20-метровой зоны перед перекрестком и зоны осуществления маневров транспортных средств, в пределах перекрестка; обзор ширины пешеходного перехода с учетом 10-метровых зон в каждую сторону от него.

2. Учет пешеходов, переходящих улицу по одному и тому же обозначенному переходу, но в противоположных направлениях, производится одновременно разными наблюдателями. Один наблюдатель фиксирует пешеходов только одного направления движения. На основании этого и существующей схемы движения транспортно-пешеходных потоков составляется схема расстановки постов наблюдения. Пример такой схемы показан на рисунке 1.1.

Рисунок
Пример



1.1 -

расположения постов наблюдения на перекрестке

На схеме посты изображены кружками. Кружки с арабскими цифрами означают наблюдателей, подсчитывающих интенсивность транспортных средств по направлениям. Например, если на улице «Горизонтальной» наиболее загруженное направление 1, то на него работает наблюдатель под номером 1, на два других направления (2 и 3) - наблюдатель под номером 2. Кружки с римскими цифрами означают наблюдателей считающих пешеходов.

Измерения проводятся в течение одного академического часа. Результаты измерений заносятся в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 - Результаты измерений

Направление движения	Дата и интервал времени измерения	Количество транспортных средств			
		легковые	грузовые	автопоезда	автобусы
1					
2					
n					

Единицей измерения интенсивности движения является транспортная (приведенная) единица в час. Для того чтобы учесть в фактическом

составе транспортного потока влияние различных типов транспортных средств, применяем коэффициенты приведения K_{np} к условному легковому автомобилю, определяемые при сравнении их динамических габаритов.

Применим рекомендованные значения K_{np} , указанные в СНиП 11-60-75 и П.-Д.-5-75, которые составляют:

- а) для мотоциклов – 0,5;
- б) для легковых автомобилей – 1,0;
- в) для грузовых автомобилей – 2,0;
- г) для автобусов – 2,5.

Интенсивность в условных единицах рассчитываем по формуле:

$$N_{\text{ПП}} = \sum_{i=1}^n (N_{\text{ПП}i} \cdot K_{\text{ПП}i}) \quad (1.1)$$

Интенсивность движения пешеходов выражена в чел./ч, транспортных средств - в ед./ч.

Полученные таким образом данные являются основанием для проверки критерии ввода светофорного регулирования. Полученную информацию необходимо проанализировать на предмет безопасности движения пешеходов через перекресток. При этом необходимо учитывать, что полная безопасность движения пешеходов на перекрестке может обеспечиваться только путем полной ликвидации всех конфликтных точек между транспортными и пешеходными потоками. Конфликтные точки будут исключены, если в цикле регулирования выделяется специальная (пешеходная) фаза, в течение которой на перекрестке по всем направлениям включается красный сигнал в транспортных светофорах, в то время как пешеходные светофоры разрешают движение. Критерием анализа безопасности движения пешеходов является следующее.

Если суммарная интенсивность пешеходных потоков на одном переходе не превышает 900 чел./ч, а интенсивность транспортных лево- и правоповоротного потоков конфликтующих с пешеходами не более 120 авт./ч, то такие конфликты допускаются. Превышение указанной предельной интенсивности пешеходных потоков приводит к резкому увеличению числа ДТП, связанных с пешеходами. При интенсивности пешеходного движения на одном переходе более 1000 чел./ч, целесообразно обеспечить их бесконфликтный пропуск.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с правилами техники безопасности на перекрестке (прил. 1).

2. Зарисовать эскиз исследуемого перекрестка с обозначением на нем существующих технических средств ОДД и прилегающих территорий.

Расстояния между элементами перекрестка измерить шагами в пределах 20 метровой зоны. Средний нормальный шаг человека считать равным 60 см.

3. Определить дислокацию постов наблюдения.
4. Фиксировать с точностью до 1 мин интервал времени непосредственного наблюдения за дорожным движением.
5. Привести полученные статистические данные и вычислить интенсивность движения в ед./ч..
6. Сделать заключения о необходимости ввода светофорного регулирования на исследуемом перекрестке.

Контрольные вопросы:

- 1 Какой перекресток называется регулируемым?
- 2 С какой целью на регулируемом перекрестке устанавливаются знаки приоритета?
- 3 Из каких условий определяется число полос движения при подходе к перекрестку?
- 4 Объясните понятие «приведенный» автомобиль.
- 5 В каких единицах измеряется интенсивность движения на перекрестке?
- 6 Объясните задачи наблюдателя транспортных (пешеходных) потоков?
- 7 Назовите основные условия ввода светофорного регулирования на перекрестке?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТОКОВ НАСЫЩЕНИЯ

Цель работы: научиться определять поток насыщения на подходах к перекрестку.

Теория

Одной из важных характеристик транспортного потока на перекрестке является поток насыщения. Этот показатель численно равен интенсивности движения транспортных средств, когда они идут через перекресток непрерывным потоком в течение всего времени разрешающего такта. Однако в большинстве случаев при включении зеленого сигнала очередь транспортных средств, стоящих перед стоп-линией, вначале разъезжается, а затем автомобили движутся через перекресток свободно.

