

Министерство образования и науки РФ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Владимирский государственный университет
Кафедра автомобильного транспорта

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ДОРОГЕ

Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине
«Дорожные условия и безопасность движения»

Составитель
Ф.П. КАСАТКИН

Владимир 2011

УДК 625.096 (075.8)

ББК 39.33:30.10

О39

Рецензент

Кандидат технических наук, профессор
Владимирского государственного университета

Ю.А. Орлов

Печатается по решению редакционного совета
Владимирского государственного университета

О93 **Оценка** безопасности движения на дороге: метод. указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Дорожные условия и безопасность движения» / Ф.П. Касаткин; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2011. – 44 с.

Рассматриваются теоретические основы определения основных эксплуатационных показателей дороги, методы оценки показателей дорожного движения и выявления опасных участков на дороге с приведением методик практической оценки этих показателей в реальных дорожных условиях. Представлена методика оценки безопасности движения на дороге по линейным графикам коэффициентов аварийности с проведением анализа полученных графиков и разработкой мероприятий по улучшению условий безопасности движения на опасных участках.

Предназначены для студентов специальности 240400.01 «Организация и безопасность движения (Автомобильный транспорт)», а также 190601 «Автомобили и автомобильное хозяйство», 190603 «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования» и могут быть рекомендованы для инженерно-технических работников, предприятий автомобильного транспорта, занимающихся вопросами организации дорожного движения и безопасности движения.

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС 3-го поколения

Табл. 13. Ил. 10. Библиогр.: 3 назв.

УДК 625.096 (075.8)

ББК 39.33:30.10

ВВЕДЕНИЕ

Цель методических указаний – систематизация работы студентов над выполнением курсового проекта, облегчение их работы по подбору необходимых справочных данных, выполнению курсового проекта в должной последовательности, чтобы он соответствовал по своему содержанию и объему рабочей программе по дисциплине «Дорожные условия и безопасность движения».

Общие положения

Целью курсового проектирования является обобщение и закрепление теоретических знаний, полученных студентами при изучении дисциплины «Дорожные условия и безопасность движения».

В процессе выполнения курсового проекта студент должен освоить навыки и методы выявления опасных участков автомобильных дорог, научиться грамотно выполнять технические расчеты, показать умение самостоятельно творчески работать при решении конкретных инженерных задач с учетом новейших достижений науки и техники в области обеспечения безопасности движения на автомобильных дорогах в нашей стране и за рубежом, использовать в своей работе техническую, нормативную и справочную литературу.

К выполнению курсового проекта следует приступать после тщательного изучения разделов дисциплин «Влияние условий движения и элементов дороги на безопасность движения», «Методы выявления опасных участков дороги».

Состав и оформление проекта

Курсовой проект должен содержать следующие материалы:

- задание на выполнение курсового проекта;
- пояснительную записку с необходимыми расчетами и обоснованиями принимаемых решений;
- графический материал по оценке сложности пересечения, схемам движения автомобиля на пересечении, изменению коэффициентов аварийности на дороге.

Состав курсового проекта приведен в задании на проектирование.

Пояснительная записка должна быть написана на одной стороне листов формата А4 и по содержанию соответствовать последовательности изложения, приведенной в задании на проектирование к курсовому проекту.

Весь графический материал вычерчивается на ватмане (линейный график коэффициентов аварийности - формат А2) или миллиметровой бумаге (другие графики и схемы - форматы А2 – А3) .

При оформлении материалов курсового проекта необходимо учитывать требования ГОСТов и ЕСКД.

Задание на курсовой проект

1. Выявление опасных участков на дороге

1.1. В соответствии с предлагаемой методикой оценить основные показатели дорожного движения в реальных условиях, определить интенсивность движения и состав транспортного потока транспортного узла.

1.2. Определить показатель опасности ДТП для элемента улично-дорожной сети (УДС) и на дороге по методике Рейнгольда, эти же показатели по методике ВНИИБД. Исходные данные см. в табл. 12, 13.

1.3. Для исследуемого транспортного узла определить количество конфликтных точек и показатель сложности, построить схему движения при маневре.

1.4. Для этого же узла определить показатель сложности по 5- и 10-балльной системе с учетом индекса интенсивности транспортных потоков, определить также количество ДТП в конфликтной точке на 10 млн автомобилей и показатель безопасности движения пересечения. Привести схему транспортного узла с указанием часовой и суточной интенсивности.

1.5. Рассчитать потенциально возможные конфликтные ситуации в течение часа.

2. Определение эксплуатационных показателей дороги

2.1. Для заданных условий движения (табл. 12, 13) выполнить следующие действия:

а) определить критическую скорость по условиям буксования ведущих колес,

- б) определить величину тормозного и остановочного пути,
- в) рассчитать максимальную и допустимую скорость на участке с поворотом радиусом R_{Π} , построить схему сил, действующих на повороте (вид сверху),
- г) рассчитать максимальную пропускную способность дороги для $L_{д}$ и $L_{ду}$, а также пропускную способность на участке дороги радиусом R_{Π} ,
- д) определить плотность транспортного потока (ТП) на прямолинейном участке и на повороте R_{Π} ,
- е) найти среднюю скорость транспортного потока,
- ж) определить коэффициент загрузки полосы z и рассчитать необходимое количество полос движения.

2.2. Вычислить пропускную способность участка с учетом частных коэффициентов. Сравнить пропускную способность с интенсивностью движения на данном участке.

3. Оценка безопасности движения по графикам коэффициентов аварийности.

3.1. Для заданных дорожных условий построить график линейных коэффициентов аварийности.

3.2. Наметить мероприятия по совершенствованию организации движения для исследуемого транспортного узла и заданных дорожных условий.

4. Графическая часть проекта

Здесь должны быть представлены:

Лист 1. Схема транспортного узла с распределением транспортных потоков, схема конфликтных точек, оценка показателя сложности узла, схема движения при маневре в масштабе путь, м, – скорость, с, схема расчета потенциально возможных конфликтных ситуаций в течение часа.

Лист 2. Схема и расчет максимальной скорости на участке с поворотом радиусом R_{Π} , график изменения пропускной способности дороги от скорости на дороге и на участке радиусом R_{Π} , а также кривые изменения средней скорости от интенсивности движения и плотности ТП от скорости, на графике отметить пропускную способность участка.

Лист 3. График линейных коэффициентов аварийности с указанием степени опасности отдельных участков дороги.

1. ВЫЯВЛЕНИЕ ОПАСНЫХ УЧАСТКОВ НА ДОРОГЕ

1.1. Метод оценки показателей дорожного движения в реальных условиях

За основную характеристику движения по дорогам принимают общее количество транспортных средств, проходящих через некоторое сечение дороги за единицу времени (сутки, час), называемое *интенсивностью движения*. Интенсивность неодинакова на разных участках дороги и обычно возрастает вблизи населенных пунктов. Она изменяется по дням недели и в течение суток, резко снижаясь в ночное время.

Загрузку дорог движением обычно оценивают не по максимальной интенсивности, наблюдаемой в отдельные дни и часы, а по среднему значению за год, называемому *среднегодовой суточной интенсивностью движения*. Эта характеристика весьма условна, поскольку в течение достаточно длительных периодов времени фактическая интенсивность движения существенно превышает среднегодовую. Поэтому при резко выраженном сезонном характере перевозок организация перевозок, выполненная по расчету на среднегодовую интенсивность, создает напряженные условия движения по дороге в наиболее ответственные для ее работы периоды. На таких дорогах исходят из наибольшей часовой интенсивности движения в двух направлениях, увеличивая среднегодовую интенсивность на поправочный коэффициент. Если в наиболее напряженный месяц в году интенсивность движения более чем в 2 раза превышает среднегодовую, то коэффициент принимают равным 1,5.

Обычно при оценке условий работы дороги интенсивность движения выражают в фактическом количестве проходящих автомобилей, суммируя автомобили независимо от их типов. В этом есть большая условность, так как проезд по дороге с малой скоростью нескольких автопоездов с тяжелыми прицепами не эквивалентен проезду равного числа легковых автомобилей. Поэтому для характеристики количества автомобилей, которое дорога может пропустить, фактическую интенсивность движения иногда пересчитывают на эквивалентное количество легковых автомобилей, которые могли бы проехать по участку дороги за время проезда грузовых автомобилей, автобусов или авто-

поездов. Для этого вводят *коэффициенты приведения*, на которые умножают число автомобилей каждого типа:

I. Легковые автомобили, микроавтобусы и грузовые автомобили полной массой до 3,5 т.....	1,0
II. Мотоциклы.....	0,5
III. Грузовые автомобили, автобусы.....	2,5
IV. Автопоезда.....	5,0
V. Троллейбусы.....	3,0

Фактическую интенсивность движения по дорогам устанавливают путем учета движения - наблюдений, проводимых систематически в разное время года и в разные часы суток на характерных участках маршрута. Для этой цели применяют закладываемые в дорогу счетчики, автоматически фиксирующие проезжающие автомобили, направление и скорость движения, а также их расположение по ширине проезжей части. Однако на большей части дорог России пока еще учет движения проводят несколько раз в году наблюдатели. Результаты учета движения оформляют в виде графиков среднесуточных режимов движения или эпюр грузонапряженности дороги.

На разветвленной сети дорог (например в городе) интенсивность движения удобнее определять не в сечениях дороги, а на перекрестках (транспортных узлах). При этом в зависимости от конфигурации транспортного узла формируется группа наблюдателей, которые фиксируют входящие транспортные потоки с разделением по типам транспортных средств (легковые, грузовые, автобусы и т.п.) и по направлениям движения (направо, прямо, налево). Результаты наблюдений позволяют оценить не только общую интенсивность движения по направлениям, но также интенсивность и состав транспортных потоков внутри узла. Такая информация необходима при разработке проектов реконструкции транспортных узлов и оценке уровня организации и безопасности дорожного движения.

Проектирование новых дорог ведут в расчете на интенсивность движения, которая на них будет через 20 лет после окончания разработки проекта. Для этого собирают сведения об объемах перевозок, которые могут быть на проектируемой дороге. Эти сведения должны учитывать перспективы развития народного хозяйства.

В процессе выполнения курсового проекта для указанного в задании транспортного узла произвести оценку основных показателей

дорожного движения в реальных условиях - определить интенсивность движения и состав транспортного потока в следующей последовательности:

– подсчитать транспортные средства, въезжающие на перекресток с данного направления. Выполнить 4 – 6 замеров (по два в час с интервалом от начала одного замера до начала следующего 30 мин). Продолжительность замера - 10 мин при высокой интенсивности движения и 15 мин при низкой. Заполнить лист учета интенсивности движения (табл. 1);

– на основании листов учета интенсивности движения заполнить табл. 2 для часа с наибольшей суммарной интенсивностью движения;

Таблица 1. Лист учета интенсивности движения

№ п/п	Вре- мя	Легковые автомобили			Грузовые автомобили			Автобусы			Троллейбусы		
		На- лево	Пря- мо	На- право	На- лево	Пря- мо	На- право	На- лево	Пря- мо	На- право	На- лево	Пря- мо	На- право
1													
2													
3													
4													

Таблица 2. Интенсивность движения в транспортном узле (за 1 ч)

Номер кон- тро- лера	Число транспортных средств												Всего	Экви- валент
	Легковые автомобили			Грузовые автомобили			Автобусы			Троллейбусы				
	На- лево	Пря- мо	На- пра- во	На- ле- во	Пря- мо	На- право	На- лево	Пря- мо	На- пра- во	На- ле- во	Пря- мо	На- пра- во		
Время:														
1														
2														
3														

– построить схему транспортного узла с распределением транспортных потоков, нанести значения интенсивностей на схему транспортного узла (см. образец на рис. 1).

