

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Организация автомобильных перевозок
и дорожного движения»

Ю.А. Врубель

**ИССЛЕДОВАНИЯ
В ДОРОЖНОМ ДВИЖЕНИИ**

Учебно-методическое пособие
к лабораторным работам
для студентов специальности 1-44 01 02
«Организация дорожного движения»

Минск 2007

УДК 656.13.05
ББК 39.808
В 83

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор Э.М. Воробьёв;
доктор технических наук, профессор И.И. Леонович

Врубель, Ю.А.

В 83 Исследования в дорожном движении: учебно-методическое пособие к лабораторным работам для студентов специальности 1-44 01 02 «Организация дорожного движения» / Ю.А. Врубель. – Мн.: БНТУ, 2007. – 178 с.

ISBN 978-985-479-477-6.

В учебно-методическом пособии приведены общие положения и классификация исследований по организации дорожного движения. Подробно рассматриваются отдельные виды исследований, точность измерений; приводится порядок выполнения работ по исследованию улично-дорожной сети и расчётно-графических работ.

УДК 656.13.05
ББК 39.808

ISBN 978-985-479-477-6

© Врубель, Ю.А., 2007
© БНТУ, 2007

1. ИССЛЕДОВАНИЯ В ДОРОЖНОМ ДВИЖЕНИИ

Исследования являются важнейшей и неотъемлемой частью процесса управления, без них невозможно нормальное функционирование и развитие дорожного движения. Для принятия оптимального решения необходимо располагать полной и достоверной информацией, которая может быть получена только в результате исследований.

Целесообразность проведения исследований и их уровень зависят от соотношения величины ожидаемого снижения потерь в дорожном движении и стоимости самих исследований. Известно, что потери в дорожном движении при умеренной транспортно-пешеходной нагрузке существенно превышают расходы на исследование. Однако при малых нагрузках имеется некоторый предел, после которого расходы на дорогостоящие исследования уже не окупаются. Что касается высоких нагрузок, то здесь потери на несколько порядков превышают расходы на исследования, и выгода от их проведения не вызывает никаких сомнений.

На сегодняшний день, к сожалению, в дорожном движении нет четких критериев целесообразности проведения и выбора уровня исследований. Поэтому решения принимаются субъективно. А поскольку исследования – это затраты, то их участь решают не столько разработчики и исследователи, сколько люди, распоряжающиеся финансами, поэтому очень часто исследования не проводятся даже тогда, когда они необходимы. Следует отметить, что в других отраслях, например, в автомобилестроении, имеются унифицированные нормативы, регламентирующие не только необходимость проведения исследований, но и их уровень, методику проведения, индексацию параметров, представление результатов и т. д. Очевидно, и в дорожном движении имеется не меньшая потребность в подобных нормативах.

И еще один аспект проблемы исследований. Исследования в дорожном движении все же проводятся, но их результаты надлежащим образом не оформляются и не хранятся, вследствие чего не могут быть повторно востребованы. Потому имеется насущная потребность в создании банка данных о дорожном движении, в том числе и о результатах исследований. При современном развитии компьютерной техники эта задача вполне выполнима, однако требует проведения комплекса работ по классификации исследований,

а также по унификации методик проведения, индексации, обработки и представления результатов.

1.1. Классификация исследований

Исследования в дорожном движении отличаются большим разнообразием и классифицируются по нескольким признакам. При этом возможны различные комбинации признаков, а четкого разделения между группами может и не быть. Ниже в кратком изложении приводится один из вариантов классификации [2], согласно которой исследования в дорожном движении делятся на группы по следующим признакам:

- 1) по методу проведения: измерение, обследование, моделирование, анализ документации, опрос (анкетирование);
- 2) по глубине или уровню: прикидочные, оценочные, нормальные, детальные (специальные);
- 3) по широте охвата: одного параметра, группы взаимосвязанных параметров, комплексные;
- 4) по периодичности: разовые, периодические, постоянные;
- 5) по месту проведения: камеральные, натурные;
- 6) по назначению: информационные (статистические), технологические, предпроектные, постановочные, контрольные, учебные, научные, судебно-технические;
- 7) по принадлежности: ведомственные, межведомственные.

Рассмотрим эти виды исследований.

Измерение – это вид исследования, в результате которого определяются (измеряются) количественные характеристики реально существующих объектов: транспортно-пешеходных потоков и их взаимодействия, дорог и их обустройства и т.д.

Обследование – вид исследования, в результате которого определяются, в основном, качественные характеристики реально существующих объектов. При этом возможно проведение простейших измерений, имеющих вспомогательное значение.

Моделирование – вид исследования, объектом которого являются математические, физические, имитационные или другие модели отдельных элементов дорожного движения.

Анализ документации – вид исследования, при котором объектом является техническая, отчетная или статистическая документация.

Опрос (анкетирование) – вид исследования, при котором источником информации являются ответы респондентов, чаще всего – участников или специалистов дорожного движения.

Прикидочные исследования имеют целью ознакомление с состоянием дорожного движения на заданном участке в первом приближении.

Оценочные исследования являются несколько более детальными и имеют целью получение информации, достаточной для приближенной оценки качества дорожного движения.

Нормальные (стандартные) исследования имеют целью получение необходимой информации для стандартной оценки качества дорожного движения на заданном участке и разработки предложений по его улучшению.

Детальные (специальные) исследования имеют целью получение подробной (детальной) информации об элементах дорожного движения и их взаимосвязях. Они требуют тщательной подготовки, солидных затрат и выполняются, в основном, в научных целях для улучшения работы больших или тяжело нагруженных систем.

Исследования одного параметра имеют целью получение информации о состоянии одного определяющего параметра, например, интенсивности движения, скорости движения и т. п.

Исследования группы взаимосвязанных параметров являются наиболее распространенными и имеют целью получение информации о нескольких параметрах для стандартной оценки качества дорожного движения, – например, интенсивности движения, составе потока, скорости движения.

Комплексные исследования имеют целью получение возможно большего количества разнообразной информации о дорожном движении. Такие исследования являются самыми производительными и весьма выгодными.

1.2. Точность измерений

При измерениях в дорожном движении исследователь, как правило, имеет дело со случайными величинами, поэтому первичная обработка и представление результатов должны производиться в соответствии с общепринятыми требованиями математической статистики [4]. Рассмотрим некоторые положения, связанные с точностью результатов и их представлением.

Как известно, при исследовании случайных величин точность результатов зависит от точности самих измерений (ошибки измерения) и от количества выполненных замеров, т.е. от объема статистической выборки (ошибки репрезентативности). Исследователь, как правило, не располагает возможностью выполнять измерения различными способами, поэтому точность собственно измерения от него зависит незначительно. Суммарная точность результатов исследования зависит, в основном, от объема выборки, который чаще всего определяет размеры затрат и, следовательно, возможность проведения, стратегию и тактику исследований.

Результаты исследования должны быть достаточными, наглядными и в определенной мере соответствовать принятым в математической статистике нормам. Особенно это касается основных параметров транспортных и пешеходных потоков, например, интенсивности и скорости движения, по которым производится наибольшее количество измерений.

Напомним некоторые определения из математической статистики.

Генеральной совокупностью называется совокупность объектов, из которых производится выборка объектов для исследования, – например, количество ТС, движущихся по исследуемой улице в течение довольно длительного периода времени (допустим, 1 месяц).

Выборочной совокупностью, или просто **выборкой**, называется совокупность отобранных для исследования объектов, – например, количество ТС, движущихся по исследуемой улице в данном направлении в течение заданного относительно небольшого периода времени (допустим, 10 мин).

Объемом совокупности называется число (количество) объектов.

Как правило, генеральная совокупность имеет большой или очень большой объем, а выборочная совокупность – весьма ограниченный.

Выборка называется *повторной*, если ранее отобранный объект перед отбором последующего объекта возвращается в генеральную совокупность. В противном случае выборка называется *бесповторной*. При больших объемах генеральной совокупности применяют бесповторные выборки, что, как правило, относится ко всем замерам в дорожном движении.

Различают несколько видов отбора объектов в выборку.

Простым случайным является отбор, когда объекты извлекают по одному из генеральной совокупности случайным образом, ино-

гда с использованием таблиц случайных чисел. При **типическом отборе** объекты выбираются не из всей генеральной совокупности, а из каждой ее типической части, – например, только легковые автомобили или только ТС, идущие по 2-й полосе, и т.д. При **механическом отборе** отбирают некую заданную часть от генеральной совокупности, – например, каждый 10-й автомобиль, каждого 5-го нарушителя и т.д. При **серийном отборе** отбирают целые серии подряд, – например, все автомобили с иногородними номерами. Однако чаще всего применяют **комбинированный отбор**, при котором сочетаются приведенные выше способы.

В зависимости от типа совокупности различают **генеральную среднюю** – среднее арифметическое значение генеральной совокупности – и **выборочную среднюю** – среднее арифметическое выборочной совокупности. Аналогично различают **генеральную дисперсию** D_T и **выборочную дисперсию** D_B .

Статистической оценкой неизвестного параметра (как правило, генеральной совокупности D_T) называют соответствующую функцию наблюдаемых случайных величин (или их параметр D_B). Выборочная функция Θ^* есть статистическая оценка генеральной функции Θ .

Точечной называют оценку, даваемую одним числом. При небольших выборках точечная оценка может привести к грубым ошибкам. **Интервальной** называют оценку, определяемую двумя числами – концами интервала.

Если Θ – исследуемый параметр, а Θ^* – оценка этого параметра, то чем меньше разность $|\Theta - \Theta^*|$, тем точнее оценка. Имеет место неравенство:

$$|\Theta - \Theta^*| < \delta,$$

где δ – некоторое положительное число, называемое точностью оценки, или погрешностью. Чем больше δ , тем ниже точность. Погрешность δ имеет размерность оцениваемой величины.

Однако такое неравенство нельзя утверждать категорически, на все 100 %, – можно лишь говорить, что оно осуществляется с некоторой вероятностью γ . **Надежностью (доверительной вероятностью) оценки Θ через Θ^*** называют вероятность γ , с которой осуществляется неравенство $|\Theta - \Theta^*| < \delta$. Можно записать:

$$P[|\Theta - \Theta^*| < \delta] = \gamma$$

или

$$P[\Theta^* - \delta < \Theta < \Theta^* + \delta] = \gamma.$$

Доверительным называется интервал $[\Theta^* - \delta \dots \Theta^* + \delta]$, который покрывает исследуемый параметр Θ с заданной вероятностью γ .

Погрешность δ для оценки математического ожидания (среднего арифметического) определяется по формулам:

при неизвестной дисперсии

$$\delta = t \frac{S}{\sqrt{n}};$$

при известной дисперсии

$$\delta = t_\gamma \frac{\sigma}{\sqrt{n}},$$

где t – квантиль нормального распределения, определяется по таблице Лапласа в зависимости от γ (табл. 1.1);

t_γ – квантиль распределения Стьюдента, определяется по таблице распределения Стьюдента в зависимости от γ и $n - 1$ (табл. 1.2);

σ – среднее квадратическое отклонение;

S – исправленное (стандартное) среднее квадратическое отклонение,

$$S = \sigma \frac{n}{n-1};$$

n – число замеров (объектов в выборке).

Очевидно, при больших выборках ($n > 30$) можно принимать $S \approx \sigma$.

Погрешность для оценки среднего квадратического отклонения определяется по формуле [4]:

$$\delta = S \cdot \Phi,$$

где Φ – находится по табл. 1.3 в зависимости от n и γ .

Таблица 1.1

$$\text{Значение функции } \Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$

0,00	0,0000	0,65	0,2422	1,30	0,4032	1,95	0,4744
0,05	0,0199	0,70	0,2580	1,35	0,4115	2,00	0,4772
0,10	0,0398	0,75	0,2734	1,40	0,4192	2,10	0,4821
0,15	0,0596	0,80	0,2881	1,45	0,4265	2,20	0,4861
0,20	0,0793	0,85	0,3023	1,50	0,4332	2,30	0,4893
0,25	0,0987	0,90	0,3159	1,55	0,4394	2,40	0,4918
0,30	0,1179	0,95	0,3289	1,60	0,4452	2,50	0,4938
0,35	0,1368	1,00	0,3413	1,65	0,4505	2,60	0,4953
0,40	0,1554	1,05	0,3531	1,70	0,4554	2,70	0,4965
0,45	0,1736	1,10	0,3643	1,75	0,4599	2,80	0,4974
0,50	0,1915	1,15	0,3749	1,80	0,4641	2,90	0,4981
0,55	0,2088	1,20	0,3849	1,85	0,4678	3,00	0,4986
0,60	0,2257	1,25	0,3944	1,90	0,4713	4,00	0,4999

Примечания:

1. Применительно к данной работе значения $x = 0$ соответствуют математическому ожиданию распределения; значения $x > 0$ находятся на правой ветви распределения, а $x < 0$ – на левой ветви.

2. Доверительная вероятность γ определяется по формуле: $\gamma = 0,5 \pm \Phi(x)$, а величина доверительной вероятности t – по формуле: $t = \pm x$. Например, при $0,85 = (0,5 + 0,3508)$ $t = 1,04$, а при $\gamma \approx 0,15 = (0,5 - 0,3508)$ $t = -1,04$.

Таблица 1.2

Значения $t_\gamma = f(\gamma, n)$

n	$\gamma = 0,80$	$\gamma = 0,85$	$\gamma = 0,90$	$\gamma = 0,95$	$\gamma = 0,99$
5	1,53	1,78	2,13	2,78	4,60
10	1,38	1,57	1,83	2,26	3,25
20	1,33	1,50	1,73	2,09	2,86
30	1,31	1,46	1,70	2,05	2,76
40	1,30	1,44	1,68	2,02	2,70
50	1,30	1,43	1,67	2,01	2,68
100	1,29	1,42	1,66	1,98	2,63
∞	1,28	1,41	1,64	1,96	2,58

Таблица 1.3

Значения $\Phi = f(\gamma, n)$

n	γ	0,95	0,99	n	γ	0,95	0,99	n	γ	0,95	0,99
5		1,37	2,67	16		0,44	0,70	50		0,21	0,30
6		1,09	2,01	18		0,40	0,63	60		0,188	0,269
7		0,92	1,62	20		0,37	0,58	70		0,174	0,245
8		0,80	1,38	25		0,32	0,49	80		0,161	0,226
9		0,71	1,20	30		0,28	0,43	90		0,151	0,211
10		0,65	1,08	35		0,26	0,38	100		0,143	0,198
12		0,55	0,90	40		0,24	0,35	150		0,115	0,160
14		0,48	0,78	45		0,22	0,32	200		0,099	0,136

Относительная погрешность δ_x при заданной доверительной вероятности γ есть отношение

$$\delta_x = \pm \frac{\delta}{\bar{x}}.$$

Минимальное количество замеров (минимальный объем выборки), как правило, определяется по формуле

$$n_{\min} = \frac{t^2 \cdot \sigma^2}{\delta^2},$$

где t – квантиль нормального распределения при заданной доверительной вероятности γ .

Если значение σ неизвестно, его можно ориентировочно определить по коэффициенту вариации $I = \sigma / \bar{x}$, где \bar{x} – математическое ожидание, который относительно стабилен и может быть определен из литературных источников, из результатов ранее проводимых исследований или из специальных прикидочных замеров.

Суммарная погрешность измерений (исследований) в первом приближении определяется по формуле

$$\delta \approx \sqrt{\delta_{\text{и}}^2 + \delta_{\text{р}}^2},$$

где $\delta_{и}$ – инструментальная погрешность (погрешность собственно измерений);

$\delta_{р}$ – погрешность репрезентативности.

В некоторых случаях инструментальная погрешность может достигать значительных величин и быть определяющей. В частности, при измерении мгновенной скорости с помощью секундомера инструментальная погрешность складывается из двух основных составляющих:

$$\delta_{и} = \sqrt{\delta_{иt}^2 + \delta_{ис}^2},$$

где $\delta_{иt}$ – погрешность при определении времени t , которая, в свою очередь, состоит из погрешности секундомера, погрешности считывания показаний секундомера, погрешности пуска и остановки секундомера;

$\delta_{ис}$ – погрешность при определении расстояния S , которая, в свою очередь, состоит из погрешности считывания показаний рулетки, погрешности измерения расстояний и погрешности из-за отклонения ТС от расчетной траектории.

В этом случае наиболее важным управляемым параметром является протяженность мерного участка. Учитывая величину простой реакции порядка $t \approx 0,2$ с и наибольшую допустимую относительную погрешность $\delta_x \approx 0,1$, можно определить минимальный временной интервал измерения:

$$t_{\min} = \frac{\sqrt{\delta_{\text{реак}}^2 + \delta_{\text{сек\ мер}}^2}}{\delta_x} = \frac{\sqrt{0,2^2 + 0,2^2}}{0,1} = 2,8 \text{ с.}$$

Зная приближенные значения \bar{v} и σ_v , можно определить минимальную протяженность мерного участка S_{\min} при $\gamma = 0,85$ (или $\bar{v} + \sigma$):

$$S_{\min} = (\bar{v} + \sigma_v) \cdot t_{\min}.$$

Например, при $\bar{v} \approx 17$ м/с (60 км/ч) и $\sigma_v \approx 3$ м/с (около 11 км/ч) протяженность мерного участка составит

$$S_{\min} \approx (17 + 3) 2,8 \approx 56 \text{ м.}$$

Таким образом, в зависимости от решаемых задач можно установить минимальную выборку и приемлемую точность собственно (или инструментальных) измерений при любых измерениях в дорожном движении.

С учетом сложившейся практики для стандартных измерений можно принимать следующие ориентировочные размеры выборок:

измерение мгновенной скорости – $n \geq 40$;

измерение средней скорости движения на заданном участке с помощью ходовой лаборатории – $n \geq 6$ заездов;

измерение интенсивности движения и состава потока – $n \geq 6$ при $t \geq 10$ мин;

разовые измерения интенсивности движения и состава потока $t \geq 30$ мин;

измерение потока насыщения – $n \geq 10$ при $n_0 \geq 4$;

измерение транспортной корреспонденции – $n \geq 3$ при $t \geq 30$ мин;

измерение стоянок – $n \geq 6$ при $t_{\text{инт}} \geq 20$ мин.

Полученная в результате измерений информация подлежит первичной обработке, – как правило, сведению в вариационные ряды или в таблицы, – для чего ее необходимо сгруппировать.

Метод группировки заключается в расчленении выборки на группы, отдельные объекты которых объединены общим существенным групповым признаком, который может быть качественным или количественным. Качественный признак характеризуется качественным различием и не имеет четкого количественного выражения, – например, типы ТС, возраст пешеходов. Количественный признак имеет четко выраженную меру измерения, и варианты отличаются друг от друга только по величине, – например, скорость движения: до 30 км/ч, от 30 до 40, от 40 до 50 и т.д. Количественные признаки могут быть дискретными, – например, число осей ТС, – или непрерывными, величина которых находится в пределах заданного интервала, – например, упомянутая скорость движения. Возможно также комбинированное группирование, выполняемое по комбинации признаков. Группирование является довольно ответственным этапом, от которого во многом зависят результаты исследования, в том числе точность и форма представления.

При группировании по количественному признаку желательно иметь от 6 до 10 групп измеряемых объектов. Интервалы группиро-

вания выбирают исходя из размера $(x_{\max} - x_{\min})$ выборки и желаемого числа групп z :

$$U = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{z},$$

где U – размеры интервала.

Границы интервала, как правило, округляют до приемлемых значений и ориентируют вокруг округленной средней величины. Интервалы могут быть равными и неравными. Равные интервалы применяют тогда, когда основные характеристики выборки проявляются в какой-либо компактной ее части, которая разбивается на более мелкие группы. Крайние интервалы могут быть незамкнутыми и иметь одну границу, – например, скорость движения до 30 км/ч, свыше 70 км/ч.

Если немногочисленные (отдельные) крайние значения параметра в выборке сильно отличаются от остальных, их можно рассматривать как выбросы и не учитывать при определении размаха. В дальнейшем их можно включать в крайние интервалы либо даже исключать из выборки и не рассматривать.

Некоторые сложности возникают при отнесении граничных результатов к той или иной группе. Здесь обычно поступают по договоренности и чаще всего, считая интервал "от" и "до", включают в него только нижние граничные значения. Например, в упомянутых интервалах скорости 30–40; 40–50 и т.д. граничные значения 40 км/ч входят только в интервал 40–50. Значение середины крайних интервалов может быть взято из общего ряда, но может быть рассчитано и по фактическому среднему значению включенных в него параметров.

Представление результатов измерения может производиться в следующем виде:

1. Численные характеристики распределения измеряемого параметра. Чаще всего представляются значение математического ожидания и коэффициент вариации; иногда – только среднее значение, иногда – значение 85%-ной доверительной вероятности; в некоторых случаях приводят закон распределения и его характеристики.

Математическое ожидание \bar{x} определяется по формуле

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i \cdot n_i}{\sum n_i},$$

где x_i – текущее значение аргумента (среднее значение варианты);
 n_i – частота (данной варианты).

Среднее квадратическое отклонение σ определяется по формуле

$$\sigma = \sqrt{D} = \sqrt{\frac{\sum [(x_i - \bar{x})^2 \cdot n_i]}{\sum n_i}}.$$

Коэффициент вариации I определяется по формуле

$$I = \sigma / \bar{x}.$$

2. Статистические таблицы, в которых приводится группированные выборки по одному или нескольким признакам с приведением результирующих данных.

3. Графические материалы, среди которых наиболее распространенными являются полигон, гистограмма, дифференциальные или интегральные (кумулятивные) кривые распределения, дерево корреспонденций и т.д.

4. В отдельных случаях могут быть представлены корреляционные таблицы, коэффициент корреляции, уравнение регрессии, графики корреляционных полей, линии регрессии и другие показатели.

В общем виде коэффициент корреляции r определяется по формуле

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) \cdot \sum (y_i - \bar{y})}{n \cdot \sigma_x \sigma_y},$$

где $x - \bar{x}$ – отклонение величины (признака) x ;

$y_i - \bar{y}$ – отклонение величины (признака) y ;

σ_x, σ_y – средние квадратические отклонения величин (признаков) x и y ;

n – объем выборки.

Для небольших выборок коэффициент корреляции r определяется по формуле

$$r = \frac{\sum(\alpha\beta)}{\sqrt{\sum\alpha^2 \cdot \sum\beta^2}},$$

где

$$\alpha = x_i - \bar{x},$$

$$\beta = y_i - \bar{y}.$$

Особенности первичной обработки и представления результатов измерений при проведении отдельных видов исследований будут приведены ниже при описании этих исследований.

2. НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Натурные исследования в дорожном движении являются наиболее распространенными из-за своей доступности и точности, хотя они довольно трудоемкие и дорогостоящие. Рассмотрим некоторые наиболее распространенные виды натуральных исследований.

2.1. Измерения на улично-дорожной сети

Инженеру дорожного движения часто приходится производить простейшие измерения некоторых геометрических характеристик участка УДС. В ряде случаев они носят прикидочный характер и не требуют высокой точности, поэтому мерным инструментом вполне может служить небольшая, скажем, пятиметровая рулетка, мерный (с узелками) шнур или даже собственные шаги. Инженеру надо точно знать длину своего шага, для чего достаточно несколько раз пройти туда и обратно мерный участок, например, 100 м. Заметим, что при движении на небольшой подъем, при ухудшении самочувствия или даже после сытного обеда длина шага несколько уменьшается (на 2...4 %). Ниже будет приведено краткое описание измерений некоторых характеристик участка УДС.

Радиус закругления кромки проезжей части, или радиус поворота траектории движения ТС, определяется по схеме (рис. 2.1).

$$R \approx \frac{\sqrt{b^2 + 4a^2}}{4 \cos \alpha},$$

где a – высота сегмента, м;

b – длина хорды, м;

$$\alpha = \arctg \frac{b}{2a}.$$

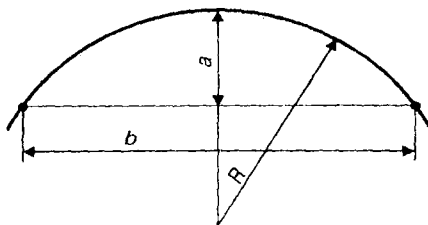


Рис. 2.1. К определению радиуса поворота

Видимость проезжей части в направлении движения определяется путем измерения расстояния, на котором с высоты 120 см обнаруживается большой (не менее 30×30 см) предмет высотой около 20 см. Аналогично определяется видимость ТС, только вместо легкового автомобиля можно использовать второго наблюдателя, который должен согнуться до высоты, например, 120 см, или которому на этой высоте навешивают яркую, например, белую, матерчатую или бумажную ленту шириной не менее 10 – 15 см.

В отношении **треугольника боковой видимости** автомобиля в конфликте Т–Т существует два основных подхода. Согласно первому из них, определяется равносторонний треугольник боковой видимости с вершиной в вероятной конфликтной точке (рис. 2.2 а).

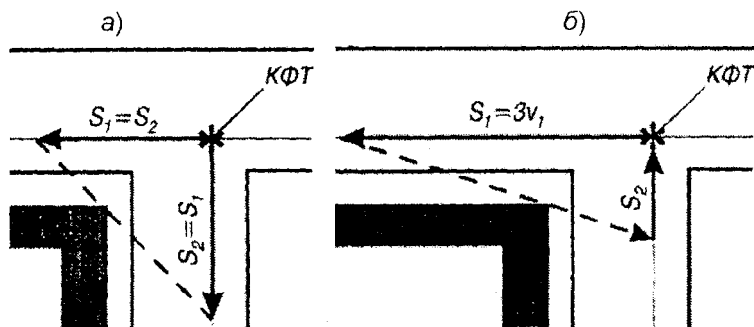


Рис. 2.2. К определению треугольника боковой видимости в конфликте Т-Т [2]:
а – равносторонний треугольник $S_1 = S_2$; б – главная сторона $S_1 = 3v_1$

Согласно второму подходу, от вероятной конфликтной точки по встречной полосе главной дороги откладывают расстояние $3v_1$, где v_1 – разрешенная по главной дороге скорость движения, м/с. Если нет других ограничений, в городе $S_1 = 50$ м, за городом $S_1 = 75$ м. С этой точки с высоты 120 см определяется точка на второстепенной дороге, на которой отчетливо виден автомобиль (или другой достаточно большой предмет высотой 120 см). Если эта видимость не ограничена, останавливаются на расстоянии $S_2 = 0,7S_1$ (рис. 2.2 б). Необходимость измерения двух треугольников боковой видимости объясняется тем, что разное расположение препятствий по отношению к главной и второстепенной дороге оказывает неодинаковое влияние на видимость конфликтующих ТС. Это связано с фактической разностью скоростей, с которыми приближаются транспортные средства к КФТ: ясно, что по главной дороге скорость движения значительно выше.

Если в пределах треугольника боковой видимости имеются какие-либо помехи, качество видимости классифицируется по четырехбалльной шкале: отличная, хорошая, удовлетворительная, неудовлетворительная.

Треугольник боковой видимости в конфликте Т–П определяется следующим образом (рис. 2.3).

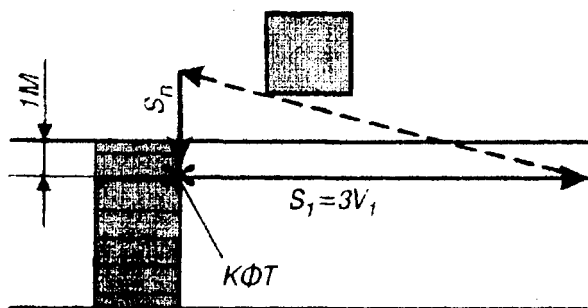


Рис. 2.3. К определению треугольника боковой видимости в конфликте Т–П [2]

С точки, расположенной в 1 м от кромки проезжей части на расстоянии $S_1 = 3v_1$ от вероятной КФТ, определяют наибольшее расстояние на траектории движения пешеходов, на котором виден отчетливый пешеход высотой примерно 120 см.

Коэффициент сцепления ϕ можно приближенно определить по длине тормозного пути:

$$\phi \approx \frac{K_3 \cdot V^2}{254 \cdot S_T},$$

где V – СД, км/ч;

S_T – тормозной путь, м;

K_3 – коэффициент эффективности торможения (см. подраздел 3.1), учитывает тип и состояние ТС, а также коэффициент сцепления ϕ , при котором происходит торможение.