Поток насыщения является показателем, зависящим от многих факторов: ширины проезжей части (полосы движения), продольного уклона на подходах к перекрестку, состояния дорожного покрытия, видимости перекрестка водителем, наличия в зоне перекрестка пешеходов, стоящих автомобилей и т.п.

Существуют два метода определения потоков насыщения расчетный и натуральный. В данной практической работе поток насыщения может быть определен экспериментально по приведенной ниже методике.

Методические указания к выполнению работы

Поток насыщения определяется для каждого направления данной фазы регулирования путем натурных наблюдений в периоды, когда на подходе к перекрестку формируются достаточно большие очереди транспортных средств. Порядок определения потока насыщения должен быть следующим:

1. Одновременно с включением зеленого сигнала включить секундомер и регистрировать по видам транспортные средства, пересекающие стоп-линию и движущиеся по одной из полос.

2. Выключить секундомер в момент пересечения стоп-линий последним автомобилем очереди.

3. Записать показание секундомера и подсчитать число прошедших за это время приведенных транспортных средств в секунду.

4. Повторить замеры 10 раз. При достаточно длинной очереди на полосе, состоящей из 10... 15 автомобилей и более, можно ограничиваться 3...5 замерами.

5. Определить поток насыщения для данной полосы движения по формуле (2.1)

$$M_{ijk} = \frac{3600}{n} (m_1 / t_1 + m_2 / t_2 \dots + m_n / t_n), \quad (2.1)$$

где М - поток насыщения для данной полосы в данной фазе и данном направлении движения, ед./ч; n — число замеров; m — число приведенных транспортных единиц, прошедших через стоп-линию за время t; $t_1 \dots t_n$ - показания секундомера, с; i - номер полосы движения, j - номер фазы, k - номер направления.

6. Повторить операции, перечисленные в пп.1...5, для каждой из оставшихся полос рассматриваемого направления данной фазы. Просуммировав полученные результаты, получить показатель M_{ij} - поток насыщения для одного из направлений данной фазы.

7. Определить поток насыщения M_{ij} в соответствии с методикой, изложенной в пп.1-6, для других направлений рассматриваемой фазы, а также для всех направлений движения других фаз регулирования. Результаты наблюдений заносятся в табл. 2.1.

Таблица 2.1 - Результаты наблюдений

Время $t_{n, c}$	t_1			t_2			-----	t_n		
Номер полосы	1	2	3	1	2	3	-----	1	2	3

Количество легковых автомобилей, $n_{л}$										
Количество грузовых автомобилей, $n_{гр}$										
Количество автобусов, $n_{ав}$										
Количество приведенных ТС, m_n										

Количество приведенных ТС определяется по формуле (2.2)

$$m_n = n_{л} + 2,37 n_{гр} + 3,16 n_{ав}, \quad (2.2)$$

где $n_{л}$, $n_{гр}$, $n_{ав}$ - соответственно количество легковых, грузовых автомобилей и автобусов; 2,37 и 3,16 - соответственно осредненные коэффициенты приведения для грузовых автомобилей и автобусов.

Подставив значение, вычисленное по (2.2), в формулу (2.1), находим потоки насыщения M_{ijk} .

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с правилами техники безопасности на перекрестке (прил.1).
2. Собрать статистический материал о движении транспортных средств через перекресток и заполнить табл.2.1.
3. По формуле (2.1) рассчитать потоки насыщения по всем фазам и разрешенным направлениям движения через перекресток.
4. Сделать заключение.

Контрольные вопросы:

1. Поясните физический смысл термина «поток насыщения».
2. Как экспериментально определить величину потока насыщения в одном из направлений перекрестка?
3. В каких единицах измеряется поток насыщения?
4. Назовите методы определения потоков насыщения и объясните в чем их различие?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМА СВЕТОФОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НА ПЕРЕКРЕСТКЕ

Цель работы: ознакомиться с экспериментальным методом определения режима светофорного регулирования и применить его на практике.

Теория

Разделяют два метода управления на перекрестке: пофазный разъезд

и управление движением по отдельным направлениям на перекрестке.

Основные принципы пофазного разъезда:

1. Стремиться к минимальному числу фаз в цикле регулирования

2. Учитывать, что допускается совмещать в одной фазе:

- левоповоротный поток, конфликтующий с определяющим длительность фазы встречным потоком прямого направления, если левоповоротный поток не превышает 120 авт/ч,

- пешеходный и конфликтующие с ним поворотные транспортные потоки, если пешеходный поток не превышает 900 чел/ч, а поворотные транспортные потоки не превышают 120 авт/ч.

3. Не выпускать из одной и той же полосы транспортные средства движение которых предусмотрено в разных фазах, т. е. полосы движения закрепляют за определенными фазами.