1.2. Выявление опасных участков посредством анализа ДТП

Одним из методов выявления опасных участков на дороге можно назвать анализ ДТП, который позволяет:

- дать оценку состояния аварийности на определенной административной территории и выявить тенденции в ее изменениях;
- выявить причины и факторы, обуславливающие возникновение ДТП, и разработать мероприятия для их устранения;
- выявить места («очаги») концентрации ДТП.

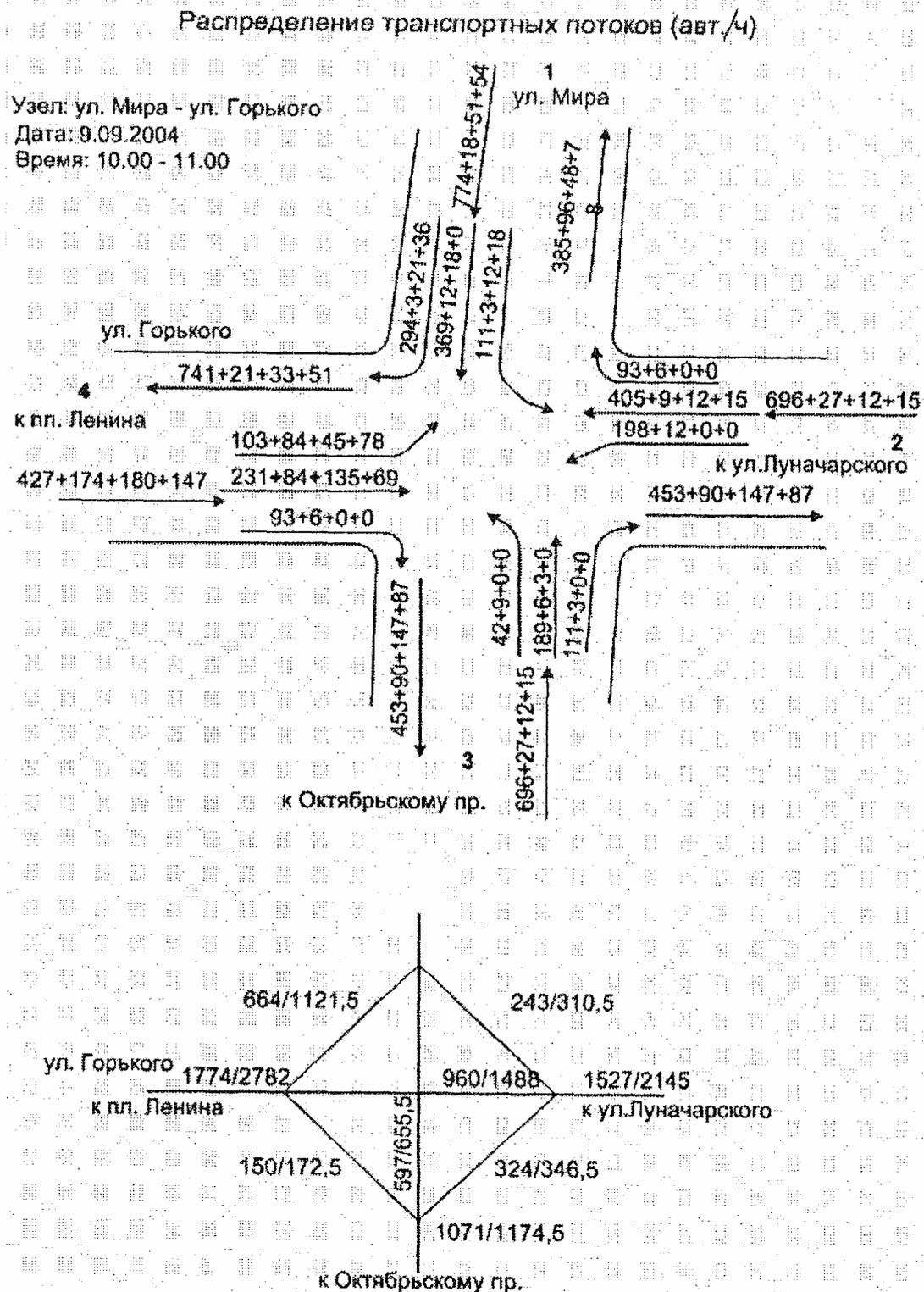


Рис. 1. Схемы транспортного узла с распределением транспортных потоков

Разработаны показатели аварийности.

Абсолютные показатели образуются в результате накопления статистических данных о ДТП (количество ДТП, произошедших на перекрестке, дороге, в регионе; количество погибших, раненых при ДТП). Их можно применять, например, для сравнения работы по организации дорожного движения (ДД) в разные периоды (например, количество ДТП за текущий и прошедший год, за прошедший и предыдущий месяц, квартал и т.п.).

Относительные показатели образуются делением одного показателя на другой (количество ДТП на 10 тыс. транспортных средств (ТС), количество ДТП на 1 млн км пробега). Они дают возможность сравнить работу по организации движения на различных перекрестках, дорогах, в разных городах, регионах.

Удельные показатели представляют процентную долю одного абсолютного показателя от другого (удельный вес ДТП, совершенных водителями в нетрезвом состоянии к общему количеству ДТП). Они характеризуют структуру ДТП и позволяют более объективно подойти к разработке мероприятий по совершенствованию организации движения.

В ряде случаев возникает необходимость сравнения относительной опасности той или иной зоны концентрации ДТП (очага аварийности), например, когда с помощью топографического анализа выявлено несколько очагов с одинаковым суммарным количеством ДТП.

Учитывая необходимость предупреждения прежде всего происшествий с наиболее тяжкими последствиями и ликвидации наиболее опасных мест, возникает задача определить, какой из очагов имеет большую суммарную тяжесть последствий. С этой целью еще в 1938 г. Ф. Рейнгольдом была предложена формула для определения «показателя тяжести» происшествий, который можно также назвать «показателем опасности».

$$S_{\text{оп}} = p_1 n_1 + p_2 n_2 + p_3 n_3 + p_4 n_4,$$

где n_1, n_2, n_3, n_4 - количество ДТП с материальным ущербом, с легким ранением людей, с тяжелым ранением, с гибелью людей; $p_1 = 1, p_2 = 5, p_3 = 70, p_4 = 130$ – соответственно условные коэффициенты тяжести последствий.

Методика Рейнгольда не учитывает интенсивности движения и рассчитана на отдельный короткий элемент дороги (пересечение, мост и т. п.). Если же анализируется значительный участок дороги, то следует расчет делать в удельных показателях с учетом протяженности дороги и интенсивности движения.

В этом случае показатель опасности U_0^1 для участка дороги протяженностью l при суточной интенсивности движения $N_{a.c}$ определяют по формуле

$$U_0^1 = \frac{\sum p_i n_i}{365 l N_{a.c}},$$

где p_i - коэффициент тяжести последствий данной группы ДТП, n_i - количество ДТП данной группы по тяжести последствий.

Прибегая к расчету таких обобщенных показателей, не следует преувеличивать значение тяжести последствий при оценке опасности того или иного участка, учитывая, что тяжесть последствий отдельного ДТП может обуславливаться случайными факторами. Следует предостеречь от недооценки ДТП с так называемыми легкими последствиями, так как последующие аналогичные происшествия могут иметь значительно более тяжелые последствия. Можно, например, указать, что съезд с дороги в зимнее время зачастую заканчивается менее тяжелыми последствиями для людей, чем летом, что обуславливается мягким снежным покровом, смягчающим удар автомобиля, и теплой верхней одеждой, защищающей людей.

Невозможно полностью объективно определить в денежном выражении стоимость жизни и здоровья человека, которые могут быть потеряны в результате ДТП. Трудно оценить и потери времени нашими гражданами в результате неудовлетворительной организации движения. Тем не менее совершенно очевидно, что этим факторам большого социального значения сопутствует и явный материальный ущерб, наносимый народному хозяйству, который необходимо учитывать при обосновании затрат на организацию дорожного движения (ОДД).

Потери от происшествий можно разделить на прямые и косвенные. К прямым потерям следует отнести ущерб в результате уничтожения или повреждения материальных ценностей при ДТП, а также непосредственные затраты, необходимые для ликвидации всех последствий ДТП. Под косвенными следует понимать потери в резуль-

тате временного или полного выбытия из сферы трудовой деятельности трудоспособных членов общества, т. е. условную потерю части национального дохода.

Прямые потери от ДТП обуславливаются следующими основными составляющими: стоимостью транспортных средств, полностью пришедших в негодность и подлежащих списанию; стоимостью уничтоженных и пришедших в негодность грузов, поломанных технических средств регулирования движения и обустройства дорог; затратами на транспортировку и восстановление поврежденных транспортных средств, на ремонт дорожных сооружений и элементов обустройства; затратами медицинских учреждений на оказание помощи и лечение пострадавших людей; размерами сумм, выплачиваемых пострадавшим в период нетрудоспособности; размерами пособий и пенсий, выплачиваемых лицам, получившим инвалидность, а также семьям, потерявшим кормильца.

Приведенный перечень основных составляющих затрат не является исчерпывающим. Значительные расходы связаны с деятельностью следственных и судебных органов, ведущих разбор уголовной и гражданской ответственности по делам о ДТП и т. п. Однако определение фактического значения этих потерь и выделение их из общей массы затрат в данной сфере представляет еще большие трудности, чем перечисленные выше основные потери, по которым уже имеются некоторые обобщенные данные.

Следует полагать, что по мере совершенствования учета ДТП конкретные данные материальных потерь по каждому событию будут определяться и фиксироваться в соответствующих учетных документах. Материальный ущерб от задержек движения в результате недостатков организации дорожного движения определяется следующими основными составляющими:

- потерей времени транспортными средствами, которое можно было использовать для полезной транспортной работы;
- перерасходом топлива при работе двигателя на режиме холостого хода, разгоне после вынужденной остановки, а также замедленном движении на промежуточных передачах при заторах;
- потерей времени пассажиров общественного транспорта и индивидуальных владельцев автомобилей;

- повышенным износом дорожного покрытия на участках торможения перед регулируемыи перекрестками.

Для экономических обоснований мероприятий по ОДД можно воспользоваться методикой приближенных расчетов по основным составляющим, разработанной во ВНИИБД. По этой методике ДТП разделяют на следующие виды в зависимости от структуры потерь: с повреждением автомобилей, с ранением, с гибелью людей. Внутри каждой из этих трех групп также предусмотрена градация, определяемая структурой потерь.