Для полной загрузки ТС коэффициент K_3 находится в пределах от 1,9...1,8 при $\phi = 0,8$ до 1,2...1,1 при $\phi = 0,5$; для половинной загрузки – в пределах от 1,8...1,6 при $\phi = 0,8$ до 1,1...1,0 при $\phi = 0,5$; для ненагруженных ТС – в пределах от 1,6...1,4 при $\phi = 0,8$ до 1,0 при $\phi = 0,5$. При $\phi < 0,5$ для всех случаев $K_3 = 1$. Для данного конкретного автомобиля коэффициент K_3 легко установить при торможении с заранее известным коэффициентом сцепления ϕ :

$$K_3 = \frac{254 \cdot S_{\pi} \cdot \phi}{V^2}.$$

При этом торможение желательно производить со скорости 40 км/ч. Тогда

$$\phi \approx \frac{6,3 \cdot K_3}{S_{\pi}}.$$

Наиболее распространенные измерения параметров транспортно-пешеходных потоков и некоторых видов потерь в дорожном движении приведены в разделе 4.

2.2. Обследование условий движения

При обследовании любого участка УДС желательно иметь масштабный план и результаты предыдущих обследований. Сопоставляя их с фактическим состоянием на участке, легко увидеть, оце

нить и зафиксировать возможные расхождения по всему спектру вопросов. Если обследование производится впервые или результаты предыдущих обследований отсутствуют, следует придерживаться приводимых ниже перечней вопросов для основных типов исследуемых участков, которые включают стандартные наборы по качеству проезжей части, обустройству, видимости и т.д. Однако эти вопросы являются лишь рекомендацией, и ими совершенно не ограничивается круг исследуемых характеристик.

Перед обследованием любого объекта следует прочитать или просмотреть материал о его работе. Следует обращать внимание на различные мелочи, которые могут отвлекать внимание водителя, затруднять прочтение необходимой информации, вызывать иллюзионные эффекты и т.д. Очень часто именно такие «мелочи» могут являться основной или существенной причиной конфликтной ситуации или аварии.

Обследование пешеходных переходов производится путем непосредственного наблюдения за ними продолжительностью не менее 1 часа (суммарно), желательно с обеих сторон и в разное время суток, чтобы оценить их работу при различной транспортно-пешеходной нагрузке. Наблюдатель не должен заметно выделяться среди пешеходов, поэтому ему удобнее располагаться на некотором удалении. При этом он должен несколько раз воспользоваться пешеходным переходом, чтобы лучше оценить некоторые его особенности. Наблюдатель должен подробно описать работу и характеристики пешеходного перехода и ответить на следующие вопросы:

1. Расположен ли пешеходный переход на траектории движения транспорта, идут ли они рядом с переходом и почему, сколько таких пешеходов и каковы их траектории движения; где и как расположены основные объекты притяжения пешеходов и как они влияют на работу пешеходного перехода, есть ли среди этих объектов явно нежелательные, – например, пивные павильоны, площадки для детских игр и т.д.; какова общая интенсивность движения пешеходов и транспорта (ориентировочно); относится ли исследуемый пешеходный переход к категории сильно-, средне- или слабонагруженных; удобен ли переход для пешеходов; в каком состоянии находятся переход и подходы к нему, нет ли мусора, грязи, луж и иных помех, высок ли бортовой камень и есть ли его понижение для движения инвалидов, детских колясок, пожилых людей; освещен ли пешеходный переход и доста-

точно ли это освещение; нет ли случаев обрызгивания людей проходящими машинами?

2. Достаточно ли видимость пешеходов и транспорта в районе пешеходного перехода; каков приблизительно треугольник боковой видимости с обеих его сторон; какова видимость внутри самого треугольника; что и на сколько уменьшает видимость на пешеходном переходе; как видны на нем низкорослые пешеходы, особенно дети; не ухудшают ли видимость стоящие (запаркованные) автомобили, как часто они паркуются в районе данного перехода; хорошо ли он заметен водителям транспорта, в какой точке, примерно, они узнают, что перед ними – пешеходный переход?

3. Каково состояние и достаточно ли количество дорожных знаков, разметки, ограждений; играют ли пешеходные ограждения функциональную роль; достаточно ли их длина; правильно ли они установлены; нет ли в них проходов, разломов и т.д.?

4. Имеется ли островок безопасности; защищен ли он и каким образом; достаточны ли его ширина и длина, удобно и безопасно ли стоять на нем; пользуются ли им пешеходы, и если нет, то почему?

5. Каково состояние проезжей части в районе пешеходного перехода, нет ли скользкостей, наносов грязи, песка, застоя воды, уклона перед переходом?

6. Какова скорость движения транспорта в районе пешеходного перехода, не велика ли она (субъективно); имеется ли маневрирование транспорта в районе этого перехода, какое оно и чем вызвано; оказывает ли оно влияние на безопасность движения и каким образом; наблюдались ли конфликтные ситуации, какие, по чьей вине и по какой причине?

7. Есть ли другие особенности, присущие данному пешеходному переходу, – например, большой процент детей или пожилых людей, резкие колебания интенсивности движения, «тяжелый» состав транспортного потока; останавливается ли транспорт для пропуска пешеходов, как происходит движение пешеходов вечером и т.д.?

Для *регулируемого пешеходного перехода* дополнительно необходимо ответить на следующие вопросы:

1. Как расположены транспортные светофоры, хорошо ли они видны водителям, особенно на многополосных улицах; имеются ли дублиеры и какова их видимость; как расположены пешеходные светофоры, удалены ли они от транспортных светофоров, хорошо ли

они видны пешеходам, различают ли они их сигналы; каково состояние светофоров, чистые ли линзы, не разбиты ли они, нет ли фантом-эффекта?

2. Как происходит движение через пешеходный переход, где и как собираются пешеходы в ожидании зеленого сигнала, идут ли они только по переходу или, возможно, рядом с ним из-за тесноты; идут ли пешеходы через переход, но под острым углом, по диагонали и т.п., как часто это происходит и почему; где останавливаются автомобили на красный сигнал, достаточна ли дистанция между ними и пешеходами?

3. Идут ли пешеходы строго на зеленый сигнал, а если нет, то как и почему; как они начинают и заканчивают движение; есть ли случаи их движения на красный сигнал в конце пешеходной фазы; достаточен ли переходной интервал или нет, в результате чего пешеходы вынуждены останавливаться на островке безопасности, идти на красный сигнал либо заканчивать переход бегом; есть ли случаи сознательного движения пешеходов на красный сигнал, как часто и почему это происходит; есть ли случаи движения транспорта на красный сигнал, как часто и почему; есть ли конфликтные ситуации, какие, по чьей вине и как часто?

На *регулируемом пешеходном переходе с пешеходным вызывным устройством* дополнительно следует ответить на такие вопросы:

1. Пользуются ли пешеходы табло вызова пешеходов, кто они и как часто это происходит; удобно ли расположено табло вызова для пешеходов, находится ли оно на траектории их движения или в стороне; удобны ли подходы к нему?

2. В каком состоянии находится табло, как пешеходы узнают, что кнопка вызова уже нажата с этой или с той стороны пешеходного перехода, нет ли случаев повторного нажатия уже включенной кнопки?

3. Переходят ли пешеходы улицу в один этап или в два, особенно при наличии защищенного островка безопасности или разделительной полосы; бывают ли случаи, когда на втором этапе пешеходы идут заведомо на красный свет, продолжая ранее начатое движение, или же они останавливаются и повторно используют табло вызова пешеходов?

В случае *подземных пешеходных переходов* дополнительно необходимо ответить на следующие вопросы:

1. Удобен ли пешеходный переход, и особенно спуск в него; достаточно ли хорошо освещены лестницы или пандусы и сам переход; чисто ли в переходе, нет ли там мусора, грязи, воды; имеются ли в переходе объекты притяжения пешеходов и как они используются?

2. Нет ли случаев вынужденного движения пешеходов в сторону, противоположную цели (перепроход), как велико это расстояние, почему оно имеет место; имеются ли случаи отказа пешеходов от пользования подземным пешеходным переходом, как часто это происходит и почему?

Кроме отмеченных вопросов, наблюдатель может выполнить прикидочные замеры интенсивности движения транспорта и пешеходов, оценить, как влияет присутствие инспектора на работу пешеходного перехода, оценить или измерить другие его характеристики. Желательно дать краткий анализ недостатков и возможные предложения по совершенствованию организации дорожного движения в районе пешеходного перехода.

Обследование остановочного пункта (ОП) маршрутного пассажирского транспорта (МПТ) производится путем непосредственного наблюдения за ОП продолжительностью не менее 1 часа (суммарно) в разное время суток с тем, чтобы оценить его работу при различной транспортно-пешеходной нагрузке. Наблюдатель должен располагаться на некотором удалении от ОП, однако несколько раз непосредственно воспользоваться им, чтобы лучше оценить его особенности. Необходимо подробно описать работу и характеристики ОП и ответить на следующие вопросы:

1. Удобно ли расположен ОП, не идут ли почти все вышедшие пассажиры в одном направлении вдоль улицы, не лучше ли было бы перенести ОП несколько вперед или назад по ходу движения?

2. Имеется ли заездной карман и как используется его площадь; при отсутствии кармана как влияет остановившаяся подвижная единица на движение остального транспорта: есть ли вынужденное маневрирование, каково оно, опасно ли, есть ли конфликтные ситуации типа Т-Т?

3. Достаточно ли оборудован ОП дорожными знаками, разметкой, пешеходными ограждениями; каковы фактическое состояние технических средств регулирования и их видимость, особенно в темное время суток?

4. Оборудован ли ОП павильоном, скамейками, урной для мусора, удобно ли ими пользоваться; какова ширина тротуара в районе ОП, не стесняют ли стоящие или выходящие пассажиры транзитное пешеходное движение; есть ли поблизости телефон-автомат?

5. Какие помехи возникают на пути пешеходов и пассажиров в в районе ОП; нет ли каких-либо выступающих предметов, ограждений, деревьев, решеток, люков и т.д., которые мешают движению пешеходов; имеются ли на самом ОП деревья или иные зеленые насаждения; каково состояние покрытия, нет ли грязи, мусора, воды, просадок тротуара и т.д.?

6. Как происходит посадка-высадка пассажиров, близко ли к тротуару подходит подвижная единица, нужно ли пассажиру сходить с тротуара на проезжую часть для посадки; высокий ли бортовой камень на ОП; имеется ли посадочная площадка на загородных ОП; подходит ли одна или несколько подвижных единиц одновременно, создается ли суматоха и неразбериха при одновременном подходе нескольких подвижных единиц; имеются ли дополнительные помехи при посадке-высадке, например, близко расположенные торговые киоски, рекламные щиты или тумбы?

7. Где останавливается первая подвижная единица, далеко ли до пешеходного перехода, как пользуются пассажиры этим пешеходным переходом; имеются ли случаи отказа от перехода улицы по пешеходному переходу, создает ли это опасность, замечены ли конфликтные ситуации и, если да, то где, по чьей вине и как часто?

8. Имеются ли случаи выхода пешеходов перед остановившейся подвижной единицей, почему и как часто это происходит; где расположены основные объекты притяжения пешеходов на противоположной стороне улицы, как они влияют на пешеходное движение в районе ОП; расположен ли пешеходный переход на основной траектории движения пешеходов; достаточно ли полно он оборудован дорожными знаками, разметкой и ограждениями?

9. Каково состояние проезжей части в районе ОП, нет ли колеи, волнистости, выбоин, решеток, люков, скопления грязи и ливней в районе бортового камня; как подъезжают и отъезжают подвижные единицы; есть ли проблемы с подъездом к бортовому камню, с троганием с места (например, подъем или скользкое покрытие), с отъездом (взаимодействие с транспортным потоком)?

10. Равномерно ли нагружен ОП пешеходами и транспортом; имеются ли случаи перегрузки подвижной единицы, долгого незакрытия дверей, ожидания возможности подъехать к ОП; как долго длится перегрузка и что, по мнению наблюдателя, можно сделать, чтобы ее уменьшить?

Для ОП трамвая необходимо дополнительно ответить на следующие вопросы:

1. Как взаимодействуют пешеходы (пассажиры трамвая) с приближающимся транспортом, не выходят ли они на проезжую часть раньше времени, еще задолго до подхода трамвая, вынуждая транспорт экстренно останавливаться; нет ли случаев, когда ОП расположен перед перекрестком и пассажиры вынуждены добираться к трамваю (или выбираться из него) через плотно стоящий транспорт, зачастую грузовой, грязный, чадающий и рычащий?

2. Достаточна ли ширина посадочной площадки (если таковая есть) и нет ли опасности внезапного выхода пешеходов на проезжую часть с обеих сторон; каковы скорость и интенсивность движения, состав транспортного потока в районе ОП трамвая с посадочной площадкой, не кажется ли она наблюдателю неприемлемо высокой?

3. Если в районе ОП трамвая есть регулируемый пешеходный переход, то как согласуется его работа с работой остановочного пункта; нет ли случаев, когда пассажиры, сошедшие с трамвая, идут через противоположащую проезжую часть на красный сигнал; имеются ли в этом случае конфликтные ситуации и как часто это происходит?

Кроме отмеченных вопросов наблюдатель может выполнить прикидочные замеры интенсивности и скорости движения и т.д., оценить другие факторы и дать предложения по совершенствованию организации дорожного движения на ОП МПТ.

Обследование перекрестков производится путем непосредственного наблюдения продолжительностью от 1 до 3 часов (в зависимости от сложности и нагруженности) с различных входов и в разное время суток. Предполагается, что наблюдатель располагает масштабным планом перекрестка и его обустройства. Если такого плана нет, его следует составить, при этом основные характеристики, например, ширина проезжей части на входах, должны быть измерены с точностью до 0,1 м.

Наблюдателю необходимо подробно описать работу перекрестка и ответить на следующую группу вопросов: общая характеристика,

план, обустройство, видимость, проезжая часть, помехи движению, транспортная и пешеходная нагрузка, работа светофоров, нарушения. Рассмотрим эти вопросы.

1. В общей характеристике следует отметить значение перекрестка и пересекающихся улиц в УДС города и, возможно, в системе управления дорожным движением, а также указать направление движения основных транспортных потоков, общую нагруженность и состав транспортного потока.

2. При обследовании или составлении плана перекрестка необходимо указать ширину входов, количество полос движения и их ширину на каждом входе, наличие местных уширений, взаимное расположение входов, возможное их смещение, радиусы закругления кромок проезжей части, уклоны; расположение пешеходных переходов и их характеристики, включая отнесение от параллельной проезжей части и наличие островка безопасности; расположение и характеристики ОП МПТ, включая наличие заездных карманов и павильонов; расположение красных линий застройки с краткой характеристикой зданий и сооружений (этажность, тип, назначение, наличие объектов притяжения и т.д.).

3. При обследовании обустройства рассматривают следующие вопросы:

1) наличие, расположение и состояние технических средств регулирования – дорожные знаки, разметка, ограждения, светофоры, которые должны соответствовать требованиям стандартов;

2) состояние и обустройство пешеходных переходов и ОП МПТ и их влияние на работу перекрестка;

3) наличие, расположение и состояние зеленых насаждений и их влияние на работу перекрестка;

4) наличие, расположение и влияние на работу перекрестка торговых киосков, рекламных щитов и тумб, телефонов-автоматов и т.д.;

5) освещение и его состояние;

6) подвеска контактной сети троллейбусов и трамваев, возможные случаи отказов и их влияние на работу перекрестка.

4. При обследовании видимости необходимо учитывать и темное время суток, поскольку перекресток работает в большом временном диапазоне. Особое значение имеет боковая видимость. Следует определить (приблизленно) треугольники боковой видимости со всех сторон для конфликтов Т–Т и Т–П и оценить видимость внутри

этих треугольников. Определить объекты или основные причины, уменьшающие видимость, а также соответствие установленных дорожных знаков (например, 2.5) фактическому расстоянию видимости. Видимость в направлении движения имеет значение при наличии помех транзитному движению – пересекаемых трамвайных путей, дефектов на проезжей части, посторонних предметов. Отойдя на установленное стандартом расстояние – около 100 м, следует проверить видимость сигналов светофора, знаков приоритета, запрещающих и иных дорожных знаков, не закрывают ли кроны деревьев дорожные знаки и светофоры с какой-либо полосы на входе, видимость сигналов светофора и запрещающих дорожных знаков в случаях, когда в составе транспортного потока находятся крупногабаритные транспортные средства, автобусы или троллейбусы. С этой целью можно использовать для наблюдения подвижную лабораторию или стационарный пост.

5. При обследовании состояния проезжей части следует обращать внимание на ровность, скользкость, сопряжение поперечных профилей, сопряжение с трамвайными путями, наличие застоев воды, наносов песка и грязи.

6. Особое значение имеют всевозможные помехи движению, наиболее распространенными среди которых являются:

1) повреждение проезжей части – выбоины, крупные трещины, просадки, неправильные сопряжения профилей пересекающихся улиц и с трамвайными путями; многочисленные выступающие или утопающие люки, решетки, вентиляционные трубы, часто незакрытые или поврежденные;

2) посторонние предметы на проезжей части – строительные материалы, детали автомобилей, вода, грязь, мусор и т.д.;

3) световые помехи – слепящие источники света, движущаяся световая реклама, низкорасположенные стилизованные светильники и т.д.;

4) неисправные или запаркованные автомобили, стоящие в непосредственной близости от перекрестка, раскопки, неубранные строительные материалы при ремонте, обрывы контактного провода или растяжек и т.д.;

5) несанкционированное движение пешеходов, гужевого транспорта, домашних животных.

7. При обследовании транспортной нагрузки обращают внимание на интенсивность движения, состав транспортного потока, неравномерность движения, наличие и величину очереди автомобилей перед светофором, рассасывается ли очередь в каждом цикле, или автомобили остаются на второй и последующие циклы, равномерно ли загружены все полосы, есть ли движение в разных направлениях с одной полосы; как происходит остановка транспорта, имеет ли место экстренное торможение, много ли маневров по перестроению; с какой скоростью прибывают к перекрестку автомобили, с какой скоростью они проходят перекресток транзитом или при поворотах; как происходит конфликт Т–Т при левом повороте и конфликт Т–П при правом; пропускают ли водители пешеходов, или не всегда, и почему.

8. При обследовании пешеходной нагрузки обращают внимание на количество пешеходов, ожидающих зеленого сигнала, где и как они обычно выносятся, идут ли строго по пешеходному переходу или рядом с ним, возможно, из-за тесноты; достаточно ли переходного интервала для пешеходов, есть ли случаи, когда они заканчивают движение уже на красном сигнале, бегом, или остаются на островке безопасности.

9. При различных режимах светофорного регулирования на перекрестке обращают внимание, имеет ли место координация, с какого направления и как она проявляется, отличаются ли некоординированные направления от координированных, и в чем это выражается; как работает перекресток при выключении светофорного регулирования при переключении его на режим желтого мигания, своевременно ли происходит это выключение или переключение.

10. При обследовании перекрестка обращают внимание, имеются ли нарушения в его работе, какие, как часто и почему; какие виды нарушений со стороны водителей и со стороны пешеходов удалось зафиксировать; случаются ли отказы в работе светофоров, имеют ли место конфликтные ситуации, какие и как часто.

Следует отметить, что многие перекрестки имеют свои особенности, отличающие их от других. При обследовании следует обращать на них особое внимание и, по возможности, давать им свою оценку. Такие особенности могут быть связаны, например, с регулированием по 4-фазному циклу, пропуском пешеходов в два этапа, особенной геометрией из-за разных характеристик и большого числа полос движения их смещения, наличия трамвая, подъема-спуска, мощных поворочных потоков и т.д.

Обследование перегонов дорог, как правило, производится путем пешего передвижения наблюдателя по обочине в направлении движения с соблюдением мер предосторожности.

В некоторых случаях, – например, при значительной протяженности участка, а также при оценочных или прикидочных обследованиях, возможно передвижение наблюдателя в автомобиле на правом переднем сидении. При этом скорость движения должна быть невысокой.

Наблюдатель визуально оценивает и фиксирует характеристики дороги по следующим группам: проезжая часть, обочина, земляное полотно и сооружения, обустройство, видимость, помехи движению, особые условия. В отдельных случаях могут быть выполнены замеры коэффициента сцепления, ровности, расстояния видимости и т.д.

При проведении обследования исследователь должен ознакомиться с рядом вопросов:

1. *Проезжая часть*: ровность – выбоины, волны, наплывы, гребенка, пучины, трещины, вмятины, колеи, сдвиги, просадки у труб и мостов, для цементобетона – раковины, шелушение, выкрашивание, отколы; скользкость – шероховатость, наличие отполированных участков, потение (выступление связующей), катун. наносы грязи или пыли, застой воды; геометрия – ширина, профиль, уширение на поворотах, вираж.

2. *Обочина*: ширина, твердость, соединение с проезжей частью ямочность, колеиность, поперечный уклон, укрепление, наличие посторонних предметов, застой воды.

3. *Земляное полотно и сооружения*: укрепление откосов и водосточных отводов, оползание грунта на откосах, загрязнение и застой воды в резервах и водоотводных канавах, повреждение оголовков труб пролетных строений и перильных ограждений мостов и путепроводов, отсутствие окраски элементов и их загрязненность.

4. *Обустройство*: технические средства регулирования – наличие и состояние дорожных знаков, дорожной разметки, направляющих столбиков, ограждений; примыкания – наличие примыканий “диких” съездов, их состояние, обустройство дорожными знаками ограждениями, наносы грязи, удобство въезда и т.д.; ОП МПТ площадки – состояние покрытия, павильонов, площадок, наличие освещения, обустройство дорожными знаками, разметкой и ограждениями; озеленение – наличие и состояние насаждений, наличие сорной растительности, нескошенной травы и кустов и

обочинах, расстояние от посадок до кромки проезжей части; экологическое загрязнение полосы отвода отвалами грунта и другими предметами, неудовлетворительное хранение противогололедных и других веществ, погибшая растительность на разделительной полосе или на полосе отвода, большая пылимость.

5. *Видимость*: видимость в направлении движения в плане и в профиле; наличие объектов, уменьшающих расстояние видимости в плане; боковая видимость, особенно на примыканиях и съездах; видимость дороги со стороны съездов и примыканий; ориентировочное значение треугольников боковой видимости на примыканиях и съездах; видимость местных повреждений проезжей части.

6. *Помехи движению*: направление на солнце ранним утром или вечером; возможное мелькание теней от редких насаждений деревьев; возможность неожиданного появления диких или домашних животных из-за кустов или посадок; наличие крупногабаритных или опасных посторонних предметов на проезжей части; наличие стоящих транспортных средств на обочине и качество их парковки; траектория движения транспортных средств – расстояние от кромки проезжей части до правого колеса – и возможные причины существенного увеличения этого расстояния, особенно на поворотах; наличие на обочинах или на краю проезжей части пешеходов, велосипедистов, гужевых повозок и т.д.

7. *Зимние условия*: наличие льда, снега, наката, местных наледей на проезжей части; наличие толстого слоя или отвалов снега на обочинах; установка переносных щитов или защитных валов; наличие и хранение противогололедных веществ на опасных участках; очистка от снега мостов и путепроводов; наличие вертикальной разметки на деревьях; наличие вешек и других средств визуального обозначения дороги в зимних условиях.

Обследование перегонов улиц производится путем пешего перемещения наблюдателя в направлении движения по тротуару или по обочине, по возможности, ближе к бортовому камню. В целом обследование производится аналогично обследованию перегонов дорог, однако имеются некоторые особенности, связанные с функциональными отличиями дорог и улиц. Рассматриваются следующие характеристики:

1. *Проезжая часть*: ровность – выбоины, волны, наплывы, гребни, пучины, трещины, вмятины, колеи, местные просадки; при

наличии трамвайного полотна или отсутствии бортового камня – состояние кромок, качество соединения с проезжей частью; скользкость – шероховатость, отполированность, потение, наносы грязи, застой воды.

2. *Обустройство* – наличие и состояние бортового камня, наличие возле него скоплений грязи, мусора и посторонних предметов; состояние тротуаров, газонов, подходов и выездов на проезжую часть; наличие и состояние дорожных знаков, разметки, ограждений, в основном, пешеходных; состояние ОП МПТ и площадок для стоянки транспорта; наличие наружного освещения, состояние светильников; состояние зеленых насаждений, их расположение по отношению к проезжей части.

3. *Пешеходные переходы* – состояние и обустройство переходов и подходов к ним; наличие несанкционированного пешеходного движения и траектории этого движения; объекты пешеходного притяжения и их влияние на процесс дорожного движения.

4. *Стоянки у тротуара* – наличие и габариты запаркованных автомобилей, качество парковки, эффективность использования проезжей части, использование газонов и тротуаров для парковки легковых автомобилей.

5. *Видимость* – видимость и различимость дорожных знаков светофоров, не закрывают ли их зеленые насаждения; боковая видимость, особенно на ОП МПТ и пешеходных переходах; не закрывают ли запаркованные ТС видимость пешеходам и транспорту; не закрывают ли зеленые насаждения, особенно кустарники, видимость пешеходов; ориентировочные размеры треугольника боковой видимости на выездах со дворов и на пешеходных переходах; не создает ли световая реклама иллюзионных эффектов, не является ли она фоном для транспортных светофоров?

6. *Помехи движению*: на перегонах городских улиц часто встречаются многочисленные и разнообразные помехи, к числу которых можно отнести:

1) неровности на проезжей части – различные выбоины, просадки, выступающие или утопающие люки, решетки, вентиляционные трубы и т.д.;

2) несанкционированный выход пешеходов на проезжую часть из-за неправильного расположения перехода, тесноты движения узких тротуарах, загрязнения тротуаров или несвоевременной

заборки, всевозможных помех на тротуарах, запаркованных автомобилей, ремонтных работ, скопления торговых точек и т.д.;

в) неправильная или несанкционированная парковка автомобилей, особенно в зоне расположения пешеходного перехода и ОП МПТ;

г) посторонние предметы на проезжей части, застой воды или грязь с торгового камня, а в зимнее время – наледи или неубранный снег;

д) световые помехи – яркие слепящие низко расположенные источники света, движущаяся световая реклама, наличие фантом-эффекта на светофорах;

е) маневрирование транспорта, включая постановку на стоянку и выезд с нее, повороты и развороты, заезды во дворы и выезды из них.

3. СТАТИСТИЧЕСКИЕ И СОЦИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. Анализ аварийности

Анализ аварийности является составной частью оценки качества и имеет целью создание информационной основы для разработки мероприятий по повышению безопасности. Результаты анализа используются на разных уровнях в системе дорожного транспорта, среди которых укрупненно можно выделить три основных – государственный, ведомственный и инженерный (названия условные). В зависимости от назначения анализ аварийности решает различные задачи.

На *государственном уровне*, где решаются стратегические задачи анализа требуются укрупненные показатели, характеризующие общий уровень аварийности, тяжесть последствий, основные причины, динамику изменения, основные тенденции и т.д. Исходя из этого в определенной мере корректируются нормативы, кредитно-финансовая политика в этой сфере, методы и структура управления и т.д. Это же относится и к региональному уровню, имеющему известную самостоятельность, особенно в кредитно-финансовой сфере и в системе управления.

На *ведомственном уровне* решаются специфические задачи, характерные для данного ведомства. Скажем, транспортников больше интересуют те стороны аварийности, которые связаны с режимом управления водителями, неисправностью транспортных средств, повышением квалификации и дисциплины водителей и т.д., дорожников –

вопросы, связанные с состоянием дорог и обустройства; медиков – вопросы эффективности оказания медицинской помощи при авариях, включая доврачебную; правоохранительные органы – вопросы профилактики правонарушений и т.д. Иными словами, ведомства больше интересуются теми сторонами аварийности, которые относятся к их профессиональной компетенции, на которые они могут оказывать влияние и за которые отвечают.