4. Стремиться к равномерной загрузке полос. Интенсивность движения, в среднем приходящаяся на одну полосу, не должна превышать диапазон 600—700 ед/ч.

5. При широкой проезжей части (3 полосы движения и более в одном направлении) следует рассматривать возможность поэтапного перехода пешеходами улицы в течение двух следующих друг за другом фаз регулирования.

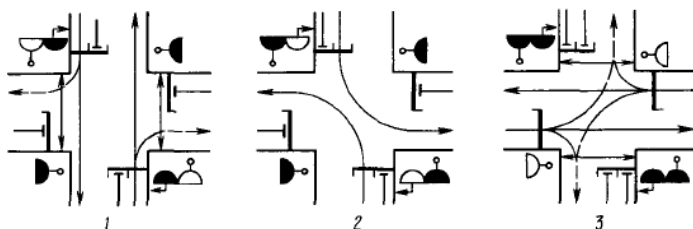


Рисунок 3.1 – Пример трехфазного разъезда

Вместе с тем длительность основного такта в каждом направлении зависит от интенсивности движения. Фазу (основной такт) как правило, определяет наиболее загруженное направление. В остальных, менее загруженных направлениях фаза ненасыщенная, т. е. существует избыток зеленого сигнала. Это приводит к некоторому увеличению длительности цикла и к снижению пропускной способности перекрестка. Появление контроллеров с программным обеспечением отдельных направлений позволяет ликвидировать этот недостаток и повысить гибкость процесса управления движением на перекрестке. В этом случае обеспечивается соответствие загрузки направлений и длительности зеленых сигналов. Для менее загруженного направления разрешающий движение сигнал может быть выключен раньше и,

следовательно, раньше может начаться движение в направлении, конфликтующем с предыдущим.

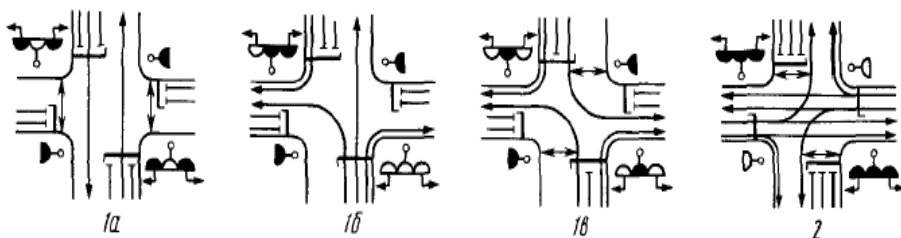


Рисунок 3.2 – Управление движением по отдельным направлениям

Для реализации управления движением по отдельным направлениям важно располагать данными о необходимой длительности зеленых сигналов в каждом направлении и о возможностях применяемого контроллера.

Фазой регулирования называется совокупность основного и следующего за ним промежуточного такта. Минимальное число фаз равно двум (в противном случае отсутствуют конфликтующие потоки, и необходимость в применении светофоров отпадает).

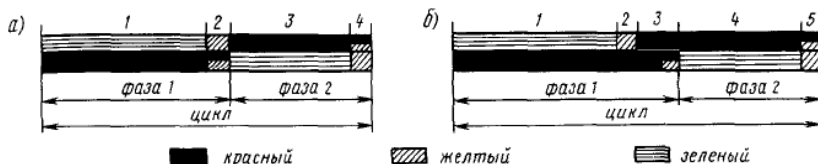


Рисунок 3.3 – Структура светофорного цикла

а – с одним промежуточным тактом в каждой фазе, б – с двумя промежуточными тактами в каждой фазе, 1-5 – номера тактов

а) Номера светофоров	График включения сигналов	Длительность, с			
		t_3	$t_{ж}$	$t_{н}$	$t_{нж}$
7, 11, 14, 22, 25, 28		34	4	50	4
6, 9, 12, 21, 23, 26		26	—	—	—
2, 3, 16, 17		20	4	64	4
4, 5, 18, 20		34	—	54	—
1, 13, 15, 24		26	—	62	—
8, 10, 19, 27		20	—	68	—

■ красный
 желтый
 зеленый

Рисунок 3.4 – Режим работы светофорной сигнализации

Методические указания к выполнению работы

Для исследования выбирается регулируемый перекресток на одной из транспортных магистралей города. Расчету режима регулирования предшествует построение план-схемы перекрестка в

масштабе 1:500 или 1:2000 и формирование схемы пофазного разъезда транспортных средств. Пример схемы трехфазного разъезда показан на рисунке 3.1.

Исходными данными для определения режима светофорного регулирования на перекрестке является определение длительности основного и промежуточного тактов, времени светофорного цикла.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с правилами техники безопасности на перекрестке (прил.1).
2. Составить план-схему перекрестка в масштабе и проект пофазного разъезда транспортных средств.
3. Зафиксировать существующий на перекрестке светофорный цикл.
4. Определить длительность основных тактов.
5. Определить длительность промежуточных тактов.
6. Определить длительность светофорного цикла.
7. Построить график режима работы светофорной сигнализации на перекрестке.