На основе обобщения исследований материальных потерь от ДТП ВНИИБД предложена следующая формула для определения показателя опасности элемента улично-дорожной сети:

$$S_{\text{оп}} = \frac{p_1 n_1 + p_2 n_2 + p_3 n_3 + p_4 n_4 + p_5 n_5}{365 N_{\text{а.с}}},$$

где p_1, p_2, p_3, p_4, p_5 - показатели тяжести ДТП с повреждениями автомобилей, равные соответственно 1; при легком ранении человека – 1,2; при ранении, повлекшем инвалидность, – 28; при гибели взрослого человека – 81; при гибели ребенка – 106;

n_1, n_2, n_3, n_4, n_5 - количество происшествий данной группы по тяжести за год;

$N_{\text{а.с}}$ - интенсивность транспортного потока, тыс. авт./сут.

1.3. Метод оценки сложности пересечения

Существенным недостатком рассмотренного метода выявления опасных мест на улично-дорожной сети является возможность делать выводы только по уже случившимся ДТП, в то время как главной задачей ОДД считается их предупреждение. Многие исследования показали, что происшествия чаще всего происходят в так называемых «конфликтных точках», т. е. в местах, где имеет место взаимодействие 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 можно назвать пересечения дорог (перекрестки), где встречаются и пересекаются потоки

транспортных средств и пешеходов, прибывающих с разных направлений. До 25 % ДТП от общего их количества в нашей стране происходит на пересечениях. В городах и населенных пунктах, где пересечения встречаются особенно часто, доля ДТП на них достигает 40 %.

Для перекрестков характерно разделение потоков по разным направлениям, а также слияние или пересечение траекторий движения (рис. 2). Места улично-дорожной сети, где осуществляется это взаимодействие потоков, называют точками разделения (отклонения), слияния и пересечения, или в целом – конфликтными точками.

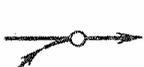
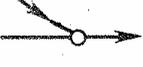
<i>Отклонение</i>	 <i>Вправо</i>	 <i>Влево</i>	 <i>Взаимное</i>	 <i>Множественное</i>
<i>Слияние</i>	 <i>Справа</i>	 <i>Слева</i>	 <i>Взаимное</i>	 <i>Множественное</i>
<i>Пересечение</i>	 <i>Справа</i>	 <i>Слева</i>	 <i>Попутное</i>	 <i>Встречное</i>

Рис. 2. Виды и условные обозначения конфликтных точек

Маневры осуществляются также и на перегонах улиц и дорог при изменении рядов движения и других перестроениях, однако они наиболее характерны именно для узловых пунктов улично-дорожной сети (УДС) (транспортных узлов).

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

Если рассмотреть четырехсторонний перекресток дорог со всеми разрешенными маневрами для однорядных потоков транспортных средств встречного направления (рис. 3), то можно выявить 32 типичные конфликтные точки, в числе которых 16 точек пересечения, 8 отклонений и 8 слияний.

Число конфликтных точек определяется существующими или разрешенными направлениями движения и количеством разрешенных ря-

дов движения транспортных средств. Кроме того, следует отдельно рассматривать также и пересечения траекторий движения транспортных средств и пешеходов.

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

$$m = n_o + 3n_c + 5n_{\Pi},$$

где n_o - количество точек отклонения; n_c - количество точек слияния; n_{Π} - количество точек пересечения.

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

Узел, имеющий 32 конфликтные точки, по этой системе характеризуется величиной $m = 112$ и относится к сложному.

Рассмотрим более детально потенциальную сущность конфликтных точек. Возникновение конфликтной точки при маневре отклонения пояснено на рис. 4. Здесь рассмотрено движение четырех автомобилей (I..IV) в потоке крайней правой полосы (см. рис. 4, а). Автомобили I и IV двигаются с характерной для потока скоростью, что на рис. 4, б характеризуется прямыми I и IV с постоянным наклоном в координатах S–t.

Потенциально опасная зона и условная конфликтная точка возникают между траекторией движения автомобиля II, совершающего правый поворот, и траекторией движения автомобиля III, следующего

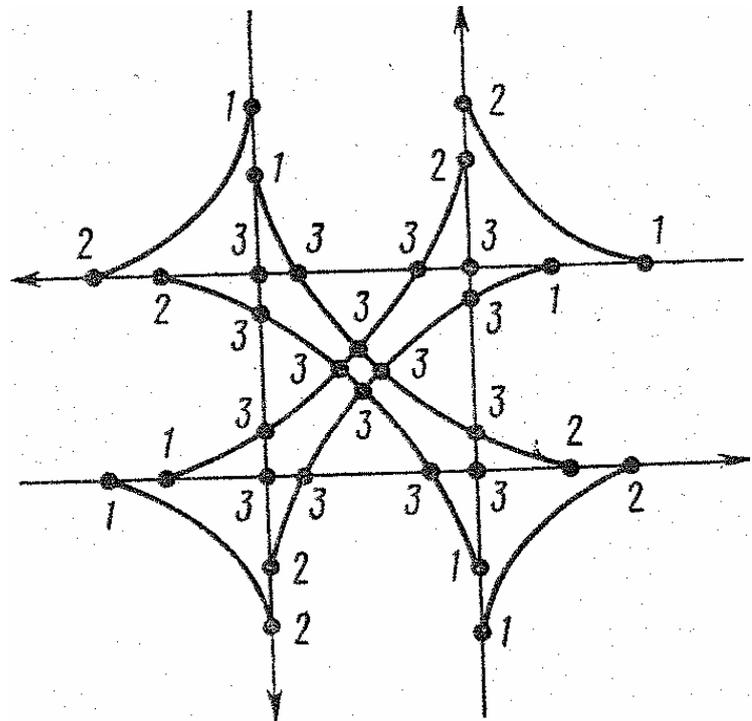


Рис. 3. Конфликтные точки: 1 – отклонения, 2 – слияния, 3 - пересечения

за ним и намеревающемся продолжать движение по прямой. Выполнить поворот водитель автомобиля II может, только снизив скорость, что он и делает, начиная торможение в сечении б-б, и что видно также из рис. 4, б на кривой II. Во избежание попутного столкновения водитель автомобиля III, отреагировав на торможение автомобиля II, притормаживает свой автомобиль, начиная с сечения а-а, задержка которого характеризуется величиной Δt отклонения кривой III. При этом на полосе движения возникает зона помехи и возможного столкновения протяженностью от сечения а-а до сечения в-в, в котором автомобиль II полностью освобождает полосу. Очевидно, что протяженность этой зоны зависит от разности между скоростью потока и скоростью, с которой может осуществить поворот автомобиль II, а также от интенсивности его торможения.

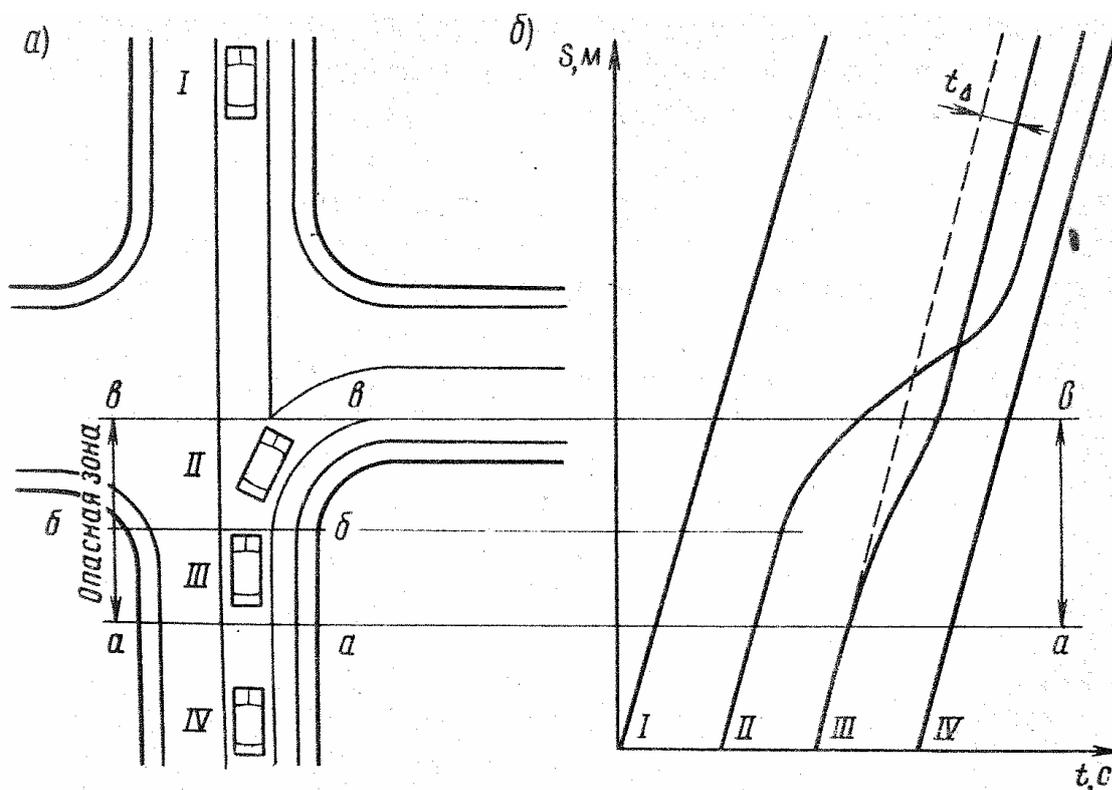


Рис. 4. Схема движения при маневре отклонения

Конфликтная точка отклонения становится особенно опасной, а задержка Δt продолжительной, если автомобиль, совершающий маневр, вынужден предварительно остановиться. Такая ситуация, в частности, особенно часто возникает, когда совершается маневр левого поворота.

Маневр слияния показан на рис. 5. В отличие от маневра отклонения вправо слияние не может быть выполнено в любой момент

времени, так как для этого необходимо, чтобы в потоке, с которым происходит слияние, образовался достаточный разрыв между транспортными средствами. При слиянии автомобиля II с потоком, движущимся в направлении стрелки, образуется зона помех и возможного столкновения (опасная зона), которая имеет начало в сечении $a-a$, удаленном от сечения $b-b$ на расстояние остановочного пути автомобиля IV, и заканчивается в сечении $v-v$, где скорость автомобиля II достигает скорости потока.

Как видно из рис. 5, б, кривая I показывает, что автомобиль двигался на всем протяжении рассматриваемого отрезка с установившейся скоростью, характерной для потока. Автомобиль II (см. рис. 5, б), приближавшийся к месту слияния (сечение $b-b$) с такой же скоростью, снизил ее в зоне поворота на криволинейном участке пути, а также, возможно, в связи с тем, что в момент приближения пересечение было занято автомобилем III. Водитель автомобиля II принял решение влиться в поток между III и IV, который он считал достаточным для безопасного совершения маневра. Однако, как видно из рис. 5, б, водитель автомобиля IV, опасаясь, что автомобиль II будет препятствовать его движению с прежней скоростью, начал несколько притормаживать уже в сечении $a-a$. Его задержка характеризуется отрезком Δt .

