



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Эксплуатация транспортных систем и логистика»

**Методические указания
к практическим работам
по дисциплине**

**«Методология безопасности
дорожного движения»**

Авторы
Скудина А. А.,
Щербаков И. Н.

Ростов-на-Дону, 2019



Аннотация

Методические указания к практическим работам предназначены для студентов очной и заочной форм обучения по направлению 23. 03. 01 «Технология транспортных процессов».

Авторы

старший преподаватель кафедры «Эксплуатация транспортных систем и логистика»

Скудина А. А.,

к.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация транспортных систем и логистика»

Щербаков И. Н.,



Введение	Ошибка! Закладка не определена.
1 Характеристики исследуемого объекта	5
1.1 Геометрические характеристики пересечения и технические средства организации дорожного движения на нём	5
1.2 Транспортные характеристики пересечения	5
1.2.1 Интенсивность движения транспортных средств	5
1.2.2 Картограмма транспортной нагрузки	5
1.2.3 Задержки транспортных средств на пересечении	9
1.2.4 Потоки насыщения.....	9
1.2.5 Пешеходное движение.....	11
2 Анализ конфликтных точек на пересечении	13
2.1 Нерегулируемое пересечение	5
2.2 Пофазный разъезд транспортных средств	13
3 Расчёт параметров светофорного регулирования	16
3.1 Расчёт фазовых коэффициентов.....	14
3.2 График светофорной сигнализации	16
3.3 Оценка задержек транспортных средств на пересечении	18
Заключение	16
Список библиографических источников.....	Ошибка! Закладка не определена.

ВВЕДЕНИЕ

Рост автомобильного парка и объём перевозок ведёт к увеличению интенсивности движения, что в условиях городов с исторически сложившейся застройкой приводит к возникновению транспортной проблемы. Особенно остро она проявляется в узловых пунктах улично-дорожной сети (УДС). Здесь увеличиваются транспортные задержки, образуются очереди и заторы, что вызывает снижение скорости сообщения, неоправданный перерасход топлива и повышенное изнашивание узлов и агрегатов транспортных средств.

Переменный режим движения, частые остановки и скопления автомобилей на перекрёстках являются причинами повышенного загрязнения воздушного бассейна города продуктами неполного сгорания топлива. Городское население постоянно подвержено воздействию транспортного шума и отработавших газов.

Рост интенсивности транспортных и пешеходных потоков непосредственно сказывается также на безопасности дорожного движения [2].

Необходимость введения светофорного регулирования на конкретном пересечении определяется при помощи нескольких критериев, в основу которых заложены интенсивности пересекающихся транспортных потоков и наличие на данном пересечении дорожно-транспортных происшествий. Значение интенсивностей пересекающихся транспортных потоков регламентировано соответствующими нормативными документами. Кроме того светофорное регулирование может быть осуществлено при больших интенсивных пешеходных потоках к местам их притяжения (кинотеатрам, стадионам, крупным торговым и промышленным объектам и т.д) или при пересечении дороги школьниками в зоне расположения школ [1].

В практических работах будут рассмотрены такие темы, как характеристики исследуемого объекта, в частности геометрические характеристики пересечения и технические средства организации дорожного движения на нем, и транспортные характеристики пересечения, анализ конфликтных точек на нерегулируемом пересечении, пофазный разъезд транспортных средств, расчёт параметров светофорного регулирования и другие.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ИССЛЕДУЕМОГО ОБЪЕКТА

Исследуемое пересечение выбирается совместно с руководителем практических занятий.

1.1 Геометрические характеристики пересечения и технические средства организации дорожного движения на нём

На пересечении предусмотрены следующие технические средства организации дорожного движения [4], [5], [6], [7]:

- Транспортные светофоры;
- Пешеходные светофоры;
- Дорожная разметка;
- Знаки приоритета;
- Знаки особых предписаний;
- Запрещающие знаки.

На момент обследования перекрёстка в направлении (2) дорожная разметка стерта.

Схема пересечения представляется на рисунке 1.