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные методы управления на перекрестке, в чем их различия?
2. Сформулируйте основные принципы пофазного разъезда?
3. Из каких элементов состоит светофорный цикл?
4. Определение длительности основных тактов?
5. Определение длительности промежуточных тактов?
6. Определение длительности светофорного цикла?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4 ПРОВЕРКА ОПТИМАЛЬНОСТИ РЕЖИМА СВЕТОФОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НА ПЕРЕКРЕСТКЕ

Цель работы: проверить оптимальность режима светофорного регулирования на перекрестке.

Теория

Критерии качества (оптимальности) ОДД зависят от решаемых задач и могут быть заданы как экстремумы соответствующих функций, например, минимум средней задержкой на перекрестке, максимальная пропускная способность дороги, максимальная скорость движения, уровень удобства, мин. количество ДТП и др.

Определение длительности цикла и основных тактов регулирования основано на сопоставлении фактической интенсивности движения на подходах к перекрестку и пропускной способности (потокам насыщения) этих подходов. Поэтому эти параметры следует рассматривать в качестве основных исходных данных расчета рисунк 4.1.

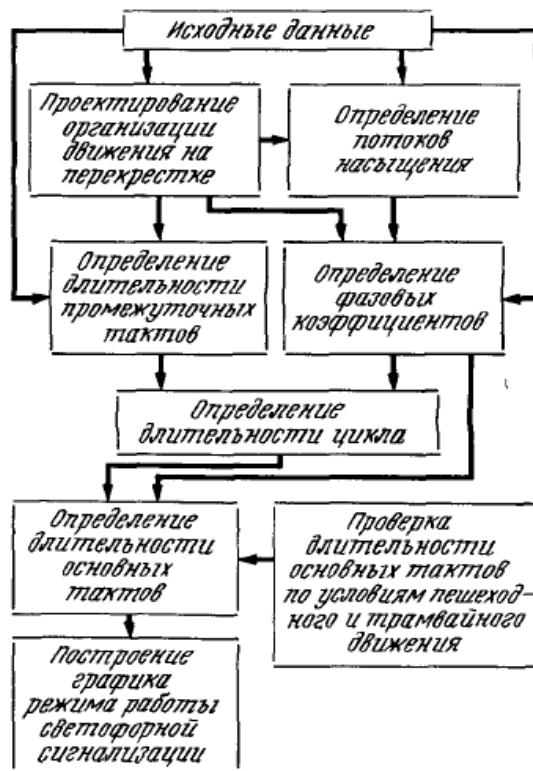


Рисунок 4.1 – Последовательность расчета длительности цикла и его элементов

Исходные данные. Исходными данными для расчета являются планировочные и транспортные характеристики перекрестка: ширина проезжих частей, число и ширина полос в каждом направлении движения; ширина разделительных полос; ширина тротуаров и радиусы их закругления; продольный уклон на подходах к перекрестку; состав транспортных потоков; картограмма интенсивности транспортных и пешеходных потоков для рассматриваемых периодов суток (транспортная интенсивность выражается в приведенных единицах); средняя скорость движения транспортных средств на подходе и в зоне перекрестка (без торможения).

Методические указания к выполнению работы

После проведения натурных исследований на перекрестке

студенты приступают к расчету теоретического цикла регулирования. При этом недостающие данные, необходимые для расчетов, берутся из предыдущей практической работы. Это возможно благодаря тому, что при делении студентов на подгруппы за каждой подгруппой должен быть закреплен определенный перекресток.

Расчет цикла регулирования начинают с определения фазовых коэффициентов. Фазовые коэффициенты определяют для каждого из направлений движения на перекрестке в данной фазе регулирования:

$$y_{ij} = \frac{N_{ij}}{M_{nij}}, \quad (4.1)$$

где Y_{ij} - фазовый коэффициент данного направления; N_{ij} и M_{nij} - соответственно интенсивность движения для рассматриваемого периода суток и поток насыщения в данном направлении данной фазы регулирования, ед./ч.

За расчетный фазовый коэффициент Y_{ij} принимается наибольшее значение Y_{ij} в данной фазе. После этого определяется сумма фазовых коэффициентов:

$$Y = \sum_1^n y_i, \quad (4.2)$$

Длительность промежуточного такта вычисляется по следующей формуле:

$$(4.3)$$

где V_a - $t_{ni} = \frac{V_a}{7,2a} + \frac{3,6(l_i + l_a)}{V_a}$ средняя скорость транспортного средства при движении на подходе к перекрестку и в зоне перекрестка без торможения (с ходу), км/ч; a - среднее замедление автомобилей при включении запрещающего сигнала (для практических расчетов $a = 3-4 \text{ м/с}^2$); l_i - расстояние от стоп-линий до дальней конфликтной точки (ДКТ), м; l_a - длина транспортного средства, наиболее часто встречающегося в потоке, м.

