

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования

Сибирский колледж транспорта и строительства  
«Иркутский государственный университет путей сообщения»

Методические указания по выполнению практических работ

**ПМ.05. ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ ПО ПРОФЕССИИ 11889 «ДОРОЖНЫЙ  
РАБОЧИЙ»  
(очной формы обучения)  
для специальности**

08.02.05 Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и аэродромов

базовая подготовка  
среднего профессионального образования

Иркутск 2023

Электронный документ выгружен из ЕИС ФГБОУ ВО ИрГУПС и соответствует оригиналу

Подписант ФГБОУ ВО ИрГУПС Трофимов Ю.А.  
00a73c5b7b623a969ccad43a81ab346d50 с 08.12.2022 14:32 по 02.03.2024 14:32 GMT+03:00  
Подпись соответствует файлу документа



РАССМОТРЕНО:  
ЦМК специальности 08.02.05  
Строительство и эксплуатация автомобильных  
дорог и аэродромов  
протокол №9 от «24» мая 2023 г.  
Председатель ЦМК: Иевская С.Б.

Составитель: Вигонд Елизавета Сергеевна, должность - преподаватель  
профессиональных дисциплин Сибирский колледж транспорта и строительства  
ФГБОУ ВО ИрГУПС

	Содержание
<b>Введение</b>	<b>4</b>
1. Основные термины и определения	5
2. Практическая работа № 1 Обследование организации дорожного движения на объекте улично-дорожной сети и составление графической информации	8
3. Практическая работа № 2 Определение степени сложности и коэффициента загрузки перекрестка	11
4. Практическая работа № 3 Определение необходимости светофорного регулирования на перекрестке	14
5. Практическая работа № 4 Расчет элементов светофорного цикла	17
6. Практическая работа № 5 Расчёт задержек транспортных средств на перекрёстке	24
7. Практическая работа №6 Торможение автомобиля	27
8. Практическая работа №7 Основы расчетов движения автомобилей по дорогам	31
9. Практическая работа №8 Расчет расстояния видимости при обгоне	35
10. Практическая работа №9 Уравнение движения автомобиля	38
<b>Список рекомендуемых источников</b>	<b>41</b>

## Введение

Основная задача среднего образования заключается в формировании творческой личности специалиста, способного к саморазвитию, самообразованию.

Практическая работа студентов является одной из важнейших составляющих образовательного процесса. Независимо от полученной профессии и характера работы любой начинающий специалист должен обладать фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности своего профиля, опытом творческой и исследовательской деятельности по решению новых проблем, опытом социально-оценочной деятельности.

Методические указания направлены на формирование следующих общих и профессиональных компетенций:

OK 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие

OK 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать

с коллегами, руководством, клиентами;

OK 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста

OK 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное

поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей

OK 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению,

эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

OK 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках

ПК 3.1. Выполнение технологических процессов строительства автомобильных дорог и аэродромов

ПК 4.4. Выполнение работ по выполнению технологических процессов ремонта автомобильных дорог и аэродромов.

## 1. Основные термины и определения

**Организация дорожного движения (ОДД)** - комплекс инженерных и организационных мероприятий на существующей улично-дорожной сети, обеспечивающих безопасность и достаточную скорость транспортных и пешеходных потоков.

**ДТП** – событие, возникшее в процессе движения транспортного средства по дороге и с его участием, при котором погибли или ранены люди, повреждены транспортные средства, грузы, сооружения либо причинён иной материальный ущерб.

**Перекрёсток**- место пересечения, примыкания или разветвления дорог на одном уровне, ограниченное воображаемыми линиями, соединяющими соответственно противоположные, наиболее удалённые от центра перекрёстка начала закруглений проезжих частей.

**Светофорный объект** – перекрёсток, оборудованный светофорной сигнализацией.

**Координированное управление** (управление по принципу зелёной волны)- организация согласованной смены сигналов на группе перекрёстков, осуществляемая в целях уменьшения времени движения транспортных средств в заданном районе.

**Регулирование дорожного движения** - поддержание параметров движения в заданных пределах

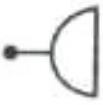
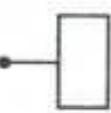
**Интенсивность движения** – количество транспортных средств, проходящих через сечение дороги за единицу времени.

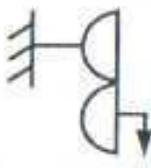
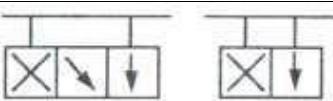
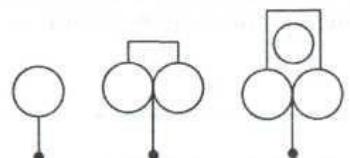
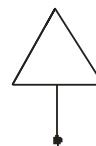
**Пропускная способность** – максимальное число автомобилей, которое может пройти по отрезку дороги в течение определённого отрезка времени при обеспечении заданной скорости и безопасности движения.

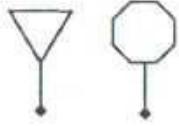
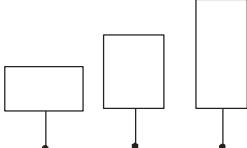
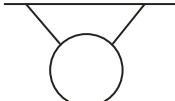
**Дорожное движение** – совокупность общественных отношений, возникающих в процессе перемещения людей и грузов с помощью транспортных средств или без таковых в пределах дороги.

**Безопасность дорожного движения** – состояние данного процесса, отражающее степень защищённости его участников от ДТП и их последствий.

### 1.2. Условные обозначения технических средств организации дорожного движения по ГОСТ 52289 -2004.

	Транспортный трехсекционный светофор Т.1 с креплением на светофорной колонке или мачте освещения
	Пешеходный светофор П.1 или П.2
	Транспортный трехсекционный светофор с дополнительной секцией Т.1 .л с креплением

	к стене здания
	Транспортный трехсекционный светофор с дополнительной секцией Т. 1 .л с креплением к стене здания
	Транспортный светофор Т.5
	Транспортный светофор Т.5 с включенными сигналами, разрешающими движение прямо и налево, направо и налево
	Транспортные светофоры Т.4.ж; Т.4
	Транспортные светофоры Т.6; Т.6.д; Т6.д с Т. 10
	Транспортный светофор Т.7
	Схематическое изображение режима работы светофорной сигнализации (зеленый — зеленый мигающий — желтый — красный — красный с желтым — зеленый...)
	Сигнал трамвайного светофора Т.5, разрешающий движение в соответствующем направлении
	Знаки: предупреждающие;
	2.1 или 2.2;

	2.4 и 2.5;
	запрещающие, предписывающие;
	особых предписаний, информационные, сервиса, дополнительной информации (таблички)
	Крепление дорожного знака к тросовой растяжке
	Светофорный объект (применяется на схеме УДС)

Рядом с условным обозначением знака должен быть его номер по ГОСТ Р 52290—2004.

Значения параметров, стрелки и наименования объектов на знаках наносят и на их условные обозначения.

Прочие способы установки знаков обозначают аналогично светофорам.

## **Практическая работа № 1**

Обследование организации дорожного движения на объекте улично-дорожной сети и составление графической информации

### **Цель работы:**

- Изучить особенности планирования, схемы организации движения и дорожных условий на отдельном участке улично-дорожной сети; метод определения интенсивности и состава транспортного потока.

### **Состав задания:**

1. Планировочная схема изучаемого участка с указанием необходимых технических средств организации дорожного движения.
2. Подсчет интенсивности движения и определение состава транспортного потока.
3. Составление картограммы интенсивности движения.

### **Методические указания.**

1. Для исследования движения транспортных средств и пешеходов и объективного анализа получаемых результатов необходимо располагать достаточно полными данными о дорожных условиях.

К дорожным условиям относят: геометрические элементы и техническое состояние дорог; планировочные характеристики перекрёстка; ширина проезжих частей, число и ширина полос, в каждом направлении движения; ширина разделительных полос; ширина тротуаров и радиусы их закруглений; продольный уклон на подходах к перекрёстку; оборудование и обустройство дорог. Чтобы получить характеристику дорожных условий необходимо составить план обследуемого участка улично-дорожной сети (М 1:100 или 1:200), показать значения основных геометрических элементов и наличие обустройства, включая технические средства ОДД (рис.2.1).

Следует обратить внимание на элементарные условия обеспечения безопасности движения. К ним следует отнести минимально необходимые условия для нормального функционирования системы ВАДС, т.е. условия, обеспечивающие безопасность при удовлетворительном обеспечении скорости движения, а именно:

- Обеспечение достаточного расстояния видимости дороги в направлении движения, боковой видимости на пересечениях, а также различимости всех средств регулирования и информации водителей;
- Соответствие основных геометрических элементов дороги габаритным размерам и параметрам, характеризующим манёвренность транспортных средств, преобладающих в транспортном потоке;
- Надлежащее состояние покрытия дороги, гарантирующее надёжность сцепления колёс с дорогой.

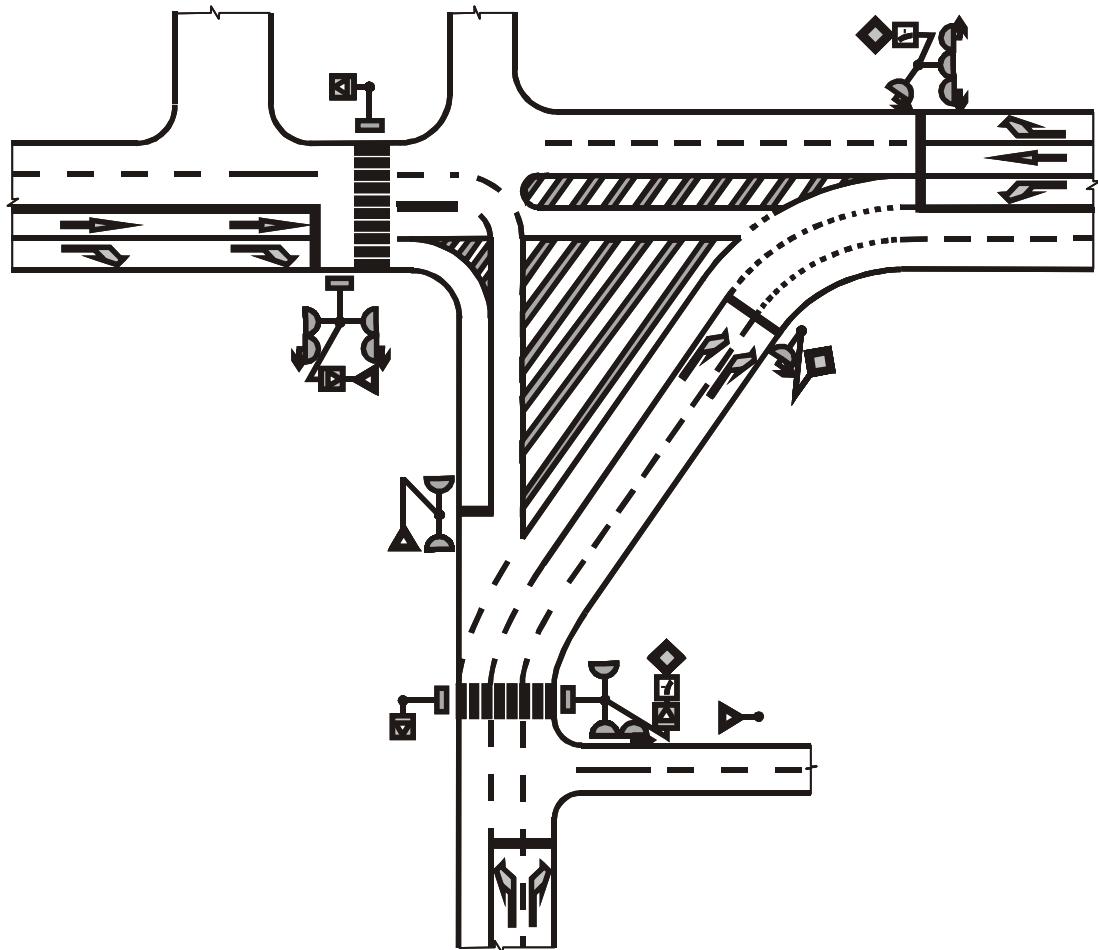


Рис.1.1 План организации дорожного движения.