1.2 Транспортные характеристики пересечения

1.2.1 Интенсивность движения транспортных средств

Принятие решений по организации дорожного движения и перевозок, планированию работ транспортных систем, оценка эффективности функционирования улично-дорожной сети возможны только на основе изучения параметров транспортных потоков и зависимостей между ними в конкретных условиях. Поэтому сбор и обработка информации о зависимостях между основными характеристиками транспортных потоков – интенсивностью, плотностью и скоростью – является существенной частью деятельности по организации дорожного движения.

Интенсивность движения – это число транспортных средств, проезжающих через сечение дороги за единицу времени. В качестве расчётного периода времени для определения интенсивно-

сти движения принимают год, месяц, сутки, час и более короткие промежутки времени (минуты, секунды) в зависимости от поставленной задачи наблюдения и средств измерения.

На улично-дорожной сети можно выделить отдельные участки и зоны, где движение достигает максимальных размеров, в то время как на других участка оно в несколько раз меньше. Такая пространственная неравномерность отражает прежде всего неравномерность размещения грузо- и пассажирообразующих пунктов и мест их притяжения. Наиболее часто в качестве промежутка времени принимается один час, и, соответственно, интенсивность движения определяется как авт/час [3].

Одной из основных особенностей изменения интенсивности движения является её неравномерность во времени и пространстве. Распределение по временным периодам определяется целями поездок и их частотой.

Неравномерность интенсивности движения оценивается коэффициентом неравномерности K_n , представляющим собой отношение фактической интенсивности q_f за рассматриваемый промежуток времени к средней интенсивности q_c за более длительный промежуток времени [1]:

$$K_n = \frac{q_f}{q_c} \quad (1.1)$$

Так, например, коэффициент годовой неравномерности

$$K_n = \frac{12q}{\sum_{i=1}^{12} q_i} \quad (1.2)$$

где 12 – число месяцев в году,

q_i – интенсивность движения за рассматриваемый месяц.

Интенсивность движения оказывает влияние на транспортные затраты.

Интенсивность движения бывает физической и приведённой.

$$q_{np} = \sum_{i=1}^n q_{физ} K_i \quad (1.3)$$

где q_{np} – приведённая интенсивность движения,

$q_{физ}$ – физическая интенсивность движения,

K_i – коэффициент приведения.

Интенсивность изменяется в течение суток, в течение недели, в течение месяца, времени года и т. д.

Часовая интенсивность определяется по формуле (1.4)

$$N_q = \frac{N * 60}{t}, \quad (1.4)$$

где N – количество автомобилей, прошедших через пересечение;

t – продолжительность наблюдений.

Суточная среднегодовая интенсивность определяется по формуле (1,5)

$$N_{сут} = \frac{4N_q}{K_t * K_n * K_m * 365}, \quad (1.5)$$

где K_t - коэффициент по часам суток;

K_n - коэффициент по дням недели;

K_m – коэффициент по месяцу года.

Данные об интенсивности движения на рассматриваемом пересечении представлены в таблице 1.1.



Таблица 1.1 Интенсивность движения

№ Направления	Вид ТС	K _{пр}	Интенсивность по направлениям					
			Прямо		налево		направо	
			Физическая, авт/ч	Привед.,ед/ч	Физическая, авт/ч	Привед.,ед/ч	Физическая, авт/ч	Привед.,ед/ч
1	Легковые	1						
	Грузовые	2						
	Автобусы	3						
	Микроавтобусы	1,5						
2	Легковые	1						
	Грузовые	2						
	Автобусы	3						
	Микроавтобусы	1,5						
Итого:								
Всего:								

1.2.2 Картограмма транспортной нагрузки

Картограмма транспортной нагрузки (рисунок 1.2) строится на основе направлений движения на пересечении и приведённой интенсивности движения транспортных средств.

1.2.3 Задержки транспортных средств на пересечении

Задержки движения – это показатель, влияющий на оценку состояния дорожного движения. К задержкам следует относить потери времени не только на все вынужденные остановки транспортных средств перед перекрёстками, железнодорожными переездами, при заторах на перегонах, но также из-за снижения скорости транспортного потока по сравнению со сложившейся средней скоростью свободного движения на данном участке дороги. Задержки транспортных средств характеризуются потерей времени при прохождении транспортным средством заданного пересечения.