С учетом преимущественно легкового движения можно принять $l_a = 5 \text{ м}$, среднее замедление $a = 4 \text{ м/с}^2$. Длина l_i находится из плана перекрестка. Скорость движения задается (ориентировочное значение $V_a = 50 \text{ км/ч}$).

После определения длительностей промежуточных тактов для каждой фазы находится их сумма:

$$T_n = \sum_1^n t_{n_i}, \quad (4.4)$$

Учитывая случайный характер прибытия транспортного средства к перекрестку, цикл регулирования находится по формуле

$$T_y = \frac{1,5T_n + 5}{1 - Y} \quad (4.5)$$

По соображениям безопасности движения длительность цикла больше 120 с и менее 25 с считается недопустимой.

Длительность основного такта t_0 в j -й фазе регулирования равна

$$t_0 = \frac{(T_y - T_n)Y_j}{Y}, \quad (4.6)$$

По соображениям безопасности движения t_0 обычно принимают не менее 7с.

Расчетную длительность основных тактов необходимо проверить на обеспечение ими пропуска в соответствующих направлениях пешеходов. Время, необходимое для пропуска пешеходов,

$$t_{nu} = 5 + \frac{B_{nu}}{V_{nu}}, \quad (4.7)$$

где B_{nu} - ширина проезжей части, пересекаемой пешеходами в j -и фазе регулирования, м; V_{nu} - расчетная скорость движения пешеходов (обычно принимается равной 1.3 м/с).

Если какие-либо значения t_{nu} оказались больше рассчитанной по формуле (4.7) длительности соответствующих основных тактов, то окончательно принимают новую уточненную длительность этих тактов, равную наибольшим значениям t_{nu} . При этом если t_{nu} и t_0 отличаются друг от друга на величину, превышающую 4... 5 с, то необходимо скорректировать структуру цикла. Новая скорректированная длительность цикла находится по формуле

$$T_y^* = \frac{B}{2A} + \sqrt{\frac{B^2}{4A^2} - \frac{C}{A}}, \quad (4.8)$$

где $A = 1 - Y$; $B = 2,5 T_n - T_n Y + T_0^* + T_0^*$; $C = (T_n + T_0^*)(1,5 T_n + 5)$; $T_0^* = t_{0i} + t_{nu}$;

T_0^* - суммарная длительность основных тактов, уточненных по условиям пешеходного движения, с.

Новая длительность основных тактов

$$t_0^* = \frac{(T_y^* - T_n)T_y^* \cdot Y_i}{T_y^* - 1,5T_n - 5} \quad (4.9)$$

Для случая двухфазного цикла регулирования

$$t_0^* = T_u^* - T_n^* - t_{ни} \quad (4.10)$$

После нахождения теоретической длительности цикла регулирования, его фаз и тактов, студентам необходимо сравнить существующий на перекрестке светофорный цикл с рассчитанным. Цикл с меньшей длительностью считается более оптимальным по критерию минимума транспортных задержек, снижению загазованности и транспортного шума

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с правилами техники безопасности на перекрестке (прил.1).
2. По формулам (4.1) и (4.2) определить максимальные фазовые коэффициенты и их сумму.
3. По формулам (4.3) и (4.4) рассчитать длительность промежуточных тактов и их сумму.
4. Рассчитать длительность светофорного цикла и его основных тактов, используя формулы (4.5) и (4.6).
5. Расчетную длительность основных тактов проверить на обеспечение ими пропуска пешеходов в соответствующих направлениях, в случае необходимости скорректировать светофорный цикл.
6. Сделать заключение об оптимальности светофорного цикла.

Контрольные вопросы:

1. Что в себя включают исходные данные ?
2. Какова последовательность расчета длительности цикла ?
3. В каких единицах измеряется поток насыщения?
4. Из каких элементов состоит светофорный цикл?
5. Какие критерии качества (оптимальности) Вам известны?
6. Какой СФ цикл считается оптимальным по критерию минимума транспортных задержек?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАДЕРЖКИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА РЕГУЛИРУЕМОМ ПЕРЕКРЕСТКЕ.

Цель работы: ознакомиться с экспериментальным методом определения задержки и применить его на практике.

Теория

Различают транспортные задержки на регулируемом и нерегулируемом перекрестке.

На нерегулируемых перекрестках (при наличии знаков приоритета) движение по главной дороге обеспечивается практически без задержек. На второстепенной дороге водитель, не обладающий преимущественным правом проезда, вынужден для дальнейшего

движения ожидать появления приемлемого для него интервала времени между транспортными средствами на главной дороге.

В диапазоне минимальных значений приемлемых интервалов находится граничный интервал времени $t_{тр}$, который определяется из условия, что он с одинаковой вероятностью может быть принят или отвергнут водителями. Граничный интервал зависит от многих факторов и прежде всего от вида маневра, который совершает автомобиль, выезжающий на перекресток с второстепенной дороги. По данным исследований при пересечении двухполосной дороги $t_{тр}$ находится в пределах 6—8 с, при левом повороте 10—13 с, при правом повороте 4—7 с.