На *инженерном*, или *местном уровне* решаются организационно-технические задачи, связанные с аварийностью в данной ограниченной местности, в отдельных очагах или предприятиях. Здесь рассматриваются конкретные вопросы, связанные с уровнем аварийности, ее очагами, особенностями и основными причинами, а также разрабатываются посильные мероприятия по снижению. В данной работе рассматривается анализ аварийности, предназначенный, в основном, для инженерного уровня организации дорожного движения.

Анализ аварийности должен производиться по всем авариям независимо от тяжести последствий. Исключение из анализа аварий без пострадавших, которые составляют подавляющее большинство всех ДТП, приводит к резкому уменьшению статистической выборки, особенно в небольших районах или на относительно небольших объектах. В результате этого информация об аварийности является недостаточной и нередко искаженной, что не только снижает качество и ценность анализа, но и делает его далеко небезвредным.

Виды анализа. Различают четыре основных вида анализа аварийности – количественный, качественный, топографический и очаговый.

Количественный анализ отвечает на следующие основные вопросы: что, где и когда произошло. Детализация вопросов может существенно различаться в зависимости от уровня исследования и решаемых задач. Однако наиболее часто вопросы ставятся следующим образом:

- 1) общее количество аварий, в том числе с гибелью людей, ранениями, материальным ущербом;
- 2) количество пострадавших (погибших, раненых), в том числе пешеходов, водителей, пассажиров, велосипедистов, прочих;
- 3) число аварий с участием детей, в т. ч. до 7 (до 14) лет, с участием велосипедистов, пассажиров, пешеходов;
- 4) виды аварий, в т. ч. столкновения различного вида, наезды пешеходов, на велосипедистов, на неподвижное препятствие, опрокидывание и т.д.;

- 5) места совершения аварии, в т. ч. значение дороги (общегосударственная, областная, местная и т.д.);
- 6) элементарный участок (перекресток, перегон, пешеходный переход и т.д.), характеристики и состояние покрытия;
- 7) условия движения: погода, освещение, видимость;
- 8) время: дата, день недели, время суток;
- 9) количество транспортных средств, участвующих в авариях, и принадлежность, в т. ч. транзитный (неместный) транспорт;
- 10) динамика аварийности, – как правило, сравнение с предыдущим годом или несколькими годами подряд (сравнение по меньшим периодам – полугодие, квартал, месяц – неправомерно из-за малого объема статистической выборки и допустимо лишь для очень крупных выборок, – например, для общегосударственных, когда сопоставляются, по крайней мере, выборки объемом не менее 30);
- 11) экономический ущерб, в т.ч. от аварий со смертельным исходом ранениями и материальным ущербом;
- 12) другие показатели, связанные с количественной стороной аварийности – типы транспортных средств, темное и светлое время суток, возраст и профессия пострадавших и т.д.

В табл. 3.1 даны общие показатели аварийности; в табл. 3.2 и на рис. 3.1 и 3.2 приведены некоторые данные по количественному уровню аварийности в г. Минске за 1989-1991 гг. Видно, что исследование из анализа неотчетных аварий, составляющих около 85 % от общего количества, дает неполное представление и искажает картину аварийности в городе.

Т а б л и ц а 3.1

Показатели аварийности в г. Минске за 1989-1991 гг. [2]

Наименование	1989	1990	1991
1	2	3	4
Общее количество аварий*	4573	5013	5332
с пострадавшими	575	669	833
с погибшими	69	89	124
с ранеными	582	660	820
Количество аварий без пострадавших	3998	4344	4499
аварии по вине водителей	4125	4453	4759
с участием пешеходных	224	273	262

1	2	3	4
Аварии по вине пешеходов	298	360	549
Аварии с участием иногородних ТС	509	527	796
Число аварий/10000 жителей, всего	27,9	30,2	33,1
в том числе с пострадавшими	3,51	4,03	4,99
Суммарные социально-экономические потери с учетом ($K_{ca} \approx 10$) в ценах 1990 г., млн. руб.	41	49	63

* *Примечание.* Официальная статистика и анализ ведется только по авариям с пострадавшими, однако сотрудники ГАИ г. Минска по своей инициативе ведут статистику и по авариям без пострадавших. Среди них имеется значительная часть т.н. «неясных» аварий, где участники, договорившись между собой о возмещении ущерба, обращаются в ГАИ лишь спустя некоторое время с придуманными легендами. Такие аварии, а их насчитывалось около 25 % от общего количества, фиксируются в журнале учета, но статистические карточки на них не заводятся. Поэтому они не вошли в общее число аварий, и по ним не проводится анализ. После введения обязательного страхования в 1998 году положение постепенно выправляется, и в данный момент проблема "неясных" аварий практически исчезла.

Таблица 3.2

Распределение аварийности по видам в г. Минске в 1991 г. [2]

Виды аварий	Всего		С пострадавшими		
	к-во	%	к-во	%	$\frac{n_a \text{ пострад.}}{n_a \text{ всего}} \%$
Столкновения	4065	76,2	180	21,6	4,4
в т.ч. попутные	1745	42,9	41	22,8	2,3
встречные	293	7,2	39	21,7	13,3
боковые и поворотные	729	17,9	61	33,8	8,4
маневровые	1298	32,0	39	21,7	3,0
Наезд на препятствие	271	5,1	33	4,0	12,2
Опрокидывание	36	0,7	12	1,4	33,3
Наезд на пешехода	659	12,4	597	71,7	90,6
Прочие виды	301	5,6	11	1,3	3,7
Итого	5332	100	833	100	15,6

Качественный анализ отвечает на вопрос, почему, по какой причине происходят аварии.

Необходимо отметить, что установление причины аварии само по себе является довольно сложным и неоднозначным делом.

Во-первых, каждая авария имеет не одну, а несколько причин (по некоторым данным, – по 2,5 причины на одну аварию), и не все они явные, однозначные. Во-вторых, причины аварии субъективно определяет инспектор или другой человек, составляющий первичные документы. Эти люди, естественно, подвержены личным пристрастиям, имеют свои суждения и взгляды, на которые сильнейшее воздействие оказывают взгляды начальников, господствующие в данный момент в инспекции, мода. В результате до сих пор нет полной ясности в распределении причин аварийности. Одни, например, утверждают, что дорожные условия являются причиной около 70 % аварий, другие предполагают, что этот процент примерно в 10 раз меньше. В конце 70-х – начале 80-х годов XX в. считалось, что большинство аварий происходит по причине превышения скорости водителем, и это было очень важно для властей: во всем можно обвинять водителя. После резкой критики такого утверждения за один год доля превышения скорости снизилась с 70 % до 13 %. Нечто подобное, хотя, разумеется, в меньших масштабах, происходит и сейчас. Интересно отметить, что недостаток регулирования как причина аварии практически нигде не фигурирует, что объясняется чрезвычайно просто: и регулированием, и определением причин аварий занимается одно и то же подразделение того и того же ведомства – ГАИ МВД.

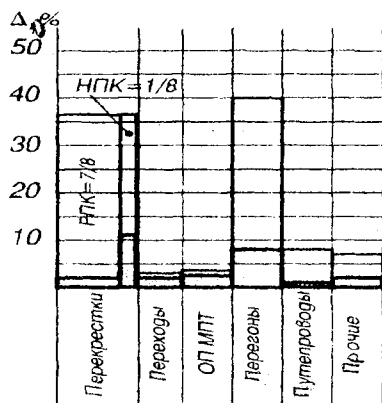


Рис. 1. Распределение аварийности по местам совершения в г. Минске в 1991 г. [2] (заштрихованы аварии с пострадавшими)

Примечание. Поскольку в существующей системе учета отнесение аварий к месту совершения производится по геометрическому, а не функциональному признаку, значительная часть, отнесенная к перегонам, может быть переадресована на перекресток.

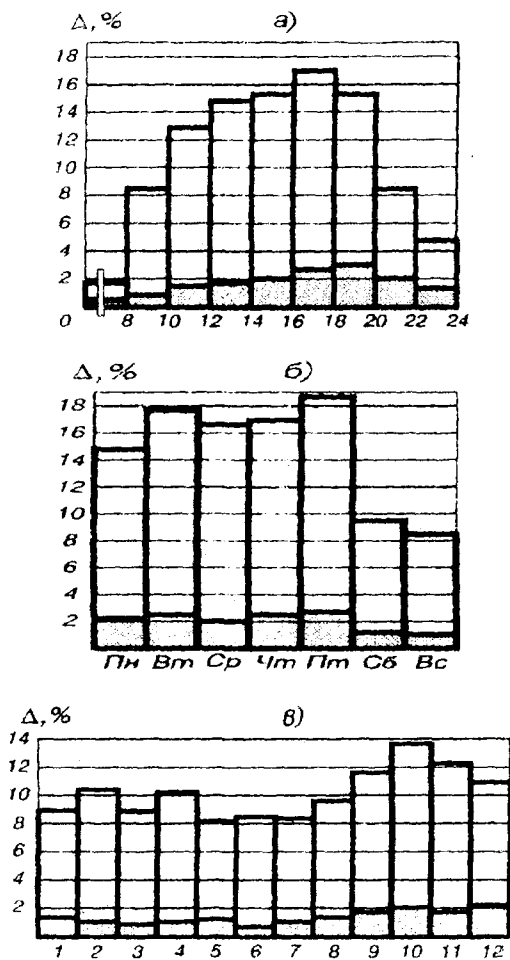


Рис. 3.2 Распределение аварийности по времени в г. Минске в 1991 г.[2]:
 а – по часам суток; б – по дням недели; в – по месяцам года
 (заштрихованы аварии с пострадавшими)

Из сказанного следует, что причины аварии – понятие весьма субъективное, и к ним нужно относиться с известной осторожностью.

Причины аварий делятся на пять основных блоков: 1) водители; 2) пешеходы; 3) ТС; 4) дорожные условия; 5) прочие.

Самый большой блок причин – водители. В некоторых формах отчетности насчитывается до 25 причин аварий, совершенных

вию водителей. Наиболее часто встречаются нетрезвое состояние, превышение скорости, несоблюдение дистанции, нарушение обгона, неправильный проезд перекрестков, неподчинение сигнала светофора и т.д.

Блок пешеходов включает до 10 причин, из которых наиболее часто встречаются нетрезвое состояние, переход в неустановленном месте, переход перед близко идущим транспортом, неожиданный выход из-за препятствия и т.д.

Блок транспортных средств включает до 20 причин, наиболее частыми из которых являются повреждение тормозных шлангов и других деталей тормозного привода, поломка деталей рулевого привода, разрыв шины (переднего колеса), износ протектора шины и т.д.

Блок дорожных условий также включает около 20 причин, наиболее частыми из которых являются скользкое покрытие, неровности покрытия, ограниченная видимость, плохое состояние обочин и т.д.

Блок прочих причин включает вину велосипедистов: нетрезвое состояние, внезапный выезд из ряда, несоблюдение очередности проезда и т.д.; вину возчиков и пассажиров; стихийные бедствия, – например, падение дерева, и т.д.

На рис. 3.3 показано распределение причин аварийности в г. Минске за 1991 г.

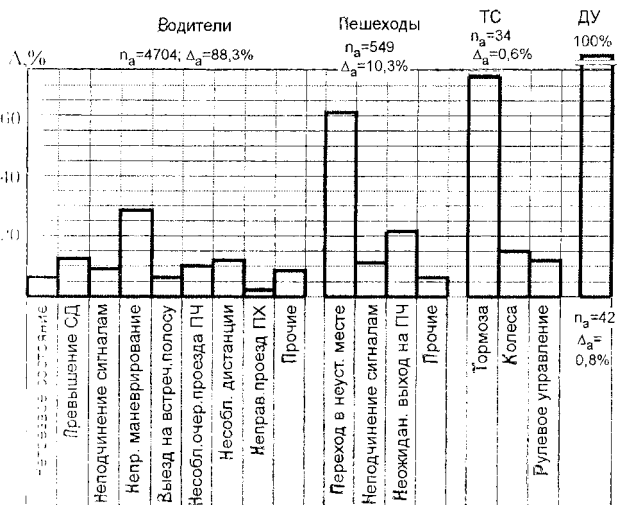


Рис. 3.3. Причины аварийности в г. Минске в 1991 г. [10]

Топографический анализ отвечает на вопрос — где (на местности) происходят аварии, и заключается в привязке мест их совершения на карте или схеме исследуемой территории.

На рис. 3.4 показан упрощенный вариант топографического анализа аварийности в г. Минске за 1991 г. Если в одной аварии было ранено или погибло несколько человек, используется символ увеличенного размера (или указание цифрой числа пострадавших). В некоторых случаях на одной карте могут быть нанесены (различным цветом) аварии за 2 или даже за 3 года.

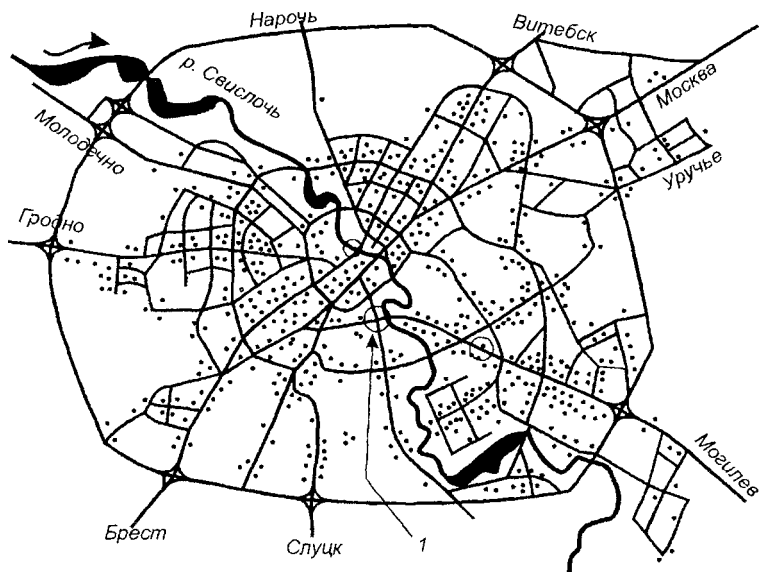


Рис. 3.4. Топографический анализ аварийности в г. Минске в 1991 г. [10] (упрощенный вариант: показана, примерно, половина из 833 аварий с пострадавшими кольцевая автодорога административно в 1991 г. не входила в г. Минск):
1 — участок УДС, показанный на рис. 3.5 и 3.6

Как видно из рисунка, наибольшее количество аварий с пострадавшими происходит в центральной деловой части города и на основных магистральных улицах. Примерно такое же распределение имеют аварии без пострадавших. При этом можно отметить, что в центральной деловой части города и в некоторых жилых районах преобладают наезды на пешеходов, а на магистральных улицах — столкновения транспортных средств.

Топографический анализ очень наглядно показывает возникновение и перемещение (с течением времени) мест концентрации аварий на исследуемой улично-дорожной сети (УДС). Как правило, места аварийности располагаются в районе перекрестков, пешеходных переходов, остановочных пунктов маршрутного пассажирского транспорта, в местах скопления пешеходов или запаркованных автомобилей и др.

Одним из методов является разновидностью топографического и заключается в нанесении возможно большего количества информации об авариях на масштабной схеме элементарного участка. На рис. 3.5 показано пересечение магистральных улиц в г. Минске с нанесенными данными об аварийности за 1988 г.

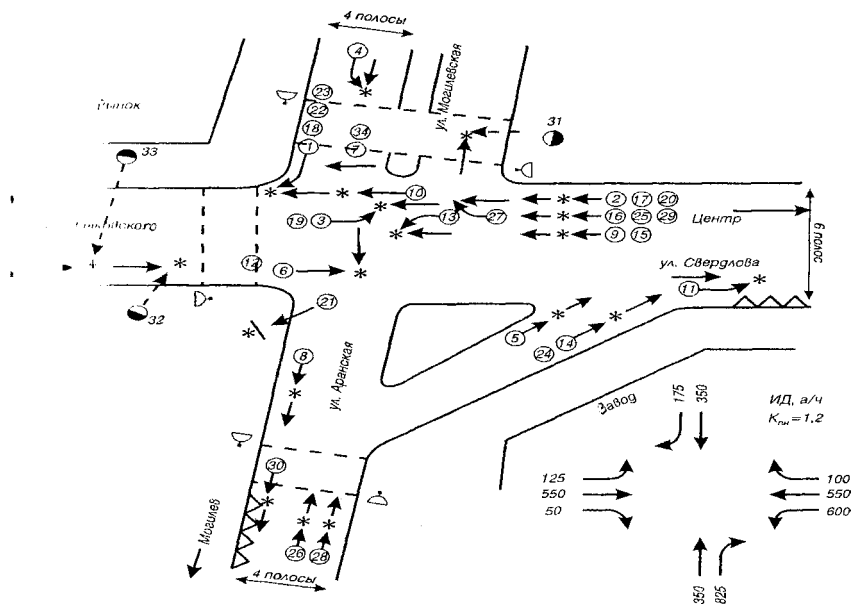


Рис. 3.5 Аварийность на перекрестке Свердлова – Аранская – Маяковского – Могилевская за 1988 г.

Широкая сплошная линия показывает траекторию движения ТС, тонкая – траекторию движения пешеходов, крестик (звездочка) – место совершения аварии. Кружок с порядковым номером указывает виновного участника. Если кружок не заштрихован, авария – с

материальным ущербом, если наполовину заштрихован, – с ранением, полностью заштрихован, – с гибелью людей. Когда совершается несколько однотипных аварий, к одной схеме движения приставляется несколько кружков – по числу аварий.

В спецификации для каждой аварии приводятся дата, время, особые условия: цифра – число пострадавших, если их – больше одного; индекс Н – нерегулируемый режим; индекс I – нетрезвый участник; индексы М, Г, П, О, С – тип ТС (легковой не указывается) и т.д. Очаговый анализ, как правило, дает достаточно полную (количественную, качественную и топографическую) информацию об аварийности на данном элементарном участке. Напомним, что очагом аварийности на перегоне принято считать ограниченный участок, на котором за исследуемый период (1 год) произошло не менее 3 аварий. На рис. 3.6 показан очаг аварийности на перегоне улицы.

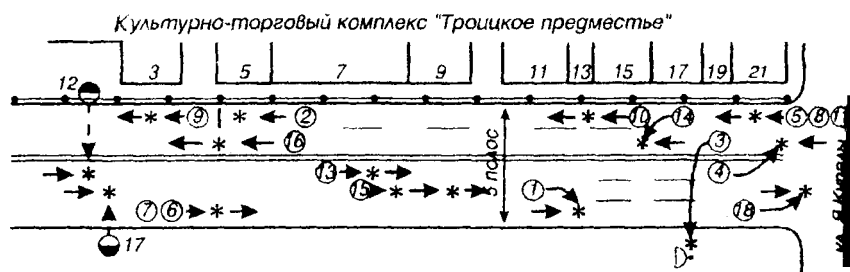


Рис. 3.6. Аварийность на перегоне ул. Богдановича в г. Минске в 1990 г.:

1 - 20.03, 20:15; 2 - 07.03, 12:45; 3 - 28.03, 07:50; 4 - 25.04, 16:25; 5 - 03.04, 15:40; 6 - 12.06, 11:15; 7 - 06.07, 17:00; 8 - 19.07, 14:00; 9 - 11.08, 21:30; 10 - 30.09, 14:00; 11 - 12.09, 08:40; 12 - 11.10, 07:20; 13 - 03.10, 21:20; 14 - 24.10, 13:30; 15 - 05.10, 11:15; 16 - 27.12, 16:45; 17 - 11.10, 07:05; 18 - 27.04, 17:15

Исследование очагов аварийности позволяет найти наиболее вероятную причину (или причины) аварий и, устранив ее, резко уменьшить их количество и тяжесть последствий. При этом следует учитывать реальные условия – невозможность быстро изменить проектные решения, отсутствие свободных капиталов, необходимость строить и эффективной отдачи и т.д.

Первым и очень важным этапом является выбор исследуемого очага, – в принципе, он должен быть самым трудным из наблюдаемых.

них и самым первоочередным по отдаче. Поскольку единой методики определения таких очагов не существует, выбирают несколько конкурентных очагов и оценивают их с разных сторон: по числу аварий, по приведенному числу аварий, по числу участников, по числу ТС, по наименьшему числу причин и т.д. На основании такого анализа выбирают 2–3 очага, которые и признаются первоочередными. Следует отметить, что при самом выборе этих первоочередных очагов аварийности, как правило, всегда не хватает данных, поэтому аналитику в значительной мере приходится проявлять субъективизм и интуицию.

После выбора исследуемых очагов и составления для них масштабных схем аварийности на план участка наносится вся известная ситуация – деревья, опоры, здания, сооружения и т.д. Затем инспектор выезжает на место и наносит на план дополнительную информацию, которая может иметь отношение к аварийности, – неровности на проезжей части, скользкие места (например, выступание связующей на покрытии), посторонние объекты, которые могут отвлекать водителя, и т.д. Возможно, придется выполнять измерения скорости, интенсивности, состава потока, интервалов движения, фиксировать траекторию движения ТС и т.д.

Обычно удается обнаружить какую-либо причину, вызывающую аварии. Если же это сразу не удастся выяснить, рекомендуется пройти несколько раз опасный участок, проехать его на различных скоростях от мотоцикла до большегрузного автопоезда, побывать в роли пешехода, переходящего проезжую часть или идущего вдоль нее по обочине.

Необходимо исследовать участок в различных условиях видимости – днем, вечером и ночью. Как правило, после таких исследований, которые могут продолжаться несколько дней, причина аварийности все же находится. Однако, если и после исследования причины не найдены, желательно пригласить специалистов другого профиля – транспортников, дорожников, психологов.

Следует учитывать то обстоятельство, что иногда ключ к разгадке причины аварийности находится не на самом элементарном участке, а за его пределами. Например, после продолжительного замедления обгона, казалось бы, обыкновенные участки становятся опасными, потому что после долгого запрета в потоке создается повышенное психическое напряжение, и при первой же возможности

водители производят очень много обгонов, часто с повышенным риском. На пересечениях в разных уровнях, особенно на левоповоротных съездах, водители после долгого движения на высокой скорости по магистрали сразу не успевают адаптироваться к уже изменившимся условиям и по инерции продолжают двигаться с гораздо большей скоростью, чем это требуется по условиям безопасности. То же самое можно сказать и о въезде в (малые) населенные пункты, когда первые 200–300 м машины часто движутся с повышенными скоростями. Иными словами, если причина аварийности не находится в самом очаге, ее следует искать на стыках элементарных участков или в самой системе УДС.

Исследование (экспертиза) отдельной аварии. Выше рассматривался анализ аварийности, т.е. анализ совокупности многих или во всяком случае, нескольких аварий. Однако для решения специальных задач юридического характера производится анализ одной отдельно взятой аварии с целью воссоздания условий возникновения и механизма ее протекания. Основной задачей является установление положения и скорости движения участников до аварии, установление момента начала уклончивых действий (как правило начала торможения) и т.д. На основании результатов анализа определяется, имели ли участники техническую возможность избежать аварии, а суд устанавливает степень виновности (и ответственности) каждого участника.

Анализ отдельной аварии требует очень точных детальных исходных данных, что, в свою очередь, требует профессионального составления первичных документов и полного отражения в них необходимых деталей. Именно поэтому такие документы должны составляться объективными профессионалами с максимальным использованием объемной фотографии, которая не только ускоряет процесс оформления (что само по себе довольно важно, т.к. на месте аварии всегда создаются транспортные затруднения), но и фиксирует многие, казалось бы, незначительные детали, которые потом оказываются чрезвычайно важными.

Поскольку результаты анализа оказывают непосредственное влияние на судьбу конкретных людей, он может выполняться только установленном порядке по утвержденным методикам. Имеется специальная литература [1, 5], где наряду с методиками приведены единичные исходные данные, например, по времени реакции водителя.

коэффициенту сцепления, эффективности торможения и т.д. В данной работе приведены фрагменты некоторых расчетов с тем, чтобы студент мог ориентироваться в подобном анализе и при необходимости выполнить простейшие оценки ситуации, предшествовавшей данной конкретной аварии.

В табл. 3.3 приведена классификация транспортных средств.

Т а б л и ц а 3.3

Классификация ТС [1]

Категория	Тип ТС
M1	Автомобили, предназначенные для перевозки пассажиров, с числом сидений не более 8 (кроме водителя) и созданные на их базе модификации для перевозки мелких грузов
M2	То же, имеющие более 8 мест для сидения (кроме водителя), с полной массой до 5 т включительно
M3	То же с полной массой свыше 5 т
N1	Одиночные автомобили или автопоезда, предназначенные для перевозки грузов, с полной массой до 5 т включительно
N2	То же с полной массой свыше 3,5 т до 12 т
N3	То же с полной массой свыше 12 т

Тормозной путь автомобиля при полном (до остановки) торможении определяется по формуле

$$S_T = (t_2 + 0,5 \cdot t_3) \frac{V_H}{3,6} + \frac{V_H^2}{26 \cdot (a_T \cdot \cos \alpha \pm g \cdot \sin \alpha)}, \text{ м,}$$

где t_2 – время срабатывания привода тормозов, с; для гидравлического привода легковых автомобилей $t_2 = 0,2$ с, грузовых – $t_2 = 0,4$ с, пневматического привода грузовых автомобилей $t_2 = 0,4$ с; для автопоезда при одном прицепе $t_2 = 0,6$ с, при двух прицепах $t_2 = 1,0$ с; для автомобилей с гидропневматическим приводом $t_2 \leq 0,4$ с;

t_3 – время нарастания замедления, с (табл. 3.4);

V_H – скорость в начале торможения, км/ч;

a_T – установившееся замедление, м/с² (табл. 3.5);

α – уклон дороги, град ($\alpha > 0,5\%$);
 g – ускорение силы тяжести ($9,81 \text{ м/с}^2$).

Таблица 3.4

Время нарастания замедления t_3 [1]

Нагрузка	φ	Категория М			Одиночные, категория N			Автопоезда категория N		
		M1	M2	M3	N1	N2	N3	N1	N2	N3
С полной нагрузкой	0,8	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	0,7	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	0,6	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	0,5	0,3	0,55	0,6	0,55	0,5	0,4	0,6	0,6	0,6
	0,4	0,25	0,4	0,45	0,4	0,4	0,4	0,5	0,45	0,45
	0,3	0,2	0,3	0,35	0,3	0,3	0,3	0,35	0,35	0,35
	0,2	0,1	0,2	0,25	0,2	0,2	0,2	0,2	0,25	0,25
0,1	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Без нагрузки	0,8	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	0,7	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	0,6	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	0,5	0,35	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	0,4	0,3	0,4	0,55	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	0,3	0,25	0,4	0,4	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
	0,2	0,15	0,25	0,25	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
0,1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	

Таблица 3.5

Установившееся замедление ТС a_T , м/с^2 [1]

Тип ТС	Категория	Без нагрузки при φ			Нагрузка 50 % при φ			Нагрузка 100 % при φ		
		>0,6	0,6	0,5	>0,6	0,6	0,5	>0,6	0,6	0,5
Одиночные ТС и автопоезда	M1	6,1	5,9	4,9	5,6	5,6	4,9	5,2	5,2	4,9
	M2	5,5	5,5	4,9	5,0	5,0	4,9	4,5	4,5	4,5
	M3	5,0	5,0	4,9	4,7	4,7	4,7	4,5	4,5	4,5
Одиночные ТС	N1	5,4	5,4	4,9	4,7	4,7	4,7	4,0	4,0	4,0
	N2	5,7	5,7	4,8	4,8	4,8	4,8	4,0	4,0	4,0
	N3	6,1	5,9	4,9	5,0	5,0	4,9	4,0	4,0	4,0
Автопоезда	N1	4,7	4,7	4,7	4,3	4,3	4,3	4,0	4,0	4,0
	N2	4,9	4,9	4,9	4,4	4,4	4,4	4,0	4,0	4,0
	N3	5,0	5,0	5,0	4,5	4,5	4,5	4,0	4,0	4,0

Остановочный путь автомобиля при полном торможении определяется по формуле

$$S_0 = S_T + t_1 \cdot \frac{V_H}{3,6}, \text{ м.}$$

В табл. 3.6 приведены расчетные значения времени реакции водителя.