Оптимальной скоростью в данном случае следует считать скорость сообщения, обеспечивающую минимум потерь времени, топлива, расходов, связанных с износом автомобиля, потерь от ДТП и т. д. Ввиду трудности определения истинного значения оптимальной скорости в практике организации движения условно в качестве оптимальной принимают разрешённую (расчётную по условию безопасности) скорость на данном участке дороги.

Различают задержки на перегонах и пересечениях. Задержки на перегонах являются результатом маневрирования, наличия в потоке автомобилей, движущихся с малыми скоростями, движения пешеходов, остановок и стоянок транспортных средств, перенасыщенности потока. Задержки на пересечениях являются результатом необходимости пропуска транспортных и пешеходных потоков по пересекающимся направлениям.

В совокупности все эти зависимости позволяют прогнозировать изменение состояния транспортного потока и пропускной способности при планировании мероприятий по совершенствованию организации дорожного движения и развитию УДС [1].

$$t_{\Delta_i} = \frac{\sigma \sum n_{cm}}{\sum n_{np}}, \text{ с} \quad (1.6)$$

где σ – интервал времени, с;

i – направление движения;

$n_{ст}$ – число остановившихся автомобилей;

$n_{пр}$ – число проехавших автомобилей.

Таблица 1.2 Задержки транспортных средств на пересечении (направление 1).

Время наблюдения	Число а/м, стоящих на данном подходе к перекрёстку в указанный момент времени				Общее число а/м, проследовавших через перекрёсток с рассматриваемого подхода
	0-15 с.	16-30 с.	31-45 с.	46-60 с.	
1	2	3	4	5	6
Всего:					

Таблица 1.3 Задержки транспортных средств на пересечении (направление 2).

Время наблюдения	Число а/м, стоящих на данном подходе к перекрёстку в указанный момент времени				Общее число а/м, проследовавших через перекрёсток с рассматриваемого подхода
	0-15с.	16-30 с.	31-45 с.	46-60 с.	
1	2	3	4	5	6
Итого:					
Всего:					

1.2.4 Потоки насыщения

Пропускной способностью дороги называют максимальное количество автомобилей, которое может пройти через заданное сечение дороги. Пропускная способность дороги и степень её использования является важнейшим проектировочным и эксплуатационным критерием. Уровень пропускной способностью дороги определяется множеством факторов системы ВАДС:

- Геометрические характеристики дороги и дорожные условия;
- Состав транспортного потока;
- Методы и средства регулирования движения.

Степень воздействия многих факторов на пропускную способность сопоставима с влиянием параметров дороги. Поэтому методически более правильно иметь в виду, что пропускная способность является характеристикой системы ВАДС.

Пропускную способность дороги можно определить:

- По нормативным данным о характеристиках дороги, транспортного потока и методах организации дорожного движения;
- Расчётным путём с использованием теории транспортных потоков и моделирования движения;
- Измерением характеристик транспортных потоков на заданном участке дороги [1].

$$M_n = \frac{3600}{n} * \left(\frac{m_1}{t_1} + \frac{m_2}{t_2} + \dots + \frac{m_n}{t_n} \right), \text{ ед/ч} \quad (1.7)$$

где n – число замеров;

m_1, m_2, \dots, m_n - количество приведенных транспортных средств;

t_1, t_2, \dots, t_n - время.

Таблица 1.4 Потоки насыщения (направление 1)

Вид а/м	Количество а/м									
Легковые										
Грузовые										
Автобусы										
Микроавтобусы										
Привед. Ед.										
Показания секундомера										

Таблица 1.5 Потоки насыщения (направление 2)

Вид а/м	Количество а/м									
Легковые										
Грузовые										
Автобусы										
Микроавтобусы										
Привед. Ед.										
Показания секундомера										

1.2.5 Пешеходное движение

Пешеходное движение характеризуется скоростью, интенсивностью, плотностью. Физический смысл этих показателей аналогичен соответствующим показателям транспортных потоков.