## 2. Интенсивность и состав транспортного потока

Наиболее часто интенсивность движения транспортных средств и пешеходов в практике ОДД характеризуют её часовым значением. При этом наибольшее значение имеет показатель интенсивности в часы пик, т.к. именно в этот период возникают наиболее сложные задачи организации движения. Необходимо, однако, иметь в виду, что интенсивность в часы пик в различные дни недели, месяца и года может иметь неодинаковое значение.

Состав транспортного потока характеризуется соотношением в нём транспортных средств различного рода. Состав транспортного потока оказывает значительное влияние на все параметры, характеризующие дорожное движение. Состав транспортного потока влияет на загрузку дорог, что объясняется, прежде всего, существенной разницей не только в габаритных размерах, но также в динамических габаритах длины автомобилей, которые зависят в основном от времени реакции водителя и тормозной динамики транспортных средств. Фактический динамический габарит автомобилей зависит также от обзорности, лёгкости управления, манёвренности автомобиля, которые влияют на величину дистанции, избираемую водителем. Особое влияние на формирование потоков в городе оказывают троллейбусы, которые, кроме названных, имеют ещё одно специфическое свойство- связь с контактной линией.

Для того чтобы учесть в фактическом составе транспортного потока влияние различных типов транспортных средств, применяют коэффициенты приведения  $K_{pr}$  к условному легковому автомобилю, определяемые при сравнении их динамических габаритов. Рекомендованные значения  $K_{pr}$  приведены в СНиП 2.05.02-85 и составляют:

Мотоциклы	0,5
Легковые автомобили	1,0
Грузовые автомобили грузоподъёмностью 2т	1,5
Грузовые автомобили грузоподъёмностью 6т	2,0
Грузовые автомобили грузоподъёмностью 8т	2,5
Грузовые автомобили грузоподъёмностью 14т	3,0
Грузовые автомобили грузоподъёмностью свыше 14т	3,5
Троллейбусы	3,0
Автобусы	3,0
Автопоезда грузоподъёмностью 12,0 т	3,5
Автопоезда грузоподъёмностью 20,0 т	4,0
Автопоезда грузоподъёмностью 30,0 т	5,0
Автопоезда грузоподъёмностью свыше 30т	6,0
Мотоциклы с боковым прицепом	0,75

Т.о. можно получить показатель интенсивности движения в условных приведённых единицах (ед./ч)

$$N_{pr.a} = N_l + N_g K_{pr.g} + N_a K_{pr.a} + N_n K_{pr.n}, \quad (2.1)$$

где  $N_l$ ,  $N_g$ ,  $N_a$ ,  $N_n$  – соответственно интенсивность (объём) движения легковых, грузовых автомобилей, автобусов, автопоездов в физических единицах;  $K_{pr.g}$ ,  $K_{pr.a}$ ,  $K_{pr.n}$ —соответственно коэффициенты приведения для грузовых автомобилей, автобусов и автопоездов.

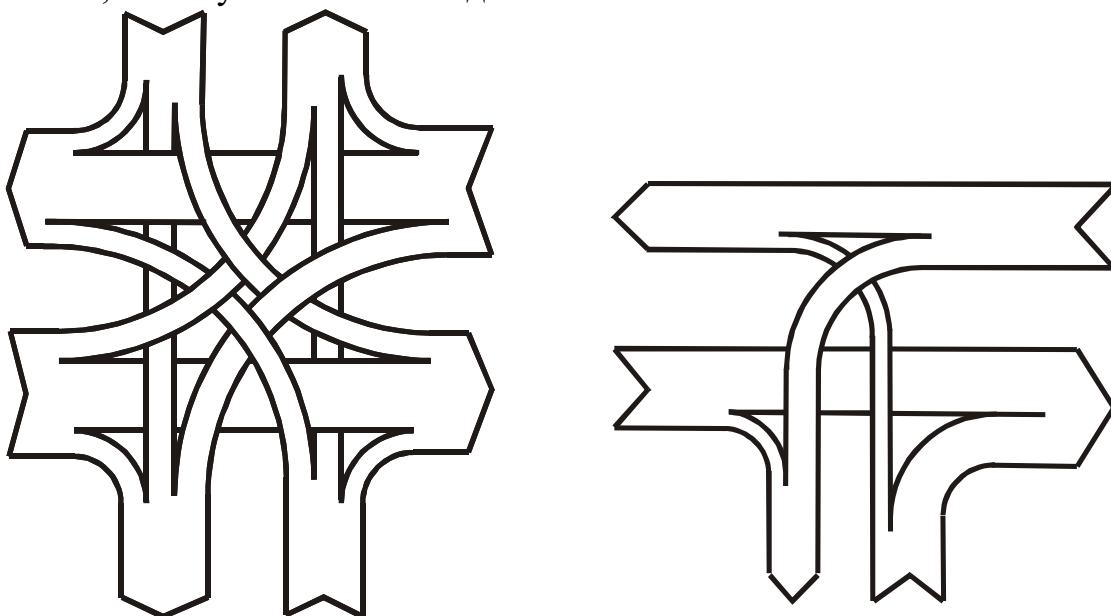


Рис.1.2 Картограммы интенсивности транспортных потоков на пересечении и примыкании дорог.

## Практическая работа № 2

Определение степени сложности и коэффициента загрузки перекрестка

### Цель работы:

- Изучить методы и способы определения степени сложности перекрестка.

### Состав задания:

1. Определение пропускной способности перекрестка.
2. Определение конфликтных точек на перекрестке.
3. Определение степени сложности и коэффициента загрузки перекрестка.

### Методические указания.

#### 1. Пропускная способность дорог (оценка уровня загрузки перекрёстка)

Исследования на городских улицах показали, что их пропускная способность увеличивается не строго пропорционально количеству полос. Это явление объясняется тем, что на многополосной улице при наличии пересечений в одном уровне происходит маневрирование автомобилей для совершения левых и правых поворотов, разворотов на пересечениях. Кроме того, даже при отсутствии указанных перестроений параллельное движение насыщенных потоков автомобилей создаёт стеснение движения из-за относительно небольших и непостоянных боковых интервалов, т.к. водители не в состоянии обеспечить постоянную идеально прямолинейную траекторию движения.

При расчёте пропускной способности многополосной дороги необходимо учитывать коэффициент распределения транспортных средств по ширине проезжей части. Расчётная пропускная способность многополосной проезжей части дороги определяется выражением

$$P_d = P_n \cdot n \cdot \varepsilon, \text{ ед/час}$$

где  $P_n$  –расчётная пропускная способность одной полосы;

$$P_n = \frac{1000V_a}{L_d}, \text{ ед/час}$$

$L_d$ - динамический габарит длины автомобиля

$$L_d = l_a + V_a + 0,03V_a^2 + l_o, \text{ м}$$

$n$ -количество полос движения на подходе к перекрёстку.

В СНиП II-60—75  $\varepsilon$  называется коэффициентом распределения транспортных средств по ширине проезжей части. Рекомендуется величину  $\varepsilon$  принимать в зависимости от числа полос в пределах 0,95-0,85, причём наибольшее значение соответствует двух полосному движению в одном направлении, а нижнее – четырёх полосному

Оценка уровня загрузки перекрёстка производится с помощью коэффициента загрузки, рассчитанного с допущением, что все потоки через перекрёсток движутся прямо  $\square$

$$k_3 = \frac{\sum_{1}^m N_{np.a}}{\sum_{1}^m P_{p.m}},$$

где  $\Sigma N_{pr.a}$  - суммарная приведённая интенсивность со всех подходов;

$\Sigma P_{pr.m}$  – суммарная пропускная способность перекрёстка.

Допустимым уровнем загрузки перекрёстка следует считать условие  $K_3 = 1$ .

## 2. Анализ конфликтных точек.

Существенным недостатком выявления опасных мест на улично-дорожной сети является возможность делать выводы только по уже случившимся ДТП, в то время как главной задачей ОДД является их предупреждение. Многие исследования показали, что происшествия чаще всего происходят в так называемых «конфликтных точках», т.е. в местах, где имеет место специфическое воздействие между собой участников дорожного движения. Таким образом, выявление потенциальных конфликтных точек и последующая их ликвидация или снижение степени опасности позволяют, не дожидаясь возникновения ДТП, повысить безопасность условий движения.

Особенно типичными в этом отношении являются перекрёстки, где встречаются и пересекаются потоки транспортных средств и пешеходов, прибывающих с разных направлений.

Для перекрёстков характерно разделение потоков по разным направлениям, а также слияние или пересечение траекторий движения (рис. 3.1). Места улично-дорожной сети, где осуществляется это взаимодействие потоков, называют точками разделения (отклонения), слияния и пересечения, или в целом – конфликтными точками. Манёвры осуществляются также и на перегонах улиц дорог при изменении рядов движения и других перестроениях, однако они наиболее характерны именно для узловых пунктов улично-дорожной сети (транспортных узлов).

Характерной особенностью каждой конфликтной точки является не только потенциальная опасность столкновения транспортных средств, движущихся по конфликтующим направлениям, но и вероятность *задержки транспортных средств*.

Число конфликтных точек определяется существующими или разрешёнными направлениями движения и количеством разрешённых рядов движения транспортных средств. Кроме того, следует отдельно рассматривать также и пересечение траекторий движения транспортных и пешеходных потоков.

Для сравнительной оценки сложности и потенциальной опасности транспортных узлов применяют различные системы условных показателей (оценочных баллов). Одна из них [2] предлагает оценку по показателю сложности транспортного узла исходя из того, что отклонение оценивают 1, слияние – 3 и пересечение – 5 баллами:

$$m = n_o + 3n_c + 5n_n,$$

где  $n_o$  - количество точек отклонения;  $n_c$  - количество точек слияния;  $n_n$  - количество точек пересечения.