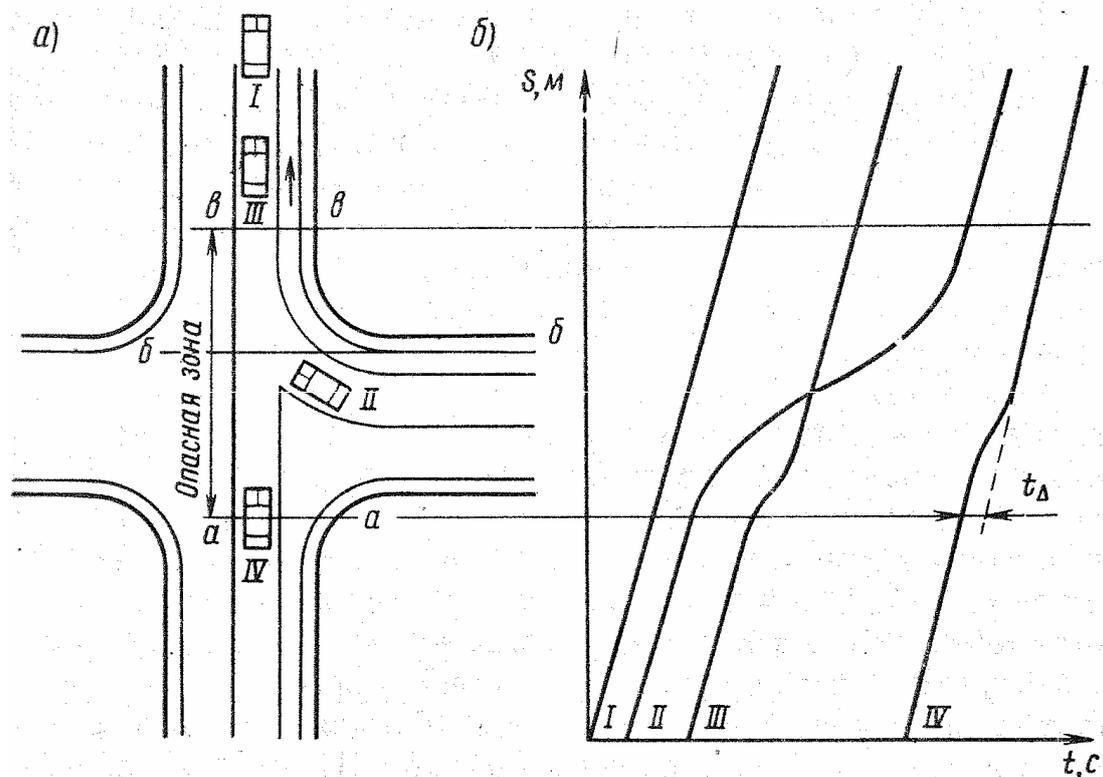


Рис. 5. Схема движения при маневре слияния

Протяженность опасной зоны зависит от величины снижения автомобилем II скорости в процессе выполнения маневра, быстроты его разгона после поворота, а также от скорости и тормозных качеств автомобиля IV.

При сравнении ситуаций на рис. 4 и 5 видно, что протяженность опасной зоны в случае маневра слияния существенно больше, чем в случае отклонения (при одинаковых динамических качествах транспортных средств). Заметим также, что возможное столкновение автомобилей IV и II может произойти не только в сечении $\bar{b}-\bar{b}$, но и на всем протяжении участка $\bar{b}-\bar{в}$. Кроме того, при плотном потоке транспортных средств, движущихся в направлении стрелки, водителю автомобиля II необходимо будет не только снизить скорость, но и остановиться, ожидая достаточного разрыва. Приемлемым интервалом при вливании в транспортный поток на малой скорости и движении на повороте для легковых автомобилей является временной интервал в потоке более 6 с.

Таким образом, взаимодействие транспортных средств на дорогах – сложное явление, и упрощенные оценки соответствующих конфликтных точек дают возможность лишь приблизительно представить себе сложность того или иного транспортного узла.

Потенциальная опасность столкновений транспортных средств при маневрах пропорциональна интенсивности движения взаимодействующих транспортных потоков. Для учета этого можно ввести в определение показателя сложности m данные, характеризующие интенсивность взаимодействующих потоков I и II в каждой конфликтной точке.

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

$$\delta_N = 0,01(N_{ai} + N_{ak}),$$

где N_{ai}, N_{ak} – интенсивности взаимодействующих в данной точке потоков.

Для транспортного узла в целом показатель сложности с учетом индекса интенсивности будет равен произведению показателя сложности каждой конфликтной точки на количество конфликтных точек.

Сравнивая для примера два простых пересечения (рис. 6), получаем следующие показатели: для схемы «а» $5 \cdot 4 \cdot 0,01 (100 + 100) 4 = 160$; для схемы «б» $5 \cdot 4 \cdot 0,01 (200 + 100) 4 = 240$.

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

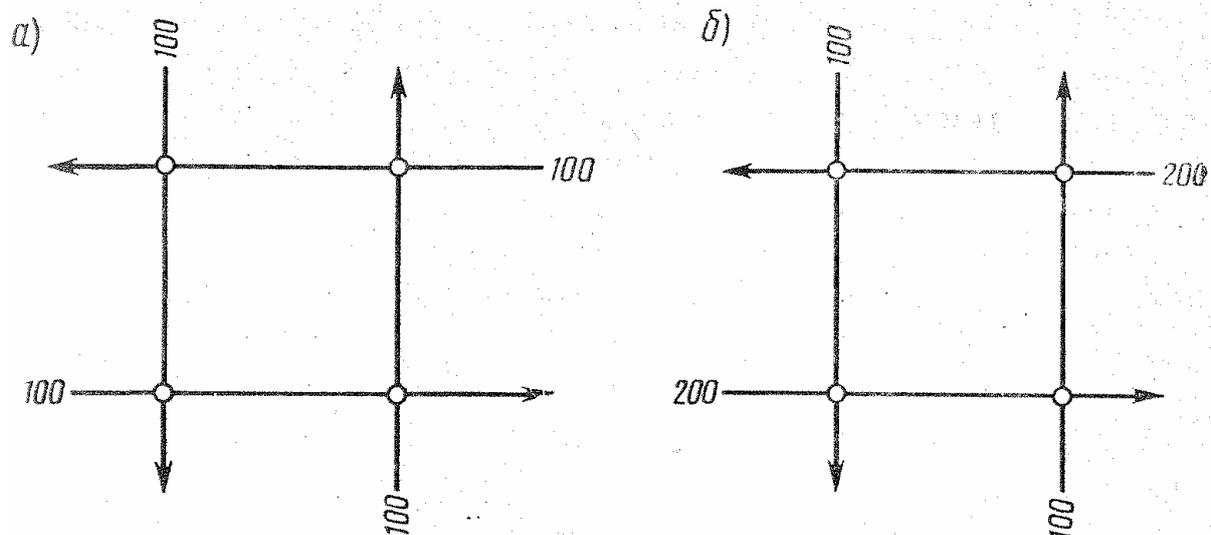


Рис. 6. Конфликтные точки при различной интенсивности транспортных потоков (цифры означают интенсивность потока, авт./ч)

При определении степени опасности точек пересечения нужно учитывать угол пересечения траекторий, полагая, что чем больше угол, тем выше потенциальная опасность столкновения.

В табл. 3 приводятся коэффициенты, применяемые в так называемой десятибалльной системе оценки конфликтных точек. Она дает возможность более детально анализировать конфликтные точки на любом участке улично-дорожной сети и, в частности, учитывает специфический случай встречного движения на одной полосе. Отметим, что, пользуясь этой системой, уже нельзя использовать классификацию по сложности, приведенную выше для пятибалльной системы.

Таблица 3. Значения коэффициентов опасности в десятибалльной системе

Конфликтные точки	Коэффициенты опасности	Конфликтные точки	Коэффициенты опасности
Отклонение	1	90°	6
Слияние	2	120°	7
Пересечение под углом:		150°	9
	30°	Встречное движение	10
	60°	По одной полосе	

Для промежуточных значений углов пересечения значения коэффициентов опасности можно определять, пользуясь интерполяцией.

Показатель сложности (опасности) пересечений не учитывает многие эксплуатационные факторы, зависящие от местных условий, к которым относятся профиль дороги, тип и состояние покрытия, условия видимости, фактические скорости движения транспортных средств. До сих пор также не разработана система оценки конфликтных точек между транспортными и пешеходными потоками, хотя они и требуют самого пристального внимания организаторов дорожного движения.

Е.М. Лобанов на основе данных отечественной статистики ДТП на пересечениях в одном уровне предложил формулу для определения вероятностного количества происшествий в конфликтных точках при разных углах между направлениями потоков и разных радиусах поворота автомобилей во время проезда пересечения. Количество дорожно-транспортных происшествий в конфликтной точке на 10 млн прошедших автомобилей

$$q_i = K_i M_i N_i \frac{25}{K_\Gamma} 10^{-7},$$

где K_i – относительная аварийность в данной конфликтной точке; M_i и N_i – интенсивность движения пересекающихся в данной конфликтной точке потоков, авт./сут.; K_Γ – коэффициент годовой неравномерности движения по месяцам (учитывается, если определяется количество происшествий в определенный месяц года, например в период интенсивных перевозок, или, если интенсивность движения устанавливалась при обследованиях дороги в один из месяцев года). Коэффициент 25 введен в формулу для учета среднего количества рабочих дней в месяце, в течение которых загрузка дорог резко превышает загрузку в нерабочие дни. Для вновь проектируемых дорог отношение $\frac{25}{K_\Gamma}$ принимают равным 365.

Значения коэффициентов K_i для наиболее характерных случаев приведены в табл. 4. Подробные таблицы коэффициентов K_i и K_Γ даны в нормативной и справочной литературе.

Степень опасности каждого варианта оценивают *показателем безопасности движения* K_a , характеризующим количество дорожно-

транспортных происшествий на 10 млн автомобилей, прошедших через пересечение:

$$K_a = \frac{\sum q_i 10^7 K_{\Gamma}}{25(M_{\Gamma} + N_{\Gamma})} = \frac{\sum K_i M_i N_i}{M_{\Gamma} + N_{\Gamma}},$$

где M_{Γ} и N_{Γ} — интенсивности движения по второстепенной и главной дорогам, авт./сут.