Скорость движения пешеходов в зависимости от возраста, психофизиологического состояния человека, цели передвижения, плотности потока колеблется в среднем от 0,5 до 1,6 м/с.

Интенсивность пешеходного потока определяется числом пешеходов, проходящих через определённое сечение пути в единицу времени.

Плотность пешеходного потока определяется числом пешеходов, приходящихся на квадратный метр площади. Плотность является величиной, характеризующей уровень обслуживания пешеходного пути, и как мера этого уровня выражается площадью S , приходящейся на одного человека.

По мере возрастания плотности пешеходы стремятся сохранить определённую дистанцию в продольном и поперечном направлении для возможности осуществления пространственного манёвра. Требуется минимум $2,5\text{ м}^2$ на каждого пешехода, чтобы была возможность для осуществления необходимого манёвра. С увеличением плотности скорость потока падает [3].

Таблица 1.6 Пешеходное движение

направление	Прямое	Обратное	Всего, чел/ч
2			

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

2. АНАЛИЗ КОНФЛИКТНЫХ ТОЧЕК НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ

Задание: введение третьей фазы регулирования с вынесением левого поворота в отдельную фазу на пересечении

2.1 Нерегулируемое пересечение

Опасность конфликтной точки оценивается по возможной аварийности в ней (количество ДТП за год).

$$q_i = K_i * M_i * N_i * 25 / K_r * 10^{-7} \quad (2.1)$$

K_i – относительная аварийность конфликтной точки;

M_i и N_i – интенсивности движения пересекающихся в данной конфликтной точке потоков, авт/сут;

K_r – коэффициент годовой неравномерности движения;

$$K_r = 0,08$$

25 – учитывает среднее количество рабочих дней в месяц, в течение которого загрузка дорог резко превышает загрузку в нерабочие дни.

Рассчитаем часовую и суточную среднегодовую интенсивность на пересечении по формулам (1.4) и (1.5).

Расчёт ведём для месяца – ноября, дня недели – понедельника, времени суток – 8⁰⁰.

Определим теоретически вероятное количество ДТП на пересечении за 1 год по формуле (2.2):

$$G = \sum_{i=1}^n q_i, \quad (2.2)$$

q_i – i -тый коэффициент возможной аварийности.

Степень опасности пересечения оценивается показателем безопасности движения K_a , характеризующим количество ДТП на 10 млн. автомобилей, прошедших пересечение (формула 2.3):

$$K_a = \frac{G * 10^7 * K_r}{(M + N) * 25}, \quad (2.3)$$

где G – теоретически вероятное количество ДТП на пересечении за 1 год (формула 2.2);

K_r – коэффициент годовой неравномерности движения,

$$K_r = 0.08;$$

$(M+N)$ – сумма интенсивностей движения по всем направлениям движения.

Рассчитаем степень опасности пересечения по формуле (2.3)

$$\hat{E}_{\hat{a}} = \frac{G * 10^7 * \hat{E}_{\hat{a}}}{(\hat{I} + N) * 25}$$

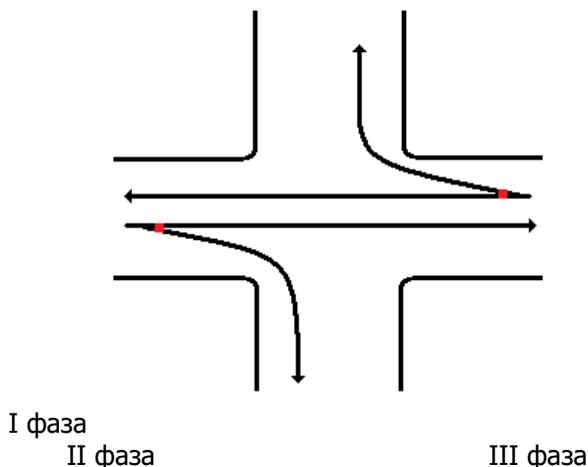
Если $K_a < 3$, то пересечение неопасное; если $3,1 \leq K_a \leq 12$, то пересечение малоопасное; если $8,1 \leq K_a \leq 12$, то пересечение опасное; если $K_a > 12$, то пересечение очень опасное.