Т а б л и ц а 3.6

Расчетные значения времени реакции водителя t_1 [5]

Условия движения	t_1 , с
В районе школ или иных детских учреждений, обозначенных ДЗ, перекрестками и т.п.	0,6
В районе пешеходных переходов, в зоне ОП МПТ, при обгоне и т.п.	0,8
На иностранных дорогах при появлении в неустановленных местах пешеходов или животных	1,2
При появлении на ПЧ дороги с усовершенствованным покрытием неожиданных, нестандартных помех, при движении в темное время суток	1,4
Во всех остальных случаях	1,0
В случаях ослепления встречным транспортом или иным источником света в темное время суток (время реакции может быть увеличено в сравнении с приведенным на величину до 0,6 с)	+0,6

Многочисленные испытания показали, что тормозные пути, рассчитанные по приведенной формуле, несколько меньше, чем полученные экспериментально. При этом, чем выше коэффициент сцепления, тем существеннее разница. Это объясняется неодинаковым износом тормозов и шин, перераспределением веса между осями, неодинаковыми коэффициентами сцепления ϕ по левому и правому бортам, различной нагрузкой и т.д. Поэтому вводится понятие коэффициента эффективности торможения K_3 , значения которого приведены в табл. 3.7.

Таблица 3.7

Коэффициент эффективности торможения K , [1]

Типы ТС	Категория	Без нагрузки при ϕ				Нагрузка 50 % при ϕ				Нагрузка 100 % при ϕ			
		0,8	0,7	0,6	0,5	0,8	0,7	0,6	0,5	0,8	0,7	0,6	0,5
Одиночные ТС и автопоезда	M1	1,28	1,12	1,0	1,0	1,40	1,22	1,05	1,00	1,50	1,32	1,13	1,00
	M2	1,42	1,24	1,07	1,0	1,56	1,37	1,17	1,00	1,74	1,52	1,30	1,09
	M3	1,56	1,37	1,17	1,0	1,66	1,46	1,25	1,04	1,74	1,52	1,30	1,09
Одиночные ТС	N1	1,45	1,27	1,09	1,0	1,66	1,46	1,25	1,04	1,96	1,71	1,47	1,22
	N2	1,37	1,20	1,03	1,0	1,63	1,43	1,22	1,02	1,96	1,71	1,47	1,22
	N3	1,28	1,12	1,00	1,0	1,56	1,37	1,17	1,00	1,96	1,71	1,47	1,22
Автопоезда	N1	1,66	1,46	1,25	1,04	1,82	1,59	1,36	1,14	1,96	1,71	1,47	1,22
	N2	1,60	1,40	1,20	1,00	1,78	1,56	1,33	1,11	1,96	1,71	1,47	1,22
	N3	1,56	1,37	1,17	1,00	1,74	1,52	1,30	1,09	1,96	1,71	1,47	1,22

Примечание. При коэффициенте сцепления от $\phi = 0,4$ и ниже $K_s = 1$ для любых типов ТС и любых нагрузок.

В табл. 3.8 приводится коэффициент сцепления ϕ для разных дорожных покрытий.

Таблица 3.8

Коэффициент сцепления ϕ для различных дорожных покрытий [1]

Вид дорожного покрытия	Состояние покрытия	ϕ
Асфальтобетонное, цементобетонное	Сухое	0,7–0,8
	Мокрое чистое	0,5–0,6
	Мокрое грязное	0,25–0,45
Щебеночное	Сухое	0,6–0,7
	Мокрое	0,3–0,5
Булыжное	Сухое	0,6–0,7
Грунтовая дорога	Сухая	0,5–0,6
	Мокрая	0,2–0,4
Покрытая укатанным снегом дорога		0,2–0,3
Обледенелая дорога		0,07–0,2

Для исследуемого автомобиля коэффициент K_3 можно приближенно определить по величине тормозного пути S_T , м, при торможении с известной скорости V , км/ч, на покрытии с известным коэффициентом сцепления φ :

$$K_3 = \frac{254}{V^2} \cdot S_T \cdot \varphi.$$

С учетом коэффициента K_3 величина замедления определяется по формуле

$$a_T = \frac{g}{K_3} \cdot \varphi, \text{ м/с}^2.$$

В качестве расчетного принимается меньшее из двух значений – первое из табл. 3.5 либо полученное по данной формуле.

Напомним, что при $\varphi \leq 0,4$ величина K_3 для любых категорий **III** автомобилей и для любых нагрузок равна 1.

Скорость автомобиля перед торможением определяют по формуле

$$V_H = 1,8 \cdot a_T \cdot t_3 + \sqrt{26 \cdot a_T \cdot S_{Ю}}, \text{ км/ч},$$

где a_T – установившееся замедление, м/с²;

$S_{Ю}$ – длина следа торможения юзом, м;

t_3 – время нарастания замедления, с.

С учетом коэффициента K_3 формула имеет вид

$$V_H = 17,6 \frac{t_3}{K_3} \cdot \varphi + \sqrt{254 \frac{S_{Ю}}{K_3} \cdot \varphi}, \text{ км/ч}.$$

При попутном столкновении скорости после удара (колеса зафиксированы) определяются по формулам

$$V_1' = \sqrt{254 \cdot S_1} \cdot \varphi, \text{ км/ч};$$

$$V_2' = \sqrt{254 \cdot S_2} \cdot \varphi, \text{ км/ч};$$

где S_1 и S_2 – расстояния, на которые продвинулись передний 1 и задний 2 автомобили, м.

Скорость заднего автомобиля до удара V_2 определяется по формуле

$$V_2 = \frac{m_1 \cdot V_1' + m_2 \cdot V_2'}{m_2}, \text{ км/ч},$$

где m_1 – масса 1-го автомобиля, кг;

m_2 – масса 2-го автомобиля, кг.

При этом принято допущение, что в момент удара скорость переднего автомобиля равна нулю, т.е. $V_1 = 0$.

3.2. Анкетирование и опрос

В ОДД анкетирование и опрос применяются достаточно редко, в основном, при исследовании стоянок, транспортной корреспонденции и в некоторых других случаях.

При проведении **анкетирования** следует учитывать, что успех во многом обусловлен человеческим фактором, поэтому здесь необходима помощь психолога или социолога, которая может выражаться в рецензировании или редактировании преамбулы и вопросов анкеты, чтобы придать ей необходимую направленность и хотя бы минимальный профессионализм.

Если анкетирование производится в свободных условиях, без элементов принуждения, – например, в учебной аудитории, – то, очевидно, на вопросы анкеты дадут ответы лишь самые активные и добросовестные респонденты. Поэтому любая выборка в определенном смысле будет типической, что следует учитывать при анализе результатов. Возврат 30-50% анкет обычно считается нормой, а иногда – успехом. Это обстоятельство необходимо учитывать при подготовке анкетирования для получения желаемой выборки ответов.

Исследователь должен учитывать ряд специфических факторов, пять из которых приведена ниже.

При анкетировании респонденты должны затрачивать минимум физических и психических усилий. Частично это обусловлено тем, что анкета напечатана на специальном бланке, вкладывается в опечатанный конверт с заполненным обратным адресом; на многие вопросы даются варианты ответа. При этом количество вариантов должно быть небольшим – от 3 до 5, – например, «да», «нет», «скорее да, чем нет», «скорее нет, чем да», «затрудняюсь ответить». В том случае ответ на вопрос заключается лишь в подчеркивании респондентом выбранного варианта. Если это невозможно, вопрос должен быть сформулирован предельно четко и требовать конкретного ответа, – например, название ближайшего от дома остановочного пункта МПТ. Количество вопросов должно быть небольшим (не более 6-8), чтобы не утомлять респондента.

Вопросы должны быть сформулированы уважительно, корректно, на понятном языке, без употребления профессиональных сокращений и узкопрофессиональной терминологии. Не должно быть вопросов, задевающих личные интересы, оскорбляющих достоинство или вызывающих недоверие респондентов. Например, нельзя задавать такой вопрос: «Где Вы берете бензин?» или «Моете ли Вы свои автомобиль у реки, у колодца, в заповедных местах?». Если спрашивать о возрасте респондента, то лучше указывать возрастные группы, при этом, чем старше возраст, тем шире группа, – например, 11-20; 21-26; 26-35; 35-45; 45-60, свыше 60. Если выясняется профессия или род занятий, лучше ограничиться широким диапазоном, – например, рабочий, инженерно-технический персонал, служащий, индивидуальный предприниматель и т.д.

Тональность преамбулы и направленность вопросов должны быть доброжелательны к респондентам и понятны им. Например, в вопросе о переносе остановочного пункта МПТ или организации стоянки можно дать предлагаемые варианты решения. Респонденты должны понимать, что их ответы окажут влияние на выбор того или иного решения.

При проведении *опроса* также имеет значение расположение респондента к опрашиваемому: при отрицательном отношении он либо не будет отвечать, либо даст заведомо неверные ответы. Если опрос проводится по месту жительства респондентов, особое значение

приобретают такие факторы, как возраст, внешний вид и манера поведения опрашиваемых. Как представляется, наилучшим вариантом в этом случае является пара (мужчина и женщина) молодых людей интеллигентного вида с хорошими манерами.

В качестве примера приведем краткое описание опроса водителей при исследовании транзитного движения.

Опрос производится с согласия и при участии ГАИ на заранее выбранных постах, которые, как правило, размещаются на въездах в город. Перед постом желательно установить временный знак ограничения скорости, например, 50 км/ч, а на самом посту должна быть площадка, вмещающая 3-4 длиннобазных автомобиля.

Автоинспектор по согласованной схеме выбора респондентов останавливает автомобили и просит их водителей проехать на площадку. Схема выбора может быть различной и зависит от масштабов движения и выполняемых задач, – например, каждый 10-й подряд, каждый 2-й иногородний и т.д. К остановленному автомобилю немедленно подходит опрашивающий с бэждом и нарукавной повязкой и, поздоровавшись, начинает опрос. При этом водитель, если это не мешает разговору, может оставаться в кабине или в салоне автомобиля. Опрос может вестись, например, в такой форме:

«Просим извинить за остановку, мы Вас задержим не более 4 минут. Идут исследования, целью которых является улучшение системы маршрутного ориентирования, чтобы водители могли выбрать наилучшие маршруты движения по городу. Нам нужна Ваша помощь, просим ответить на 4 вопроса».

При этом фамилия водителя и номер машины не фиксируются.

Водителям задаются следующие вопросы:

1. Откуда и куда Вы едете? (место или объект).

2. Знаете ли Вы маршрут движения по городу? (да; нет; скорость, чем нет). Если знаете, то каков Ваш маршрут? (назвать главные магистрали или характерные объекты). Если нет, то как Вы планируете проехать к цели – по дорожным указателям, по расспросу или каким-либо другим путем?

3. Планируете ли Вы промежуточную остановку в городе? (да; нет, затрудняюсь ответить). Если да, то для чего? (отдых, питание, заправка, покупка). Имеется ли подходящая площадка там, где Вы планируете остановиться? (да, нет, затрудняюсь ответить).

4. Довольны ли Вы системой маршрутного ориентирования в нашем городе? (да, нет, затрудняюсь ответить). Если нет, то почему? (мало указателей, они стоят не на месте, нет справочной службы и т.д.). Что бы Вы хотели пожелать городу по этому вопросу?

В заключение надо произнести:

«Спасибо за участие. До свидания. Счастливой дороги.»

Разумеется, в опросе могут быть поставлены и другие вопросы, касающиеся возможного ночлега, питания, технического обслуживания и т.д. Также могут быть изменены формулировки и объем приведенных ниже вопросов, – все это зависит от конкретных обстоятельств.

Результаты анкетирования или опроса обрабатываются статистически и представляются в зависимости от целей исследования в виде таблиц (матриц) и графиков. При этом необходимо указывать объем выборки, а при анкетировании – еще и число розданных анкет.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Целью лабораторных работ является приобретение практических навыков исследования дорожного движения, задачами – измерение отдельных параметров, обследование условий движения, анализ статистических данных и т.д.

Практически все лабораторные работы выполняются на УДС, где в зоне повышенной опасности, поэтому студенты обязаны строго соблюдать технику безопасности. Перед началом занятий студенты должны пройти инструктаж по технике безопасности и расписаться в соответствующем журнале.

Основные требования по технике безопасности чрезвычайно просты и понятны: не создавать препятствий (помех) для движения ТС. При необходимости простейшие замеры на проезжей части должны выполняться вдвоем, быстро, но без суеты, и только при отсутствии в данный момент движущихся ТС. Следует помнить, что студенты, выполняющие лабораторные работы, ничем не отличаются от обычных пешеходов, и несоблюдение установленных правил может привести к самым тяжелым последствиям.

Все лабораторные работы относятся к категории т.н. «пассивных» исследований, проводимых без вмешательства в процесс движения,

поэтому студенты, насколько это возможно, должны быть максимально незаметными и для водителей, и для пешеходов. Поскольку лабораторные работы проводятся, как правило, в осенне-весенний период, в условиях неустойчивой погоды, студенты должны быть тепло одеты и иметь какую-либо защиту от дождя. Желательно также иметь простейший планшет и запасную ручку или карандаш.

Весьма важным является представление результатов исследования, т.е. надлежащее их оформление, – как правило, в виде графиков или таблиц. В отчетах обязательно должны быть указаны точные дата, время и место проведения замеров, название работы, фамилия и инициалы исполнителя, номер академической группы. Отчет должен включать краткое описание объекта и самой работы, исходные данные, необходимые расчеты (без детального пояснения формул) и краткое заключение. Вся промежуточная информация, протоколы замеров, записи, эскизы и т.п. – также входит в отчет, но отдельно, в черновиках, и переписывать ее в чистом виде не следует. Рекомендуем для лабораторных работ завести две ученические тетради в клеточку: одну – для черновых записей, другую – для отчетов.

4.1. Составление масштабного плана перекрестка

Задание

Обследование перекрестка и составление масштабного плана нанесением технических средств регулирования и обустройства. Краткая характеристика перекрестка.

Порядок выполнения работы

Место проведения работы – регулируемый перекресток с урбанистической транспортной перегрузкой. Работу выполняет каждый студент индивидуально.

После детального ознакомления с перекрестком на листе бумаги карандашом выполняется эскизный план и условными обозначениями (табл. 4.1) отмечаются все характерные элементы плана. Проставляют необходимые размерные линии, приняв за базу, например, кромку проезжей части главной дороги. Затем производят измерения, и результаты наносят на эскиз. После этого приступают к сверке эскизного плана с натурой и проверяют возможности м

штатного вычерчивания: достаточно ли произведено замеров, все ли элементы плана нанесены на эскиз и т.д.

Таблица 4.1

Условные обозначения

Технические средства регулирования дорожного движения	Светофор транспортный, СТБ 1300-2002	
	Светофор пешеходный; светофор для общественного транспорта	
Объекты благоустройства	Знаки дорожные, СТБ 1140-99 (указывается контур знака и его номер по СТБ). Знак 5.16 установлен на колонке (консоли), знак 3.2 подвешен на растяжке	
	Здания, сооружения (жирный контур с указанием материала, назначения и этажности)	
	Деревья лиственные, хвойные	
	Кустарники рядной посадки, газоны	
	Люк, решетка канализационной сети	
	Перильные (парапетные) ограждения	
	Опоры линии электропередач	
	Другие объекты (контур)	(телефон-автомат)
	Наезд на пешехода	(12.04.96)
	Столкновение	(при аварии со смертельным исходом контур густо заштриховывается или заливается тушью, при ранениях заштриховывается наполовину)
Аварии	Наезд на неподвижное препятствие или остановившееся транспортное средство	
	Другие виды аварий	

Измерение геометрических параметров перекрестка производится только в светлое время суток. Замеры ширины полос движения или всей проезжей части выполняются в районе пешеходного перехода и только при разрешающем сигнале светофора для пешеходов. Измерения ширины проезжей части выполняются с точностью ± 10 см (желательно выполнять эту работу вдвоем). Измерения других линейных размеров на перекрестке выполняются с точностью ± 25 см, а расстояний до остановочных пунктов, линии застройки и т.д. – с точностью ± 1 м.

При составлении плана перекрестка в нем должны быть отражены следующие элементы:

- 1) ширина проезжей части, количество и ширина полос движения;
- 2) взаимное расположение входов, радиусы закругления кромок проезжей части, дислокация технических средств регулирования;
- 3) расположение и размеры остановочных пунктов, красные линии застройки, опоры линий электропередач, деревья, кустарники;
- 4) другие характерные элементы, оказывающие влияние на процесс движения: торговые ларьки и киоски, рекламные щиты и тумбы, павильоны, скамейки, урны, выступающие или утопающие канализационные люки или решетки, неровности местности и т.д.

При описании перекрестка кроме основных геометрических характеристик отмечаются видимые недостатки в организации движения: недостаточная боковая видимость, значительные очереди автомобилей, нарушение правил движения пешеходами, наличие посторонних предметов на пути движения транспорта или пешеходов, состояние технических средств регулирования и обустройства и т.д.

По результатам наблюдений и измерений строится эскизный масштабный план перекрестка с нанесением технических средств регулирования и обустройства. Рекомендуемый масштаб плана – 1:50. Наиболее важные размеры – ширина полос движения и проезжей части, ширина и отнесение пешеходных переходов т.д. – указываются на плане (в м). Желательно, чтобы с каждого входа на план был показан участок до 20 м, а при наличии остановочного пункта до его окончания (по ходу движения).

Все входы в перекресток, начиная с левого на чертеже, нумеруются по часовой стрелке цифрами 1, 2, 3, 4 или буквами А, В, С, при этом главную дорогу желательно располагать горизонтально. Принятая нумерация (1 – слева, 2 – сверху, 3 – справа и 4 – снизу).

сохраняется независимо от наличия или отсутствия входа, поэтому, например, трехсторонний перекресток может иметь нумерацию 1 3 4 (А С D) или 1 2 3 (А В С).

С одного из входов должен быть обязательно указан объект ориентирования, – например: «к ул. Гоголя», «центр» или «к кольцевой дороге».

Отчет о работе включает масштабный план и краткое (1–2 с.) описание перекрестка. К отчету прикладывается черновой эскиз, на основании которого выполнен масштабный план.

4.2. Измерение интенсивности движения и состава транспортного потока

Задание

Измерение числа и типа ТС, прошедших перекресток с одного из входов за 10 минут. Обработка и представление результатов измерений.

Порядок выполнения работы

Место проведения работы – нерегулируемый перекресток. Работу выполняет каждый студент индивидуально. Выбрав удобное место для наблюдений, студент записывает в строчку индексы транспортных средств (табл. 4.2), прибывающих на перекресток с одного из входов, как правило, главного направления. Продолжительность записи – одну строчку – 1 мин, продолжительность замеров – 10 мин.

Если ТС поворачивает направо, над его индексом ставится знак "+", если налево, – знак "-", если разворачивается, – знак "=". Возможны и другие пометки над, под или рядом с индексом ТС, – например индекс "○" (снизу) означает существенную задержку ТС.

Ниже приведен пример записи одной строчки: $ллл \overset{+}{г} \overset{-}{л} \overset{+}{г} о ллл$.

Записи могут быть модифицированы: например, вместо индексов "+" можно ставить их число с запятой: $4, \overset{+}{г} \overset{-}{л} \overset{+}{г} о 3$. Возможны и другие варианты записи проходящих ТС, но по согласованию с преподавателем.

Таблица 4.2

Коэффициенты приведения транспортного средства [2]

№ п/п	Тип транспортного средства	Группа	Индекс	$K_{пт}$	$K_{пн}$	$K_{пз}$
1	Мотоциклы, мотороллеры, мопеды	Мотоциклы	М	0,5	0,7	0,4
2	Легковые, грузопассажирские, микроавтобусы	Легковые	Л	1,0	1,0	1,0
3	Грузовые, тракторы, сельскохозяйственные машины	Грузовые	Г	2,0	1,4	1,7
4	Автопоезда, тракторные поезда	Автопоезда	П	3,5	2,3	3,0
5	Автобусы, троллейбусы	Общественный транспорт	О	3,0	2,0	8,0
6	Сочлененные автобусы, троллейбусы	Сочлененные	С	4,0	2,6	14,0

Обработка результатов. Для каждой строчки подсчитывается число прошедших ТС n_z . Рассчитываются параметры распределения числа ТС, прошедших перекресток за 1 минуту:

$$\bar{n}_z = \frac{\sum(n_z \cdot Z)}{\sum Z};$$

$$\sigma_{nz} = \sqrt{\frac{\sum(n_z - \bar{n}_z)^2 \cdot Z}{\sum Z}};$$

$$I_{nz} = \frac{\sigma_{nz}}{n_z},$$

где Z – число замеров с одинаковым значением n_z ;

$\sum Z$ – суммарное число замеров (по условию работы $\sum Z = 10$)

t_z – математическое ожидание распределения;

σ_{nz} – среднее квадратическое отклонение распределения;

v_{nz} – коэффициент вариации распределения.

Ю сумме всех замеров подсчитывается:

а) число правоповоротных ($n_{\text{пр}}$), левоповоротных ($n_{\text{лв}}$) и тран-
ших ($n_{\text{тр}}$ или просто n) ТС;

б) число ТС каждого типа: $n_{\text{м}}, n_{\text{л}}, n_{\text{г}}, n_{\text{п}}, n_{\text{о}}, n_{\text{с}}$.

в) подсчитываются следующие характеристики:

ИД для каждого минутного интервала времени (т.е. для каждой
0 секунд)

$$q_z = \frac{n_z}{t_z}, \text{ авт./с}; Q_z = q_z \cdot 3600, \text{ авт./ч},$$

t_z – продолжительность замера для каждой строки (по условию
этой $t_z = 60$ с);

средняя ИД за время измерений

$$\bar{q} = \frac{\bar{n}_z}{t_z}, \text{ авт./с}; \bar{Q} = \bar{q} \cdot 3600, \text{ авт./ч};$$

средняя ИД по направлениям

$$q_{\text{пр}} = \frac{n_{\text{пр}}}{\sum t_z}, \text{ авт./с}; Q_{\text{пр}} = q_{\text{пр}} \cdot 3600, \text{ авт./ч};$$

$$q_{\text{лв}} = \frac{n_{\text{лв}}}{\sum t_z}, \text{ авт./с}; Q_{\text{лв}} = q_{\text{лв}} \cdot 3600, \text{ авт./ч};$$

$$q_{\text{тр}} = \frac{n_{\text{тр}}}{\sum t_z}, \text{ авт./с}; Q_{\text{тр}} = q_{\text{тр}} \cdot 3600, \text{ авт./ч};$$

доля в потоке ТС каждого типа Δi :

$$\Delta i = \frac{n_i}{\sum n_i},$$

где n_i – число ТС данного типа (мотоциклы, легковые, грузовые и т.д.);

коэффициент приведения состава транспортного потока

$$K_{\text{пр}} = \frac{\sum (n_i \cdot K_{\text{пр}i})}{\sum n_i};$$

$$K_{\text{пн}} = \frac{\sum (n_i \cdot K_{\text{пн}i})}{\sum n_i};$$

$$K_{\text{пэ}} = \frac{\sum (n_i \cdot K_{\text{пэ}i})}{\sum n_i},$$

где $K_{\text{пр}}$, $K_{\text{пн}}$, $K_{\text{пэ}}$ – частные коэффициенты приведения ТС данного типа (табл. 4.2).

По результатам расчетов строятся:

график неравномерности движения по одноминутным интервалам (рис. 4.1);

картограмма и цифрограмма ИД (рис. 4.2);

диаграмма состава ТП (рис. 4.3).

Отчет о работе включает эскизный план и краткое описание объекта, протоколы измерений в черновом виде, расчеты параметров без пояснения формул, график неравномерности движения, картограмму и цифрограмму ИД, диаграмму состава транспортного потока и краткое заключение.

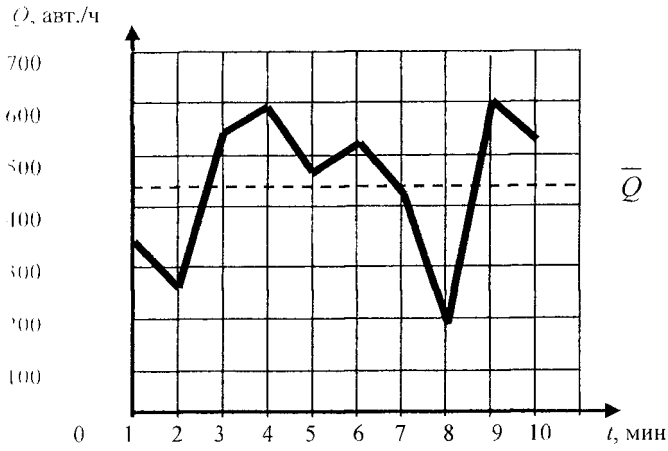


Рис. 4.1. График неравномерности движения

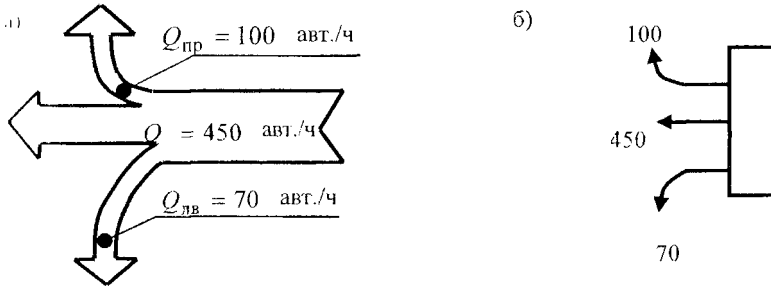


Рис. 4.2. Картограмма (а) и цифrogramма (б) интенсивности движения

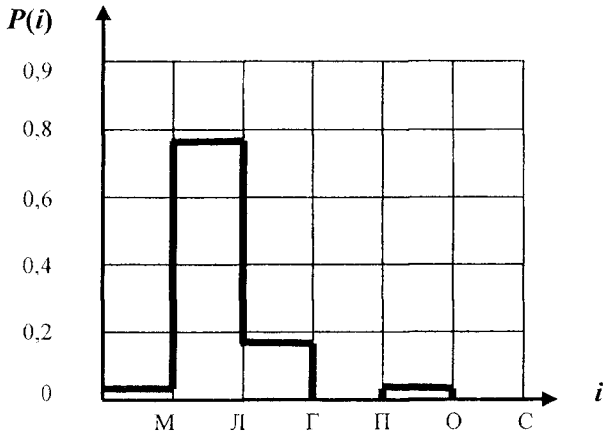


Рис. 4.3. Диаграмма состава транспортного потока

4.3. Измерение мгновенной скорости движения транспортного потока

Задание

Подготовка и проведение замеров скорости. Обработка и представление результатов измерения.

Порядок выполнения работы

Место проведения замеров выбирается на перегоне улицы с умеренным или интенсивным движением не ближе 120–150 м от перекрестка. Подыскивается участок, где на расстоянии 15–25 м от проезжей части имеется свободная площадка, с которой хорошо просматривается улица на расстоянии 50–60 м и более. Желательно, чтобы водители не замечали проведения измерений, иначе они будут отвлекаться или сбавлять скорость. Замеры выполняются для одной полосы движения. Работу выполняет каждый студент индивидуально.

Подготовка к замерам заключается в определении исходных данных и установке ориентиров O (рис. 4.4). С помощью рулетки или иным способом измеряются величины S_0 , b_0 и b_1 . Искомая величина S_1 определяется из соотношения

$$S_1 = S_0 \left(1 + \frac{b_1}{b_0} \right), \text{ м.}$$

Желательно, чтобы время прохождения автомобилем мерного участка находилось в пределах $t = 3 \dots 6$ с, для чего протяженность участка S_1 должна быть в пределах 40–60 м. В точках O , если невозможно привязать их к существующим ориентирам (опоры линии электропередач, стволы деревьев, столбики ограждений и т.п.), можно устанавливать собственные ориентиры, – например, поставленный на торец кирпич, небольшая ветка, портфель или иной предмет.