При известном значении часовой интенсивности $N_{a/ч}$ суточную и годовую интенсивность движения можно определить исходя из коэффициентов неравномерности движения $K_{н.сут.}$, $K_{н.г}$

$$K_{н.сут.} = \frac{24N_{a/ч}}{N_{a/сут.}}; K_{н.г} = \frac{365N_{a/сут.}}{N_{a/г.}}$$

В расчетах взять $K_{н.г} = 0,8 K_{н.сут.}$

Таблица 4. Значения коэффициентов K_i

Условия движения	Направление движения автомобилей	Характеристика пересечения	Значения K_i для пересечений	
			необорудованных	канализированных
Слияние потоков	Правый поворот	$R < 15м$	0,025	0,0200
		$R < 15м$	0,0040	0,0020
	Левый поворот	$R < 10м$	0,0320	0,0020
		$10 < R < 25м$	0,0025	0,0017
Пересечение потоков	Пересечение	$\alpha = 30^\circ$	0,0080	0,0040
		$50^\circ < \alpha < 75^\circ$	0,0036	0,0018
		$90^\circ < \alpha < 120^\circ$	0,0120	0,0060
		$150^\circ < \alpha < 180^\circ$	0,0350	0,0175
Разделение потоков	Правый поворот	$R < 15м$	0,0200	0,0200
		$R < 15м$	0,0060	0,0060
	Левый поворот	$R < 10м$	0,0300	0,0300
		$10 < R < 25м$	0,0040	0,0025
Два поворачивающих потока	Разделение потока на два направления Пересечение левоповоротных потоков. Слияние поворачивающих потоков	-	0,0015	0,0010
		-	0,0020	0,0005
		-	0,0025	0,0012

В зависимости от значения K_a пересечения по степени опасности делят на следующие категории:

Пересечения	Неопасные	Малоопасные	Опасные	Очень опасные
K_a	<3	3,1–8	8,1–12	>12

Считается, что на вновь проектируемых пересечениях степень опасности не должна превышать восьми.

Заслуживает внимания и практического использования методика оценки сложности пересечения по количеству потенциально возможных конфликтов в течение часа. При такой оценке суммируются данные по конфликтным ситуациям для всех точек, независимо от типа. Так, для пересечения, показанного на рис. 7, общее число потенциально возможных конфликтных ситуаций подсчитывается исходя из наименьшей интенсивности двух конфликтующих потоков следующим образом: точка I–100 конфликтных ситуаций; II - 50; III -50; IV - 200; V - 50.

Сумма для данного пересечения составляет 450 возможных конфликтных ситуаций в час.

На основе анализа современных тенденций исследований дорожного движения можно утверждать, что дальнейший прогресс в этих методах обеспечит возможность полностью перейти от выявления опасных (конфликтных) точек по факту совершения ДТП к методам выявления и ликвидации мест возникновения конфликтных ситуаций.

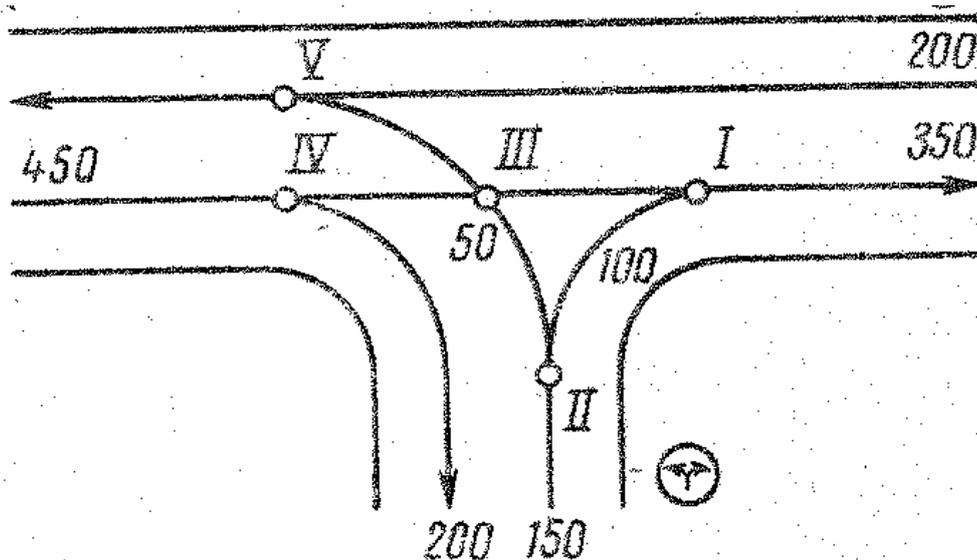


Рис. 7. Схема для подсчета числа конфликтных ситуаций (цифры означают интенсивность потока, авт./ч)

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДОРОГИ

2.1. Основные положения

Одно из основных требований к дороге - обеспечить безопасность движения с расчетной скоростью одиночных автомобилей. Фактически по дорогам происходит одновременное движение большого числа автомобилей, которые образуют на дороге транспортные потоки, движущиеся попутно и навстречу друг другу. В каждом транспортном потоке осуществляется взаимодействие автомобилей. Между автомобилями устанавливаются интервалы, размер которых зависит от скорости движения и индивидуальных особенностей водителей. Различие в оценке оптимальных условий движения разными водителями приводит к возникновению в транспортном потоке внутренних помех. Поэтому все проектные решения, принимаемые на основе нормативов, разработанных применительно к движению одиночного автомобиля, должны анализироваться с точки зрения удовлетворения ими требований движения транспортных потоков.

Условия движения по дороге существенно меняются с увеличением интенсивности движения. На степень удобства проезда по дороге, легкость управления автомобилем, эффективность использования автомобильного транспорта и расход топлива непосредственное влияние оказывает загрузка дороги движением. В зависимости от степени загрузки дороги автомобилями различают несколько характерных режимов транспортных потоков, связывая с ними понятие об уровнях удобства движения:

свободный поток (уровень удобства движения А) — одиночные автомобили, едущие на таком расстоянии друг за другом, что они не оказывают взаимного влияния на условия движения;

частично связанный поток (уровень удобства движения Б) — движение происходит в виде групп, состоящих из нескольких автомобилей, которые различаются по динамическим качествам и следуют на близком расстоянии друг за другом. Обычно это вызывается тем, что передний автомобиль, движущийся более медленно, задерживает ТС, движущееся за ним. Средняя скорость потока снижается;

связанный поток (уровень удобства движения В) — движение происходит в виде больших групп автомобилей. Все автомобили ока-

зывают взаимное влияние и сразу после обгона одиночного автомобиля или группы скорость автомобиля начинает вновь определяться движением едущего перед ним автомобиля;

плотный, или насыщенный, поток (уровень удобства движения Γ) — автомобили следуют друг за другом. Обгоны становятся практически невозможными. Скорость движения резко снижается.

Транспортные потоки характеризуются интенсивностью, средней скоростью, которая зависит от условий движения, состава транспортного потока и плотности.

Средняя скорость движения. Стремление максимально использовать скоростные качества автомобиля естественно. Производительность автотранспорта находится в прямой зависимости от скорости движения. Создание условий, при которых все автотранспортные средства страны могли бы двигаться с более высокой скоростью, давало бы значительное улучшение показателей, характеризующих экономию материальных и трудовых ресурсов. Так, увеличение средней скорости движения грузовых автомобилей, равной 21,1 км/ч, на 3 ... 4 км/ч равносильно увеличению парка грузовиков в стране на 250 ... 300 тыс. единиц.

2.2. Определение максимальной скорости по условиям буксования ведущих колес

Увеличение скорости приводит к снижению значения коэффициента сцепления ϕ и увеличению коэффициента сопротивления качению колес f , тем самым сужая диапазон изменения управляемых водителем реакций и создавая предпосылки к пробуксовке, продольному и боковому скольжению колес автомобиля.

Для предупреждения наезда на перекрестке, столкновения, заноса, опрокидывания и тому подобное водитель чаще всего вынужден снижать скорость вплоть до остановки или изменять направление движения автомобиля. Выполнение этих маневров потребует тем большего времени и протяженности пути, чем выше исходная скорость автомобиля. Таким образом, естественному стремлению водителей двигаться с возможно более высокой скоростью противостоит опасность совершения ДТП. Водитель лишается возможности контролировать движение автомобиля и управлять им, если не сумеет или не пожела-

ет двигаться со скоростью, при которой он будет располагать необходимым временем для оценки дорожной обстановки, принятия и реализации предупреждающего опасные последствия решения.

Технической причиной ДТП может быть плохая устойчивость автомобиля, проявляющаяся в произвольном изменении направления движения, скольжении шин по дороге и опрокидывании. Потеря устойчивости наиболее вероятна на участках дороги со скользким и неровным покрытием и крутыми подъемами. Если тяговая сила станет примерно равной силе сцепления, то даже небольшая поперечная сила может вызвать боковое скольжение ведущих колес на дороге.

При прямолинейном движении автомобиля показателем устойчивости является критическая скорость по условиям буксования ведущих колес $V_{\text{букс}}$. Так, при движении по горизонтальной дороге автомобиля с задним ведущим мостом (принимается для четных вариантов заданий):

$$V_{\text{букс}} = \sqrt{\frac{G_a [\alpha(\varphi + f) - fL]}{[L - (\varphi - f)h_{\text{ц}}] W_B}},$$

для автомобиля с передним ведущим мостом (для нечетных вариантов заданий)

$$V'_{\text{букс}} = \sqrt{\frac{G_a [b(\varphi + f) - fL]}{[L - (\varphi - f)h_{\text{ц}}] W_B}},$$

где G_a – сила веса автомобиля, Н; a – расстояние от центра тяжести до переднего моста, м; b – расстояние от центра тяжести до заднего моста, м; L – база автомобиля, м; W_B – фактор обтекаемости $\text{Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^2$, равный произведению коэффициента сопротивления воздуха на лобовую площадь автомобиля $S, \text{м}^2$. Значения L, a, b принять равными: $L = l_a - 0,5 - 1$; $a = b = L / 2$.

2.3. Оценка тормозных качеств автомобиля

Увеличение скорости влечет за собой рост тормозного пути, центробежной силы в квадратической зависимости, ухудшение устойчивости и управляемости автомобиля, ограничение всех видов его информативности. При большей скорости возрастает степень опасности при взаимодействии водителя с другими участниками движения

(при обгоне, встречном разъезде, в плотных транспортных потоках, ночью и т.п.).

Средняя скорость автомобиля, отражающая совокупность его динамических свойств, в большей степени зависит от возможности быстро остановить автомобиль. Надежные и эффективные тормоза позволяют водителю уверенно вести автомобиль с большой скоростью и вместе с тем обеспечивают необходимую безопасность движения (БД). Эффективность торможения зависит от конструкции и состояния тормозных устройств, шин, типа и состояния дорожного покрытия, величины нагрузки и др.

Различают служебное и экстренное торможение.

Служебное – торможение для снижения скорости или остановки в заранее выбранном водителем месте.

Экстренное торможение – производится с целью остановки автомобиля на минимальном расстоянии для предотвращения наезда. Это торможение характеризуется остановочным и тормозным путями.

При торможении кинетическая энергия вращающихся масс транспортного средства (ТС) и его поступательно движущихся масс преобразовывается в работу торможения, переходящую в тепловую энергию:

$$E = A_T \cdot S_T; A_T = P_T \cdot S_T; P_T = G_a \cdot \varphi; E = \frac{G_a \cdot V_a^2}{2 \cdot g},$$

где E - кинетическая энергия ТС; A_T - работа торможения; P_T - тормозная сила; S_T - путь торможения, м; G_a - вес автомобиля, кг; φ - коэффициент сцепления шин с дорогой; V_a - скорость автомобиля, м/с. Заменив E и A_T их эквивалентами, получим:

$$\frac{G_a \cdot V_a^2}{2 \cdot g} = G_a \cdot \varphi \cdot S. \text{ Отсюда } S_T^1 = \frac{V_a^2}{2 \cdot g \cdot \varphi}.$$

Данная формула применима для горизонтального участка дороги. При уклоне имеем

$$S_T^{11} = \frac{V_a^2}{2 \cdot g (\varphi \pm i)},$$

где i - уклон дороги.