На данном пересечении $K_a = 89 > 12$, следовательно пересечение является очень опасным.

Снизить опасность данного пересечения можно введением пофазного разъезда.

2.2 Пофазный разъезд транспортных средств

При введении трёхфазного разъезда количество конфликтных точек сокращается в зависимости от фазы светофора, по сравнению с нерегулируемым движением: в первой фазе 2 конфликтные точки, во 2-й – отсутствуют, в 3-й фазе 12 конфликтных точек.



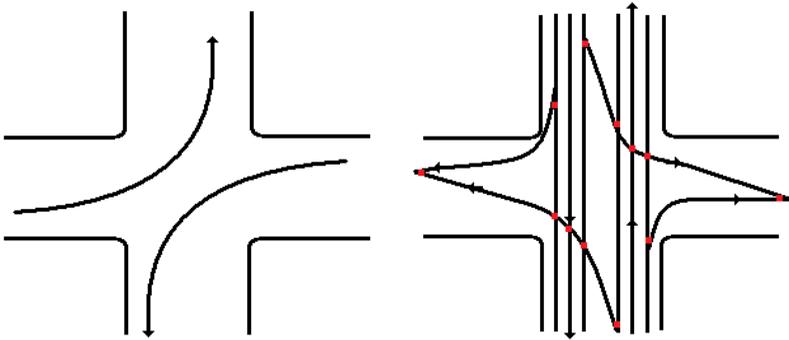


Рисунок 2.2 Пофазный разъезд транспортных средств

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

3. РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ СВЕТОФОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

3.1 Расчёт фазовых коэффициентов

Режим работы светофорной сигнализации характеризуется тактом, фазой и циклом.

Такт – период, в течение которого не меняется сочетание включённых сигналов.

Различают основной такт – время горения разрешающих или запрещающих сочетаний сигналов; промежуточный такт – время горения сочетания сигналов, при которых происходит передача права движения очередной группе транспортных средств.

Фаза – совокупность основного и промежуточного тактов.

Цикл – период, в течение которого происходит полная смена на последовательности фаз.

Введение светофорного регулирования преследует две цели:

- Снижение задержек транспортных и пешеходных потоков;
- Уменьшение числа конфликтных ситуаций на пересечении.

Условия введения третьей фазы:

1) интенсивность левоповоротного потока составляет более 120 ед/ч;

2) значения интенсивности конфликтующих транспортного и пешеходного потоков, пропускаемых в одной фазе, удовлетворяют неравенство:

$$N_{\text{пеш}} > 900 \text{ чел/ч}$$

Расчет фазовых коэффициентов.

$$y_{ij} = \frac{q_{ij}}{M_{nij}} \quad (3.1)$$

где y_{ij} – фазовый коэффициент i - го направления j - й фазы;

q_{ij} – приведённая интенсивность i -го направления j -той фазы;

M_{nij} – поток насыщения i -го направления j -той фазы.

$$M_{H_{np}} = 525 * B_{nc}, \text{ (ед/ч)} \quad (3.2)$$

где 525 – эмпирический коэффициент;

$V_{пч}$ – ширина проезжей части.

$$M_n = M_{n_{np}} * \frac{100}{(a + 1,75 * b + 1,25 * c)}, \quad (3.3)$$

где a , b , c – соответственно интенсивность движения транспортных средств прямо, налево и направо в процентах от общей интенсивности в рассматриваемом направлении данной фазы регулирования;
1,25 и 1,75 – коэффициенты.