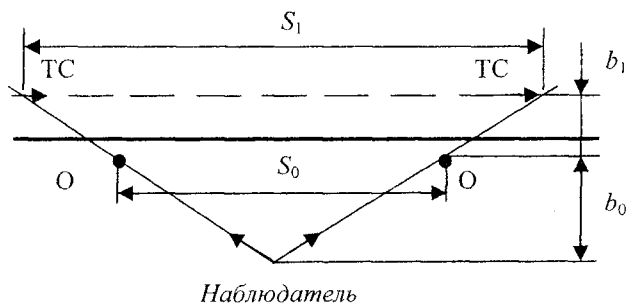


Рис. 4.4. Схема производства замеров скорости

Замеры производятся с помощью секундомера. Фиксируется окончание (либо начало) прохождения автомобиля через ориентир. Результаты замеров заносятся в протокол (табл. 4.3). Измеряется скорость, по возможности, каждого проходящего по данной полосе автомобиля. Однако, если идет плотная группа (пачка) автомобилей, измеряется скорость любого автомобиля из этой пачки, идущего по исследуемой полосе, которая затем присваивается всем автомобилям пачки. Производится такое количество замеров, чтобы число автомобилей в выборке составило 50.

Обработка результатов. По каждому замеру подсчитывается (с погрешностью до 0,1 км/ч) и заносится в протокол скорость V :

$$V = 3,6 \cdot \frac{S_1}{t}, \text{ км/ч.}$$

Производится группирование скоростей таким образом, чтобы получилось не менее 5 – 8 групп. Обычно интервал (шаг) группирования составляет 5 км/ч, – например, группа "35 км/ч" включает скорости от 32,5 до 37,5 км/ч, а группа "40 км/ч" включает скорости от 37,5 до 42,5 км/ч. При этом нижний предел скорости по договоренности входит в данную группу, а верхний – в последующую (или наоборот).

Протокол измерения мгновенной скорости ТП ($S_0 = 56$ м)

№ п/п	t	V	№ п/п	t	V	№ п/п	t	V	№ п/п	t	V
1	4,2	48	14	4,8	42	27			40		
2	3,7	54,5	15	3,5	57,6	28			41		
12	4,8	42	25			38			49		
13	5,2	33,8	26			39			50		

Затем определяют параметры распределения скоростей:

$$\bar{V} = \frac{\sum (V_i \cdot n_i)}{\sum n_i}, \text{ км/ч;}$$

$$\sigma_V = \sqrt{\frac{\sum (V_i - \bar{V})^2 \cdot n_i}{\sum n_i}}, \text{ км/ч;}$$

$$I_V = \frac{\sigma_V}{\bar{V}},$$

где n_i – число замеров, соответствующих данному значению скорости (или входящих в данную группу);

V_i – скорость данного замера (или средняя скорость данной группы), км/ч.

По результатам расчетов строятся экспериментальная и теоретическая кривые распределения скоростей (рис. 4.5). Напомним, что при построении экспериментальной кривой используются верхние пределы значений скорости каждой группы. При построении теоретической кривой используются пять точек, соответствующих значениям \bar{V} (50 %), $\bar{V} \pm \sigma_V$ (84 % и 16 %) и $\bar{V} \pm 2 \cdot \sigma_V$ (98 % и 2 %). Рекомендуемые масштабы: скорости – 1 см: 5 км/ч; частоты – 1 см: 0,2.

Результаты расчетов сводятся в табл. 4.4.

Результаты измерения мгновенной скорости ТП

№ п/п	Параметр	Индекс	Размерность	Значение
1	Число замеров	n	шт.	
2	Математическое ожидание	\bar{V}	км/ч	
3	Среднеквадратическое отклонение	σ_V	км/ч	
4	Коэффициент вариации	I_V	—	

Отчет о работе включает краткое описание объекта, схему производства замеров с указанием всех размеров, протокол измерений в черновом виде, таблицу результатов и кумулятивные кривые распределения скоростей (рис. 4.5).

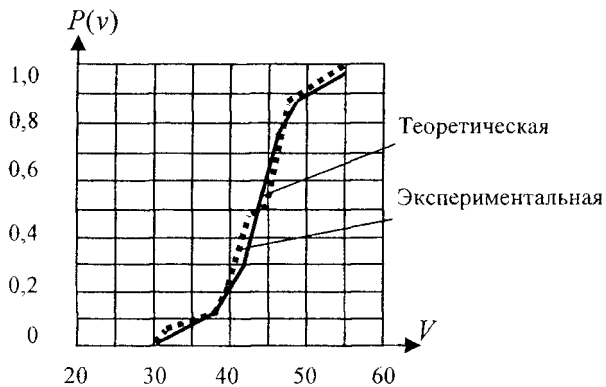


Рис. 4.5. Кумулятивные кривые распределения скоростей

4.4. Оценка боковой видимости на перекрестке

Задание

Ознакомление с работой исследуемого объекта. Подготовка и проведение замеров, обработка и представление результатов.

Порядок выполнения работы

Место проведения работы – перекресток с низкой или умеренной интенсивностью движения, на котором, по меньшей мере, в одной из конфликтных точек (КФТ) боковая видимость неудовлетворительная. Работу выполняют 2 студента, которые оценивают боковую видимость для двух разных КФТ (возможно, – на разных перекрестках). Каждый студент оформляет и защищает свою работу, включающую оценку боковой видимости для "своей" КФТ.

Из подручных материалов необходимо изготовить вешку 120 см. При отсутствии вешки следует запомнить точку на своем теле, находящуюся на высоте примерно 120 см. Следует также запомнить положение полусогнутого тела на почти прямых ногах, при котором глаза находятся на высоте около 120 см, а руки упираются в колени. И, наконец, следует заранее подсчитать, сколько шагов вмещается на отрезке длиной 50 м и 35 м.

Ознакомившись с работой перекрестка, студенты выбирают искомую КФТ и отмечают ее, например, мелом. Двигаясь (по тротуару или обочине) навстречу движению, первый наблюдатель отмеряет от КФТ расстояние 50 м и делает отметку на проезжей части примерно в метре от бортового камня (точка S_1 , рис. 4.6). Второй наблюдатель аналогично отмеряет на второстепенной дороге расстояние 35 м от КФТ и тоже делает отметку на проезжей части (точка S_{02}). Закрепив на себе на высоте 120 см (от проезжей части) относительно крупный сигнальный предмет не менее 30 см × 30 см (например, портфель, развернутую книгу или тетрадь), второй наблюдатель становится в точку 6. Первый наблюдатель, находясь в точке 3, с высоты 120 см от проезжей части пытается увидеть сигнальный предмет 2-го наблюдателя. Если этот предмет виден, второстепенная сторона треугольника боковой видимости равна не менее 35 м и является достаточной.

Если это условие не выполняется, 2-й наблюдатель перемещается по траектории 4 в сторону КФТ до тех пор, пока 1-й наблюдатель не увидит сигнальный предмет (точка 5). На линии 5–3 2-й наблюдатель делает отметку мелом в точке S_2 , расстояние от которой до КФТ и будет второстепенной стороной фактического треугольника боковой видимости.

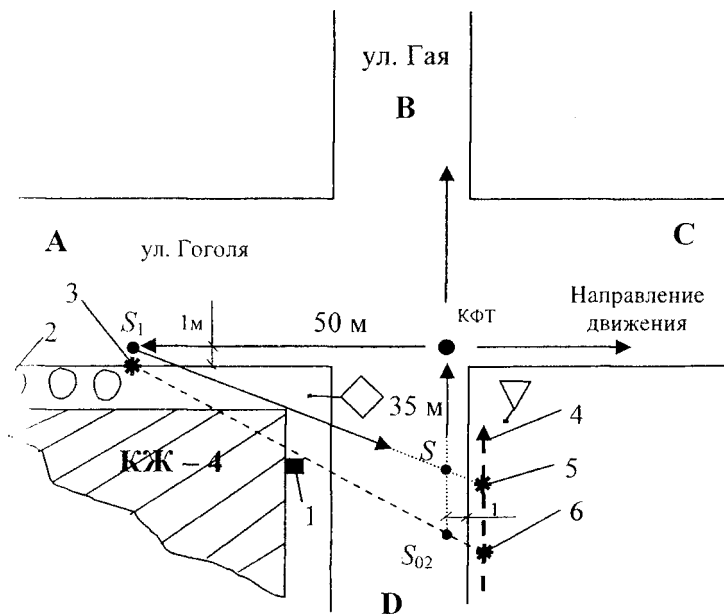


Рис. 4.6. Оценка боковой видимости на перекрестке:
 1 – электрошкаф; 2 – деревья; 3 – место расположения 1-го наблюдателя;
 4 – траектория перемещения 2-го наблюдателя; 5 – место расположения 2-го наблюдателя при оценке прозрачности треугольника боковой видимости;
 6 – место расположения 2-го наблюдателя в начале измерений

Установив в точке 3 вешку или иной ориентир, наблюдатели выстраиваются в точке 5 и с высоты 120 см от проезжей части оценивают видимость самых низких легковых автомобилей на участке КФТ, движущихся в направлении АС. Если автомобиль (мотоцикл, велосипедист) виден почти непрерывно (более 90 % времени), прозрачность треугольника боковой видимости считается высокой. Если видимость составляет 70...90 % времени, прозрачность хорошая, если 40...70 % – удовлетворительная, менее 40 % – неудовлетворительная. Если по каким-либо причинам оценивать прозрачность треугольника по движущимся транспортным средствам невозможно, вместо автомобиля из точки 3 в сторону КФТ перемещается наблюдатель с установленным на высоте 120 см от проезжей части сигнальным предметом.

При оценке боковой видимости в конфликте Т-П размеры треугольника должны быть не менее 50×8 м. Работа выполняется аналогично при этом главным считается направление движения транспорта.

Отчет о работе включает краткое описание объекта, эскизный план с нанесением треугольника боковой видимости, указанием степени прозрачности, перечислением помех для видимости и кратким заключением.

4.5. Измерение задержек транспорта на нерегулируемом перекрестке

Задание

Подсчет ИД на главном и второстепенном направлениях. Измерение задержек транспорта на второстепенном направлении. Расчет задержек по экспериментальным данным и сопоставление результатов.

Порядок выполнения работы

Место проведения работы – нерегулируемый трехсторонний перекресток, отстоящий от предыдущего светофорного объекта на главной дороге на расстоянии не менее 250–300 м. Интенсивность движения в главном направлении – умеренная. Измерения выполняют два студента: один – на главном, другой – на второстепенном направлениях. Выбрав удобное место для наблюдений, студенты одновременно начинают замеры и продолжают их в течение 10 минут. Затем они меняются местами, и замеры повторяются. Каждый студент обрабатывает свои данные и отчитывается по своему замеру.

Вначале определяют динамический коэффициент приведения второстепенных ТП $K_{\text{пн}2}$. Для этого в течение 5 минут каждый студент для своего потока записывает число и тип прошедших ТС. Затем производят измерения задержек правоповоротного ТП второстепенного направления. Для этого первый наблюдатель в течение каждого 10-секундного интервала времени подсчитывает число правоповоротных автомобилей второстепенного направления:

1) стоящих перед условной стоп-линией в данном интервале времени (число m , записываемое в числителе);

2) проехавших стоп-линию и ушедших с перекрестка (число n , записываемое в знаменателе).

По условию задачи, первый наблюдатель должен сделать 60 записей. Если в данном 10-секундном интервале нет искомого ТС, наблюдатель в соответствующем месте ставит прочерк или нуль.

Второй наблюдатель в это время подсчитывает ИД на правой полосе главного направления, являющейся главным конфликтующим потоком для правоповоротного потока второстепенного направления (интенсивностью q).

При повторном замере первый (бывший второй) наблюдатель подсчитывает числа m и n для левоповоротного потока второстепенного направления; второй (бывший первый) – суммарную ИД по главной дороге на прилегающем направлении и на левой полосе противоположного направления, куда вливается исследуемый левоповоротный поток (интенсивностью q_{Σ}).

Обработка результатов. Экспериментальная удельная задержка определяется по формуле

$$d_3 = \frac{10 \cdot \sum m}{\sum n}.$$

Расчетная удельная задержка определяется по формуле

$$d_p = \frac{e^{q \cdot T} - q \cdot T - 1}{q - q_2 \cdot (e^{q \cdot T} - q \cdot T - 1)}, \text{ с/авт.},$$

где e – основание натурального логарифма;

T – приемлемый интервал в главном конфликтующем потоке: при левом повороте

$$T = (3 + 0,5 \cdot i) \cdot \sqrt{K_{\text{пн}2}}, \text{ с};$$

при пересечении

$$T = (4 + 0,5 \cdot i) \cdot \sqrt{K_{\text{пн}2}}, \text{ с};$$

при правом повороте

$$T = 4,5 \cdot \sqrt{K_{\text{пн}2}}, \text{ с,}$$

где $K_{\text{пн}2}$ – динамический коэффициент приведения второстепенного ТП;

q – расчетная ИД главного конфликтующего потока, авт./с,

$$q = q_{\Sigma} \cdot 0,9^{(i-1)}, \text{ авт./с,}$$

где q_{Σ} – измеренная ИД главного конфликтующего потока, авт./с;

i – число полос движения главного конфликтного потока, шт.;

q_2 – ИД второстепенного потока, авт./с,

$$q_2 = \frac{\sum n}{t}, \text{ авт./с,}$$

где t – время измерений, с, по условию работы $t = 600$ с.

Относительная погрешность расчетного определения задержки вычисляется по формуле

$$\delta_d = \frac{d_3 - d_p}{d_3}.$$

Если δ_d превышает $\pm 0,25$, следует несколько изменить величину приемлемого интервала T , о чем делается соответствующая запись.

Результаты работы представляются в виде табл. 4.5.

Отчет о работе включает краткое описание работы, план перекрестка, протоколы измерений в черновом виде, расчеты без применения формул, таблицу результатов и краткое заключение.

**Результаты определения задержек транспорта
на нерегулируемом перекрестке**

№ п/п	Параметр	Индекс	Размерность	Значение
1	Суммарное число ТС, остановленных в 10-секундном интервале	$\sum m$	шт.	
2	Общее число ТС, прошедших перекресток	$\sum n$	шт.	
3	Удельная задержка экспериментальная	$d_э$	с/авт.	
4	Суммарная интенсивность движения главного ТП	q_Σ	авт./с	
5	Число полос движения главного ТП	i	шт.	
6	Расчетная интенсивность движения главного ТП	q	авт./с	
7	Интенсивность второстепенного ТП	q_2	авт./с	
8	Коэффициент приведения динамический	$K_{пн2}$	–	
9	Приемлемый интервал	T	с	
10	Удельная задержка расчетная	d_p	с/авт.	
11	Относительная погрешность	δ_d	–	

4.6. Измерение транспортной корреспонденции

Задание

- 1) Подготовка к проведению замеров. Запись номеров проходящих ТС.
- 2) Обработка и представление результатов измерений.

Порядок выполнения работы

Место проведения работы – участок улицы с умеренной ИД, включающий два и более перекрестка со второстепенными улицами. Работу выполняет подгруппа студентов, состоящая из 5–12 человек – как правило, половина академической группы. Измерения проводятся только для одного направления движения.

Подготовка к работе заключается в ознакомлении с участком, выделении на перекрестках, разработке схемы измерений, распределении наблюдателей по перекресткам (рис. 4.7) и выборе места для каждого

наблюдательного поста. Производится пробный замер ИД на наиболее нагруженном посту и определяется примерное время проезда между перекрестками. Определяется продолжительность измерений, а также сдвиг начала и конца измерений на каждом последующем перекрестке с учетом времени проезда исследуемого перегона.

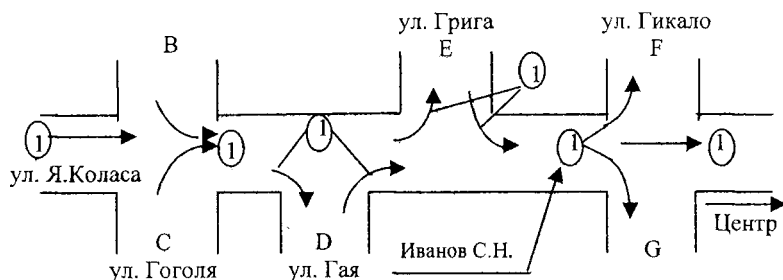


Рис. 4.7. Схема измерений и распределение наблюдателей

Необходимо учитывать, что один наблюдатель может нормально работать с однополосным потоком при ИД не более 500 авт./ч, а с двухполосным потоком – при ИД не более 300 авт./ч суммарно. При выборе продолжительности измерений следует исходить из того, что на первом входе А (рис. 4.7) число зафиксированных транзитных автомобилей должно быть порядка 100 шт. при машинной обработке результатов и порядка 50 шт. – при ручной обработке. Поэтому при интенсивности транзитного движения на входе А, например, 500 авт./ч продолжительность измерений при ручной обработке составит

$$t_{\text{изм}} = \frac{50}{500} \cdot 60 = 6 \text{ мин.}$$

Сдвиг начала и конца измерений задается в минутах. Перед началом замеров производится сверка часов у всех участников. Каждый участник должен четко знать свою задачу, производить запись разборчиво, на одной странице, в отдельной колонке для каждого направления. Следует помнить, что в случае срыва замеров один из участников автоматически срывается работа всей подгруппы. Рекомендуется, если это возможно, иметь одного запасного наблюдателя, в качестве которого может выступать неформальный руководитель работы из числа студентов.

Измерения заключаются в том, что в течение заданного времени каждый наблюдатель фиксирует госномер (без серии) автомобилей, проходящих в заданном направлении. Если автомобиль не имеет номера, можно записать его цвет и марку. Подобным же образом можно поступать с мотоциклами, тракторами и т.д.

Обработка результатов. Если имеется возможность, результаты обрабатываются на ЭВМ по специальной программе. В результате расчета на печать выводятся:

- ИД на каждом входе и выходе (рис. 4.8);
- матрица корреспонденций (табл. 4.6);
- количество неопознанных (потерявшихся) автомобилей.

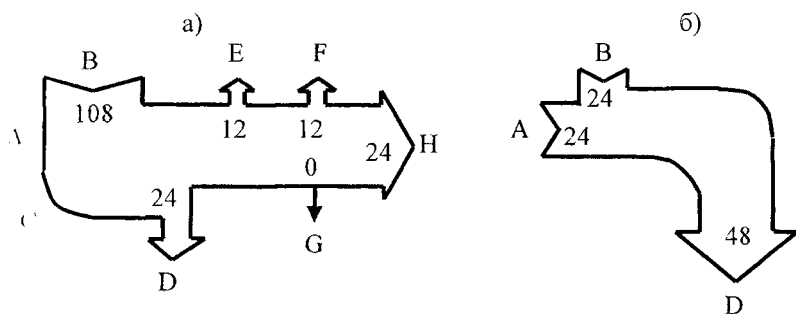


Рис. 4.8. Картограмма интенсивности движения:
а – на входе В; б – на выходе D

При ручном счете наблюдатели подсчитывают ИД на своих входах и выходах. Затем подгруппа собирается вместе, и наблюдатель на первом входе (А) зачитывает вслух поочередно номер каждого цветного автомобиля. Наблюдатели на всех выходах отыскивают каждый названный автомобиль. В случае успеха наблюдатель громко называет индекс своего выхода, допустим, D, и напротив номера названного автомобиля ставит номер его входа, в данном случае – А. При этом наблюдатель на входе, зачитывающий номера, ставит напротив номера найденного автомобиля номер его выхода, – в данном случае – D. Если в течение 15–20 с названный автомобиль не отыскался, наблюдатель на входе А зачитывает номер следующего автомобиля, и так до конца списка. Затем наступает очередь наблюдателей на остальных входах и т.д.

После окончания "переключки" каждый наблюдатель подсчитывает число и ИД найденных автомобилей для своего входа или выхода. Определяется доля потерянных автомобилей с каждого входа. Заполняется матрица корреспонденций. Строится картограмма интенсивности на каждом входе и выходе.

Отчет о работе представляется каждым студентом индивидуально и включает краткое описание, схему измерений с указанием своего измерительного поста (Иванов С.Н. на рис. 4.7), протокол измерений в черновом виде и результаты измерений – матрицу корреспонденций и картограмму интенсивности на своем входе или выходе. Студенты, которые не имеют своего входа или выхода (например, второй наблюдатель на входе А, запасной наблюдатель) могут присоединиться к тем студентам, которые имеют по два входа-выхода и вынуждены выполнять несколько больший объем работ.

Таблица 4.6

Матрица корреспонденций

В	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	$\Sigma_{\text{найд}}$	$\Sigma_{\text{всех}}$	$\Delta_{\text{потер}}$
Из										
А	12	24	24	12	-	12	360	444	600	0,26
В		-	24	12	12	-	24	72	108	0,33
С	-		-	24	12	12	48	96	132	0,27
Д	-	-		60	12	-	48	120	168	0,29
Е	-	-	-		-	24	36	60	60	0
$\Sigma_{\text{найд}}$	12	24	48	108	36	48	516	792	-	-
$\Sigma_{\text{всех}}$	12	24	72	132	60	96	636	-	1068	-
									1032	
$\Delta_{\text{потер}}$	0	0	0,33	0,18	0,40	0,50	0,19	-	-	0,25
										0,23

4.7. Исследование уличных стоянок

Задание

Подготовка к проведению замеров. Запись номеров запаркованных автомобилей. Оценка качества работы стоянки и парковки автомобилей.

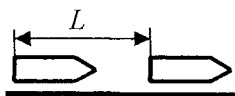
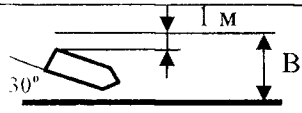
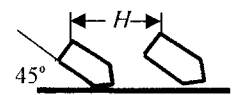

Порядок выполнения работы


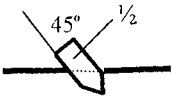

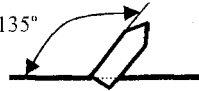
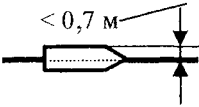
Место проведения работы – участок улицы, на котором разрешена околотротуарная стоянка. Протяженность участка – до 350 м, как правило, на одной стороне улицы. Работу выполняет каждый студент индивидуально.

Подготовка к проведению работы заключается в составлении масштабного плана участка с нанесением обустройства и дислокации технических средств регулирования. Измеряют протяженность участка и определяют емкость стоянки n_e с учетом требований правил (табл. 4.7). Напомним, что минимальное расстояние между габаритными точками запаркованных и движущихся автомобилей должно быть не менее 0,9 м. Следовательно, если автомобиль запаркован ближе 0,9 м от границы полосы, по которой осуществляется движение, такая ситуация должна рассматриваться как нарушение.

Таблица 4.7

Размеры околотротуарных стоянок (ориентировочные)

№ п/п	Способ постановки	L ,	H ,	B ,	$S_1 = L \cdot B$,	$S_2 = B \cdot H$,
		м	м	м	м ²	м ²
	2	3	4	5	6	7
		8,00	8,00	3,50	28,0	28,0
		5,57	5,67	5,67	31,6	28,4
		5,30	3,53	6,30	33,4	22,3
		4,67	2,89	6,57	30,7	20,0

1	2	3	4	5	6	7
5		2,50	2,50	6,00	15,0	15,0
6		4,50	3,53	3,70	16,7	13,1
7		2,50	2,50	5,00	13,0	13,0
8		5,30	3,53	5,60	29,7	19,8
9		8,00	8,00	1,7	13,6	13,6

Наблюдатель, перемещаясь вдоль бортового камня, фиксирует колонку государственные номера (без серии) запаркованных автомобилей, отмечая условными обозначениями возможные нарушения. Если стояночное место не занято, в колонке проставляют прочерк. Дойдя до конца участка, наблюдатель возвращается в исходную точку и повторяет обход. Всего нужно выполнить не менее пяти обходов при общей продолжительности измерений не менее 50 минут. Желательно, чтобы обходы производились через одинаковые промежутки времени, – скажем, через 10 минут.

При повторных обходах напротив повторяющихся номеров и предыдущих колонок ставится символ – // –. Если за время очередного обхода автомобиль ушел со стоянки, а его место занял другой, фиксируется номер нового автомобиля.

Обработка результатов. Подсчитывается фактическое число автомобилей, находящихся на стоянке при каждом обходе, n_i . Рассчитываются параметры распределения \bar{n} , σ_n , I_n . Строится граф

в загрузки стоянки (рис. 4.9), на который наносятся значения n и четной емкости стоянки n_e .

Определяется число нарушителей при каждом обходе n_{ni} и среднее по результатам измерений \bar{n}_n ; эти величины также наносятся на график, причем площадь под линией нарушений n_{ni} штрихуется.

Определяется доля нарушителей по результатам измерений

$$\Delta n = \frac{\bar{n}_n}{n}$$

Определяется продолжительность стоянки автомобилей. Поскольку продолжительность измерения относительно невелика, а начало очереди стоянки для многих автомобилей неизвестны, можно говорить лишь о продолжительности стоянки свыше t мин, где t – интервал между обходами, скажем, 10 минут. Следовательно, классификация будет иметь вид: "свыше 10 мин.", "свыше 20 мин." и т.д. Относительно редкие случаи, когда время пребывания автомобиля на стоянке ограничено с обеих сторон, могут быть без большой ответственности отнесены к категории "свыше t мин". Однако, если продолжительность стоянки весьма незначительная (например, около некоторых магазинов), классификация вполне может иметь и вид: " t мин". На рис. 4.10 показан график распределения продолжительности стоянки.

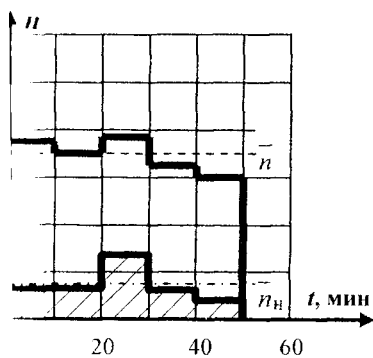


рис. 4.9. График загрузки стоянки

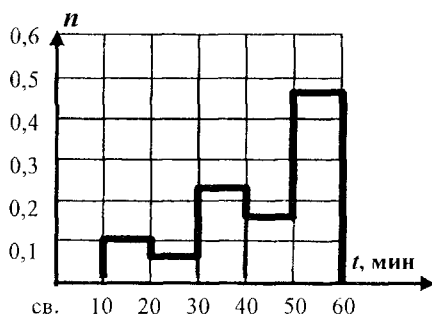


Рис. 4.10. Распределение продолжительности стоянки

Определяется средняя загрузка стоянки

$$X_{\text{ст}} = \frac{\bar{n}}{n_e}$$

Определяется оборот стояночного места за 8-часовой период светлого времени суток n_0 :

$$n_0 \approx \frac{n_{\text{пр}} \cdot 480}{n_e \cdot t_{\text{изм}}}, \text{ авт./место,}$$

где $n_{\text{пр}}$ – число автомобилей, прибывших на стоянку за время измерений;

$t_{\text{изм}}$ – продолжительность измерений, мин.

Результаты работы заносятся в табл. 4.8.

Отчет о работе включает краткое описание и план участка, протоколы измерений в черновом виде, расчеты без пояснения формул, таблицу результатов, графики и краткое заключение.

Таблица 4

Результаты исследования стоянки

№ п/п	Параметр		Индекс	Размерность	Значение
1	Продолжительность измерения		t	мин	
2	Число обходов		i	–	
3	Протяженность участка		S	м	
4	Емкость стоянки		n_e	авт.	
5	Нагрузка на стоянку	Математическое ожидание	\bar{n}	авт.	
6		Коэффициент вариации	I_n	–	
7	Коэффициент загрузки стоянки		$X_{\text{ст}}$	–	
8	Доля нарушителей		Δn_n	–	
9	Оборот стоянки за 8 часов		n_0	авт./ место	

4.8. Исследование маневрирования

Задание

Подсчет числа маневров и оценка их опасности. Обработка и представление результатов измерений.

Порядок выполнения работы

Место выполнения работы – маневровый участок, в качестве которого могут быть приняты зона остановочного пункта маршрутного пассажирского транспорта без заездного кармана, зона влияния остановок транспорта на нагруженной магистральной улице, подходы к перекрестку или к пешеходному переходу, небольшие перекрестки или отдельные секторы больших (например, кольцевых) перекрестков и т.д. Работу выполняет каждый студент индивидуально.