Однако полученные формулы неточны, так как не учитывают массу транспортного средства и конструктивные свойства тормозов. По-

этому вводят $K_э$ – коэффициент эффективности торможения (табл. 5), а также коэффициент сопротивления качению, величина которого зависит от типа и состояния дорожного покрытия и принимается от 0,014 для асфальтобетонного покрытия в отличном состоянии до 0,045 для булыжного покрытия.

Окончательно величина тормозного пути $S_t = \frac{V_a^2 \cdot K_э}{2 \cdot g (\varphi \pm i + f)}$.

Таблица 5. Значения коэффициентов эффективности торможения

Автомобили	Без нагрузки	С нагрузкой
Легковые	1 – 1,12	1,1 – 1,15
Грузовые G_a до 10 т и автобусы L до 7 м	1,1 – 1,3	1,2 – 1,5
Грузовые $G_a > 10$ т и автобусы, $L > 7$ м	1,2 – 1,4	1,4 – 1,6

Для практической оценки возможности остановки автомобиля, например с целью предотвращения ДТП, более приемлема величина остановочного пути – пути, который проходит автомобиль с начала обнаружения препятствия до остановки ТС.

Величина остановочного пути, кроме пути торможения, включает пути за время реакции водителя t_p , срабатывания тормозного привода t_{cp} , нарастания давления в тормозной системе t_H (рис. 8). Приняв, что за время t_p , t_{cp} , $0,5t_H$ автомобиль продолжает двигаться со скоростью V_a , получаем величину S_o :

$$S_o = (t_p + t_{cp} + 0,5 \cdot t_H) V_a + \frac{V_a^2 \cdot K_э}{2 \cdot g (\varphi \pm i + f)}$$

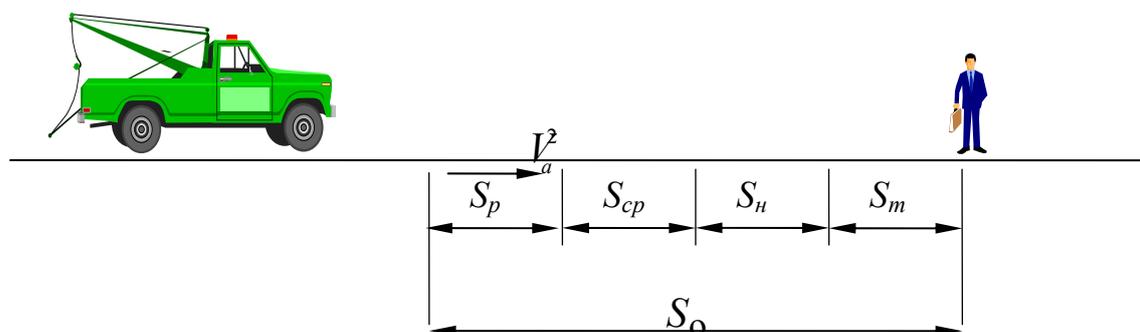


Рис. 8. Схема для определения остановочного пути

2.4. Оценка показателей устойчивости автомобиля

Под устойчивостью автомобиля понимают его способность противостоять заносу и опрокидыванию. В зависимости от направления скольжения различают продольную и поперечную устойчивость.

Более вероятно нарушение поперечной устойчивости, возникающее вследствие действия боковых сил (центробежной силы, бокового ветра, ударов о неровности дороги).

Рассмотрим действие сил при движении автомобиля на повороте радиусом R_{Π} . Опрокидывание автомобиля может произойти относительно центра опрокидывания O под действием опрокидывающего момента от центробежной силы P_{Π} на плече h_{Π} (рис. 9). Препятствует опрокидыванию момент от силы веса автомобиля на плече $B/2$. В положении неустойчивого равновесия указанные моменты равны

$$P_{\Pi} \cdot h_{\Pi} = G_a \frac{B}{2},$$

где h_{Π} - высота центра масс автомобиля; B - колея автомобиля.

Положение неустойчивого равновесия $P_{\Pi} \cdot h_{\Pi} = G_a \frac{B}{2}; P_{\Pi} = \frac{G_a \cdot V_a^2}{g \cdot R_{\Pi}}$.

Подставив вместо P_{Π} его значение, легко определим значение критической (максимальной) скорости опрокидывания.

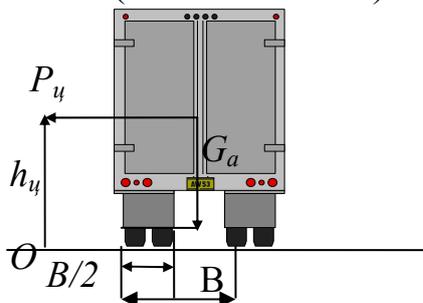


Рис. 9. Схема действия сил на повороте радиусом R_{Π}

Однако следует помнить, что под действием центробежной силы вследствие деформации подвески центр масс автомобиля сместится, поэтому плечо действия силы веса автомобиля будет меньше, чем $B/2$. Это учитывается введением коэффициента деформации, $K_{\text{д}} = 0,9 \div 0,95$.

Под действием центробежной силы, кроме опрокидывания, может произойти занос. Препятствует заносу сила сцепления колес с дорогой. Поэтому аналогично предыдущему расчету необходимо определить величину критической скорости заноса, составив уравнение равенства сил в положении неустойчивого равновесия.

Из полученных двух значений взять меньшее, допустимую скорость на повороте принять $0,9 - 0,95$ от критической.

2.5. Оценка характеристик транспортного потока

Пропускная способность дороги - это количество автомобилей, которое может пройти по дороге за определенный отрезок времени. Пропускная способность зависит от скорости движения и степени организации движения.

Различают следующие виды пропускной способности:

максимальную теоретическую пропускную способность, определяют по условию обеспечения безопасности движения с применением формул динамической задачи теории движения транспортных потоков для движения колонны однотипных автомобилей в благоприятных дорожных условиях;

практическую типичную пропускную способность – наибольшее число автомобилей, которое может быть пропущено участком дороги при фактически складывающихся на ней режимах движения транспортных потоков в благоприятных погодных условиях. В СНиП 2.05.02-85 пропускная способность приводится для средних дорожных условий применительно к смешанному транспортному потоку в различных условиях рельефа и выражается числом автомобилей, приведенным к легковым.

Для определения максимальной пропускной способности воспользуемся упрощенной динамической задачей теории транспортных потоков. Рассмотрим пропускную способность полосы движения, по которой следует с соблюдением постоянных расстояний между однотипными автомобилями транспортный поток. Расстояние между движущимися автомобилями принимается исходя из того, что, если движущийся перед вами автомобиль мгновенно остановится (что можно себе представить как падение из кузова грузового автомобиля, едущего перед вами, какого-либо предмета), то у вас будет возможность остановить свой автомобиль, то есть равным величине динамического габарита

$$L_d = S_0 + l_a + S_3,$$

где l_a и S_3 - длина автомобиля и величина запаса $S_3 = 2-5$ м.

Так как случай мгновенной остановки впереди идущего автомобиля в практике встречается крайне редко, то часто в расчетах берут уменьшенное значение динамического габарита $L_{ду}$, принимая вместо S_0 , $S_0/2$. При этом предполагается, что при обнаружении опасности во-

датель впереди идущего автомобиля нажимает на педаль тормоза, сразу загорается стоп-сигнал. Водитель другого автомобиля, увидев сигнал, также включает тормоз, и они тормозят одновременно, избегая попутного столкновения.

Для определения максимальной пропускной способности необходимо определить время, через которое автомобили будут проходить один за другим через сечение дороги $t_{\text{пр}}$, и, разделив час на найденное время $t_{\text{пр}}$, получим искомую пропускную способность N_{max} , авт./ч.

Средняя скорость потока определяется по формуле

$$v = v_0 - \alpha N,$$

где v_0 — скорость движения одиночного автомобиля при отсутствии помех (в расчете принимается как максимальная допустимая скорость движения); N — интенсивность движения по дороге в одном направлении, авт./ч; α — коэффициент снижения скорости, который зависит от состава транспортного потока. При 20 % легковых автомобилей $\alpha = 0,016$, при 50 % - 0,012 и при 80 % - 0,008. При расчетах данные о составе потока взять из исследований показателей дорожного движения транспортного узла (разд. 1.1).

Плотность транспортного потока — количество автомобилей, приходящееся на единицу длины однородного по транспортным характеристикам участка дороги, обычно протяженностью 1 км:

$$q = \frac{N}{v}, \text{ авт./км,}$$

где N — интенсивность движения, авт./ч; v — скорость движения, км/ч.

Практические значения пропускной способности для типичных дорожных условий (ровная, слегка увлажненная шероховатая поверхность с коэффициентом сцепления 0,6 при обеспечении видимости) в зависимости от категории дороги приведены в табл. 6.

На практике дорожные условия не всегда соответствуют типичным. Ввиду этого изменяется и пропускная способность. Учесть дорожные условия на конкретном участке позволяет способ, предложенный профессором В.В. Сильяновым. Способ основан на использовании полученных по данным наблюдений коэффициентов, отражающих влияние дорожных условий на изменение пропускной способности по сравнению с типичными.

Таблица 6. Практические значения пропускной способности одной полосы

Категория дороги	Средняя практическая пропускная способность одной полосы движения при рельефе, авт./ч		
	равнинном	пересеченном	горном
II	1200	1100	1000
III	1000	900	800
IV	850	800	650
V	650	550	400

Пропускная способность участков, выражаемая в приведенном количестве легковых автомобилей:

$$N_y = N_{\text{пр}} \beta_1 \beta_2 \dots \beta_{13},$$

где $N_{\text{пр}}$ - максимальная практическая пропускная способность;

$\beta_1 - \beta_{13}$ - частные коэффициенты снижения пропускной способности (табл. 7).

Таблица 7. Значения частных коэффициентов β

Ширина полосы движения, м β_1	3,75 1	3,5 0,96	3,0 0,85
Расстояние от кромки дороги до препятствия, м β_2	2 1	1 0,9	0,5 0,83
К-во автопоездов в составе трансп. потока, % β_3	10 0,93	20 0,87	30 0,81
Продольный уклон, % β_4	2 0,92	4 0,87	6 0,81
Расстояние видимости, м β_5	Менее 100 0,73	150 – 200 0,90	200 – 350 0,98
Снижение скорости в зоне действия знаков и в населенных пунктах, км/ч β_7 и β_{13}	60 1,0	50 0,98	30 0,88
Тип покрытия обочин β_9	Щебень 0,99	Засев 0,95	Неукрепл. 0,9

Окончание табл. 7

Тип покрытия	Усовершенствованное		Асфальтобетон
β_{10}	1,0		0,91
Участки около автобусных остановок	В стороне от дороги		Без отделения от ПЧ
β_{11}	1,0		0,7
Наличие разметки	Осевая	Разделительная полоса	Отсутствует
β_{12}	1,02	1,4	0,8

Типичная пропускная способность полосы движения характеризует интенсивность движения при частично связанном режиме транспортного потока с некоторым снижением скорости по сравнению со скоростью одиночных транспортных средств.