I фаза

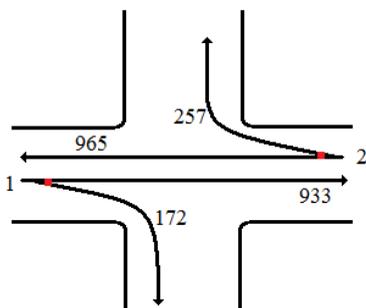
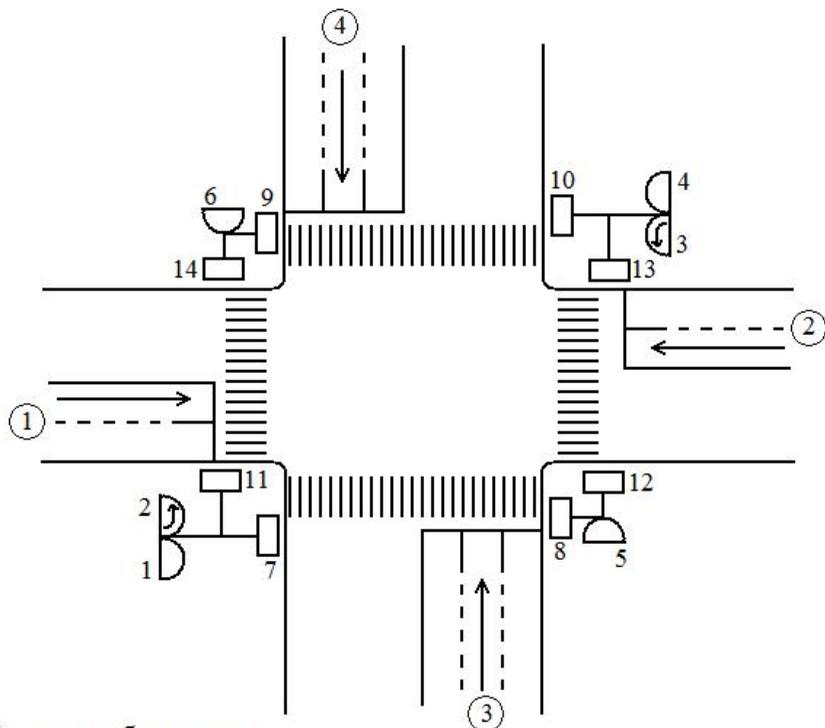


Рисунок 3.1 Схема I фазы разъезда транспортных средств

$$\dot{I}_{i_{i\delta}} = \dot{I}_{i_{i\delta}} * \frac{100}{(a + 1,75 * b + 1,25 * c)}$$

$$\dot{O}_{1(1)} = \frac{\sum q_{(i\delta + i\delta)} 1(1)}{\dot{I}_{i_{1(1)}}$$

3.2 График светофорной сигнализации



Условные обозначения

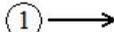
-  - транспортный светофор
-  - пешеходный светофор
-  - направление движения

Рисунок 3.4 Схема светофорного регулирования на пересечении

Длительность цикла:

$$T_u = \frac{(1,5 * T_n + 5)}{(1 - Y)}, \text{ с} \quad (3.4)$$

где T_n – длительность промежуточного такта;
 Y – сумма фазовых коэффициентов.

Длительность основного такта:

$$t_{oi} = \frac{(T_{\text{ц}} - T_{\text{н}}) * y_i}{\gamma}, \text{ с} \quad (3.5)$$

где $T_{\text{ц}}$ – длительность цикла;

$T_{\text{н}}$ – длительность промежуточного такта;

y_i – фазовый коэффициент.

Время пешехода:

$$t_{\text{пеш}} = 5 + \frac{B_{\text{пч}}}{V_{\text{пеш}}}, \text{ с} \quad (3.6)$$

где $B_{\text{пч}}$ – ширина проезжей части;

$V_{\text{пеш}}$ – скорость пешеходов.

Определим длительность основного такта для каждой фазы регулирования по формуле (3.5)

Проверка: $T_{\text{ц}} = t_{o1} + t_{n1} + t_{o2} + t_{n2} + t_{o3} + t_{n3}$,

Определим время горения зелёного сигнала светофора для пешеходов по формуле (3.6)

Данный цикл не корректируется, так как время для пешеходов меньше длительности основного такта для каждой фазы регулирования, т.е. $t_{\text{пеш}} < t_{oi}$.

Необходимо начертить график светофорной сигнализации.