Ознакомившись с исследуемым участком и выполнив его эскизный план, студент с помощью условных обозначений наносит на этом плане места наиболее часто встречающихся видов маневров. В протоколе формируется число колонок записи, соответствующее числу видов маневров, при этом над каждой колонкой ставится условное обозначение маневра.

Выбрав удобное место для наблюдений, студент в течение не менее 30 минут фиксирует наблюдаемые маневры, записывая в соответствующую колонку индекс опасности маневра: **б** (бесконфликтный), **к** (конфликтный), **о** (опасный). При этом, опасные маневры подразделяются на 3 категории: легкая (**л**), средняя (**с**), тяжелая (**т**). В протоколе индекс "л" не проставляется, а индексы "с" и "т" проставляются, – например: **ос, от**.

Приведем некоторые определения, которыми следует руководствоваться при выполнении данной работы.

Маневром называется существенное изменение скорости и (или) направления движения ТС, – например, торможение, остановка, трог, разгон, поворот, разворот, объезд, смена полосы (перестроение), обгон, отклонение, слияние, пересечение, переплетение, парковка и т.д. В зависимости от темпа изменения скорости или направления маневры подразделяются на *служебные* (темп – невысокий или умеренный) и *экстренные* (темп – высокий или предель-

ный). В зависимости от характера взаимодействия с другими участниками движения маневры подразделяются на следующие категории опасности:

1) *бесконфликтный* – выполняется свободно, без видимого взаимодействия с другими участниками, когда ближайший главный конфликтующий участник прибудет (или уже убыл) в конфликтную точку не ранее чем через 3 с после оставления ее второстепенным конфликтующим участником;

2) *конфликтный*, – когда для избежания коллизии главный конфликтующий участник вынужден предпринять служебные уклончивые действия: сбросить газ, притормозить, слегка отвернуть и т. д. либо когда второстепенный конфликтующий участник вынужден экстренно отказываться от намеченного маневра;

3) *опасный*, – как правило, вызывающий конфликтную ситуацию и имеющий место тогда, когда участники независимо от приоритета для избежания коллизии вынуждены предпринимать экстренные уклончивые действия.

Напомним, что под уклончивыми действиями понимается маневрирование с целью избежать столкновения или иной коллизии. Экстренные уклончивые действия предпринимаются, как правило, в случае возникновения конфликтной ситуации, когда до столкновения или иной коллизии остается меньше 1 с.

Конфликтные ситуации подразделяются на 3 категории:

1) *легкая* – характеризуется как "очень опасно";

2) *средняя* – характеризуется как "чудом пронесло";

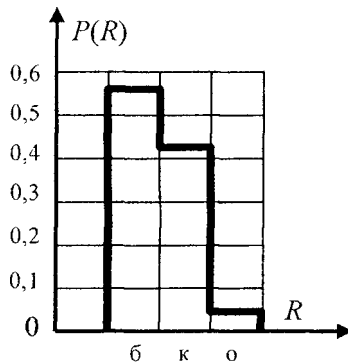
3) *тяжелая* – характеризуется как "чудом уцелел", когда произошел физический контакт между участниками, однако существенные повреждения ТС отсутствуют, а люди не пострадали.

В случае возникновения тяжелой конфликтной ситуации дается краткое описание самой ситуации, повреждений ТС или обустройства, указываются возможные причины и виновные.

Отчет о работе включает краткое описание и эскизный план исследуемого участка, описание измерений, таблицу результатов (табл. 4.9), распределение маневров по степени опасности (рис. 4.11), протокол измерений в черновом виде и краткое заключение.

Результаты исследования маневрирования (образец)

Опасность	Вид					Сумма	
						шт.	%
б							
к							
о	л						
	с						
	т						
Σ							

Рис. 4.11. Распределение маневров по степени опасности R

4.9. Исследование остановочного пункта маршрутного пассажирского транспорта

Задание

Ознакомление с работой остановочного пункта. Подготовка и измерение характеристик движения подвижных единиц и вышедших пассажиров. Обработка и представление результатов.

Порядок выполнения работы

Место проведения работы – умеренно нагруженный ОП МПТ. Работу выполняет каждый студент индивидуально.

После ознакомления с работой ОП составляется его масштабный план с нанесением дислокации технических средств регулирования и обустройства, указанием числа полос движения, ширины проезжей части, размеров заездного кармана и т.д. Определяются, нумеруются и наносятся на план все траектории движения вышедших пассажиров, в том числе и несанкционированные. В предполагаемых местах остановки подвижных единиц на проезжей части мелом наносятся небольшие штрихи, отстоящие от бортового камня на 20, 40, 60, 80 и 100 см.

Выбрав удобное место для наблюдений, студент фиксирует в протоколе (табл. 4.10):

1) время прибытия и убытия каждой подвижной единицы ПЕ (с точностью до ± 2 с);

2) расстояние от бортового камня до остановившейся ПЕ (по меловым меткам);

3) число вышедших пассажиров и траектории их последующего движения.

Замеры производятся не менее чем для 10 ПЕ и продолжительностью не менее чем 30 мин, при этом фиксируется точное время начала и конца измерений.

Таблица 4.1

Протокол измерений на остановочном пункте

№ п/п	№ маршрута	Тип ПЕ	Время, мин. с			Расстояние от бортовки, см	Число вышедших пассажиров (по траекториям)						
			прибытие	убытие	простоя		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	Всего
1	21	Т	1.35	2.05	30	40	2	—	1	3/1*	3**	1**	10/5
2	37	А	3.50	4.22	32	70	4	3	2/2	4/1	6	2	21/11
10	40	АС	25.17	25.33	36	20	12	3	6/1	10/4	4	3	38/12
Ср.	—	—	—	—	31	45	7.3	2.1	4.1/1.5	6/2.7	4.2	2.7	26.4/11

Примечание.

* В числителе указывается общее число вышедших пассажиров, идущих данной траектории, в знаменателе – число нарушителей Правил.

** Все пешеходы, идущие по данным траекториям, являются нарушителями.

Обработка результатов. Рассчитываются параметры распределения времени простоя ПЕ на остановочном пункте – t , σ_t , I_t , а также параметры распределения расстояний от бортового камня до остановившейся ПЕ – \bar{S} , σ_s , I_s . По усредненным данным рассчитывается ИД вышедших пассажиров, а также доля нарушителей для каждой траектории в целом.

Результаты расчетов заносятся в табл. 4.11. Строится график прибытия подвижных единиц к остановочному пункту (рис. 4.13) и картограмма интенсивности движения вышедших пассажиров (рис. 4.14) с указанием доли нарушителей (заштриховано).

Отчет о работе включает эскизный план и краткое описание СН МПТ, протокол измерений в черновом виде, таблицу результатов, график прибытия подвижных единиц, картограмму интенсивности движения вышедших пассажиров и краткое заключение.

Таблица 4.11

Результаты измерений на остановочном пункте

Параметр	Индекс	Размерность	Значение
Продолжительность измерений	t_0	мин	
Число подвижных единиц	n	шт.	
Параметры распределения времени простоя ПЕ на остановочном пункте	\bar{t}	с	
	I_t	–	
Параметры распределения расстояния от бортового камня до ПЕ	\bar{S}	см	
	I_s	–	
Суммарная интенсивность движения вышедших пассажиров	Q_n	чел./ч	
Суммарная доля нарушителей Правил	Δn	–	

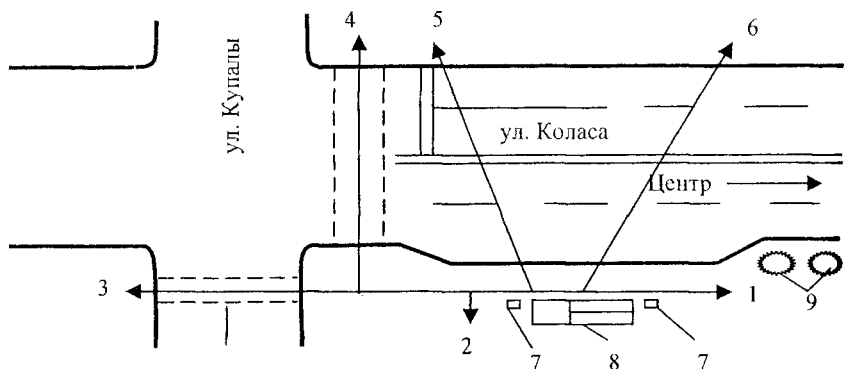


Рис. 4.12. Схема остановочного пункта:
 1...6 – траектория движения вышедших пассажиров; 7 – урны;
 8 – павильон; 9 – деревья

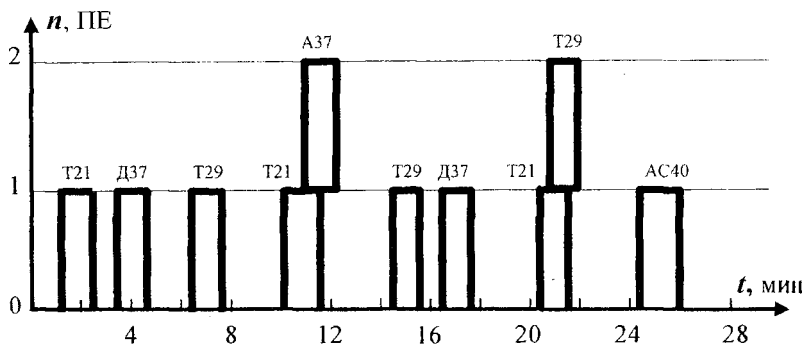


Рис. 4.13. График прибытия ПЕ

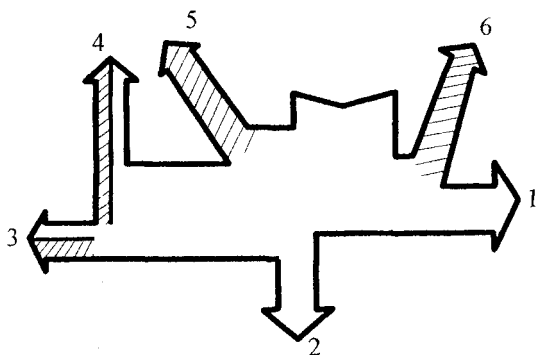


Рис. 4.14. Картограмма ИД вышедших пассажиров

4.10. Измерение параметров транспортного потока с помощью ходовой лаборатории

Задание

Измерение интенсивности движения и состава транспортного потока, а также скорости движения и задержек ходовой лаборатории. Обработка и представление результатов измерений.

Порядок выполнения работы

Работа выполняется в ходовой лаборатории, в качестве которой может быть использован любой легковой автомобиль или автобус с исправным спидометром. Автомобиль проезжает по заданному маршруту туда и обратно, двигаясь в транспортном потоке. Маршрут выбирается с таким расчетом, чтобы время движения в одном направлении находилось в пределах от 4 до 6 минут. Желательно, чтобы на маршруте находилось несколько светофорных объектов, остановочных пунктов маршрутного пассажирского транспорта и нерегулируемых пешеходных переходов. Замеры следует производить, по возможности, ближе к пиковому периоду.

Работу выполняет подгруппа студентов, состоящая из 3–4 человек. Первый наблюдатель фиксирует интенсивность и состав транспортного потока во встречном направлении. Второй через каждые 100 м фиксирует скорость ходовой лаборатории, считывая показания спидометра с точностью до 5 км/ч. Он же записывает точный километраж, который называет водитель перед началом и после окончания каждого заезда. Третий наблюдатель фиксирует точное время начала и окончания заезда, продолжительность и причину каждой остановки, величину ограничения скорости и зону его действия на участке, а также число автомобилей, которые опередили ходовую лабораторию и которое опередила сама лаборатория. Четвертый наблюдатель, если он имеется, помогает подсчитывать интенсивность движения, вычислять зону ограничения скорости, число обгоняемых и обгоняющих автомобилей и т.д.

После каждого заезда наблюдатели могут меняться местами и ролями. Для последующей обработки и расчетов каждый студент получает свой заезд, поэтому результаты измерений в каждом

заезде всеми наблюдателями фиксируются в отдельных протоколах, которые затем распределяются среди членов подгруппы. Поскольку каждому студенту для обработки результатов своего заезда необходима информация об интенсивности движения и времени проезда данного участка в обратном направлении, в подгруппу целесообразно включать 4 человека и выполнять 4 заезда, – например, от исходной точки вправо туда и обратно и влево туда и обратно. Если в качестве ходовой лаборатории используется микроавтобус с восемью студентами, маршрут может быть удлинён ровно в два раза, – скажем, вправо по два участка туда и обратно и столько же – влево. В любом случае на каждом участке замеры следует выполнить при движении туда и обратно, а после проезда каждого участка ходовая лаборатория должна остановиться, чтобы наблюдатели могли зафиксировать исходные данные.

Обработка результатов:

1. Рассчитывается скорость сообщения на участке V_c :

$$V_c = 3600 \cdot \frac{S}{t}, \text{ км/ч,}$$

где S – протяженность участка (по спидометру), км;

t – время проезда участка, с.

По данным замера скорости по спидометру рассчитываются параметры распределения скорости \bar{V} , σ_V и I_V .

Строится график изменения скорости на маршруте (рис. 4.15). Рекомендуемые масштабы: скорости – 1 мм : 1 км/ч; времени – 1 мм : 2 с. На график наносится скорость сообщения V_c (пунктирная линия) математическое ожидание распределения скоростей \bar{V} (сплошная линия).

Рассчитывается относительная погрешность определения скорости \bar{V} (по отношению к скорости V_c):

$$\delta_V = \frac{V_c - \bar{V}}{V_c}.$$

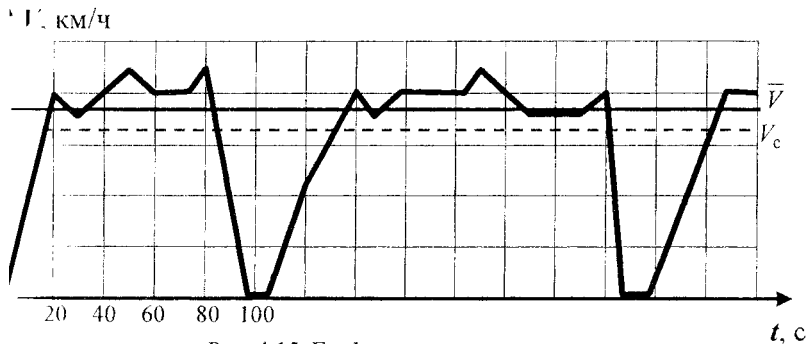


Рис. 4.15. График изменения скорости

Рассчитываются ИД и состав транспортного потока (встречно-направления):

$$Q = \frac{n_2 + n_f - n_s}{t_2 + t_1} \cdot 3600, \text{ авт./ч};$$

$$K_{\text{пн}} = \frac{\sum(n_{2i} \cdot K_{\text{пни}})}{n_2},$$

n_2 – суммарное число ТС встречного потока, зафиксированное проездом данного участка во встречном направлении, шт.;

n_f – число ТС, опередивших ходовую лабораторию в исследуемом заезде, шт.;

n_s – число ТС, которое опередила ходовая лаборатория в исследуемом заезде, шт.;

t_2 – время проезда данного участка во встречном направлении, с;

t_1 – время проезда данного участка в исследуемом заезде, с;

n_{2i} – число ТС данной группы, зафиксированных при проезде участка во встречном направлении, шт.;

$K_{\text{пни}}$ – частный коэффициент приведения для данной группы ТС.

Напомним, что при расчете Q и $K_{\text{пн}}$ для данного направления движения следует брать значения n_2 , n_{2i} и t_2 , полученные при движении ходовой лаборатории во встречном направлении.

3. Рассчитывается средняя плотность потока ρ :

$$\rho = \frac{Q}{V_c \cdot i}, \text{ авт./км,}$$

где i – число полос движения в исследуемом направлении.

4. Рассчитывается число остановок на 1 км пути n_0' :

$$n_0' = \frac{n_0}{S}, \text{ ост./км,}$$

где n_0 – число остановок ходовой лаборатории в исследуемом заезде, шт. (начальная и конечная остановки не учитываются).

5. Рассчитывается удельная задержка на 1 км пути d :

$$d = \frac{3600 \cdot (V_p - V_c)}{V_p \cdot V_c}, \text{ с/авт.} \cdot \text{ км,}$$

где V_p – разрешенная скорость, км/ч.

В качестве разрешенной скорости в населенном пункте можно принимать $V_p = 60$ км/ч независимо от местных ограничений. Однако допускается определять V_p и с учетом этих ограничений.

Результаты измерений заносятся в табл. 4.12.

Таблица 4.12

Результаты измерений с помощью ходовой лаборатории

№ п/п	Параметр	Индекс	Размеры	Значение
1	2	3	4	5
1	Протяженность маршрута	S	км	
2	Разрешенная скорость	V_p	км/ч	
3	Скорость сообщения	V_c	км/ч	
4	Математическое ожидание распределения скоростей	\bar{V}	км/ч	
5	Коэффициент вариации распределения скоростей	I_V	–	

	2	3	4	5
1				
2	Поперечность определения \bar{V}	δ_V	-	
3	Интенсивность движения	Q	авт./ч	
4	Коэффициент приведения состава ТП	$K_{\text{пр}}$	-	
5	Плотность ТП	ρ	авт./км	
6	Удельная задержка	d	с/авт. · км	
7	Удельное число остановок на 1 км	n_o'	ост./км	

Отчет о работе включает краткое описание работы и участка улицы, протоколы измерений в черновом виде, расчеты параметров движения, объяснения формул, график изменения скорости, таблицу результатов и краткое заключение.

4.11. Определение режима работы светофорного объекта

Задание

Ознакомление с работой регулируемого перекрестка. Экспериментальное определение схемы пофазного движения и диаграммы регулирования. Обработка и представление результатов измерения.

Порядок выполнения работы

Место проведения работы – несложный регулируемый перекресток. Работу выполняет каждый студент индивидуально.

После ознакомления с работой перекрестка студент составляет принципиальный план с указанием всех светофоров, которым присваиваются порядковые номера, начиная с главного входа А (рис. 4.16).

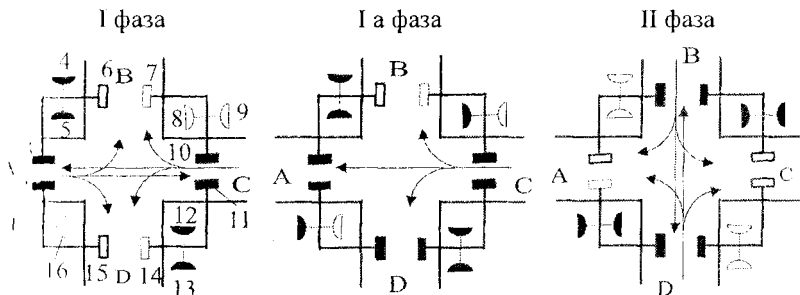


Рис. 4.16. Схема пофазного движения

Устанавливается, нет ли сдвига фаз между светофорами главного направления – т.н. "ранней отсечки" или "позднего включения". Для этого находят такую точку, с которой наблюдатель видит одновременно светофоры противоположных направлений – основной и дублирующий. Если имеется сдвиг фаз, он измеряется и фиксируется. Затем определяется возможный сдвиг фаз для второстепенного направления.

Определяется и фиксируется схема пофазного движения транспортных и пешеходных потоков, продолжительность горения ЗС, ЖС, КС, комбинации КС + ЖС и цикл регулирования С для каждого светофора. При этом за базу измерения (начало и конец отсчета) рекомендуется принимать момент включения ЗС. Для повышения точности замеры рекомендуется повторять несколько раз, пока не будет достигнуто полное совпадение.

Продолжительность мигания ЗС на всех светофорах должна быть стандартной (3 с), поэтому измерять и фиксировать ее не следует. Однако, если у наблюдателя возникли сомнения, можно проверить выполнение этого требования, и если оно не выполняется, следует сделать соответствующее примечание в тексте отчета.

Составляют диаграмму регулирования (рис. 4.17), принимая начало отсчета момент включения ЗС в главном направлении, правило, со входа А. Рекомендуемый масштаб времени – 1 мм : 1 с. Рекомендуемая толщина ленты времени – 4 мм. Рекомендуется пользоваться цветными карандашами или фломастерами либо штриховкой: густая горизонтальная штриховка или заливка – КС; косая или вертикальная штриховка – ЖС; отсутствие штриховки – ЗС.

№ светофора	Режим работы	tf	tz	tzk	tzsk	tc
1, 8		0	24	3	3	30
9, 16		0	30	3	3	24
4, 5, 12, 13		34	22	3	3	37
6, 7		0	30	-	-	30
14, 15		0	24	-	-	30
2, 3, 10, 11		34	22	-	-	37

Рис. 4.17. Диаграмма регулирования С = 60 с

Определяют графически и проверяют аналитически переходные интервалы для каждого конфликта, например, $t_{пр} CA \rightarrow ВД = 4$ с; $t_{пр} АП \rightarrow СА = 4$ с и т.д. Напомним, что переходным интервалом называется время между моментом выключения ЗС на предыдущем конфликтном направлении (указывается первым) и моментом включения ЗС на последующем (указывается вторым).

Отчет о работе включает краткое описание светофорного объекта, схему пофазного движения, диаграмму регулирования и протоколы измерений в черновом виде.

4.12. Определение потока насыщения

Задание

Подсчет числа ТС, остановившихся перед светофором, и измерение времени рассасывания образовавшейся очереди. Расчет потока насыщения по экспериментальным данным и теоретическим методом. Составление и представление полученных результатов.

Порядок выполнения работы

Поток насыщения – это наибольшая средняя за время горения красного сигнала интенсивность убытия ТС от стоп-линии при рассасывании достаточно длинной очереди.

Место проведения работы – регулируемый перекресток, на котором по какому-либо из направлений собираются достаточно длинные очереди. Время измерений – пиковый или близкий к нему период. Измерения проводятся на полосе, с которой разрешено бесконтактное движение, желательно только в одном направлении. Работу выполняет каждый студент индивидуально.

Предварительно определяется продолжительность горения ЗС в выбранном направлении t_z . Затем наблюдатель подсчитывает количество ТС, остановившихся на полосе после включения КС, независимо от того, на какой сигнал они пришли. В момент включения ЗС наблюдатель запускает секундомер и выключает его в момент окончания прохождения стоп-линии последним из очереди (остановившимся) автомобилем. Если водители первых в очереди

ди ТС начинают движение раньше включения зеленого сигнала секундомер следует включать в момент пересечения стоп-линии первым автомобилем.

Если число ТС меньше 4, такой замер в расчетах не учитывается. Не учитываются и замеры, в которых происходят какие-либо нестандартные ситуации, — заглох двигатель автомобиля в очереди, создавалась заторовая ситуация, возникло препятствие для движения ТС, например, из-за падения груза, медленного перехода проезжей части пешеходом-инвалидом и т.д. Всего должно быть выполнено не менее 10 учетных замеров.

Запись результатов рекомендуется производить построчно для каждого замера с указанием состава потока и времени рассасывания очереди, например:

л л г л л л л л - 18.5
 л л л м г г л л л л - 23.4

Для расчетного определения потока насыщения на исследуемой полосе необходимо экспериментально оценить коэффициент сцепления φ , высоту неровностей на проезжей части h (от 0 до 100 мм) и продольный уклон α .

Обработка результатов. По результатам измерений рассчитываются средние значения: числа автомобилей в очереди n ; времени рассасывания очереди t_n ; динамического коэффициента приведения $K_{пн}$.

Экспериментальное значение потока насыщения определяется по формуле

$$q_{нз} = \frac{t_z - 1.5 \cdot T_n}{t_z \cdot T_n}, \text{ авт./с,}$$

где T_n – установившийся интервал убытия, с,

$$T_n = \frac{t_n}{1,125 \cdot n + 0,75}, \text{ если } n \leq 6;$$

$$T_n = \frac{t_n}{n + 1,5}, \text{ если } n > 6.$$

Расчетное значение потока насыщения определяется по формуле

$$q_{нр} = \frac{q_{нл}}{K_{пн} \cdot K_{ун}}, \text{ авт./с,}$$

где $q_{нл}$ – поток насыщения для легковых автомобилей, с,

$$q_{нл} = \frac{t_z - 3}{2 \cdot t_z}, \text{ авт./с;}$$

$K_{ун}$ – коэффициент условий по потоку насыщения,

$$K_{ун} = K_{ун1} \cdot K_{ун2} \cdot K_{ун3},$$

где $K_{ун1,2,3}$ – частные коэффициенты условий, которые в первом приближении могут быть взяты из табл. 4.13.

Относительная погрешность расчетного определения потока насыщения определяется по формуле

$$\delta_{q_n} = \frac{q_{нэ} - q_{нр}}{q_{нэ}}.$$

Результаты работы заносятся в табл. 4.14.

Отчет о работе включает краткое описание перекрестка, протокол измерения в черновом виде, расчеты без пояснения формул, таблицу результатов и краткое заключение.

Таблица 4.13

Значения коэффициентов условий $K_{ун1...3}$

Индекс	Оцениваемый параметр	Расчетные значения					
		$K_{ун1}$	Коэффициент сцепления φ	φ	0,1	0,2	0,3
	$K_{ун1}$	2,0		1,5	1,2	1,0	
$K_{ун2}$	Неровности на ПЧ h	h	10...20	20...50	50...100	св. 100	тип
		$K_{ун2}$	1,0	1,2	1,5	2,0	одиночные
			1,05	1,3	1,6	2,1	повторяющ.
$K_{ун3}$	Продольный уклон α	$K_{ун3} = 1 \pm 0,04 \cdot \alpha^\circ$, где α° – угол наклона (+) – подъем; (-) – спуск					

Таблица 4.14

Результаты определения потока насыщения

№ п/п	Параметр	Индекс	Размерность	Значение
1	Время горения зеленого сигнала	t_z	с	
2	Среднее число автомобилей в очереди	n	шт.	
3	Среднее время рассасывания очереди	t_H	с	
4	Динамический коэффициент приведения	$K_{пн}$	–	
5	Поток насыщения (экспериментально)	$q_{нэ}$	авт./с	
6	Коэффициент сцепления (ориентировочно)	φ	–	
7	Высота неровностей (ориентировочно)	h	мм	
8	Продольный уклон (ориентировочно)	α°	град	
9	Поток насыщения (расчетный)	$q_{нр}$	авт./с	
10	Относительная погрешность	$\delta_{qн}$	–	

4.13. Комплексное определение параметров дорожного движения на регулируемом перекрестке

Задание

Измерение параметров светофорного цикла, интенсивности движения, состава транспортного потока, числа остановленных ТС и времени рассасывания очереди. Расчетное определение параметров по экспериментально полученным исходным данным. Анализ и представление результатов работы.

Порядок выполнения работы

Место проведения работы, — по возможности, некоординированный вход нагруженного регулируемого перекрестка. Время измерений - пиковый или близкий к нему период. Работу выполняет каждый студент индивидуально на своей полосе.

Ознакомившись с работой перекрестка, студент выбирает одну из нагруженных полос движения, желательно — без конфликтных поворотов, вызывающих дополнительную задержку транспорта. Устанавливается продолжительность цикла регулирования C и продолжительность горения зеленого сигнала t_z . Затем в течение 10 светофорных циклов фиксируется:

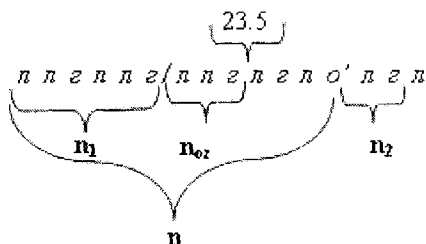
- 1) число и тип ТС, прибывающих на красный сигнал, n_1 ;
- 2) число и тип ТС, прибывающих на зеленый сигнал, но вынужденных остановиться из-за наличия очереди, n_{oz} ;
- 3) число и тип ТС, прибывающих в заданном цикле, но вынужденных остаться на второй цикл, n_2 ; в строке следующего цикла эти автомобили либо повторяются, либо вместо них ставится символ ---//--- (напомним, что в строке, где автомобили n_2 из предыдущего цикла стоят в начале записи, они уже входят составной частью в число n_1 (желательно для большей точности результатов, если в первом и последнем светофорных циклах было $n_2 = 0$);
- 4) число ТС в очереди n_H

$$n_H = n_1 + n_{oz}; \quad n_H \leq n,$$

где n – максимальное число транспортных средств, прошедших стоп-линию за время горения зеленого сигнала;

5) время рассасывания очереди t_H , с, $t_H \leq t_z$.