В зависимости от интенсивности движения по дороге изменяется количество взаимных помех и режимы движения автомобилей. Чем меньшая предусматривается интенсивность по одной полосе проезжей части дороги при проектировании, тем большие удобства будут обеспечены для участников движения.

Загрузку автомобилями полос движения характеризуют коэффициентом загрузки z , который представляет собой отношение фактической интенсивности движения к практической типичной пропускной способности полосы движения. Различают четыре характерных состояния транспортного потока (табл. 8).

Таблица 8. Характеристика состояний транспортного потока

Уровень удобства движения	Интенсивность движения на полосе, авт./ч	Состояние транспортного потока	Коэффициент загрузки z	Скорость потока по отношению к скорости одиночного автомобиля	Условия работы водителя
А	360	Свободный	Менее 0,2	0,9-1,0	Легкие
Б	900	Частично связанный	0,2-0,45	0,7-0,9	Нормальные
В	1200	Связанный	0,45-0,7	0,55-0,7	Затрудненные
Г	1600	Насыщенный	0,7-1,0	0,4-0,55	Напряженные

Расчетный коэффициент загрузки дороги при сдаче в эксплуатацию не должен превышать 0,45 - 0,55 от ее практической пропускной способности, чтобы к моменту окончания расчетного срока эксплуатации и возникновения потребности в реконструкции дороги он не превышал 0,65 — 0,75. Тем самым создается резерв пропускной способности на случай интенсификации перевозок, а также сезонных и суточных пиков интенсивности движения. Соответственно коэффициенту загрузки назначают число полос движения на проезжей части.

При назначении числа полос пользуются формулой

$$n = \frac{N\varepsilon}{zN_{\text{пр}}},$$

где N — интенсивность движения, приведенная к легковым автомобилям; ε — коэффициент сезонной неравномерности движения (для осени $\varepsilon = 0,75 \dots 0,8$); z — коэффициент загрузки, соответствующий необходимому для данной дороги уровню удобства; $N_{\text{пр}}$ — типичная (практическая) пропускная способность полосы.

После расчета характеристик транспортного потока для заданных условий построить график изменения пропускной способности дороги от скорости автомобилей при скоростях от 10 до 90 км/ч. с шагом 20 км/ч. На этом же графике построить кривые изменения средней скорости от интенсивности движения для интенсивности 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4 от N_{max} . Определить для точки пересечения линий на графике значение скорости и интенсивности движения (типичная пропускная способность $N_{\text{пр}}$), здесь же показать кривые изменения плотности ТП от скорости. Результаты проведенных расчетов представить в табл. 9, 10.

Таблица 9. Показатели при расчете пропускной способности дороги

V_a , км/ч	S_T , м	S_0 , м	L_d , м	$L_{ду}$, м	$t_{\text{пр}}$, ч	$t_{\text{пр}}$, ч	N_{max} , авт./ч	N_{max} , авт./ч
10								
30								
50								
70								
90								

Таблица 10. Показатели при расчете средней скорости и плотности потока N_{\max}

Плотность	N_{\max} , авт./ч				
	$V_{\text{ср}}$, км/ч	$V_{\text{ср}}$, км/ч	V_a , км/ч	q , авт/км	q , авт/км
0,4 N_{\max}			10		
0,6 N_{\max}			30		
0,8 N_{\max}			50		
1 N_{\max}			70		
1,2 N_{\max}			90		
1,4 N_{\max}					

3. ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПО ЛИНЕЙНЫМ ГРАФИКАМ КОЭФФИЦИЕНТОВ АВАРИЙНОСТИ

3.1. Частные и итоговый коэффициенты аварийности

Одним из наиболее эффективных методов анализа характеристик дорог является оценка безопасности движения по линейным графикам коэффициентов аварийности.

При анализе отдельных характеристик плана и профиля дороги коэффициенты аварийности по их относительному влиянию на количество дорожных происшествий могут быть использованы для быстрого решения задач, связанных с повышением безопасности движения на дороге:

- выявления на проектируемых или подлежащих реконструкции дорогах участков, на которых сочетанием элементов плана, профиля или придорожной ситуации создаются условия для повышенной опасности возникновения дорожных происшествий;

- сравнительной оценки параллельных дорог и их отдельных участков в отношении безопасности движения;

- оценки сравнительной эффективности мероприятий по устранению повышенной опасности дорожных происшествий на отдельных участках;

- определения предельной интенсивности движения, не связанной с повышенной опасностью ДТП.

Относительная вероятность дорожных происшествий на каждом из участков может быть оценена итоговым коэффициентом аварийности, вычисляемым как произведение частных коэффициентов, характеризующих ухудшение условий движения, вызываемых влиянием отдельных элементов плана, продольного и поперечного профилей и придорожной полосы, по сравнению с условиями движения по двухполосной дороге, имеющей ширину проезжей части 7,5 м с укрепленными обочинами и шероховатым покрытием:

$$K_{ит} = K_1 K_2 K_3 \dots K_n.$$

Входящие в эту формулу частные коэффициенты от K_1 до K_n учитывают влияние интенсивности движения и элементов плана и профиля дороги.

Установленный в настоящее время перечень коэффициентов не является исчерпывающим, а их величины окончательными.

Наименование коэффициентов: K_i

K_1 - коэффициент, учитывающий интенсивность движения, авт./сут.;

K_2 - коэффициент, учитывающий ширину проезжей части, м;

K_3 - коэффициент, учитывающий ширину укрепленных и неукрепленных обочин, м;

K_4 - коэффициент, учитывающий продольный уклон, %;

K_5 - коэффициент, учитывающий радиус кривых в плане, м;

K_6 - коэффициент, учитывающий видимость дороги в плане и продольном профиле, м;

K_7 - коэффициент, учитывающий различие в ширине проезжей части мостов и дороги;

K_8 - коэффициент, учитывающий длину прямых участков, км;

K_9 - коэффициент, учитывающий тип пересечения с пересекающей дорогой;

K_{10} - коэффициент, учитывающий пересечение в одном уровне с второстепенными дорогами при интенсивности движения по основной дороге, авт./сут.;

K_{11} - коэффициент, учитывающий видимость пересечения в одном уровне с примыкающей дороги, м;

K_{12} - коэффициент, учитывающий число полос движения на проезжей части;

K_{13} - коэффициент, учитывающий расстояние от застройки до проезжей части, м;

K_{14} - коэффициент, учитывающий длину населенного пункта, км;

K_{15} - коэффициент, учитывающий длину участков на подходах к населенным пунктам, км;

K_{16} - коэффициент, учитывающий характеристику покрытий;

K_{17} - коэффициент, учитывающий ширину разделительной полосы, м.

По данным частных коэффициентов аварийности, представленных в табл. 11 и указанных в исходных данных дорожных условий, студент должен рассчитать итоговый коэффициент на разных участках дороги и внести предложения по совершенствованию условий движения.

Таблица 11. Значения коэффициентов аварийности

Интенсивность движения, авт./сут.		500	1000	2000	3000	5000	6000	7000	9000	11000	13000	15000	20000
K_1		0,4	0,5	0,6	0,75	1,0	1,15	1,3	1,7	1,8	1,5	1,0	0,6
Ширина проезжей части при укрепленных обочинах, м													
		4,5		5,5		6,0		7,5		9,0		10,5	
K_2		2,2		1,5		1,35		1,0		0,8		0,7	
при неукрепленных обочинах, м													
K_2		4,0		2,75		2,5		1,5		1,0		0,9	
Ширина обочины, м													
		0,5		1,0		1,5		2,0		2,5		3,0	
K_3		2,2		1,7		1,4		1,2		1,1		1,0	
Продольный уклон, %													
			20		30		50		70		80		
K_4			1,0		1,25		2,5		2,8		3,0		
Радиус кривых в плане, м													
		50	100	150	200	-300	400 - 600	600 - 1000	1000 - 2000	св. 2000			
K_5		10	5,4	4,0	2,25		1,6	1,4	1,25	1,0			
Видимость, м, в плане и в продольном профиле													
		50	100	150	200		250	350	400	500			
K_6		3,6	3,0	2,7	2,25		2,0	1,45	1,2	1,0			
K_6		5,0	4,0	3,4	2,5		2,4	2,0	1,4	1,0			

Продолжение табл. 11

Интенсивность движения, авт./сут.						
	500	1000	2000	3000	5000	6000 7000 9000 11000 13000 15000 20000
Различие в ширине проезжей части мостов и дороги						
	Меньше на 1 м	Равны	Шире на 1 м	Шире на 2 м		
K_7	6,0	3,0	2,0	1,5		
Длина прямых участков, км						
	3	5	10	15	20	25
K_8	1,0	1,1	1,4	1,6	1,9	2,0
Тип пересечения с пересекающей дорогой						
В разных уровнях	Кольцевое		В одном уровне при интенсивности на пересекаемой дороге, % от суммарной:			
			До 10	10 - 20	Свыше 20	
K_9	0,35	0,70	1,5	3,0	4,0	
Пересечения в одном уровне с второстепенными дорогами при интенсивности движения по основной дороге, авт./сут.						
	1600	1600 - 5000	3500 - 5000		Свыше 5000	
K_{10}	1,5	2	3		4	
Видимость пересечения в одном уровне с примыкающей дорогой, м						
	60	60 - 40	40 - 30	30 - 20	До 20	
K_{11}	1,0	1,1	1,65	2,5	10,0	
Число полос движения на проезжей части						
	2 - 3	3	4	4	4	
	Без разметки	С разметкой	Без разделительной полосы	С разделительной полосой	С пересечениями в разных уровнях	
K_{12}	1,0	1,5	0,9	0,8	0,35	
Расстояние от застройки до проезжей части, м						
	15- 20		5 - 10		До 5	
K_{13}	2,5		5,0		10	
Длина населенного пункта, км						
	0,5	1	2	3	5	6
K_{14}	1	1,2	1,7	2,2	2,7	3,0
Длина участков на подходах к населенным пунктам, км						
	До 0,2		0,2 - 0,6		0,6 - 1,0	
K_{15}	2,0		1,5		1,2	
Коэффициент сцепления						
	0,2 - 0,3		0,4	0,6	0,7	0,75
K_{16}	2,5		2,0	1,3	1,0	0,75
Ширина разделительной полосы, м						
	1	2	3	5	10	15
K_{17}	2,5	2,0	1,5	1	0,5	0,4

3.2. Методика вычисления и построения графика коэффициентов аварийности

Итоговый коэффициент аварийности вычисляют перемножением для каждого участка частных коэффициентов аварийности. При определении частных коэффициентов их значения для упрощения работы не интерполируют, а принимают ближайшее значение. На основе вычислений строят линейный график коэффициентов аварийности дороги или ее участка (рис. 10). На графике помещают сжатый план и продольный профиль дороги с нанесением на них всех элементов, влияющих на безопасность движения (продольные уклоны, вертикальные кривые, кривые в плане, мосты, населенные пункты, пересекающие дороги и пешеходные переходы и т. п.). В специальной графе показывают графически фактические расстояния видимости. Масштаб плана и профиля выбирают в зависимости от сложности рельефа и ситуации.