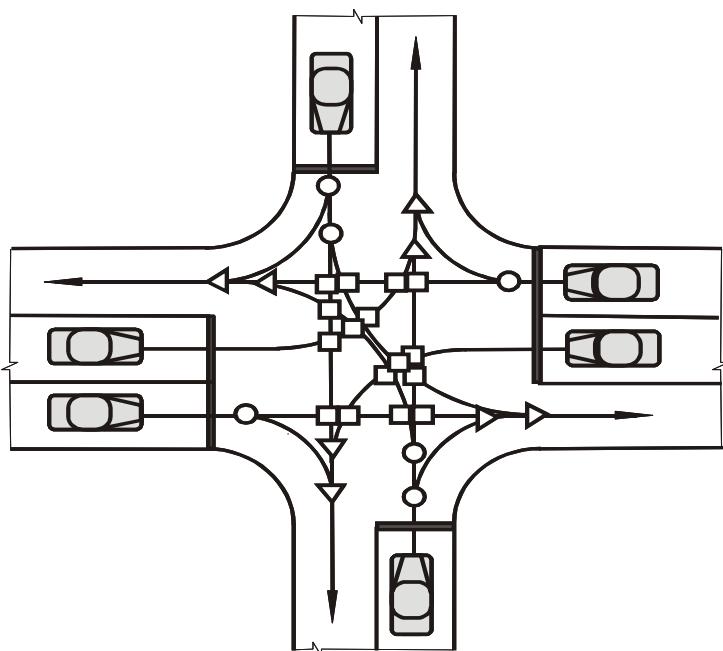


Рис. 2.1. Конфликтные точки на пересечении дорог:

○ - отклонения; Δ - слияния; □ - пересечения.

При этом транспортный узел считается простым, если  $m < 40$ ; средней сложности, если  $m = 40 \dots 80$ ; сложным – с показателем  $m = 80 \dots 150$ ; очень сложным – при  $m > 150$ .

Взаимодействие транспортных средств на дорогах является сложным явлением, и упрощённые оценки соответствующих конфликтных точек дают возможность лишь приблизительно представить себе сложность того или иного транспортного узла.

Потенциальная опасность столкновения транспортных средств при манёврах пропорциональна интенсивности движения взаимодействующих транспортных потоков. Для учёта этого можно ввести в определение показателя сложности  $m$  данные, характеризующие интенсивность взаимодействующих потоков в каждой конфликтной точке.

Такой показатель  $\delta_N$  (индекс интенсивности транспортных потоков) для отдельной конфликтной точки можно подсчитать по формуле

$$\delta_N = 0.01(N' + N''),$$

где  $N'$  и  $N''$  – интенсивности взаимодействующих в данной точке потоков.

Для транспортного узла в целом формула показателя сложности с учётом индекса интенсивности  $\delta_N$  примет вид:

$$m_{\delta_N} = n_o \sum_{i=1}^{n_o} \delta_{N_o} + 3n_c \sum_{i=1}^{n_c} \delta_{N_c} + 5n_n \sum_{i=1}^{n_n} \delta_{N_n}.$$

В данном случае интенсивность конфликтующих транспортных потоков должна учитываться не в приведённых, а в физических единицах.

Для сравнительного анализа показателя сложности при введении светофорного регулирования показатели  $m$  и  $m_{\delta_N}$  рассчитываются также для каждой фазы регулирования.

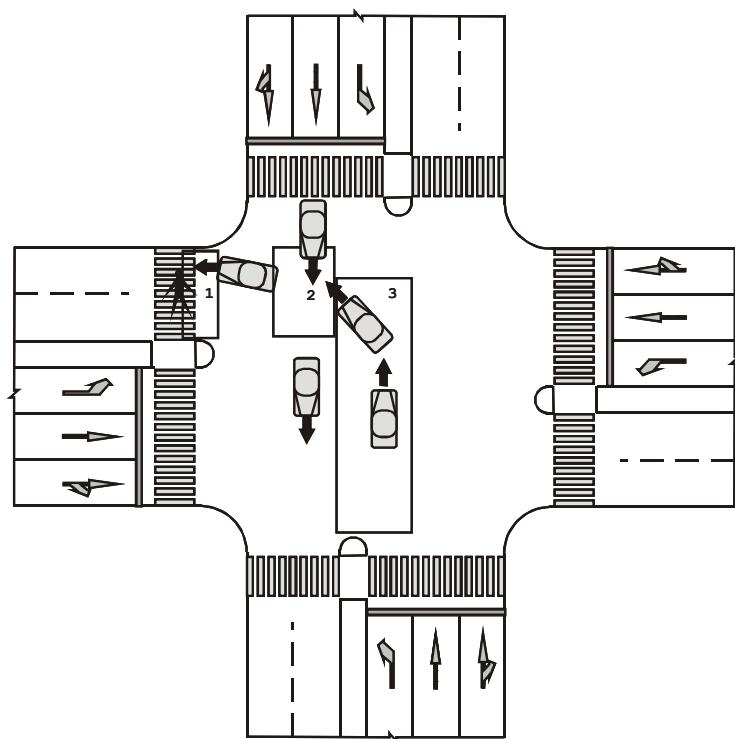


Рис.2.2. Характерные зоны конфликтных ситуаций на перекрёстке:

1 – наезд на пешехода; 2 – перекрёстное (косое, встречное) столкновение; 3 – попутное столкновение.

Анализ ДТП показывает, что конфликтные ситуации на перекрёстках возникают и из-за того, что транспортные средства и пешеходы не соблюдают установленных трасс движения. Конфликтные ситуации возникают в довольно обширной зоне (рис. 2.2).

Упорядочение движения потока транспорта и пешеходов посредством дорожной разметки, оборудования островков безопасности позволяет уменьшить число конфликтных ситуаций и сузить конфликтные зоны.

### Практическая работа 3

#### Определение необходимости светофорного регулирования на перекрестке

##### Цель работы:

- Изучить требования к пофазным разъездам и критерии ввода светофорной сигнализации.

##### Состав задания:

1. Определение необходимости светофорной сигнализации.
2. Определение оптимального количества фаз на перекрестке.

##### Методические указания.

###### 1. Критерии ввода светофорной сигнализации.

Введение светофорного регулирования ликвидирует наиболее опасные конфликтные точки, что способствует повышению безопасности движения. Вместе с тем появление светофора на перекрёстке вызывает транспортные задержки даже на главной дороге, порой весьма значительные из-за характерной для этой дороги высокой интенсивности движения и господствующего в настоящее время жёсткого программного регулирования. Т.о. введение светофорного регулирования является не всегда оправданным и зависит, прежде всего, от интенсивности конфликтующих потоков и от числа и тяжести ДТП.

В соответствии с ГОСТ Р 52289– 2004. «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения», транспортные, а также пешеходные светофоры следует устанавливать на перекрёстках и пешеходных переходах при наличии хотя бы одного из следующих условий.

*Условие 1* задано в виде критических интенсивностей движения на главной и второстепенной дорогах (табл.1.1). Введение светофорного регулирования считается оправданным, если наблюдаемая на перекрёстке интенсивность конфликтующих транспортных потоков в течение каждого из любых 8 ч обычного рабочего дня не менее заданных сочетаний.

*Условие 2* задано в виде сочетания критических интенсивностей конфликтующих транспортного и пешеходного потоков. Введение светофорного регулирования считается оправданным, если в течение каждого из любых 8 ч обычного рабочего дня по дороге в двух направлениях движется не менее 600 ед. /ч (для дорог с разделительной полосой 1000 ед. /ч) транспортных средств и в то же время эту улицу переходит в одном, наиболее загруженном направлении не менее 150 чел/ч.

Для населённых пунктов с населением менее 10 000 тысяч человек значения критических интенсивностей движения, оговоренные в условиях 1 и 2 , снижаются на 30 %.

*Условие 3* заключается в том, что светофорное регулирование вводится, когда условия 1 и 2 целиком не выполняются, но оба выполняются не менее чем на 80%.

Таблица 3.1

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

Условие 4 задано определённым числом ДТП. Введение светофорного регулирования считается оправданным, если за последние 12 мес. на перекрёстке произошло не менее 3 ДТП (которые могли бы быть предотвращены при наличии

светофорной сигнализации) и хотя бы одно из условий 1 и 2 выполняется не менее чем на 80%.

Перевод светофоров на режим жёлтого мигающего сигнала осуществляют при снижении интенсивности движения до 50% от норм, оговоренных условиями 1 и 2.

Перечисленные положения разработаны с учётом зарубежного опыта и специфики наших условий. Соблюдение этих положений в принципе должно обеспечить экономическую целесообразность введения светофорного регулирования. Вместе с тем, в каком бы виде не были представлены указанные нормативы, они не смогут охватить всего многообразия случаев, встречающихся на практике. Поэтому, рассматривая условия 1-4 в качестве критериев введения светофора, необходимо в каждом конкретном случае проводить технико-экономический анализ. При соответствующем обосновании светофоры могут быть установлены на перекрёстке и при не выполнении условий 1-4.

### 1. Проектирование организации движения на перекрёстке. (Проект пофазного разъезда транспортных средств).

Пофазный разъезд обеспечивает разделение конфликтующих потоков по времени. С точки зрения безопасности движения число фаз должно быть таким, чтобы не было ни одной конфликтной точки. Вместе с тем увеличение числа фаз ведёт к увеличению длительности цикла и, что особенно важно, к увеличению его непроизводительных составляющих - числа и суммарной длительности промежуточных тактов.

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, движения которых предусмотрено в разных фазах, т. е. полосы движения закрепляют за определёнными фазами.

4. Стремиться к равномерной загрузке полос. Интенсивность движения, 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.

# Практическая работа 4

## Расчет элементов светофорного цикла

Цель работы: Изучить метод определения длительности цикла и его элементов.

### Состав задания:

1. Определение потоков насыщения.
2. Определение фазовых коэффициентов.
3. Определение длительности промежуточных тактов.
4. Определение длительности цикла.
5. Определение длительности основных тактов.
6. Определение степени насыщения направлений движения.
7. Построение графиков режимов светофорной сигнализации.

### Методические указания.

#### **Последовательность расчёта длительности цикла и его элементов**

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

#### **1. Потоки насыщения.**

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

Для случая движения прямом направлении по дороге без продольных уклонов поток насыщения рассчитывают по эмпирической формуле, которая связывает этот показатель с шириной проезжей части, используемой для движения транспортных средств в данном направлении рассматриваемой фазы регулирования:

$$M_{h_i, \text{прям}} = 525 \cdot B_{n\chi}, \quad (4.1)$$

где  $M_{h_i, \text{прям}}$  - поток насыщения, ед/ч;  $B_{n\chi}$  – ширина проезжей части в данном направлении данной фазы, м.