Предлагается следующая форма записи в каждом цикле:



В этой записи:

символ "/" – отделяет ТС, прибывшие на красный сигнал;

символ "' " – отделяет ТС, остающиеся на 2-й цикл;

число $\underline{23.5}$ – означает время рассасывания очереди t_H , с.

При этом острие символа " $\underbrace{\quad}$ " отделяет очередь остановившихся ТС (число $n_H = n_1 + n_{оз}$) от движущихся безостановочно.

Если в данном цикле все автомобили останавливались, то $n_H = n$, $t_H = t_z$, а символы " $\underbrace{\quad}$ " и "' " ставятся вместе.

По результатам 10 замеров определяется среднее значение указанных выше параметров. При этом для расчета потока насыщения берутся только те замеры, в которых $n_H \geq 4$. Если число таких замеров меньше 5 (из 10 всех замеров), следует увеличить общее количество всех замеров, и тогда расчет остальных параметров будут не по 10, а по большему числу замеров, либо поток насыщения q_H определить расчетным путем, предварительно определив величины ϕ , h , α .

Обработка результатов. Определяются следующие параметры: ИД на полосе q

$$q = \frac{n}{C}, \text{ авт./с; } Q = 3600 \cdot q, \text{ авт./ч;}$$

интенсивность прибытия ТС на зеленый сигнал q_z :

$$q_z = \frac{n - n_1 + n_2}{t_z}, \text{ авт./с};$$

динамический коэффициент приведения состава ТП $K_{\text{пн}}$:

$$K_{\text{пн}} = \frac{\sum (n_i \cdot K_{\text{пни}})}{\sum n_i},$$

где n_i – общее число ТС данной группы;

$K_{\text{пни}}$ – частный коэффициент приведения данной группы;

поток насыщения $q_{\text{н}}$

$$q_{\text{н}} = \frac{t_z - 1,5 \cdot T_{\text{н}}}{t_z \cdot T_{\text{н}}}, \text{ авт./с},$$

где

$$T_{\text{н}} = \frac{t_{\text{н}}}{1,125 \cdot n_{\text{н}} + 0,75}, \text{ если } n_{\text{н}} \leq 6;$$

$$T_{\text{н}} = \frac{t_{\text{н}}}{n_{\text{н}} + 1,5}, \text{ если } n_{\text{н}} > 6;$$

$$q_{\text{нр}} = \frac{t_z - 3}{2 \cdot t_z \cdot K_{\text{пн}} \cdot K_{\text{ун}}}, \text{ если } n_{\text{н}} < 4;$$

коэффициент загрузки полосы движением X

$$X = \frac{q}{q_{\text{н}} \cdot \lambda},$$

где λ – доля ЗС в цикле,

$$\lambda = \frac{t_z}{C};$$

коэффициент приращения очереди K_0

$$K_0 = \frac{n_1 + n_{oz}}{n_1};$$

средняя длина очереди L , выраженная:

а) в автомобилях L_n :

$$L_n = n_1 + n_{oz}, \text{ авт.};$$

б) в метрах L_s :

$$L_s \approx L_n \cdot 6K_{\text{пн}}, \text{ м};$$

удельное число остановок автомобиля e_0

$$e_0 = \frac{n_1 + n_{oz} + n_2}{n}, \text{ ост./авт.};$$

коэффициент безостановочной проходимости K_6

$$K_6 = \frac{n - n_1 - n_{oz}}{n}.$$

Удельная задержка по экспериментальным исходным данным d_3 , с/авт., примерно равная:

$$d_3 \approx \frac{1}{2 \cdot n} \cdot \left\{ \begin{array}{l} n_2 \cdot \left[2 \cdot C \cdot (1 - \lambda) + \frac{n_2 + 1}{q_H} + \frac{n_2}{q_Z} \right] + \\ n_{oz} \cdot \left(\frac{2 \cdot n_1 + n_{oz} + 1}{q_H} - \frac{n_1}{q_H - q_Z} \right) + \\ (n_1 - n_2) \cdot \left[C \cdot (1 - \lambda) + \frac{n_2 + n_1 + 1}{q_H} \right] \end{array} \right\}, \text{ с/авт.};$$

удельная задержка по расчетным исходным данным d_p

$$d_p = 0,45 \cdot \left[\frac{C \cdot (1-\lambda)^2}{1-\lambda \cdot X} + \frac{X^2}{q \cdot (1-X)} \right], \text{ с/авт.};$$

относительная погрешность расчетного определения задержки δ_d

$$\delta_d = \frac{d_3 - d_p}{d_3};$$

доля перенасыщенных циклов Δn_2

$$\Delta n_2 = \frac{Zn_2}{\sum Z},$$

где Zn_2 – число перенасыщенных циклов (когда часть ТС остается на второй цикл);

$\sum Z$ – число циклов измерения;

коэффициент влияния предыдущего перекрестка $K_{\text{вл}}$

$$K_{\text{вл}} \approx \frac{n_1}{n \cdot (1-\lambda)}.$$

При отсутствии координации два соседних близко расположенных перекрестка взаимодействуют между собой, что проявляется в периодической (по синусоиде) координации или антикоординации этих объектов. Цикл влияния определяется по формуле

$$t_{\text{вл}} = \frac{C_1 \cdot C_2}{n_{12}}, \text{ с},$$

где C_1 и C_2 – продолжительность цикла регулирования на обоих объектах, с;

n_{12} – наибольшее целое натуральное число, на которое без остатка делится C_1 и C_2 .

Исходя из вышеизложенного, если $K_{вл} < 1$, имеет место координация, если $K_{вл} > 1$, имеет место антикоординация. По этой причине величины $d_э$ и d_p могут существенно отличаться друг от друга. Чтобы установить истинное расхождение между ними, продолжительность измерений должна быть строго равна продолжительности цикла влияния $t_{вл}$.

Результаты работы заносятся в табл. 4.15.

Отчет о работе включает эскизный план и краткое описание объекта, протокол измерений в черновом виде, расчеты параметров без объяснения формул, таблицу результатов и краткое заключение.

Таблица 4.1

Результаты комплексного измерения параметров на регулируемом перекрестке

№ п/п	Параметр	Индекс	Размерность	Значение
1	2	3	4	5
1	Продолжительность цикла регулирования	C	с	
2	Продолжительность ЗС	t_z	с	
3	Доля ЗС в цикле	λ	–	
4	Среднее число ТС, пришедших на красный сигнал	n_1	шт.	
5	Среднее число ТС, оставшихся на 2-й цикл	n_2	шт.	
6	Среднее число ТС, пришедших на зеленый сигнал, но вынужденных остановиться	$n_{оз}$	шт.	
7	Среднее число ТС, прошедших стоп-линию	n	шт.	
8	Число циклов измерения	Z	цикл	
9	Интенсивность движения на полосе	Q	авт./ч	
10	Динамический коэффициент приведения	$K_{пв}$	–	
11	Интенсивность прибытия на ЗС	q_z	авт./с	
12	Поток насыщения	q_n	авт./с	
13	Коэффициент загрузки полосы движением	X	–	

1	2	3	4	5
11	Коэффициент приращения очереди	K_o	–	
15	Средняя длина очереди	L_n	авт.	
16	Удельное число остановок	e_o	ост./авт.	
17	Коэффициент безостановочной проходимости	K_6	–	
18	Удельная задержка экспериментальная	d_3	с/авт.	
19	Удельная задержка расчетная	d_p	с/авт.	
20	Относительная погрешность	δ_d	–	
21	Доля перенасыщенных циклов	Δn_2	–	
22	Коэффициент влияния соседнего перекрестка	$K_{вл}$	–	

4.14. Исследование нарушений Правил водителями

Задание

Выбор для исследования вида нарушений. Выбор исследуемого участка и ознакомление с его работой. Подготовка к проведению измерений. Обработка, анализ и представление результатов.

Порядок выполнения работы

Работу выполняет каждый студент индивидуально. Студент может выбрать для исследования, кроме прочих, один из следующих видов нарушений Правил водителями:

1. Превышение установленных ограничений скорости в населенном пункте (60 км/ч), в жилой зоне (20 км/ч) и в зоне местных ограничений. Нарушением является любое превышение установленной скорости, начиная с величины 2 км/ч. (Следует отметить, что само по себе превышение скорости на величину до 10 км/ч, если оно не повлекло за собой нежелательных последствий, не преследуется в административном порядке. Однако в случае аварии или иной коллизии любое превышение скорости считается нарушением).

2. Невыполнение требований знака 2.5 "Движение без остановки запрещено". Различают два подвида нарушений: 1 - движение без остановки; 2 - остановка в неустановленном месте (следует оста-

навливаться перед стоп-линией или перед краем пересекаемой проезжей части).

3. Невыполнение требований знаков 5.8.1 и 5.8.2 "Направление движения по полосам (полосе)".

4. Невыполнение требований Правил о перестроении: "При перестроении водитель должен уступить дорогу транспортному средству, движущемуся попутно без изменения направления движения. При одновременном перестроении ТС, движущихся попутно, водитель должен уступить дорогу ТС, находящемуся справа". Особенно часто нарушается этот пункт на кольцевых перекрестках.

5. Невыполнение требований Правил о поворотах: "Поворот направо и налево должен осуществляться таким образом, чтобы при выезде с пересечения проезжих частей ТС не оказалось на полосе проезжей части встречного движения." Особенно часто нарушается этот пункт при левоповоротном движении с улицы, имеющей неширокую разделительную полосу.

6. Невыполнение требований Правил в части своевременной подачи сигнала правого поворота перед остановкой (два подвида: 1 – неподача сигнала; 2 – несвоевременная подача сигнала).

Выбрав для исследования один из видов нарушений, студент подбирает соответствующий участок и знакомится с его работой. В течение 5-10 минут он подсчитывает интересующую его интенсивность движения и состав ТП. Затем, выбрав наблюдательный пункт и стараясь быть совершенно незаметным для водителей, студент фиксирует все исследуемые события – проезд или маневр, – отмечая каким-либо индексом те из них, которые происходят с нарушением Правил. Продолжительность измерений – не менее 30 минут, при этом статистическая выборка исследуемых событий должна быть не менее 50.

При проведении замеров скорости точность измерения вспомогательных геометрических величин S_0 , b_0 , b_1 (см. подраздел 4.3) должна быть в пределах $\pm 0,1$ м, а точность измерения времени – в пределах $\pm 0,1$ с. Если имеется возможность, следует произвести контрольный замер с использованием радиолокационных измерителей скорости или автомобиля знакомого водителя. Применение радиолокационных измерителей скорости для непосредственных измерений не рекомендуется.

При исследовании нарушений правил поворота следует нанести на проезжую часть мелом крестик или жирную точку, разделяющие на границе пересечения проезжих частей встречную и попутную стороны.

Обработка результатов. При исследовании нарушений скоростного режима подсчитываются параметры распределения скорости движения V_H (\bar{V}_H , δ_V и I_V) и доля нарушителей Δ_H :

$$V_{Hi} = V_i - V_{огр} \geq 1, \text{ км/ч,}$$

где V_i – измеренная скорость, км/ч;

$V_{огр}$ – скорость ограничения, км/ч;

$$\Delta_H = \frac{n_H}{n},$$

где n_H – число нарушителей;

n – число проездов.

При исследовании других видов нарушений подсчитывается доля проездов или маневров с нарушениями по отношению к общему числу проездов или маневров Δ_H , а также доля нарушений каждого подвида Δ_{H1} , Δ_{H2} . Подсчитывается вероятное число нарушений в год:

$$P_H = \frac{n_H \cdot 60 \cdot \Phi_G}{t_{изм}}, \text{ нар./год,}$$

где Φ_G – годовой фонд времени, ч/год (от 2500 до 4200 ч/год);

$t_{изм}$ – продолжительность измерений, мин.

Результаты измерений заносятся в табл. 4.16.

Отчет о работе включает эскизный план и краткое описание исследуемого участка, классификацию исследуемого нарушения с обязательной ссылкой на соответствующий пункт действующих Правил, протоколы измерения в черновом виде, таблицу результатов и краткое заключение с указанием предполагаемых причин нарушений.

Результаты исследования нарушений Правил водителями

№ п/п	Параметр	Индекс	Размерность	Значение
1	Интенсивность движения	Q	авт./ч	
2	Коэффициент приведения состава ТП динамический	$K_{\text{пн}}$	–	
3	Продолжительность измерений	$t_{\text{изм}}$	мин	
4	Число измеренных событий	n	шт.	
5	Число нарушений данного вида	$n_{\text{н}}$	шт.	
6	Доля нарушений данного вида	$\Delta_{\text{н}}$	–	
7	Годовой фонд времени	$\Phi_{\text{г}}$	ч/год	
8	Вероятное число нарушений в год	$P_{\text{н}}$	нар./год	
9	Скорость ограничения	$V_{\text{огр}}$	км/ч	
10	Параметры распределения скорости, превышающей установленные ограничения	$\bar{V}_{\text{н}}$	км/ч	
11		I_V	–	
12	Число нарушений 1-го подвида	$n_{\text{н1}}$	шт.	
13	Число нарушений 2-го подвида	$n_{\text{н2}}$	шт.	
14	Доля нарушений 1-го подвида	$\Delta_{\text{н1}}$	–	
15	Доля нарушений 2-го подвида	$\Delta_{\text{н2}}$	–	

Примечание. Пункты 1...8 относятся ко всем лабораторным работам, пункты 9...11 – к исследованию нарушений скоростного режима, пункты 12...15 – к исследованию тех видов нарушений, которые включают два подвида.

4.15. Исследование движения транспортных средств в переходном интервале

Задание

Ознакомление с работой регулируемого перекрестка и выбор исследуемого входа. Определение продолжительности переходных интервалов для всех направлений исследуемого входа. Измерение нарушений водителями временного режима движения. Обработка и представление результатов измерений.

Порядок выполнения работы

Место проведения работы — нагруженный регулируемый перекресток. Работу выполняет каждый студент индивидуально.

Составляется эскизный план перекрестка с указанием исследуемого входа. Определяется продолжительность светофорного цикла, время горения ЗС и ЖС в исследуемых направлениях, а также продолжительность переходных интервалов для каждого из разрешенных направлений с данного входа (см. подраздел 4.11).

Выбрав удобное место для наблюдений, с которого хорошо видны сигналы светофора и первые автомобили на стоп-линии, студент в течение 20 циклов наблюдает за транспортными средствами, прибывающими на ЖС. В момент включения ЖС он включает секундомер и фиксирует время запаздывания автомобилей, прорывающихся на ЖС или даже на КС. Если прорываются несколько автомобилей, фиксируется наибольшее время запаздывания; время запаздывания остальных определяется интерполированием.

Затем наблюдатель фиксирует те транспортные средства, которые трогаются раньше включения ЗС. Для этого он включает секундомер в момент досрочного трогания первого автомобиля и выключает его в момент включения ЗС. Если досрочно трогаются несколько ТС, время опережения остальных определяется интерполированием.

Рекомендуется следующая форма записи в протоколе:

	Запаздывание	/	Опережение
1.	3,7 · 4,2	/	2,5 · 2,0
2.	1,8	/	4,5 · 4,0 · 3,0 · 1,5
3.	2,5 · 1,0	/	—
.....			
20.	—	/	3,2 · 3,0 · 1,0

В этой записи цифры, стоящие слева от косой черты, показывают время запаздывания прорывающихся ТС, а цифры, стоящие справа от черты, — время опережения досрочно трогającychся ТС.

До, во время или после основных замеров наблюдатель в течение светофорных циклов подсчитывает интенсивность движения и остав ТП на исследуемом входе.

Обработка результатов. Рассчитывается средняя величина переходного интервала с исследуемого входа $\bar{t}_{\text{пр}}$, с. Определяются параметры распределения времени запаздывания $t_{\text{зап}}$ ($\bar{t}_{\text{зап}}$, σ_t , I_t) и времени опережения $t_{\text{оп}}$ ($\bar{t}_{\text{оп}}$, σ_t , I_t). Рассчитывается доля переходного интервала, отнимаемого запаздыванием и опережением:

$$\Delta_{\text{зап}} = \frac{\bar{t}_{\text{зап}}}{t_{\text{пр}}}; \quad \Delta_{\text{оп}} = \frac{\bar{t}_{\text{оп}}}{t_{\text{пр}}}.$$

Подсчитывается число нарушений запаздывания" $n_{\text{зап}}$ и число нарушений опережения $n_{\text{оп}}$ за время измерений $t_{\text{изм}}$:

$$t_{\text{изм}} = C \cdot Z, \text{ с,}$$

где Z – число циклов измерения, по условию работы $Z = 20$.

Рассчитывается вероятное число нарушений в год:

$$P_{\text{зап}} = \frac{n_{\text{зап}} \cdot 3600}{C \cdot Z} \cdot \Phi_{\Gamma}, \text{ зап./год};$$

$$P_{\text{оп}} = \frac{n_{\text{оп}} \cdot 3600}{C \cdot Z} \cdot \Phi_{\Gamma}, \text{ оп./год,}$$

где Φ_{Γ} – годовой фонд времени, ч/год;

$$P_{\text{н}\Sigma} = P_{\text{зап}} + P_{\text{оп}}, \text{ нар./год.}$$

Результаты расчетов заносятся в табл. 4.17.

Отчет о работе включает краткое описание и эскизный план перекрестка, протоколы измерений в черновом виде, расчеты параметров без объяснения формул, таблицу результатов и краткое заключение.

Таблица 4.17

Результаты исследования движения ТС в переходном режиме

№ п/п	Параметр	Индекс	Размерность	Значение
1	Продолжительность светофорного цикла	C	с	
2	Продолжительность горения ЗС	t_z	с	
3	Продолжительность измерения	$t_{изм}$	с	
4	Интенсивность движения	Q	авт./ч	
5	Коэффициент приведения состава ТП динамический	$K_{пн}$	–	
6	Среднее значение переходного интервала	$t_{пр}$	с	
7	Число нарушений запаздывания среднее	$n_{зап}$	шт.	
8	Параметры распределения времени запаздывания	$t_{зап}$	с	
		$I_{гз}$	–	
9	Доля запаздывания в переходном интервале	$\Delta_{зап}$	–	
10	Число нарушений опережения среднее	$n_{оп}$	шт.	
11	Параметры распределения времени опережения	$t_{оп}$	с	
		$I_{ю}$	–	
12	Доля опережения в переходном интервале	$\Delta_{оп}$	–	
13	Вероятное годовое число запаздываний	$P_{зап}$	зап./год	
14	Вероятное годовое число опережений	$P_{оп}$	оп./год	
15	Вероятное годовое число нарушений	$P_{н\sigma}$	нар./год	

4.16. Оценка координации на входе в перекресток**Задание**

Измерение импульса интенсивности на входе в перекресток. Подсчет числа остановленных автомобилей. Оценка сдвига и продолжительности ЗС. Обработка и представление результатов.

Порядок выполнения работы

Место выполнения работы – регулируемый перекресток, включенный в систему координированного регулирования. Исследуется движение ТС на одном из входов координированного направления.

Замеры выполняются в течение 10 светофорных циклов подряд. Работу выполняет каждый студент индивидуально.

Подготовка к замерам заключается в выборе места (желательно на некотором удалении) для наблюдательного поста, с которого хорошо были бы видны прибытие ТС и сигналы светофора. Определяются продолжительность цикла регулирования и продолжительность горения запрещающих сигналов — красного и желтого (в дальнейшем они будут рассматриваться как один запрещающий). Весь цикл условно разбивается на 5-секундные интервалы, при этом последние перед сменой запрещающего или разрешающего сигнала интервалы при необходимости могут быть либо увеличены до 8 с, либо уменьшены до 4 с. Готовится протокол измерений (табл. 4.18), в каждой колонке которого размещается 5-секундный интервал. При этом интервалы, принадлежащие запрещающему сигналу, располагаются слева, а принадлежащие разрешающему сигналу — справа.

Расположив в удобном месте секундомер (или часы) так, чтобы одновременно можно было видеть время и прибывающие автомобили, наблюдатель подсчитывает число прибывающих ТС в каждом 5-секундном интервале и записывает их в соответствующую колонку. Начинать подсчет следует с момента включения КС. Если автомобиль прибыл на ЗС, но вынужден остановиться в очереди, он помечается точкой после цифры. Если автомобиль притормозил очень медленно приближается к очереди, его также можно считать остановившимся.

Обработка результатов. Для каждой колонки подсчитываются средние значения измеряемых величин за 10 циклов. Строится график импульса интенсивности, при этом автомобили, пришедшие на КС или остановленные очередью при ЗС, штрихуются (рис. 4.18). Рассчитывается коэффициент безостановочной проходимости K_6 :

$$K_6 = 1 - \frac{n_k + n^*}{n},$$

где n_k — транспортные средства, прибывшие на КС, шт.;

n^* — транспортные средства, прибывшие на ЗС, но остановленные очередью, шт.;

n — общее число ТС, прибывших к перекрестку, шт.

Оценивается возможность уменьшения продолжительности ЗС за счет передачи последних (незагруженных) интервалов красному сигналу. Оценивается качество существующего сдвига: нельзя ли за счет его изменения добиться улучшения координации. Оценивается возможность перераспределения автомобилей в граничных колонках за счет своевременного (за 6 – 9 с) предупреждения водителей о предстоящей смене сигнала.

Отчет о работе включает эскизный план, краткое описание объекта, протокол измерений в черновом виде, график импульса интенсивности, расчет коэффициента безостановочной проходимости и краткое заключение.

Таблица 4.18

Протокол измерения импульса интенсивности

Запрещающий, 34 с							Разрешающий, 42 с							
-	-	-	1	1	-	2	1.	2	3	3	3	1	-	-
1	-	-	-	2	-	1	2.	1,1	4	4	1	2	-	1
1	1	-	1	-	-	-	1.	3	3	2	-	-	1	-
0,5	0,4	0,3	0,5	0,8	0,2	0,6	2,3.	0,5.	3,8	3,5	4,7	2,6	0,4	0,3
							0,6	4,2						

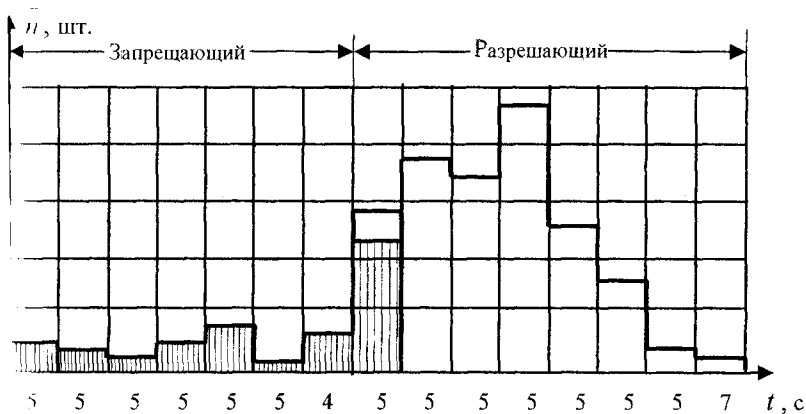


Рис. 4.18. Импульс интенсивности (заштрихованы остановленные ТС)

4.17. Исследование нарушений Правил пешеходами

Задание

Ознакомление с работой регулируемого пешеходного перехода. Измерение ИД транспорта и пешеходов. Подсчет числа пешеходов-нарушителей. Обработка и представление результатов.

Порядок выполнения работы

Место проведения работы – регулируемый пешеходный переход на перекрестке или перегоне. Работу выполняет каждый студент индивидуально.

Ознакомившись с работой пешеходного перехода, студент составляет его эскизный план, определяет продолжительность горения ЗС для пешеходов t_{zn} и продолжительность цикла регулирования ЗС. Выбрав удобное место для наблюдений на некотором удалении от перехода и стараясь быть незаметным, студент в течение 10 циклов подсчитывает с одной стороны перехода число пешеходов:

- 1) начинающих переход проезжей части на КС n_k ;
- 2) идущих не по переходу при любом сигнале светофора n_T ;
- 3) начинающих переход проезжей части на ЗС n_z .

Затем наблюдатель переходит на другую сторону улицы и в течение 10 циклов повторяет подсчет числа пешеходов, но уже идущих с другой стороны. Одновременно с измерением пешеходного движения при включении КС для пешеходов студент в течение 10 циклов (из 20) подсчитывает число, тип и направление движения транспортных средств, движущихся через исследуемый пешеходный переход.

Форма записи в протокол может быть любой удобной для наблюдателя, однако рекомендуем все записи делать в 5 колонках: 3 – для пешеходов (n_k, n_T, n_z), 2 – для транспорта (туда и обратно).

Обработка результатов. Подсчитывается суммарная интенсивность движения транспорта в обоих направлениях Q и суммарный динамический коэффициент приведения ТП $K_{пн}$. Подсчитывается

суммарно для обоих направлений число n_k , n_T , n_z . Рассчитывается суммарное значение ИД пешеходов Q_{Π} и доля нарушителей $\Delta_{НК}$, $\Delta_{НТ}$, $\Delta_{Н}$:

$$Q_{\Pi} = \frac{n_k + n_T + n_z}{t_{\text{изм}}} \cdot 3600 \text{ чел./ч,}$$

где $t_{\text{изм}}$ – суммарное время измерений, с, по условию лабораторной работы $t_{\text{изм}} = 20 \cdot C$, с;

$$\Delta_{НК} = \frac{n_k}{n_k + n_T + n_z};$$

$$\Delta_{НТ} = \frac{n_T}{n_k + n_T + n_z};$$

$$\Delta_{Н} = \Delta_{НК} + \Delta_{НТ}.$$

Строится картограмма ИД (рис. 4.19).

Подсчитывается годовое число нарушений $P_{Н}$:

$$P_{Н} = Q_{\Pi} \cdot \Delta_{Н} \cdot \Phi_{Г}, \text{ нар./год,}$$

где $\Phi_{Г}$ – годовой фонд времени, ч / год.

Результаты работы заносятся в табл. 4.19.

Отчет о работе включает эскизный план, краткое описание объекта, протокол измерений в черновом виде, расчеты без пояснения формул, таблицу результатов, картограмму ИД и краткое заключение.

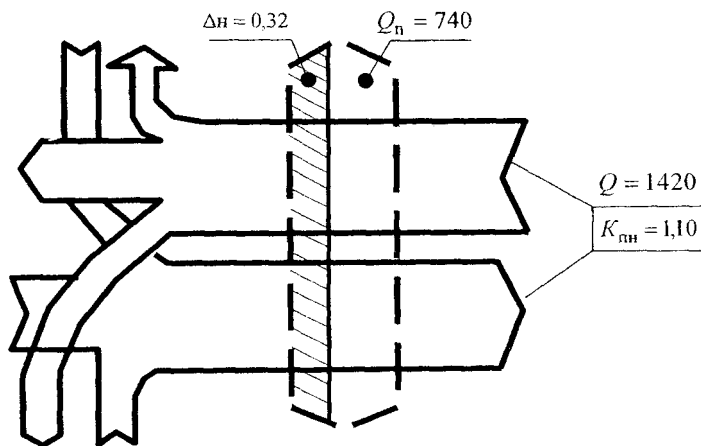


Рис. 4.19. Картограмма ИД транспорта и пешеходов

Таблица 4.11

Результаты исследования нарушений Правил пешеходами

№ п/п	Параметр	Индекс	Размерность	Значение
1	Цикл регулирования	C	с	
2	Продолжительность ЗС для пешеходов	t_{zn}	с	
3	Число полос движения	i	шт.	
4	Продолжительность измерений	$t_{изм}$	с	
5	ИД транспорта	Q	авт./ч	
6	Коэффициент приведения ТП динамический	$K_{пн}$	—	
7	ИД пешеходов	$Q_{п}$	чел./ч	
8	Доля нарушителей сигналов светофора	$\Delta_{нк}$	—	
9	Доля нарушителей траектории	$\Delta_{нт}$	—	
10	Доля нарушителей суммарная	$\Delta_{н}$	—	
11	Годовой фонд времени	$\Phi_{г}$	ч/год	
12	Годовое число нарушений	$P_{н}$	нар./год	

4.18. Статистический анализ аварийности

Задание

Изучение учетной карточки аварии (ДТП), извлечение заданной информации из учетной карточки, статистическая обработка и анализ информации, представление результатов анализа.