3.3 Оценка задержек транспортных средств на пересечении

Уровни удобства движения были введены в практику организации движения и проектирования дорог примерно в 70-х гг. прошлого столетия. В основе установления лежал метод комплексных исследований. В результате этих исследований было рекомендовано выделить 4 уровня состояния транспортного потока, в зависимости от уровня загрузки, коэффициента скорости и коэффициента насыщения. Эти уровни рекомендованы в соответствующих СНиПах.

➤ Уровень А:

коэффициент загрузки z , $z \leq 0,2$;

коэффициент скорости c , $c \geq 0,9$;

коэффициент насыщения ρ , $\rho \leq 0,1$.

При этих значениях состояние потока оценивается как свободное: автомобиль движется в свободном режиме, водитель имеет возможность выбирать скорость движения. При этом

уровне основной вид ДТП связан с потерей управления и съездом с дороги.

➤ Уровень Б:

- коэффициент загрузки $z, z = 0,2 \div 0,45$;
- коэффициент скорости $c, c = 0,9 \div 0,7$;
- коэффициент насыщения $\rho, \rho = 0,1 \div 0,3$.

При этих значениях состояние потока классифицируется как частично связанный поток. С увеличением нагрузки возрастает число обгона, появляется движущаяся группа автомобилей, происходит более резкое падение скорости движения, напряженность труда водителя высокая.

➤ Уровень В:

- коэффициент загрузки $z, z = 0,45 \div 0,7$;
- коэффициент скорости $c, c = 0,7 \div 0,55$;
- коэффициент насыщения $\rho, \rho = 0,3 \div 0,7$.

В этом случае поток связанный. Транспортный поток состоит из отдельных движущихся групп, водитель ориентируется в основном на впереди идущий автомобиль, обгоны затруднены, комфортабельность поездки резко снижается.

➤ Уровень Г:

- коэффициент загрузки $z, z = 0,7 \div 0,9$;
- коэффициент скорости $c, c = 0,55 \div 0,9$;
- коэффициент насыщения $\rho, \rho = 0,7 \div 0,9$.

В этом случае плотный насыщенный поток.

Задержки транспортных средств на пересечении рассчитываются по формуле (3.7)

$$t_{\Delta} = 0,9 \left(\frac{T_y (1 - \lambda)^2}{2(1 - \lambda x)} + \frac{x^2}{2q(1 - x)} \right), \text{ с} \quad (3.7)$$

где T_y – время светофорного цикла;

q – общая приведенная интенсивность;

λ – отношение времени разрешающего сигнала светофора ко времени всего светофорного цикла;

x_{ij} – степень насыщения i -го направления движения j -той фазы.

$$\lambda = \frac{t_{0i}}{T_y}, \quad (3.8)$$

где t_{0i} – длительность основного такта;

T_y – время светофорного цикла.

$$x = y * \frac{T_u}{t_{0i}}, \quad (3.9)$$

где y – фазовый коэффициент;

t_{0i} – длительность основного такта;

T_u – время светофорного цикла.

Определим отношение времени разрешающего сигнала светофора ко времени всего светофорного цикла для каждой фазы регулирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрены вопросы по организации дорожного движения на перекрестке, а также рассчитаны циклы регулирования, определены задержки транспортных средств, потоки насыщения, определено количество конфликтных точек и возможных конфликтных ситуаций. На основании всего вышеперечисленного построены картограммы интенсивности движения транспортных потоков, схемы применения технических средств светофорного регулирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рас Кременец Ю. В., Печёрский М. П., Афанасьев М. Б. Технические средства организации дорожного движения: Учебник для вузов. – М.:ИКЦ «Академкнига», 2015.-279 с.
2. Клиновштейн Г. И., Афанасьев М. Б. Организация дорожного движения: Учеб. Для вузов. – М.:Транспорт,2014. – 321 с.
3. Правила дорожного движения РФ 2018. – М.: Эксмо, 2018. – 176 с.
4. ГОСТ Р 52 289 – 2004 «Технические средства организации дорожного движения».
5. ГОСТ 52 290 – 2004 «Знаки дорожные».
6. ГОСТ Р 51 256 – 99 «Разметка дорожная».
7. СНиП 2. 05. 02 – 85 «Автомобильные дороги».