Задержка автомобиля на второстепенной дороге зависит от продолжительности ожидания водителем приемлемого интервала (как минимум $t_{тр}$, продолжительности пребывания в очереди и степени изменения автомобилем скорости движения, обусловленного торможением перед перекрестком.

Составляющие потерь даже при постоянных интенсивностях движения на пересекающихся дорогах изменяются в широких пределах и для каждого автомобиля различны. Учитывая влияние большого числа случайных факторов, потери времени обычно оценивают средней задержкой одного автомобиля $t_{\Delta n}$, рассчитываемой при наличии некоторых допущений. В общем виде

$$t_{\Delta n} = t_{\Delta n1} + t_{\Delta n2} + t_{\Delta n3} \quad (5.1)$$

где $t_{\Delta n1}$ — среднее время ожидания приемлемого интервала, с, $t_{\Delta n2}$ и $t_{\Delta n3}$ — средние задержки, связанные соответственно с пребыванием автомобилей в очереди, образующейся на второстепенной дороге, и с торможением автомобиля перед перекрестком, с.

Методы определения $t_{\Delta n1}$ и $t_{\Delta n2}$ рассматриваются в теории транспортных потоков и заключаются в следующем. Среднее время $t_{\Delta n1}$ принимают равным отношению суммарной продолжительности неприемлемых интервалов к числу приемлемых. Средняя задержка $t_{\Delta n2}$ зависит от числа автомобилей в очереди перед главной дорогой, которое может быть определено с использованием основных положений теории массового обслуживания, когда примыкающий к перекрестку участок второстепенной дороги можно представить как канал обслуживания с экспоненциальным распределением времени поступления требований и времени обслуживания. Среднюю задержку $t_{\Delta n3}$ определяют как разность между временем, необходимым на торможение перед

перекрестком и последующий разгон автомобиля, и временем его движения в свободных условиях (без торможения).

При условии постоянных замедления и ускорения в процессе изменения скорости и экспоненциального распределения временных интервалов между автомобилями на главной дороге средняя задержка автомобиля на данном направлении второстепенной дороги

$$t_{\Delta n} = \frac{e^{N_{\Gamma} \cdot l_{mp}} - N_{\Gamma} \cdot t_{zp} - 1}{N_{\Gamma} - N_B \cdot (e^{N_{\Gamma} \cdot l_{mp}} - N_{\Gamma} \cdot t_{zp} - 1)} + \frac{V_a}{7,2} \left(\frac{1}{a_T} + \frac{1}{a_p} \right) \quad (5.2)$$

где e — основание натурального логарифма, N_{Γ} — интенсивность транспортного потока на главной дороге в обоих направлениях, авт/с, N_B — интенсивность, приходящаяся в среднем на одну полосу второстепенной дороги в рассматриваемом направлении движения, авт/с, a_T и a_p — соответственно замедление и ускорение автомобиля (в расчетах можно принять $a_T = 3-4$ м/с, $a_p = 1,0-1,5$ м/с).

Среднюю задержку автомобиля $t_{\Delta n}$ на перекрестке в целом определяют как средневзвешенное значение задержек для всех направлений (подходов к перекрестку) второстепенной дороги, рассчитываемых по формуле (5.2):

$$t_{\Delta n}^{\text{ср}} = \frac{\sum_1^n (t_{\Delta n1} \cdot N_j)}{\sum_1^n N_j} \quad (5.3)$$

где N_j — интенсивность движения на j -м направлении второстепенной дороги, авт/ч, n — число направлений (подходов к перекрестку) второстепенной дороги.

Задержка на регулируемых перекрестках. Она зависит в основном от режима работы светофорной сигнализации и возникает на второстепенной и главной дорогах в силу действия запрещающего сигнала. Как и в предыдущем случае, она оценивается средней задержкой одного автомобиля в рассматриваемом направлении движения.

Эту задержку иногда определяют по приближенной формуле

$$t_{\Delta n} = \frac{(T_y - t_o)}{2} \quad (5.4)$$

Формула получена на основе предположения, что задержка автомобиля, прибывающего к перекрестку в начале запрещающего сигнала, равна длительности этого сигнала. Если автомобиль прибывает в момент окончания запрещающего сигнала, задержка равна нулю.