В соответствии с ВСН 24-38 при значении итогового коэффициента аварийности: 0 – 10 участок считается не опасным; 10 – 20 малоопасным; 20 – 40 опасным; более 40 – очень опасным.

3.3. Анализ полученных графиков

При анализе графиков коэффициентов аварийности могут быть предложены следующие мероприятия по улучшению условий безопасности движения на обследуемой дороге:

1. Проектным организациям: при разработке проектов новых дорог перерабатывать варианты участков, в которых итоговый коэффициент аварийности превышает 15 – 20 %; в проектах реконструкции или капитального ремонта дорог в условиях холмистого рельефа предусматривать перестройку участков дорог с коэффициентом аварийности более 25 - 40 в зависимости от местных условий.

2. Организациям дорожной эксплуатационной службы: выявлять опасные участки дорог, не удовлетворяющие требованиям безопасности движения, и назначать очередность проведения на них мероприятий по повышению безопасности; производить разметку проезжей части, запрещающую обгон с выездом на полосу встречного движения на участках с коэффициентом аварийности более 10 — 20, в дополнение к разметке устанавливать знаки ограничения скорости на участках с коэффициентом аварийности 20 — 40.

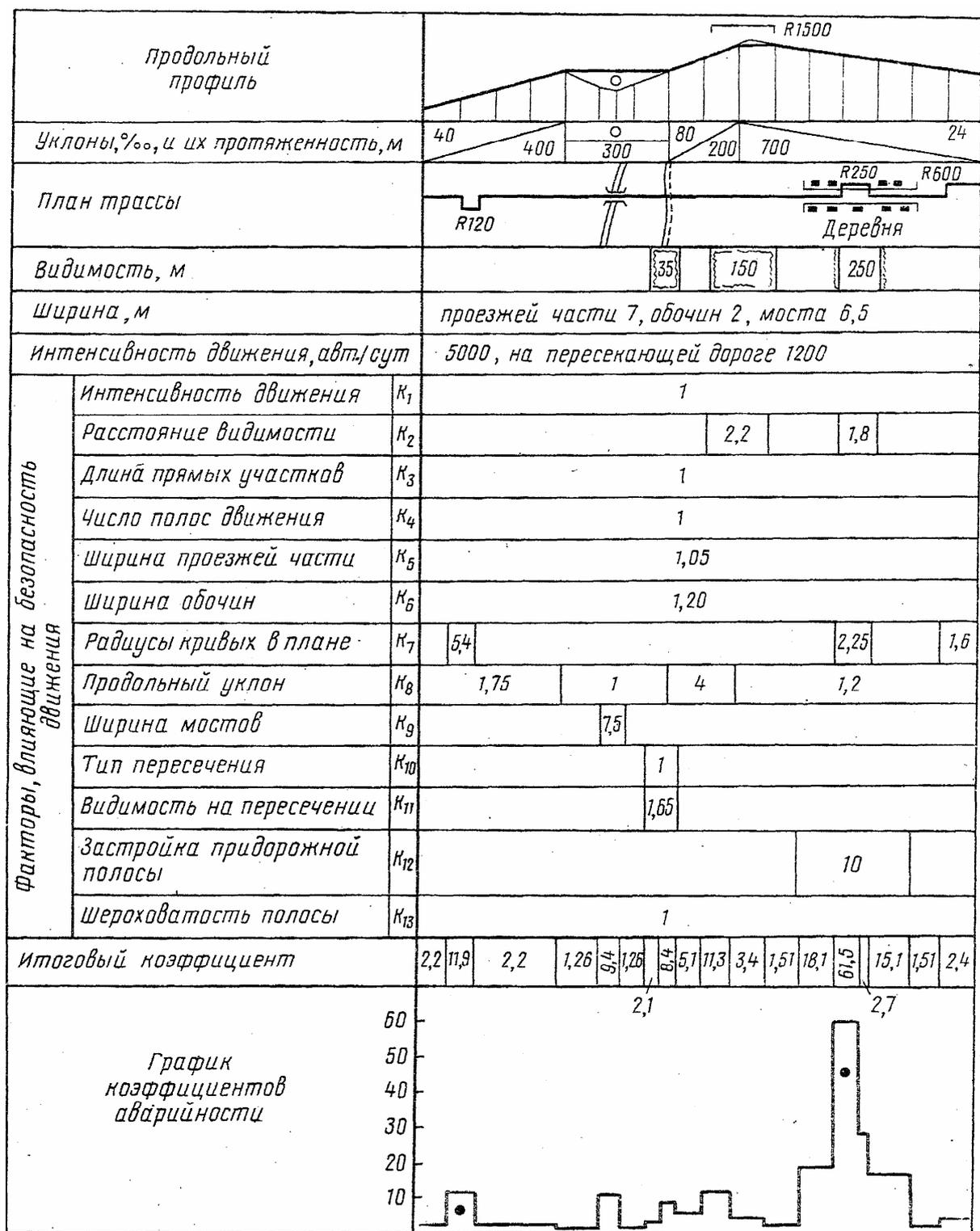


Рис. 10. График коэффициентов аварийности

3. Органам ГИБДД и службе организации движения (СОД) устанавливать опасные участки дорог с последующим выбором средств и методов организации движения на них, позволяющих снизить аварийность.

4. Организациям автомобильного транспорта оценивать интенсивность движения по тому или иному маршруту и при целесообразности переводить часть перевозок на имеющиеся параллельные маршруты. Исходя из допустимого значения итогового коэффициента аварийности можно вычислить частный коэффициент интенсивности движения, а по нему — рациональную интенсивность движения.

Следует также учитывать, что с увеличением значения итогового коэффициента аварийности скорость движения быстро уменьшается, что снижает эффективность использования автомобильного транспорта.

4. ТРЕБОВАНИЯ К ЗАКЛЮЧЕНИЮ, ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА

В заключении очень коротко указывается, что сделано в процессе выполнения проекта, приводят результаты проектирования и их оценку на соответствие требованиям задания, оценку мероприятий по совершенствованию организации дорожного движения, приводятся положительные стороны, достигнутые в результате проектирования. Объем заключения – на более одной страницы.

Таблица 12. Исходные данные для расчета курсового проекта по первой цифре номера журнала

Параметры	Номер варианта		
	0	1	2
Кол-во ДТП , n_1	2	1	3
Кол-во ДТП , n_2	1	3	2
Кол-во ДТП , n_3	2	0	1
Кол-во ДТП , n_4	1	0	2
Кол-во ДТП , n_5	0	1	2
Вид маневра	Отклонение	Слияние	Пересечение
Время срабатывания тормоза, с	0,2	0,25	0,3
Время нарастания давления, с	0,1	0,2	0,15
Колея, м	2.4	2,0	1.8
Ширина полосы движения, м	3,75	3	3.5
Расстояние от кромки ПЧ до препятствия, м	1	0,5	2

Окончание табл. 12

Параметры	Номер варианта		
	0	1	2
К-во автопоезд. в составе ТП, %	30	20	10
Продольный уклон, %	8; 7; 4	12; 6; 5	10; 16; 7
Число полос движения	2 без разметки	2 с разметкой	
Расстояние видимости, м	100	200	350
Снижение скорости, км/ч	50	30	60
Тип покрытия обочин	Щебень	Засев	Неукрепленные
Тип покрытия	Усовершенствованное		Асфальтобетон
Автобусные остановки	В стороне от дороги	Без отделения от ПЧ	
Наличие разметки	Осевая	Разделит. полоса	Отсутствует
Расстояние от застройки до ПЧ, м	15 - 20	5 - 10	До 5
Длина населенного пункта, м	3	5	1
Коэффициент суточн. неравном. <i>K н.с</i>	1,8	2	2,2

Таблица 13. Исходные данные для расчета курсового проекта по последней цифре номера журнала

Параметры	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$N_{a.c}$	500	800	1000	1200	600	1500	1700	2000	900	700
l , км	40	20	80	70	50	30	90	60	100	40
V_a , км/ч	75	80	85	90	95	90	85	80	75	95
Дорога	Сухая		Мокрая		Заснеженная		Гололед		Загрязненная	
Уклон, %	3 п	5 с	8 п	10 с	12 п	15 с	3 п	5 с	2 п	4 с
Время реакции, с	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8	0,6	0,7
$R_{п}$, м	50	60	70	90	150	140	110	120	100	15050
G_a , т	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
l_c , м	8	7	6	5	9	10	4	4	6	7
W_B , Нс/м	3,2	3,1	3,3	2,2	3,4	3,5	2,3	2,4	3,3	3,0
$K_э$	1,1	1,15	1,12	1,13	1,11	1,13	1,14	1,2	1,3	1,5
$h_{ц}$	0,6	0,7	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8

Окончание табл. 13

Параметры	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Ширина ПЧ, м	7,5		6,0		10		9,0		8,0	
Ширина обочины	3	2,5	2	1,5	1,0	3	2,5	2	1,5	1,0
Различие в ширине ПЧ, м	Меньше 1м	Равны	Шире на 1м	Шире на 2м	Меньше 1м	Равны	Шире на 1м	Шире на 2м	Равны	Шире на 1м

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бабков, В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения / В.Ф. Бабков. – М.: Транспорт, 1982. – 288 с.
2. Клинковштейн, Г. И. Организация дорожного движения / Г.И. Клинковштейн. – М.: Транспорт, 1982. – 238 с.
3. Сильянов, В. В. Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог / В.В. Сильянов. – М.: Транспорт, 1975. – 73 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. Выявление опасных участков на дороге.....	6
1.1. Метод оценки показателей дорожного движения в реальных условиях.....	6
1.2. Выявление опасных участков посредством анализа ДТП....	8
1.3. Метод оценки сложности пересечения.....	13
2. Определение эксплуатационных показателей дороги.....	23
2.1. Основные положения.....	23
2.2. Определение максимальной скорости по условиям буксования ведущих колес.....	24
2.3. Оценка тормозных качеств автомобиля.....	25
2.4. Оценка показателей устойчивости автомобиля.....	28
2.5. Оценка характеристик транспортного потока.....	29
3. Оценка безопасности движения по линейным графикам коэффициентов аварийности.....	34
3.1. Частные и итоговый коэффициенты аварийности.....	34
3.2. Методика вычисления и построения графика коэффициентов аварийности.....	38
3.3. Анализ полученных графиков.....	38
4. Требования к заключению, исходные данные для расчета.....	40
Библиографический список.....	42

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ДОРОГЕ

Методические указания к выполнению
курсового проекта по дисциплине
«Дорожные условия и безопасность движения»

Составитель
Касаткин Феликс Петрович

Ответственный за выпуск – зав. кафедрой доцент А.Г. Кириллов

Подписано в печать 14.03.11.
Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 2,56. Тираж 100 экз.
Заказ
Издательство
Владимирского государственного университета.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.