Формула (4.1) применима при  $5,4 \leq B_{n\chi} \leq 18,0$  м. Если ширина проезжей части меньше 5,4 м, для расчёта можно использовать следующие данные:

$M_{h_i, \text{прям}}$ , ед/ч	1850	1875	1950	2075	2475	2700
$B_{n\chi}$ , м	3,0	3,3	3,6	4,2	4,8	5,1

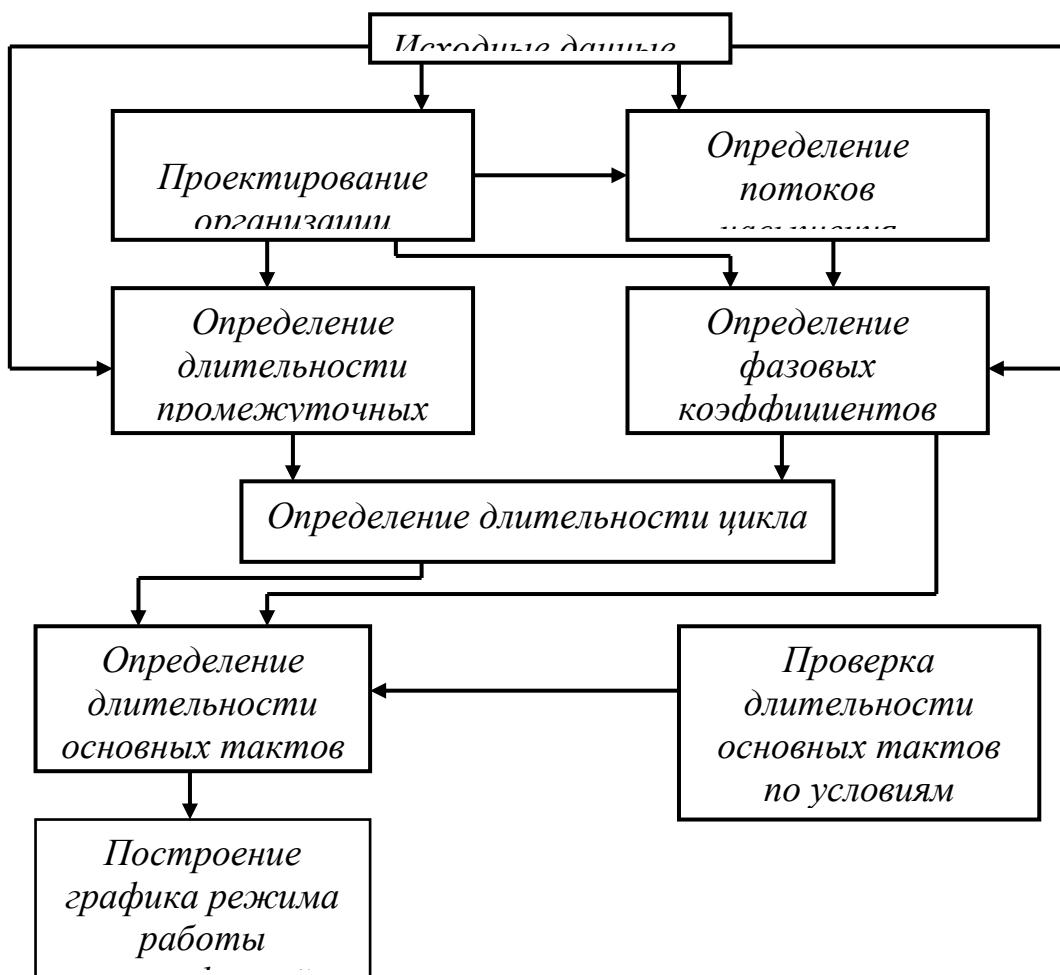


Рис. 4.1. Последовательность расчёта длительности цикла и его элементов.

Если перед перекрёстком полосы обозначены дорожной разметкой, поток насыщения можно определить в соответствии с приведёнными данными отдельно для каждой полосы движения.

В зависимости от продольного уклона дороги на подходе к перекрёстку изменяется расчётное значение потока насыщения. Каждый процент уклона на подъёме снижает (на спуске - увеличивает) поток насыщения  $M_{nij}$  на 3 %. При

этом расчётным уклоном считают средний уклон дороги на участке от стоп -линии до точки, расположенной от неё на расстоянии 60м на подходе к перекрёстку.

Для случая движения транспортных средств прямо, а также налево и (или) направо по одним и тем же полосам движения, если интенсивность лево- и правоповоротного потоков составляет более 10% от общей интенсивности движения в рассматриваемом направлении данной фазы, поток насыщения, полученный по формуле (4.1) или из приведённых данных, корректируют:

$$M_{nij} = M_{nij\text{прям}} \frac{100}{a + 1.75b + 1.25c} \quad (4.2)$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $c$  - интенсивность движения транспортных средств соответственно прямо, налево и направо в процентах от общей интенсивности в рассматриваемом направлении данной фазы регулирования.

Необходимость коррекции связана с уменьшением потока насыщения, так как автомобили, поворачивающие налево или направо из общей полосы движения, задерживают основной поток прямого направления.

Для право- и левоповоротных потоков, движущихся по специально выделенным полосам, поток насыщения  $M_{nij\text{пов}}$  определяется в зависимости от радиуса поворота  $R$ :

для однорядного движения

$$M_{nij\text{пов}} = \frac{1800}{1 + 1,525/R}; \quad (4.3)$$

для двухрядного движения

$$M_{nij\text{пов}} = \frac{3000}{1 + 1,525/R}. \quad (4.4)$$

Радиус поворота может быть определён по плану перекрёстка, вычерченного в масштабе. При двухрядном движении в формулу (4.4) подставляют среднее значение радиуса.

Остальные перечисленные факторы, влияющие на поток насыщения, учитывают с помощью поправочных коэффициентов. Эти коэффициенты отражают условия движения на перекрёстке (табл. 4.1), которые можно подразделить на три группы: хорошие, средние и плохие. Отнесение условий на данном направлении движения через перекрёсток к одной из групп влечёт за собой изменение потока насыщения. Его значение, определённое по формулам (4.1) – (4.4) должно быть умножено на соответствующий поправочный коэффициент.

Таблица 4.1

Условия движения	Описание условий	Поправочный коэффициент
Хорошие	Отсутствует влияние пешеходов и стоящих автомобилей. Хороший обзор, достаточная ширина проезжей части на выходе с перекрёстка. В тёмное время суток освещение перекрёстка в пределах норм.	1,2
Средние	Наличие характеристик из групп «хорошие» и «плохие» условия.	1,0

Плохие	Низкая средняя скорость движения. Неудовлетворительные ровность и сцепные качества покрытия. Имеется влияние стоящих автомобилей, конфликтов с транспортными потоками при поворотном движении, пешеходов. Плохой обзор перекрёстка, слабая освещённость проезжей части.	0,85
--------	---	------

## 2. Фазовые коэффициенты.

Фазовые коэффициенты определяют для каждого из направлений движения на перекрёстке в данной фазе регулирования

$$y_{ij} = N_{ij} / M_{nij},$$

(4.5)

где  $y_{ij}$  - фазовый коэффициент данного направления;  $N_{ij}$  и  $M_{nij}$  – соответственно интенсивность движения и поток насыщения в данном направлении данной фазы регулирования, ед/ч.

За расчётный (определяющий длительность основного такта) фазовый коэффициент  $y_i$  принимается наибольшее значение  $y_{ij}$  в данной фазе. Меньшие значения могут быть использованы в дальнейшем для определения минимально необходимой длительности разрешающего сигнала в соответствующих этим коэффициентам направлениях движения.

№ фазы	Направление движения	$N_{ij}$	$M_{nij}$	$y_{ij}$	$y_i$	$Y$	$x$
I							
II							

## 2. Промежуточные такты.

В соответствии с назначением промежуточного такта его длительность должна быть такой, чтобы автомобиль, подходящий к перекрёстку на зелёный сигнал со скоростью свободного движения, при смене сигнала с зелёного на жёлтый смог либо остановиться у стоп–линии, либо успеть освободить перекрёсток (миновать конфликтные точки пересечения с автомобилями, начинаящими движения в следующей фазе).

$$t_{ni} = \frac{v_a}{7,2a_T} + \frac{3,6 \cdot (\ell_i + \ell_a)}{v_a}, \quad (4.6)$$

где  $v_a$  – средняя скорость транспортных средств при движении на подходе к перекрёстку и в зоне перекрёстка без торможения (с ходу), км/ч;  $a_T$  – среднее замедление транспортных средств при включении запрещающего сигнала (для практических расчётов  $a_T = 3 \div 4 \text{ м/с}^2$ );  $\ell_i$  - расстояние от стоп - линии до самой дальней конфликтной точки пересечения с автомобилями, начинаящими

движение в следующей фазе, ДКТ, м;  $\ell_a$  - длина транспортного средства, наиболее часто встречающегося в потоке, м.

В период промежуточного такта заканчивает движение и пешеходы, ранее переходившие улицу на разрешающий сигнал светофора. За время  $t_{ni}$  пешеход должен или вернуться на тротуар, откуда он начал движение, или дойти до середины проезжей части (островка безопасности, разделительной полосы). Максимальное время, которое потребуется для этого пешеходу,

$$t_{ni(nu)} = \frac{B_{nu}}{4 \cdot v_{nu}}, \quad (4.7)$$

где  $B_{nu}$  - ширина проезжей части, пересекаемой пешеходами в  $i$ -й фазе регулирования, м;  $v_{nu}$  – расчётная скорость движения пешеходов (обычно принимается 1,3м/с).

В качестве промежуточного такта выбирают наибольшее значение из  $t_{ni}$  и  $t_{ni(nu)}$ .

#### 4. Цикл регулирования.

Случайному прибытию транспортных средств к перекрёстку соответствует формула цикла

$$T_u = \frac{1,5T_n + 5}{1 - Y}, \quad (4.8)$$

где  $T_n = \sum_1^n t_{ni}$ ;  $Y = \sum_1^n y_i$

Формула (4.8), предложенная английским исследователем Ф. Вебстером на основе минимизации транспортной задержки, получила достаточную практическую проверку в реальных условиях движения, и широко используется для инженерных расчётов во многих странах мира, в том числе и в РФ.

При высокой интенсивности движения и недостаточной пропускной способности перекрёстка (низкие значения  $M_n$ ) сумма расчётных фазовых коэффициентов  $Y$  стремиться к единице, а длительность цикла к бесконечности.

По соображениям безопасности движения длительность цикла больше 120 с считается недопустимой так как водители при продолжительном ожидании разрешающего сигнала могут посчитать светофор неисправным и начать движение на запрещающий сигнал. Если расчётное значение превышает 120 с, необходимо добиться снижения длительности цикла путём увеличения числа полос движения на подходе к перекрёстку, запрещения отдельных манёвров, снижения числа фаз регулирования, организации пропуска интенсивных потоков в течении двух и более фаз. По тем же соображениям не целесообразно принимать длительность цикла менее 25 с.