Использование формулы (5.4) приводит к ощутимым погрешностям при определении задержки, учитывая, что эта формула справедлива лишь при условии прибытия автомобилей к перекрестку регулярно через постоянные интервалы времени. Это характерно для потоков высокой интенсивности, близкой к пропускной способности дороги. Обычно же для изолированного перекрестка (не имеющего связи с соседним по потоку и управлению) прибытие автомобилей является случайным. Это учитывает формула для определения задержки Ф. Вебстера, получившая широкое распространение в практике управления дорожным движением в СССР и других странах:

$$t_{\Delta p} = \frac{T_{\text{ц}} \cdot (1 - \lambda)^2}{2 \cdot (1 - \lambda \cdot x)} + \frac{x^2}{2 \cdot N \cdot (1 - x)} - 0.65 \cdot \left(\frac{T_{\text{ц}}}{N^2} \right) \cdot x^{(2+3 \cdot \lambda)} \quad (5.5)$$

где λ — отношение длительности разрешающего сигнала к

$$\lambda = \frac{t_0}{T_{\text{ц}}}$$

циклу ($T_{\text{ц}}$), N — интенсивность движения транспортных средств в рассматриваемом направлении, ед/с

Первая составляющая формулы (5.5) позволяет определить задержку при регулярном прибытии автомобилей к перекрестку. При полностью насыщенной фазе ($x=1$) она после простейших преобразований превращается в формулу (5.4).

Вторая составляющая учитывает случайный характер прибытия. Она получена на основе теории массового обслуживания и позволяет определить среднюю задержку в данном направлении перекрестка, который представляется одноканальной системой обслуживания, куда поступает поток заявок с постоянной интенсивностью.

Третья составляющая является корректирующим членом. Она позволяет учесть погрешность при расчете задержки по первым двум составляющим формулы (5.5) по сравнению с ее значением, определенным экспериментально. В среднем эта погрешность составляет 10%, поэтому для практических расчетов обычно применяют упрощенную формулу:

$$t_{\Delta p} = 0.9 \cdot \left[\frac{T_{\text{ц}} \cdot (1 - \lambda)^2}{2 \cdot (1 - \lambda \cdot x)} + \frac{x^2}{2 \cdot N \cdot (1 - x)} \right] \quad (5.6)$$

Естественно, при машинных методах расчета задержки лучше использовать формулу (5.5). Она дает более точные результаты.

В целом для регулируемого перекрестка средневзвешенную задержку $t_{\Delta n}^=$ определяют так же, как и для нерегулируемого [см. формулу (5.3)], с той лишь разницей, что учитывают все направления не только второстепенной, но и главной дороги.

Методические указания к выполнению работы

Задержки транспортных средств на перекрестках приводят к снижению пропускной способности городских магистралей, как следствие, к экономическим потерям, повышению уровня загазованности и шума. Задержки на регулируемых перекрестках зависят от режима работы светофорной сигнализации и возникают на второстепенной и главной дорогах в силу действия запрещающего сигнала. Как и для случая нерегулируемого перекрестка, она оценивается средней задержкой одного автомобиля в рассматриваемом направлении движения. Использование расчетных методов для нахождения задержек приводит, как правило, к погрешностям. Поэтому на практике стремятся использовать экспериментальные методы определения задержки.

С помощью экспериментального метода определения задержки рассчитывают среднюю задержку автомобиля на подходе к перекрестку вне зависимости от дальнейшего направления автомобиля через перекресток. Метод основывается на подсчете стоящих автомобилей на входе перекрестка через равные, достаточно малые промежутки времени. Средняя задержка автомобиля:

$$t_{\Delta j} = \delta \sum_i^n n_{om} / n_{np} , \quad (5.7)$$

где n - число замеров, выполненных за определенный период наблюдения; n_{np} - число автомобилей, проехавших перекресток за тот же период; j - номер направления движения с входа перекрестка; i - номер замера; δ - малый промежуток времени; n_{cm} - число остановившихся автомобилей.

На перекрестке, на котором будет определяться задержка, необходимо произвести исследование интенсивности транспортных потоков. Последовательность операций при определении задержки должна быть следующей:

- 1) в назначенное время наблюдений подсчитать число автомобилей, стоящих на рассматриваемом подходе к перекрестку в ожидании проезда;
- 2) повторять подсчеты через каждые 10 с в течение 5 мин (автомобили,

- стоящие более 10с, учитываются дважды, трижды и т.д.);
- 3) в течение указанных 5 мин вести регистрацию общего числа автомобилей, прошедших перекресток в данном направлении (в том числе и без остановки);
 - 4) данные подсчетов свести в таблицу 5.1;
 - 5) определить среднюю задержку автомобиля по формуле (5.7), которая для данных методов измерений примет вид:

$$t_{\Delta} = \frac{10 \sum_{cm}^{30} n_{cm}}{\sum_{np}^5 n_{np}} \quad (5.8)$$

Таблица 5.1- Результаты подсчетов

Время наблюдения	Число автомобилей, стоящих на данном подходе к перекрестку в указанные моменты времени δ , с						Общее число автомобилей, проследовавших через перекресток с рассматриваемого подхода
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	
1-я минута 2-я минута **** 5-я минута							
ИТОГО	$\sum n_{cm}$						n_{np}

- б) определить среднюю задержку автомобиля B на перекрестке в целом по формуле

$$t_{\Delta} = \sum_1^k (t_{\Delta k} N_k) / \sum_1^k N_k, \quad (5.9)$$

где N_k - интенсивность движения на k входе в перекресток, авт/ч; k - числе подходов к перекрестку.