#### 5.Основные такты.

Длительность основного такта  $t_{oi}$  в  $i$ -й фазе регулирования пропорциональна расчётному фазовому коэффициенту этой фазы. Поэтому, если сумма основных тактов равна  $T_u - T_n$ , то

$$t_{oi} = \frac{(T_u - T_n)y_i}{Y}. \quad (4.9)$$

По соображениям безопасности движения  $t_{oi}$  обычно принимают не менее 7с. В противном случае повышается вероятность цепных ДТП при разъезде очереди на разрешающий сигнал светофора. Поэтому, если длительность основного такта, рассчитанная по формуле (4.9), получается менее 7 с, её следует увеличить до минимально допустимой. Расчётную длительность основных тактов необходимо проверить на обеспечение ими пропуска в соответствующих направлениях пешеходов.

Время, необходимое для пропуска пешеходов по какому-то определённому направлению  $t_{nui}$ , рассчитывают по эмпирической формуле, учитывающей суммарные затраты времени на пропуск пешеходов,

$$t_{nui} = 5 + \frac{B_{nui}}{v_{nui}}. \quad (4.10)$$

Если какие-либо значения  $t_{nui}$  оказались больше рассчитанной по формуле (4.9) длительности соответствующих основных тактов, то окончательно принимают новую уточнённую длительность этих тактов, равную наибольшим значениям  $t_{nui}$ . При этом не будет оптимального соотношения фаз в цикле регулирования, так как нарушаются условия пропорциональности между  $t_{oi}$  и  $y_i$ . При большем значении  $t_{oi}$  в конфликтующем направлении накапливается в ожидании разрешающего сигнала большее число транспортных средств, которые получают право на движение в других фазах, где основные такты могли остаться без изменения.

Такое нарушение пропорциональности не приводит к существенному возрастанию транспортной задержки, если  $t_{oi}$  и  $t_{nui}$  не значительно отличаются друг от друга (на 4-5 с). В этом случае  $t_{oi}$  можно увеличить до  $t_{nui}$  и соответственно увеличить длительность цикла.

При существенном отличии указанных параметров требуется восстановить оптимальное соотношение длительности фаз в цикле. Для этого необходимо изменить также и длительность основных тактов, не уточнявшихся по условиям пешеходного движения, т. е. скорректировать структуру цикла.

Новому скорректированному значению цикла регулирования соответствует формула

$$T_u^* = \frac{B}{2A} + \sqrt{\frac{B^2}{4A^2} - \frac{C}{A}}, \quad (4.11)$$

где  $A = 1 - y_n$ ;  $B = 2,5T_n - T_n y_n + T_o^* + 5$ ;  $C = (T_n + T_o^*) \cdot (1,5T_n + 5)$ ;

$y_n$  -сумма фазовых коэффициентов, основные такты которых не уточнялись по условиям пешеходного движения;  $T_o^*$  - суммарная длительность основных тактов, уточнённых по условиям пешеходного движения, с.

Зная скорректированное значение цикла регулирования  $T_u^*$ , можно определить новую длительность основных тактов  $t_{oi}^*$ , не уточнявшихся по пешеходному движению. Для этого в формулу (4.9) надо подставить скорректированное значение  $Y$ , полученное после преобразования формулы (4.8):

$$t_{oi}^* = \frac{(T_u^* - T_n)T_u^* y_i}{(T_u^* - 1,5T_n - 5)}. \quad (4.12)$$

Коррекция цикла приводит к его увеличению и, следовательно, к росту транспортной задержки. *Избежать коррекции можно путём организации поэтапного пропуска пешеходов через проезжую часть.* Это позволяет уменьшить длину перехода  $B_{nu}$  и, таким образом, снизить время  $t_{nu}$ . *Однако в этом случае необходимо устройство на проезжей части островков безопасности.*

## 6. Степень насыщения направления движения.

Качество различных вариантов схем ОДД на перекрёстке оценивают средней задержкой транспортных средств. С этим показателем непосредственно связана степень насыщения направления движения  $x$ , представляющая собой отношение среднего числа прибывающих в данном направлении к перекрёстку в течение цикла транспортных средств к максимальному числу покинувших перекрёсток в том же направлении в течение разрешающего сигнала:

$$x = \frac{N_j T_u}{M_{nj} t_{oi}}, \quad (4.13)$$

где  $N_j$  и  $M_j$  - соответственно интенсивность движения и поток насыщения в данном направлении, ед/ч;  $t_{oj}$  – длительность основного такта в том же направлении, с;  $j$  – 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 перекрёстка является отсутствие малонасыщенных направлений и их равномерная загрузка.

## 7. График режима светофорной сигнализации.

Порядок чередования и длительность сигналов для каждого светофора, установленного на перекрёстке, отражают график режима светофорной сигнализации. Это позволяет использовать его для коммутации ламп светофоров в период монтажных работ. Каждая строка графика соответствует одному или нескольким светофорам с одинаковым режимом работы. В левой части графика указывают номера светофоров и дополнительных секций, присваиваемых им в процессе проектирования светофорного объекта. В средней части графика соответствующими цветами показано чередование сигналов светофоров. Эту часть графика выполняют в масштабе, который отражает длительности сигналов, записанных в правой части графика. Масштаб выбирают произвольно.

Номера  
светофоров

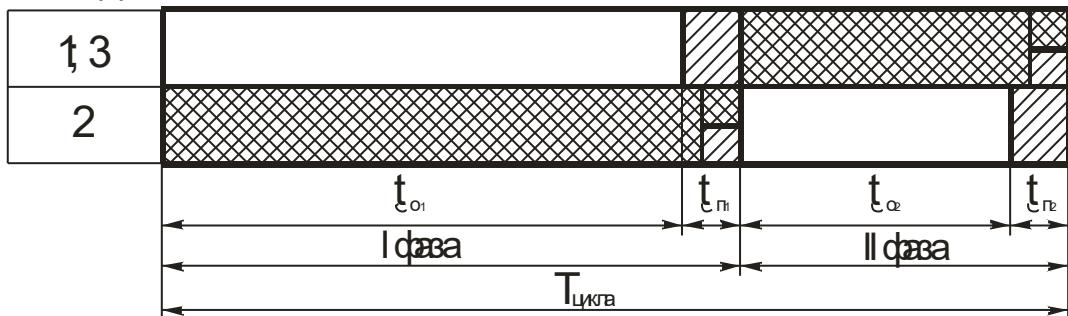


Рис.4.2. Режим работы светофорной сигнализации.

## 8. Необходимое число программ жёсткого управления.

Из-за суточных колебаний интенсивности движения меняются фазовые коэффициенты, а следовательно, и цикл (программа управления). С точки зрения оптимальности управления каждому значению интенсивности должно соответствовать своя программа. На практике обычно ограничиваются использованием в течение активного периода суток (например, с 7 до 21 ч) двух-трёх программ. При этом исходят из того, что отклонение фактической длительности цикла от оптимальной на 25% в любую сторону допустимо, так как это не приводит к значительному увеличению задержек.

Первую программу рассчитывают по интенсивности, соответствующей пиковому периоду. Для определения момента перехода ко второй программе необходимо уменьшить длительность первой на 25% и по формуле (4.8) рассчитать новое значение  $Y$ . Пропорционально уменьшению  $Y$  следует уменьшить фазовый коэффициент для наиболее загруженного направления. По этому направлению, используя формулу (4.5), определяют интенсивность движения, которая является ориентировочно нижней границей применения первой программы. Аналогично определяют моменты перехода к следующим программам.

При однопрограммном управлении не целесообразно рассчитывать цикл исходя из пиковой интенсивности, так как он будет избыточным в период её спада. Цикл уменьшают на 20-25% по сравнению с расчётным значением, соответствующим максимальному значению интенсивности.

## Практическая работа 5

### Расчёт задержек транспортных средств на перекрёстке

Цель работы: Изучить метод определения задержек на регулируемых и нерегулируемых перекрёстках.

#### Состав задания:

1. Определение задержек на нерегулируемых перекрёстках.
2. Определение задержек на регулируемых перекрёстках.
3. Определение стоимостного выражения задержки.

#### Методические указания.

Обоснование экономической целесообразности введения светофорного регулирования на перекрёстке.

Для обоснования экономической целесообразности введения светофорного регулирования необходимо определить затраты по эксплуатации светофорного объекта, экономию от снижения задержек транспортных средств, пассажиров и пешеходов, снижение ущерба от ДТП.

1. Потери времени транспортными средствами на нерегулируемом перекрёстке.

На нерегулируемых перекрёстках (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  $t_{sp}$ , 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 перекрёсток с второстепенной дороги. По данным исследований  $t_{sp}$  находится в пределах:

при пересечении двух полосной дороги	6- 7 с,
при пересечении 3 - 4 полос	9 с,
при пересечении 5 - 6 полос	10 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  $t_{sp}$ ), продолжительности пребывания в очереди и степени изменения автомобилем скорости движения, обусловленного торможением перед перекрёстком.

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

$$t_{\Delta h j} = \frac{e^{N_{\text{gl}} t_{\text{ep}}} - N_{\text{gl}} t_{\text{ep}} - 1}{N_{\text{gl}} - N_{\text{em}} (e^{N_{\text{gl}} t_{\text{ep}}} - N_{\text{gl}} t_{\text{ep}} - 1)} + \frac{v_a}{7,2} \left( \frac{1}{a_T} + \frac{1}{a_P} \right), \quad (5.1)$$

где  $e$  - основание натурального логарифма;  $N_{\text{gl}}$  - интенсивность транспортного потока на главной дороге в обоих направлениях, авт/с;  $N_{\text{em}}$  - 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 расчётах можно принять  $a_T=3\div4\text{м}/\text{с}^2$ ,  $a_P=1,0\div1,5\text{м}/\text{с}^2$ ).

В некоторых случаях (при отрицательном значении  $t_{\Delta h}$ ) средняя задержка одного автомобиля может быть определена по табл. 5.1.

Среднюю задержку автомобиля на перекрёстке в целом определяют как средневзвешенное значение задержек для всех направлений (подходов к перекрёстку) второстепенной дороги, рассчитываемых по формуле (5.1):

$$\bar{t}_{\Delta h} = \frac{\sum_{j=1}^n t_{\Delta h j} N_j}{\sum_{j=1}^n N_j}, \quad (5.2)$$

где –  $N_j$  интенсивность движения на  $j$  – м направлении второстепенной дороги, авт/ч;  $n$  - число направлений (подходов к перекрёстку) второстепенной дороги.

Потери времени транспортных средств за год на нерегулируемом перекрёстке (в авт.-ч)

$$T_{mp(h)} = \frac{365 N_{\text{em}} \bar{t}_{\Delta h}}{3600 k_h}, \quad (5.3)$$

где

$N_{\text{em}}$  – интенсивность движения в час пик по второстепенной дороге (в обоих направлениях), авт/ч;  $k_h$  - коэффициент неравномерности движения в течении суток (может быть принят равным 0,1).

Стоимость потерь времени на нерегулируемом перекрёстке

$$C_{mp(h)} = T_{mp(h)} S_u, \quad (5.4)$$

где  $S_u$  - средняя стоимость 1 авт-ч автомобиля (может быть принята 100 руб.).

2. Потери времени транспортными средствами на регулируемом перекрёстке.

Задержка транспортных средств на регулируемых перекрёстках 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.

Таблица 5.1

Интенсивность	Интенсивность движения по одной полосе второстепенной дороги, авт/ч	Интенсивность	Интенсивность движения по одной полосе второстепенной дороги, авт/ч
---------------	---	---------------	---

	100	200	300	400	500		100	200	300	400	500
Границный интервал $t_{ep} = 7\text{с}$						Границный интервал $t_{ep} = 9\text{с}$					
100	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	100	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4
200	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	200	2,8	3,1	3,4	3,8	4,2
300	2,6	2,9	3,1	3,4	3,8	300	5,0	5,8	6,9	8,6	11,
400	3,9	4,4	5,1	5,9	7,1	400	7,8	10,0	14,0	22,9	3
500	5,5	6,6	8,0	10,4	14,7	500	11,8	17,7	34,9	1155,9	63,
600	7,5	9,6	13,1	20,6	48,3	600	17,7	35,0	1298,6	---	2
700	10,1	14,1	23,2	65,7	---	700	27,0	109,1	---	---	---
800	13,5	21,6	54,0	---	---	800	43,7	---	---	---	---
900	18,0	36,1	---	---	---	900	81,2	---	---	---	---
1000	24,4	76,2	---	---	---	1000	237,2	---	---	---	---
Границный интервал $t_{ep} = 10\text{с}$											
100	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	500	17,2	33,2	430,8	---	---
200	3,7	4,1	4,6	5,3	6,3	600	28,0	127,0	---	---	---
300	6,6	8,1	10,5	14,9	25,4	700	49,2	---	---	---	---
400	10,8	15,5	27,3	116,3	---	800	108,4	---	---	---	---
						900	987,4	---	---	---	---

П р и м е ч а н и е. Прочерки в таблице означают, что задержка очень высока и необходимость введения светофорного регулирования очевидна.

С достаточной степенью точности она может быть определена по формуле Вебстера

$$t_{\Delta p_j} = \frac{T_u(1-\lambda_i)^2}{2(1-x_j\lambda_i)} + \frac{x_j^2}{2N_j(1-x_j)} - 0,65 \left( \frac{T_u}{N_j^2} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot x_j^{(2+5\lambda_i)}, \quad (5.5)$$

где  $\lambda_i = \frac{t_{oi}}{T_u}$  – отношение длительности разрешающего сигнала к длительности цикла;  $N_j$  - интенсивность движения транспортных средств в рассматриваемом направлении, ед/с,  $x_j$  – степень насыщения данного направления;  $i$ - номер фазы;  $j$ - номер направления движения.

Для практических расчётов обычно принимают упрощённую формулу

$$t_{\Delta pj} = 0,9 \left( \frac{T_u (1 - \lambda_i)^2}{2(1 - x_j \lambda_i)} + \frac{x_j^2}{2N_j(1 - x_j)} \right). \quad (5.6)$$

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

Средневзвешенное значение задержки

$$\overline{t_{\Delta p}} = \frac{\sum_1^j t_{\Delta pj} N_{ij}}{\sum_1^j N_{ij}}, \quad (5.7)$$

где  $N_{ij}$  – интенсивность движения на  $j$ -том направлении  $i$  - той фазы.

Потери времени транспортными средствами за год на регулируемом перекрёстке (в авт.-ч)

$$T_{mp(p)} = \frac{365(N_{el} + N_{em})\overline{t_{\Delta p}}}{3600 k_h}, \quad (5/8)$$

где  $N_{el}$  и  $N_{em}$  - интенсивность движения соответственно по главной и второстепенной дороге в час пик, ед/ч.

Стоимость потерь времени на регулируемом перекрёстке

$$C_{mp(p)} = T_{mp(p)} S_u, \quad (5.9)$$

где  $S_u = 100$  руб.

## Практическая работа №6

### Торможение автомобиля

*Цель работы:* установить расчетное расстояние видимости при торможении

*Исходные данные:* расчетная скорость движения автомобиля 1; скорость обгоняемого автомобиля 2; скорость встречного автомобиля 3.

#### Основные понятия

Расчетное расстояние видимость – расстояние перед автомобилем, на котором водитель должен видеть перед собой дорогу, чтобы, заметив препятствие, осознать его опасность успеть объехать или затормозить и остановиться.

В теории проектирования автомобильных дорог приняты три основные схемы видимости:

1. остановка автомобиля перед препятствием;
2. торможение двух автомобилей, двигающихся навстречу друг другу;
3. обгон легковым автомобилем грузового автомобиля при наличии встречного движения.

#### Порядок выполнения работы

Расчетное расстояние видимости покрытия (схема 1). Используем формулу (6.1) для определения расстояния, на котором водитель может остановить автомобиль.

$$S = \frac{v_1 t_p}{3,6} + \frac{K_3 v^2}{254 \phi_{np}} + l_0, \quad (6.1)$$

где  $S$  – расчетное расстояние видимости, м;

$v_1$  – расчетная скорость движения, км/ч;

$t_p$  – время реакции водителя, с (1 с);

$K_3$  – коэффициент эксплуатационного состояния тормозов, равный 1,3;

$\phi_{np}$  – коэффициент продольного сцепления, равный 0,45;

$l_0$  – зазор безопасности, равный 5 м.

Расчетное расстояние видимости встречного автомобиля (схема 2).

Расстояние видимости складывается из суммы тормозных путей двух автомобилей и зазора безопасности между ними (формула 6.2).

$$S = 2 \left( \frac{v_1 t_p}{3,6} + \frac{K_3 v_1^2}{254 \phi_{np}} \right) + l_0 \quad (6.2)$$

Расчетное расстояние видимости при обгоне (схема 3). По этой схеме (рис. 6.1) расчет ведется из предположения, что обгоняющий автомобиль (автомобиль 1), двигающийся со скоростью  $v_1$ , обгоняет автомобиль 2, двигаю-

щийся со скоростью  $v_2$ , с выездом на полосу встречного движения. При этом принимаем участок дороги горизонтальным, скорость движения встречного автомобиля  $v_3$ .

Обгон начинается, когда автомобиль 1 приближается к автомобилю 2 на расстояние, равное разности тормозных путей ( $S_1 - S_2$ ) и пути  $l_1$ , которое пройдет автомобиль 1 за время принятия решения об обгоне. Поэтому заезд на полосу встречного движения начинается на расстоянии от обгоняемого автомобиля:

$$l_2 = l_1 + (S_1 - S_2) = \frac{v_1 \cdot t_p}{3,6} + \frac{K_3(v_1^2 - v_2^2)}{254\phi_{np}}. \quad (6.3)$$

Автомобиль 1 нагонит автомобиль 2 и поравняется с ним, пройдя путь  $L_1$  со скоростью  $v_1$  и затратив на это время  $t_1 = L_1 / v_1$ .

За это же время автомобиль 2 пройдет путь  $L_1 - (l_2 + l_4)$  со скоростью  $v_2$ , где  $l_4$  – длина автомобиля 2 (принимаем 6 м). Приравнивая значения времени и решая уравнение относительно  $L_1$ , получим:

$$L_1 = \frac{v_1}{v_1 - v_2} (l_2 + l_4). \quad (6.4)$$

После того как задний автомобиль поравняется с обгоняемым, он должен вернуться на свою полосу движения. По соображениям безопасности он должен опередить для этого обгоняемый автомобиль на расстояние  $l_3$ , равное длине его тормозного пути  $S_2$ , увеличенное на некоторое расстояние безопасности  $l_0 = 5$  м и на длину автомобиля  $l_4$ . При этом получим:

$$l_3 = \frac{K_3 v_2^2}{254\phi_{np}} + l_0 \quad (6.5)$$

Приравниваем время, необходимое автомобилю 1 для возвращения на свою полосу движения, и время, за которое автомобиль 2 пройдет путь по своей полосе, получим:

$$L_2 = \frac{v_1}{v_1 - v_2} (l_3 + l_4). \quad (6.6)$$

Автомобиль 1 должен завершить обгон и возвратится на свою полосу движения до момента встречи со встречным автомобилем 3, который движется со скоростью  $v_3$  и за период обгона проходит путь  $L_3$  (см. формулу (6.7)).

$$L_3 = \frac{L_1 + L_2}{v_1} v_3 \quad (6.7)$$

Расстояние видимости из условия обгона определяем по формуле (6.8)

$$S = L_1 + L_2 + L_3 \quad (6.8)$$

Расстояние видимости вычисленное из условия обгона, в значительной степени зависит от разности скоростей обгоняемого и обгоняющего автомобиля. С уменьшением разности в скоростях расстояние видимости сильно возрастает.

Сравниваем полученные значения расстояния видимости с нормативными значениями, приведенными в табл. 1.5

*Содержание отчета:* приводятся исходные данные, порядок выполнения работы, расчеты, рисунки 1 и 2 схемы видимости, вывод.

Исходные данные для Практической работы 6

варианты	Расчетная скорость движения $v_1$ , км/час	Скорость обгоняемого автомобиля $v_2$ , км/час	Скорость встречного автомобиля $v_3$ , км/час
1.	90	30	55
2.	90	35	55
3.	90	40	55
4.	90	45	55
5.	90	50	55
6.	90	55	55
7.	90	60	55
8.	90	65	50
9.	90	70	50
10.	90	75	50
11.	100	30	60
12.	100	35	60
13.	100	40	60
14.	100	45	60
15.	100	50	50
16.	100	55	50
17.	100	60	50
18.	100	65	45
19.	100	70	45
20.	100	75	45
21.	110	30	65
22.	110	35	65
23.	110	40	65
24.	110	45	65
25.	110	50	65
26.	110	55	55
27.	110	60	55
28.	110	65	55
29.	110	70	55
30.	110	75	55
31.	120	30	55
32.	120	35	55
33.	120	40	50
34.	120	45	50
35.	120	50	50
36.	120	55	60
37.	120	60	60
38.	120	65	60
39.	120	70	60
40.	120	75	60

# Практическая работа №7

## Основы расчетов движения автомобилей по дорогам

*Цель работы:* установить возможную максимальную скорость при движении на подъем и возможность движения без пробуксовывания при неблагоприятных дорожных условиях.

*Исходные данные:* величина продольного уклона; марка и параметры автомобиля (вес автомобиля, габаритные размеры и т.д.); тип и состояние покрытия.