Практические работы выполняются на перекрестках, закрепленных за подгруппой, поэтому такие данные, как интенсивность и структура светофорного цикла, можно использовать из предыдущих практических работ, проводившихся на этих перекрестках.

После определения задержки экспериментальным методом необходимо сравнить ее со значением, получаемым по формуле Вебстера. Формула Вебстера применима, если перекресток можно считать изолированным, т.е. не имеющим связи по потоку и управлению с соседними перекрестками. Для практических расчетов формула имеет вид:

$$t_{\Delta P} = 0,9 \left[\frac{T_u (1 - r^2)}{2(1 - rX)} + \frac{X^2}{2N(1 - X)} \right] \quad (5.10)$$

где r - отношение длительности разрешающего сигнала к циклу ($r = t_0 / T_{ц}$); N - интенсивность движения транспортных средств в рассматриваемом направлении, ед/с; X - степень насыщения направления движения.

Степень насыщения направления движения представляет собой отношение среднего числа прибывающих в данном направлении к перекрестку в течение цикла транспортных средств к максимальному числу автомобилей, покинувших перекресток в том же направлении в течение разрешающего сигнала:

$$X_k = \frac{N_k T_u}{M_k t_{0k}}, \quad (5.11)$$

где N_k и M_k - соответственно интенсивность движения и поток насыщения в данном направлении, ед/ч; t_{0k} - длительность основного такта в том же направлении, с; k - номер направления.

Заторовое состояние в рассматриваемом направлении возникает при $X > 1$. Для обеспечения некоторого резерва пропускной способности следует стремиться к значению X , не превышающему 0,85... 0,90. Немаловажным с точки зрения максимального использования пропускной способности перекрестка является отсутствие малонасыщенных направлений и их равномерная загрузка.

После определения по формуле (5.8) задержек для всех подходов к перекрестку по формуле (5.7) вычисляется средневзвешенная задержка $t_{ур}$ для всего перекрестка.

На последнем этапе выполнения работы студенты сравнивают фактически существующие на перекрестке задержки с расчетными и делают вывод об оптимальности светофорного цикла по критерию минимума задержек.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с правилами техники безопасности при проведении натурных исследований на перекрестке.
2. Выставить на перекрестке группу наблюдателей (в соответствии с рекомендациями практической работы № 1) для подсчета числа остановившихся и движущихся через перекресток автомобилей. Наблюдатели должны собрать статистический материал и заполнить

таблицу 5.1.

3. Определить среднюю задержку автомобиля на перекрестке в целом путем последовательного применения формул (5.2) и (5.3).
4. Рассчитать задержку автомобиля по формуле (5.4), взяв недостающие данные из предыдущих практических работ.
5. Определить среднюю задержку автомобиля для перекрестка в целом путем осреднения задержек по направлениям, рассчитанным по формуле (5.4).
6. Сравнить фактически существующие на перекрестке задержки с расчетными и сделать вывод об оптимальности светофорного цикла.

Контрольные вопросы

1. В чем разница между экспериментальным и расчетным методом определения задержки?
2. От чего зависят задержки на регулируемом перекрестке?
3. Что такое степень насыщения направления?
4. Какая связь между степенью насыщения и пропускной способностью?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература

1. Тракторы и автомобили: теория и технологические свойства: учеб. / г.м.кутьков - 2-е изд., перераб. И доп. - м.: ниц инфра-м, 2014 - 506с.

Дополнительная литература

1. Садило Р. М. Организация дорожного движения [Текст] : учебн. пособие к курсовому проектированию / Роман Михайлович Садило ; Южно-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ). - Новочеркасск : ЮРГТУ (НПИ), 2004. - 92 с.

2. Организация и безопасность движения: Учеб. пособие для вузов / Б. Г. Гасанов, М. В. Садило, Е. К. Яркин и др. - Новочеркасск: ЮРГТУ, 2002. - 162 с.

3. ГОСТ Р 52289-2004. Технические средства организации дорожного движения: Правила применения: Стандартиформ, - Изд.офиц., - М.: Изд-во стандартов, 2005-113с.

4. Безопасность дорожного движения: Учеб.пособие / В. В. Амбарцумян, В. Н. Бабанин, О. П. Гуджоян, А. В. Петридис; Под ред. Луканина В.Н. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1998. - 304с.

5. Коноплянко В.И. Организация и безопасность дорожного движения: Учебник для вузов / В. И. Коноплянко. - М.: Транспорт, 1991. - 183с.

Составители:

Павел Иванович Федюнин
Виталий Анатольевич Комлев

Технические средства организации дорожного движения

ПРАКТИКУМ

Подписано к печати 30 мая 2017 г. Формат 40×64^{1/14}
Объем 1,5 уч.-изд. л. Изд. №__ Заказ №__
Тираж 50 экз.

Отпечатано в мини-типографии Инженерного института Новосибирского ГАУ
630039, Новосибирск, ул. Никитина, 147