### **Основные понятия**

Динамически фактор  $D$ , выражающий удельную силу тяги автомобиля, расходуется на преодоление дорожных сопротивлений (см. формулу (2.1)).

$$D = f \pm i \pm \delta \cdot j, \quad (2.1)$$

где  $f$  – коэффициент сопротивления качению;

$i$  – продольный уклон дороги (в долях от единицы), («+» движение автомобиля на подъем, «–» движение автомобиля на спуск);

$j = \frac{dV}{dt}$  – относительное ускорение ( $j = +$  – ускоренное движение, «–» замедленное движение);

$\frac{dV}{dt}$  – ускорение автомобиля;

$g$  – ускорение свободного падения;

$\delta$  – коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся масс автомобиля.

При наличии динамических характеристик автомобиля возможную скорость движения определяют графоаналитическим способом.

### **Порядок выполнения работы**

**1.** Определение максимальной скорости движения при условии равномерного движения на подъем.

Для условия равномерного движения с постоянной скоростью ( $j = 0$ ) на подъем получаем уравнение (2.2).

$$D = f_v + i, \quad (2.2)$$

Сопротивление качению зависит от ровности покрытия, скорости и эластичности шины. Однако при скоростях движения ниже 50 км/ч сопротивление качению возрастает настолько медленно, что коэффициент сопротивления качению  $f_0$  можно считать практически постоянным (см. табл. 2.1).

Таблица 2.1

Покрытие	Значение $f_0$
Цементобетонное и асфальтобетонное	0,007-0,012
Из щебня или гравия, обработанных органическими вяжущими материалами, с ровной поверхностью (черный щебень)	0,02-0,025
Из щебня или гравия, не обработанных вяжущими, с небольшими выбоинами (щебень)	0,03-0,04
Грунтовая дорога, ровная, сухая и плотная	0,03-0,06

При скоростях более 50 км/ч вводят исправленное значение  $f_v$ :

$$f_v = f_0 [1 + 0,01(V - 50)], \quad (2.3)$$

где  $V$  – скорость движения автомобиля, км/ч;

$f_0$  – коэффициент сопротивления качению при скорости 50 км/ч.

Необходимо определить коэффициент сопротивления качению  $f_v$  при максимальной скорости (для грузовых автомобилей 80 км/час, для легковых – 100-120 км/час).

Определив динамический фактор, равный сумме дорожных сопротивлений  $f_v + i$  по графикам (Приложение 1), изображающим зависимость динамического фактора от скорости движения автомобиля, находим максимальную равновесную скорость движения. Для этого на графике динамических характеристик от ординаты, соответствующей сумме дорожных сопротивлений, восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с кривой динамической характеристики. Абсцисса этой точки пересечения соответствует возможной максимальной скорости движения.

**2.** Проверка возможности движения на подъем без пробуксовывания при заданном продольном уклоне и неблагоприятных дорожных условиях.

Возможность движения без пробуксовывания при заданном продольном уклоне будет обеспечена, если значение динамического фактора, вычисленного по условиям сцепления  $D_{cu}$ , превышает сумму дорожных сопротивлений:

$$D_{cu} \geq f_v + i, \quad (2.4)$$

Значение  $D$  рассчитывается по формуле:

$$D_{cu} = \frac{\phi}{G_{cu}} - \frac{P_e}{G}, \quad (2.5)$$

где  $\phi$  – коэффициент сцепления шин с поверхностью дороги, зависит от состояния покрытия (табл. 2.2);

$G_c$  –

- ч ть веса, приходящаяся на ведущие оси автомобиля (сцепной вес),  $H_a$   
 $c$   
(см. приложение 2);  
 $G$  – полный вес автомобиля,  $H$  (см. приложение 2).

Таблица 2.2

Покрытие	Значение $\phi$
Сухое шероховатое	0,7 и более
Сухое гладкое	0,6
Влажное	0,5
Мокрое	0,4 – 0,3
Грязное	0,2 – 0,3
Обледенелое	0,1 – 0,05

Сопротивление воздушной среды движению автомобиля  $(H)$  зависит от  $P_e$

скорости движения автомобиля  $V$ , (км/ч), его лобовой площади  $F$ , ( $\text{м}^2$ ), коэффициента обтекаемости автомобиля  $k$  ( $\text{Нс}^2/\text{м}^4$ ):

$$P_e = kFV^2 / 13 \quad (2.6)$$

Коэффициент обтекаемости  $k$  для различных типов автомобилей принимаем по табл. 2.3.

Таблица 2.3

Типы автомобилей	$k$ , $\text{Нс}^2/\text{м}^4$
Легковые	0,15 - 0,34
Автобусы	0,42 - 0,50
Грузовые с кузовом	0,55 - 0,60

Значения лобовой площади автомобилей  $F$  рассчитываем по формуле (2.7).

$$F = (0,8; 0,9)B_e H_e, \quad (2.7)$$

где –  $B_e$  и  $H_e$  габаритные ширина и высота автомобиля, м (см. приложение 2);

$0,8$  – для легковых автомобилей;

$0,9$  – для автобусов и грузовых автомобилей.

Находим сопротивление воздушной среды при максимальной скорости движения автомобиля, найденной в первой части Практической работы 2.

*Содержание отчета:* приводятся исходные данные, порядок выполнения работы, расчеты, вывод.

Исходные данные для Практической работы 7

Варианты	Продольный уклон, %	Марка автомобиля	Тип покрытия	Состояние покрытия
1.	50	ВАЗ 2101	асфальтобетон	мокрое
2.	48	ГАЗ 24	асфальтобетон	мокрое
3.	46	ГАЗ 53а	асфальтобетон	мокрое
4.	44	ЗИЛ 130	асфальтобетон	мокрое
5.	42	МАЗ 500	асфальтобетон	мокрое
6.	40	ВАЗ 2101	черный щебень	мокрое
7.	110	ГАЗ 24	черный щебень	мокрое
8.	55	ГАЗ 53а	черный щебень	мокрое
9.	60	ЗИЛ 130	черный щебень	мокрое
10.	65	МАЗ 500	черный щебень	мокрое
11.	100	ВАЗ 2101	щебень	мокрое
12.	45	ГАЗ 24	щебень	мокрое
13.	90	ГАЗ 53а	щебень	мокрое
14.	85	ЗИЛ 130	щебень	мокрое
15.	80	МАЗ 500	щебень	мокрое
16.	55	ВАЗ 2101	грунтовая дорога	мокрое
17.	50	ГАЗ 24	грунтовая дорога	мокрое
18.	45	ГАЗ 53а	грунтовая дорога	мокрое
19.	75	ЗИЛ 130	грунтовая дорога	мокрое
20.	70	МАЗ 500	грунтовая дорога	влажное
21.	65	ВАЗ 2101	асфальтобетон	грязное
22.	52	ГАЗ 24	асфальтобетон	грязное
23.	33	ГАЗ 53а	асфальтобетон	грязное
24.	32	ЗИЛ 130	асфальтобетон	грязное
25.	31	МАЗ 500	асфальтобетон	грязное
26.	93	ВАЗ 2101	черный щебень	влажное
27.	129	ГАЗ 24	черный щебень	влажное
28.	110	ГАЗ 53а	черный щебень	влажное
29.	65	ЗИЛ 130	черный щебень	влажное
30.	45	МАЗ 500	черный щебень	влажное

31.	50	ВАЗ 2101	щебень	влажно е
32.	48	ГАЗ 24	щебень	влажно е
33.	46	ГАЗ 53а	щебень	влажно е
34.	44	ЗИЛ 130	щебень	влажно е
35.	42	МАЗ 500	щебень	влажно е
36.	40	ВАЗ 2101	грунтовая дорога	влажно е
37.	110	ГАЗ 24	грунтовая дорога	влажно е
38.	55	ГАЗ 53а	грунтовая дорога	влажно е
39.	60	ЗИЛ 130	грунтовая дорога	влажно е
40.	65	МАЗ 500	грунтовая дорога	влажно е

### Практическая работа №8

#### Расчетное расстояние видимости при обгоне

*Цель работы:* установить расчетное расстояние видимости при различных схемах видимости.

*Исходные данные:* расчетная скорости движения автомобиля 1; скорость обгоняемого автомобиля 2; скорость встречного автомобиля 3.

#### Основные понятия

Расчетное расстояние видимость – расстояние перед автомобилем, на котором водитель должен видеть перед собой дорогу, чтобы, заметив препятствие, осознать его опасность успеть объехать или затормозить и остановиться.

В теории проектирования автомобильных дорог приняты три основные схемы видимости:

4. остановка автомобиля перед препятствием;
5. торможение двух автомобилей, двигающихся навстречу друг другу;
6. обгон легковым автомобилем грузового автомобиля при наличии встречного движения.

#### Порядок выполнения работы

Расчетное расстояние видимости покрытия (схема 1). Используем формулу (6.1) для определения расстояния, на котором водитель может остановить автомобиль.

$$S = \frac{v_1 t_p}{3,6} + \frac{K \frac{v^2}{\varrho}}{+ l}^0 254 \phi_{np}$$

, (6.1)

где  $S$  – расчетное расстояние видимости, м;

$v_1$  – расчетная скорость движения, км/ч;

$t_p$  – время реакции водителя, с (1 с);

$K$  – коэффициент эксплуатационного состояния тормозов, равный 1,3;

$\varphi$  – коэффициент продольного сцепления, равный 0,45;

$\phi_n$

$p$

$l_0$  – зазор безопасности, равный 5 м.

Расчетное расстояние видимости встречного автомобиля (схема 2).

Расстояние видимости складывается из суммы тормозных путей двух автомобилей и зазора безопасности между ними (формула 6.2).

$$S = 2 \left| \frac{v_1 t_p}{3,6} + \frac{K \cdot v_1^2}{254 \phi_{np}} \right| + l_0 \quad (6.2)$$

Расчетное расстояние видимости при обгоне (схема 3). По этой схеме (рис. 6.1) расчет ведется из предположения, что обгоняющий автомобиль (автомобиль 1), двигающийся со скоростью  $v_1$ , обгоняет автомобиль 2, двигаю-

щийся со скоростью  $v_2$ , с выездом на полосу встречного движения. При этом принимаем участок дороги горизонтальным, скорость движения встречного автомобиля  $v_3$ .

Обгон начинается, когда автомобиль 1 приближается к автомобилю 2 на расстояние, равное разности тормозных путей ( $S_1 - S_2$  и пути  $l_1$ , которое пройдет автомобиль 1 за время принятия решения об обгоне 2)

дет автомобиль 1 за время принятия решения об обгоне. Поэтому заезд на полосу встречного движения начинается на расстоянии от обгоняемого автомобиля:

$$l_2 = l_1 + (S_1 - S_2) = \frac{v_1 \cdot t_p}{2} + \frac{K_3(v_2^2 - v_1^2)}{254\phi_{np}}. \quad (6.3)$$

$$\frac{l_2}{2} = \frac{1}{3,6} \quad \frac{l_1}{254\phi_{np}}$$

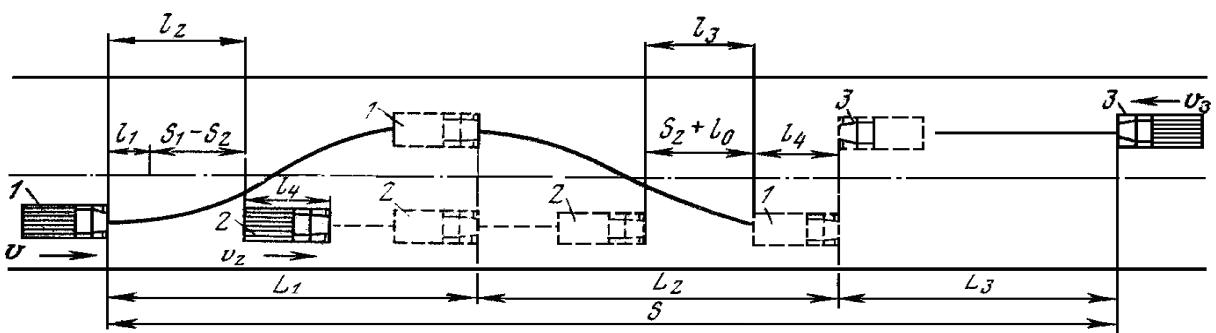


Рис. 6.1. Схема 3 для определения расстояния видимости из условия обгона

Автомобиль 1 нагонит автомобиль 2 и поравняется с ним, пройдя путь  $L_1$  со скоростью  $v_1$  и затратит на это время  $t_1 = |v_1|$ .

$$L_1$$

За это же время автомобиль 2 пройдет путь  $L_1 - (l_2 + l_4)$  со скоростью  $v_2$ ,

где  $l_2$  – длина автомобиля 2 (принимаем 6 м). Приравнивая значения времени и  $L_1$

решая уравнение относительно  $L_1$ , получим:

$$L_1 = \frac{v_1}{v_1 - v_2} (l_2 + l_4). \quad (6.4)$$

После того как задний автомобиль поравнялся с обгоняемым, он должен вернуться на свою полосу движения. По соображениям безопасности он должен опередить для этого обгоняемый автомобиль на расстояние  $l_3$ , равное длине его тормозного пути  $S_2$ , увеличенное на некоторое расстояние безопасности  $l_0 = 5$  м и на длину автомобиля  $l_4$ . При этом получим:

$$l_3 = \frac{K_3 v_2^2}{254\phi_{np}} + l_0 \quad (6.5)$$

Приравниваем время, необходимое автомобилю 1 для возвращения на

свою полосу движения, и время, за которое автомобиль 2 пройдет путь по своей полосе, получим:

$$L_2 = \frac{v_1}{v_1 - v_2} (l_3 + l_4). \quad (6.6)$$

Автомобиль 1 должен завершить обгон и возвратится на свою полосу движения до момента встречи со встречным автомобилем 3, который движется со скоростью  $v_3$  и за период обгона проходит путь  $L_3$  (см. формулу (6.7)).

$$L_3 = \frac{L_1 + L_2}{v_1} \gamma \quad (6.7)$$

Расстояние видимости из условия обгона определяем по формуле (6.8)

$$S = L_1 + L_2 + L_3 \quad (6.8)$$

Расстояние видимости вычисленное из условия обгона, в значительной степени зависит от разности скоростей обгоняемого и обгоняющего автомобиля. С уменьшением разности в скоростях расстояние видимости сильно возрастает.

Сравниваем полученные значения расстояния видимости с нормативными значениями, приведенными в табл. 1.5

*Содержание отчета:* приводятся исходные данные, порядок выполнения работы, расчеты, рисунки 1 и 2 схемы видимости, вывод.

## Практическая работа 9

### Уравнение движения автомобиля

*Цель работы:* установить максимальную скорость движения автопоезда на подъем; возможность движения на подъем без пробуксовывания и возможность трогания с места, при неблагоприятных дорожных условиях.

*Исходные данные:* тип и состояние покрытия (коэффициент сцепления); величина продольного уклона; марка автомобиля тягача и прицепа; параметры автомобиля тягача и прицепа (весовые характеристики, габаритные размеры и т.д.);

#### **Основные понятия**

Уравнение тягового баланса автопоезда:

$$P_{an} = (f_{an} \pm i \pm j)(G + nQ) + P_e^{'}, \quad (3.1)$$

где  $P$  – необходимая сила тяги автопоезда;

$an$

$i$  – продольный уклон (в долях от единицы);

$$fan = 1,08 f_0 ;$$

$fan$  – коэффициент сопротивления качению автопоезда,

$f_0$  – коэффициент сопротивления качению при скорости до 50 км/час;

$j$  – относительное ускорение;  $G$  – полный вес автомобиля, Н;  $n$  – число прицепов;  $Q$  – полный вес прицепа, Н;  $P_e^{'}$  – сопротивление воздушной среды движению автопоезда, Н.

При движении автопоезда на подъем с постоянной скоростью уравнение динамического фактора автопоезда  $D_a$  имеет вид:

$$D_{an} = \frac{P - P_e^{'}n}}{an + fan + G + nQ + i} \quad (3.2)$$

Принимая сопротивление воздушной среды движению автопоезда  $P_e^{'}$  равным – сопротивлению воздушной среды движению автомобиля тягача,  $P_e$

используем динамическую характеристику одиночного автомобиля  $D$  для определения:

$$D_{an} = D \frac{G}{G + nQ} = f_{an+i} \quad (3.3)$$

## Порядок выполнения работы

**1.** Определение максимальной скорости движения при преодолении продольного уклона.

Исходя из уравнения (3.3), величина динамического фактора автомобиля тягача  $D$ , необходимая для преодоления уклона  $i$  с постоянной скоростью, будет равна (см. формулу (3.4)):

$$D = (f_{an} + i) \frac{G + nQ}{G} \quad (3.4)$$

По графику динамических характеристик для автомобиля тягача находим по значению  $D$  величину скорости движения автопоезда (см. приложение 1).

**2.** Проверка возможности движения автопоезда на подъем без пробуксовывания при неблагоприятных дорожных условиях.

Условие возможности движения автопоезда на подъем без пробуксовывания определяем по формуле (3.5).

$$D_{an}^{cu} = \phi \frac{\frac{G_{cu}}{P_e}}{\frac{G + nQ}{+ i}} \geq f_{an} \quad (3.5)$$

$P_e'$  определяем по формуле (2.6), при этом используем значение скорости, найденное по графику динамических характеристик в пункте 1.

Если  $D_{an}^{cu}$  (динамический фактор автопоезда по сцеплению) при низких значениях  $\phi = 0,1-0,2$  (грязное покрытие, снежный накат, гололед) будет превышать значение суммы дорожных сопротивлений  $f_{an} + i$ , то возможно движение без пробуксовывания.

**3.** Проверка возможности трогания автопоезда с места при заданном продольном уклоне и неблагоприятных дорожных условиях.

При трогании автопоезда с места должны обеспечиваться два условия:  
а – сила тяги автопоезда должна быть больше суммы сил сопротивления движению или равна ей:

$$\alpha \cdot f_{an} + i + j \cdot \delta \leq D_{an}, \quad (3.6)$$

б – сила тяги не должна превышать силу сцепления колес с поверхностью дороги:

$$\alpha \cdot f_{an} + i + j \cdot \delta \leq D_{an}^{cu} = \phi \frac{G_{cu}}{G + nQ}, \quad (3.7)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий повышение сопротивления движения автопоезда в момент трогания автопоезда с места за счет «прихватывания» тормозных колодок и протектора в зимний период,  $\alpha = 2,5-5,0$ ;

$j$  – относительное ускорение автопоезда в начальный момент его трогания с места, принимая ускорение равным  $0,5 \text{ м/с}^2$ , считаем  $j = 0,05$ ;

$\delta$  – коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся масс (1,03-1,07);  
 $i$  – продольный уклон преодолеваемого подъема.

*Содержание отчета:* приводятся исходные данные, порядок выполнения работы, расчеты, вывод.

## Исходные данные для Практической работы 9

Варианты	Марка автомобиля тягача	Марка прицепа	Коэф. сцепления $\phi$	Продольный уклон, %	Тип покрытия
1.	ЗИЛ-130	ГКБ-817	0,1	80	Асфальтобетон
2.	МАЗ 500	ГКБ8350	0,2	48	
3.	ЗИЛ-130	МАЗ-8926	0,1	57	
4.	МАЗ 500	ГКБ-817	0,2	94	
5.	ЗИЛ-130	ГКБ-8350	0,1	50	
6.	МАЗ 500	МАЗ-8926	0,2	65	
7.	МАЗ 500	ГКБ-817	0,1	100	
8.	ЗИЛ-130	ГКБ-8350	0,2	72	
9.	МАЗ 500	МАЗ-8926	0,1	83	
10.	ЗИЛ-130	ГКБ-817	0,2	46	
11.	МАЗ 500	ГКБ-8350	0,1	40	
12.	ЗИЛ-130	МАЗ-8926	0,2	69	
13.	ЗИЛ-130	ГКБ-817	0,1	90	
14.	МАЗ 500	ГКБ-8350	0,2	60	
15.	ЗИЛ-130	МАЗ-8926	0,1	53	
16.	МАЗ 500	ГКБ-817	0,2	74	
17.	ЗИЛ-130	ГКБ-8350	0,1	49	
18.	МАЗ 500	МАЗ-8926	0,2	92	
19.	МАЗ 500	ГКБ-817	0,1	55	
20.	ЗИЛ-130	ГКБ-8350	0,2	96	
21.	МАЗ 500	МАЗ-8926	0,1	84	
22.	ЗИЛ-130	ГКБ-817	0,2	56	

23.	ЗИЛ-130	ГКБ-8350	0,1	66
24.	МАЗ 500	МАЗ-8926	0,2	40
25.	ЗИЛ-130	ГКБ-817	0,1	61
26.	МАЗ 500	ГКБ-8350	0,2	74
27.	ЗИЛ-130	МАЗ-8926	0,1	42
28.	ЗИЛ-130	ГКБ-817	0,2	52
29.	МАЗ 500	ГКБ-8350	0,1	75
30.	ЗИЛ-130	МАЗ-8926	0,2	70
31.	ЗИЛ-130	ГКБ-817	0,1	35
32.	МАЗ 500	ГКБ8350	0,2	65
33.	ЗИЛ-130	МАЗ-8926	0,1	38
34.	ЗИЛ-130	ГКБ-817	0,2	61
35.	МАЗ 500	ГКБ8350	0,1	43
36.	ЗИЛ-130	МАЗ-8926	0,2	71
37.	ЗИЛ-130	ГКБ-817	0,1	35
38.	МАЗ 500	ГКБ8350	0,2	51
39.	ЗИЛ-130	МАЗ-8926	0,1	28
40.	ЗИЛ-130	ГКБ-817	0,2	57

## **Список используемых источников**

### **Основная литература**

1. Правила дорожного движения. Учебное пособие. М.: Издательство АСТ, 2022-320с.

### **Дополнительная литература:**

1. СП 34.13330.2021. Автомобильные дороги.