Порядок выполнения работы

В качестве исходных данных предлагаются учетные карточки реальных аварий для какого-либо участка или района. Вначале студент знакомится с содержанием карточки, способом кодирования информации и условными обозначениями. Затем формируется статистическая выборка для каждого студента, как правило, из 50 карточек.

Из каждой карточки извлекается информация по четырем разделам, согласованным с преподавателем, как правило, из следующего перечня:

1) *вид аварии*: столкновение, наезд на пешехода, наезд на препятствие, опрокидывание, прочие;

2) *место аварии*: нерегулируемый перекресток, регулируемый перекресток, остановочный пункт маршрутного пассажирского транспорта, пешеходный переход, перегон, прочие;

3) *месяц года*: январь...декабрь;

4) *день недели*: понедельник...воскресенье;

5) *часы суток*: 0-8; 8-12; 12-16; 16-20; 20-24;

6) *причина*: водитель (нетрезвое состояние, превышение скорости, несоблюдение требований дорожных знаков и светофоров, прочие), пешеходы, ТС, дорога, прочие;

7) *тяжесть последствий*: материальный ущерб, ранение, гибель.

Полученная информация заносится в соответствующие (четыре) таблицы, где подсчитываются абсолютные и относительные показатели (табл. 4.20). По каждому из анализируемых разделов строятся графики (четыре), иллюстрирующие распределение аварийности (рис. 4.20).

Отчет о работе включает краткое описание исследуемого участка или района (если это возможно), объем выборки, четыре таблицы результатов в черновом виде, четыре графика распределения аварийности и краткое заключение.

Распределение аварий по часам суток

Часы суток	02-06	06-10	10-14	14-18	18-22	22-02	
Число аварий	/	////	////////	////////////////////	////////	///	
Итого	абс.	1	5	9	22	10	3
	отн.	0,02	0,10	0,18	0,44	0,20	0,06

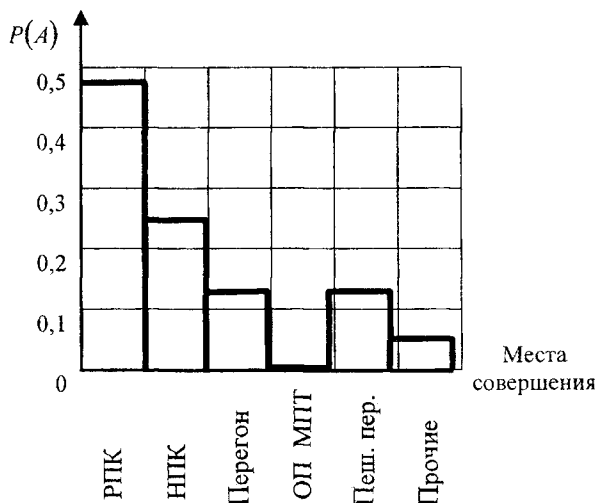


Рис. 4.20. Распределение аварий по местам совершения

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

Целью расчетно-графических работ является ознакомление с методиками и приобретение практических навыков расчета или графического определения некоторых параметров дорожного движения. Работы выполняются каждым студентом индивидуально. Задания и необходимые консультации даются преподавателем на практических занятиях.

Оформление работ и представление результатов должны соответствовать принятым требованиям. Рекомендуется для расчетно-графических работ завести отдельную тетрадь в клеточку.

5.1. Расчет светофорного цикла

Дано: схема перекрестка с указанием ширины проезжей части, расположением пешеходных переходов и стоп-линий на входах; ИД транспорта и пешеходов; динамический коэффициент приведения Π по всем направлениям; условия движения: коэффициент сцепления φ , продольный уклон α , высота неровностей проезжей части h ; категория пересекающихся улиц.

Требуется: рассчитать базовый светофорный цикл.

Решение. Вначале определяется возможное число полос движения на каждом входе и с учетом установленных ограничений выбирается схема пофазного движения. Затем определяются расчетные значения исходных данных и минимальная продолжительность цикла регулирования по пешеходам и по транспорту. Составляется базовый цикл и проверяется выполнение установленных ограничений. При необходимости производится корректировка цикла.

1. Установленные ограничения.

1.1. Степень опасности внутрифазных конфликтов не должна превышать указанных пределов (рис. 5.1):

$$Q_{\text{пв}} \leq 120 \text{ авт./ч.} - \text{поз. 1;}$$

$$\sum Q \leq 400 \text{ авт./ч.} - \text{поз. 2, 3;}$$

$$\left. \begin{array}{l} Q \leq 350 \text{ авт./ч} \\ Q_{\text{п}} \leq 900 \text{ чел./ч} \end{array} \right\} \text{поз. 4.}$$

1.2. Предельное значение продолжительности цикла:

$$C_{\text{max}} \leq 90 \text{ с} - \text{для двухфазного цикла;}$$

$$C_{\text{max}} \leq 120 \text{ с} - \text{для остальных циклов.}$$

1.3. Минимальное значение продолжительности цикла:

$$C_{\text{min}} \geq 36 \text{ с; } t_{z \text{ min}} \geq 14 \text{ с.}$$

Продолжительность горения ЖС:

$$t_{\text{ж}} = 3 \text{ с.}$$

Продолжительность переходного интервала:

для пешеходов:

$$t_{\text{пр п}} = 0,75 B, \text{ с,}$$

где B – расчетная длина пешеходного перехода (ширина проезжей части), предназначенная для перехода в один этап, м;

для транспорта:

$t_{прт} = 1 + 0,1S$, с – предыдущее транзитное движение;

$t_{прт} = 1 + 0,14S$, с – предыдущее поворотное движение,

где S – расстояние от стоп-линии до исследуемой (наиболее удаленной) конфликтной точки, м.

1.4. Предельное значение коэффициента загрузки полосы движения при некоординированном регулировании:

$X_{1m} \leq 0,8$ – для главных направлений;

$X_{2m} \leq 0,9$ – для второстепенных направлений.

При выборе схемы пофазного движения предпочтение следует отдавать меньшему числу фаз, начиная с двухфазного цикла.

2. Расчетные значения исходных параметров.

2.1. Расчетное значение ИД q^* , определяется для каждого входного или регулируемого направления по формуле

$$q^* = \bar{q} + 0,25 \cdot \sigma_q, \text{ авт./с} \quad \text{или} \quad q^* = \bar{q} (1 + 0,25 \cdot I_q), \text{ авт./с},$$

где \bar{q} – математическое ожидание распределения ИД за расчетный период, авт./с;

σ_q – среднее квадратическое отклонение распределения, авт./с;

I_q – коэффициент вариации распределения.

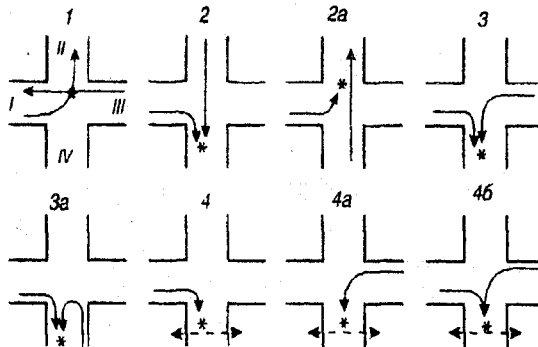


Рис. 5.1. Допустимые (внутрифазные) конфликты:

1 – $T_{тр}$ встречн. – $T_{лв}$; 2 – $T_{тр}$ попут – $T_{пр}$; 2а – $T_{тр}$ попут – $T_{лв}$; 3 – $T_{пр}$ – $T_{лв}$;
3а – $T_{пр}$ – $T_{рзв}$; 4 – $T_{пр}$ – П; 4а – $T_{лв}$ – П; 4б – $(T_{пр} + T_{лв})$ – П

При отсутствии экспериментальных или иных данных можно принимать:

$I_{\varphi} \approx 0,15 \dots 0,25$ – при высокой (свыше 350 авт./ч на полосу) ИД ИД или небольшом (до 3 часов) расчетном периоде;

$I_{\varphi} \approx 0,25 \dots 0,40$ – при невысокой ИД или большом расчетном периоде.

Если в одном регулируемом направлении с одной полосы одновременно осуществляется транзитное и поворотное движение, то производится приведение ИД поворотного движения к транзитному направлению:

$$Q' = Q_{\text{тр}} + Q_{\text{лв}} \cdot K_{\text{лв}} + Q_{\text{пр}} \cdot K_{\text{пр}},$$

где Q' – ИД, приведенная к транзитному направлению, авт./ч;

$Q_{\text{тр}}, Q_{\text{лв}}, Q_{\text{пр}}$ – ИД по направлениям, авт./ч;

$K_{\text{лв}}, K_{\text{пр}}$ – коэффициенты приведения поворотных потоков к транзитному.

При бесконфликтных поворотах

$$K_{\text{лв}} = K_{\text{пр}} \approx 1 + \frac{1,5}{R},$$

где R – радиус поворота траектории движения, м.

При конфликтных поворотах

$$K_{\text{лв}} \approx 1 + 0,04 \cdot Q_1;$$

$$K_{\text{пр}} \approx 1 + 0,01 \cdot Q_{\text{п}},$$

где Q_1 – ИД главного конфликтующего транспортного потока, авт./ч;

$Q_{\text{п}}$ – ИД пешеходов, чел./ч.

При этом должно соблюдаться условие

$$K_{\text{лв}} \approx K_{\text{пр}} \geq 1 + \frac{1,5}{R}.$$

В случае приведения ИД поворотных потоков к транзитному направлению расчетные значения среднего квадратического отклонения σ_q^* и значение коэффициента приведения K_n^* рекомендуется определять без учета коэффициентов $K_{лв}$, $K_{пр}$ по формулам:

$$\sigma_q^* = \frac{\sigma_{q_{тр}} \cdot Q_{тр} + \sigma_{q_{лв}} \cdot Q_{лв} + \sigma_{q_{пр}} \cdot Q_{пр}}{\sum Q};$$

$$K_n^* = \frac{K_{n_{тр}} \cdot Q_{тр} + K_{n_{лв}} \cdot Q_{лв} + K_{n_{пр}} \cdot Q_{пр}}{\sum Q},$$

где $\sum Q$ – суммарная ИД на полосе, авт./ч.

С учетом существующего поворотного движения производится распределение приведенной ИД по полосам. При этом следует стремиться к тому, чтобы нагрузка на все полосы данного входа была, по возможности, одинаковой. Все дальнейшие расчеты производятся для каждой полосы отдельно. В случае, если величина фазы ($t_z + t_{пр}$) для различных полос одного входа (или регулируемого направления) неодинакова, в качестве расчетной принимается большее значение.

2.2. Поток насыщения определяется по формуле

$$q_n = \frac{t_z - 3}{2 \cdot t_z \cdot K_{пн} \cdot K_{ун}}, \text{ авт./ч.},$$

где t_z – продолжительность горения ЗС, с, при отсутствии данных на начальной стадии предварительных расчетов можно принимать $t_z = 30$ с;

$K_{пн}$ – динамический коэффициент приведения ТП (см. табл. 4.2)

$K_{ун}$ – коэффициент условий по потоку насыщения (см. табл. 4.1)

По мере получения данных по величине t_z значение потока насыщения следует корректировать.

3. *Определение параметров цикла регулирования* при простейшем двухфазном цикле.

3.1. *Минимальная продолжительность цикла по пешеходам* из-за невозможности реализации на двухцветных пешеходных светофорах определяется по пешеходному переходному интервалу $t_{прп}$, который включен составной частью в ЗС для пешеходов:

$$t_{zп} = t_{прп} + 5 = 0,75 \cdot B + 5 \text{ с.}$$

В результате пешеходный цикл выглядит следующим образом:

$$C_{п \min} = t_{zп1} + t_{прТ1} + t_{zп2} + t_{прТ2}, \text{ с,}$$

где $t_{прТ1}$, $t_{прТ2}$ – соответствующие переходные интервалы для транспорта, с.

3.2. *Минимальная продолжительность цикла по транспорту* определяется по формуле

$$C_{т \min} = t_{zТ1} + t_{прТ1} + t_{zТ2} + t_{прТ2}, \text{ с,}$$

где $t_{zТ}$ – продолжительность ЗС для транспорта, с:

$$t_{zТ1} = \frac{q_1^* \cdot C_{п \min}}{q_{Н1} \cdot X_{1 \lim}} \geq 16 \text{ с;}$$

$$t_{zТ2} = \frac{q_2^* \cdot C_{п \min}}{q_{Н2} \cdot X_{2 \lim}} \geq 14 \text{ с,}$$

где $X_{1 \lim}$ – рекомендуемое предельное значение коэффициента загрузки X для главного направления, $X_{1 \lim} \approx 0,5$;

$X_{2 \lim}$ – то же для второстепенного направления, $X_{2 \lim} \approx 0,6$.

Полученные транспортные значения фазы ($t_{zТ} + t_{прТ}$) сравнивают с аналогичными пешеходными значениями ($t_{zп} + t_{прТ}$) и в качестве расчетных принимают большие. Если больше пешеходные фазы,

цикл определяется по пешеходам, а если больше транспортные, – по транспорту. Если же одна фаза больше по транспорту, а другая – по пешеходам, составляют новый цикл из больших фаз C' . Для нового цикла проверяют, не выходят ли новые значения коэффициента X' за рекомендуемые пределы:

$$X'_1 = \frac{q_1^* \cdot C'}{q_{н1} \cdot t_{z1}};$$

$$X'_1 = \frac{q_1^* \cdot C'}{q_{н1} \cdot t_{z1}}.$$

Если полученные значения коэффициента X' существенно превышают рекомендуемые значения X_{lim} , производят корректировку цикла, добавляя несколько секунд к соответствующему значению t_z , и так до тех пор, пока значения X' не станут приемлемыми. Если же условие никак не выполняется, необходимо либо согласие на повышение X_{lim} (вплоть до его максимальных значений), либо перераспределение ИД по полосам, запрещение поворотного движения, уширение проезжей части на входах и т.д. После этого все расчеты повторяются, и принимается т.н. базовый цикл, при котором выполняются все ограничения. Параметры базового цикла заносятся в табл. 5.1.

Отчет о работе включает таблицу результатов, схему пофазного движения и диаграмму регулирования (см. рис.4.17), а также краткое заключение.

Таблица 5.1

Параметры базового светофорного цикла

№ п/п	Вход/полоса		А		В		С		D
	Параметр	Индекс	1	2	1	2	1	2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Расчетная ИД	q^*							
2	Коэффициент приведения	$K_{пн}$							
3	Поток насыщения	q_n							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4	ИД пешеходов	q_n								
5	Цикл регулирования	C								
6	ЗС для транспорта	t_z								
7	Коэффициент загрузки полосы	X								
8	Переходный интервал	$t_{пр}$								
9	ЗС для пешеходов	t_{zp}								

5.2. Построение плана координации

Дано: четыре умеренно нагруженных перекрестка, расположенных на магистрали разноудаленно. Заданы характеристики магистрали: расстояние между стоп-линиями вдоль магистрали, ширина проезжей части на перегонах и на подходах к перекресткам, наличие или отсутствие разделительной полосы, уклонов, ограничений скорости, возможностей уширения проезжей части и т.д.

Требуется: построить план координации по магистрали, обеспечивающий безостановочное движение транзитных потоков и нормальное функционирование перекрестков.

Решение. Прежде чем приступить к работе, следует внимательно изучить материалы по теме "Координированное регулирование" в рекомендуемой литературе.

1. Определение исходных данных.

Из заданных цифрограмм высчитывают, а затем на тетрадном листе вычерчивают немасштабный график ИД по перегонам в обоих направлениях. Для каждого перегона определяют ИД транзитных и внепачковых автомобилей. Напомним, что в качестве транзитных следует принимать автомобили, прошедшие предыдущий светофорный объект или предсигнал с прямого направления, а в качестве внепачковых – пришедшие на магистраль на предыдущем светофорном объекте с поворотных направлений.

Определяют пределы допустимых ограничений скорости: при отсутствии специальных указаний скорость движения находится в пределах 40-60 км/ч. Исходя из взаимной удаленности перекрестков

определяют пределы желательной продолжительности светофорного цикла C :

$$C_{\min} = \frac{2 \cdot S}{V_{\max} \cdot n}, \text{ с};$$

$$C_{\max} = \frac{2 \cdot S}{V_{\min} \cdot n}, \text{ с},$$

где S — длина перегона, м (расстояние между одноименными столбами соседних перекрестков, включая собственно предыдущий перекресток);

V — скорость движения, м/с;

n — целое натуральное число: 1, 2, 3 ... (начинать следует с $n = 1$).

Выбирают базовый двухфазный светофорный цикл, находящийся, по возможности, в пределах желательной продолжительности цикла. Для базового цикла проверяют выполнение ограничений по пешеходному движению и коэффициенту загрузки полосы движением X . Левоповоротное движение может быть разрешено только при наличии отдельной полосы и не превышения допустимых пределов по ИД. При отсутствии необходимых условий левоповоротное движение можно сделать отнесенным либо вообще запретить, однако это можно сделать лишь на 2 перекрестках. Чтобы правоповоротное движение не мешало транзитному, пешеходные переходы должны быть отнесены, и перед ними созданы накопительные площадки достаточной емкости и доступности.

Определяют ширину ленты безостановочного движения (ЛБД) исходя из условия допустимой нагрузки:

$$t_1 = \frac{2 \cdot K_{\text{пн}} \cdot q \cdot C}{X_{\text{lim}} \cdot i}, \text{ с},$$

где q — интенсивность транзитного направления на данном перегоне, авт./с;

i — число полос движения, шт.;

X_{lim} – предельное значение коэффициента загрузки полосы, рекомендуемые значения которого находятся в пределах 0,7 – 0,85, при отсутствии иных данных можно принимать:

$$X_{\text{lim}} = \frac{6}{\sqrt{V}},$$

где V – скорость движения на перегоне, км/ч.

Определяют время опережения включения ЗС на последующих перекрестках для пропуска внепачковых автомобилей $t_{\text{оп}}$:

$$t_{\text{оп}} \approx 3 \cdot K_{\text{пн}} \cdot n, \text{ с,}$$

где n – число внепачковых автомобилей на полосе,

$$n = \frac{q_{\text{вн}} \cdot C}{i}, \text{ шт.,}$$

где $q_{\text{вн}}$ – ИД внепачковых транспортных средств на перегоне, авт./с;
 i – число полос движения перед стоп-линией.

2. Подготовка к построению плана координации.

На листе ватмана или другой плотной бумаге (можно использовать миллиметровую бумагу или развернутый тетрадный лист в клеточку) наносят исходные данные для построения плана координации. С левой стороны листа строго вертикально в масштабе 1:1000 (в 1 см – 100 м) наносят спрямленный план магистрали с перекрестками, возможными местами установки предсигналов и т.д.

Строго горизонтально, на продолжении стоп-линий пересекаемых улиц, проводят сплошные линии, указывающие геометрические границы пересекаемых улиц. Наклонно, начиная с левого нижнего угла, с шагом, примерно равным 60 мм, наносят отличающиеся друг от друга линии, обозначающие траектории движения ТС с различными скоростями. Желательно иметь линии, соответствующие скорости 30, 40, 50 и 60 км/ч, возможно – 35, 45 и 55 км/ч. Линии должны быть нежирными, могут отличаться друг от друга цветом

или формой: сплошная, пунктир, штрих-пунктир, точки, волна и т.д. Точно так же и такими же линиями наносят траектории движения ТС противоположного потока, начиная с левого верхнего угла (рис. 5.2).

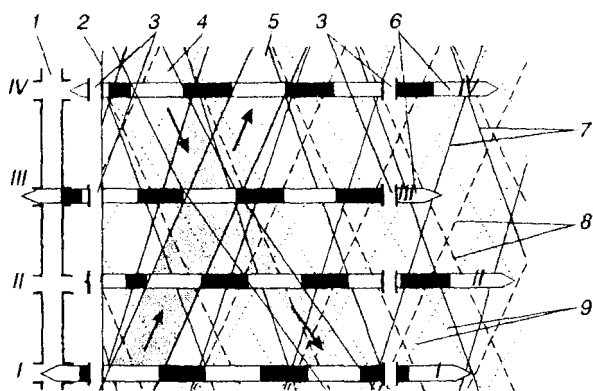


Рис. 5.2. Графоаналитический метод построения плана координации:

1 – план магистрали; 2 – базовая линия для отсчета времени; 3 – прорези для вставки полосок; 4 – ЛБД обратного направления; 5 – ЛБД прямого направления (на рисунке она установлена по $V = 50$); 6 – подвижные полоски с нанесенными периодами горения КС и ЗС; 7 – линии (сетка) скорости $V = 60$; 8 – линии $V = 50$; 9 – линии $V = 40$; I...IV – номера перекрестков

Из плотной бумаги вырезают полоски, соответствующие ширине пересекаемой улицы каждого СФО, и обозначают каждую полоску присвоив ей имя пересекаемой улицы. Наносят на каждой полоске последовательно 3–4 диаграммы СФР соответствующего объекта в масштабе $1 \text{ мм} = 1 \text{ с}$, при этом $t_{ж1}$ и $t_{ж2}$ относят к КС, отдельно не выделяя. Заостряют оба конца полосок и слегка отгибают их, чтобы было удобно продевать полоску в предназначенные для нее крепления.

По горизонтальным линиям продолжения пересекаемых улиц, в центре и ближе к обоим краям листа бумаги продельвают по два прореза шириной на $0,5 - 1 \text{ мм}$ больше ширины соответствующей полоски и на расстоянии $7-10 \text{ мм}$ друг от друга. Вместо прорезов можно установить петли-хомуты из ниток, тонкой проволоки, металлических пластинок и т.д. На расстоянии $30-50 \text{ мм}$ от плана магистрали на левой стороне проводят линию, строго перпендикулярную горизонтальным линиям продолжения пересекаемых улиц, – это будет базовая линия для отсчета времени при определении сдвигов.

3. Построение плана координации.

Аккуратно вставляют полоски базового цикла в их гнезда и, перемещая их, устанавливают желаемую максимальную ЛБД с желаемой скоростью в одном из направлений. Установка, как правило, производится по задней границе ЛБД, но если время опережения зеленого сигнала на всех объектах незначительно отличается друг от друга, ЛБД можно устанавливать и по передней границе с учетом времени $t_{оп}$. Определяют, как выглядит ЛБД в обратном направлении (как правило, она выглядит весьма непривлекательно).

Перемещая полоски в пределах допустимой деформации ЛБД с учетом допустимых изменений скорости, подбирают положение, приемлемое для обоих направлений, фиксируют его, измеряя и записывая сдвиги включения ЗС. Если полученный результат устраивает расчетчика, приступают к доводке плана координации. В первую очередь это касается лишнего (избыточного) времени ЗС вдоль магистрали: если позволяет пешеходное движение, его следует отдавать пересекаемым улицам. Если избыточное время горения ЗС образуется из-за неодновременного прихода на светофорный объект противоположных координированных пачек и нет возможности использовать его для левого поворота (например, из-за невозможности организовать для этого поворота отдельную полосу), его следует закрыть красным сигналом с одной стороны, что позволит уменьшить число внепачковых автомобилей и увеличить гарантию безостановочной проходимости.

Если расчетчику никак не удастся получить приемлемый результат, процедуру поиска следует продолжить, изменив продолжительность СФЦ, установив предсигналы для ликвидации внепачковых автомобилей, увеличивая число полос на входе и т.д., и так – до тех пор, пока этот результат не будет получен.

Отчет о работе включает расчет исходных данных, план координации с указанием принятых параметров – сдвигов включения ЗС, скоростей движения на перегонах и коэффициента загрузки полосы на каждом перегоне. Дается краткое заключение.

5.3. Расчет экономических потерь на нерегулируемом перекрестке

Дано: геометрические характеристики перекрестка и параметры транспортно-пешеходной нагрузки.

Требуется: рассчитать экономические потери на главном и второстепенном входах (А и В – по указанию преподавателя).

Решение. В общем случае рассчитываются потери от задержек и остановок транспорта, а также от задержек и перепрохода пешеходов. Вычерчивается масштабный план перекрестка, определяется число полос с каждого входа, расположение пешеходных переходов и в случае их отнесения от линии тротуаров или обочин – перепроход e_{sn} . Принято допущение, что транзитный транспорт главного направления не задерживается из-за право- и левоповоротных потоков. Принято также допущение, что поворотные потоки не конфликтуют между собой и не задерживаются из-за пешеходов.

1. Расчет исходных параметров.

1.1. Расчетная интенсивность главного конфликтующего потока q^* определяется для каждого второстепенного потока (направления) по формуле

$$q^* = q_{\Sigma} \cdot 0,9^{(i-1)}, \text{ авт./с,}$$

где q_{Σ} – суммарная ИД на всех полосах главного конфликтующего потока (или потоков, если их несколько), авт./с;

i – число полос главного конфликтующего потока (или потоков) шт.

1.2. Расчетная ИД второстепенного конфликтующего потока q_2 численно равна ИД данного направления, приходящегося на одну полосу. Как правило, поворотное движение второстепенного направления может производиться только с одной полосы, а второстепенное транзитное движение – с двух и более полос.

Расчетное значение приемлемого интервала T для городских условий можно принимать:

при левом повороте

$$T = (3 + 0,5 \cdot i) \cdot \sqrt{K_{\text{пн}}}, \text{ с;}$$

при пересечении

$$T = (4 + 0,5 \cdot i) \cdot \sqrt{K_{\text{пн}}}, \text{ с;}$$

при слиянии потока под малым углом

$$T = 4,5 \cdot \sqrt{K_{\text{пн}}}, \text{ с};$$

для пешеходов, пересекающих ТП,

$$T = 4 + i, \text{ с};$$

для поворотного транспорта, пересекающего пешеходный поток,

$$T = 3 \cdot \sqrt{K_{\text{пн}}}, \text{ с}.$$

Для загородных условий, где скорость движения существенно ниже, величина T может быть увеличена примерно на 1...2 с.

2. Расчет удельных издержек производится по следующим формулам:

2.1. Удельные задержки транспорта d

$$d = \frac{e^{qt} - qt - 1}{q - q_2(e^{qt} - qt - 1)}, \text{ с/авт.},$$

где $q = q^*$ – ИД главного конфликтующего потока, авт./с.

2.2. Удельные остановки транспорта e_0

$$e_0 = 1 - \frac{e^{-2,5q_2} \cdot e^{-2qt}}{1 - e^{-2,5q_2}(1 - e^{-qt})} \leq 1.$$

2.3. Удельная задержка пешеходов $d_{\text{п}}$

$$d_{\text{п}} = \frac{e^{qt} - qt - 1}{q}, \text{ с/чел.}$$

Рассчитываются следующие задержки транспорта:

1) левоповоротного потока главного направления АВ, конфликтующего со встречным главным транзитным потоком СА;

2) левоповоротного потока второстепенного направления ВС, конфликтующего с главным транзитным СА и левоповоротным СД, потоками слева, главным транзитным потоком справа АС, идущим по своей левой полосе, и второстепенным встречным транзитным потоком DB;

3) транзитного потока второстепенного направления BD, конфликтующего с суммарным главным потоком,

$$AC + CA + AB + CD + AD,$$

за вычетом правоповоротного главного потока слева СВ;

4) правоповоротного потока второстепенного направления ВА, конфликтующего с главным транзитным потоком слева СА, движущимся по своей правой полосе.

Расчеты остановок производятся для тех же расчетных случаев, что и задержек.

При расчете задержек пешеходов в случае наличия защищенного островка безопасности удельную задержку следует определять дважды – до островка безопасности и от него, а результаты суммировать.

3. Расчет экономических потерь от издержек движения транспорта.

Экономические потери рассчитываются для каждого направления по каждой полосе и затем суммируются. Потери от издержек движения пешеходов рассчитываются для каждого входа и суммируются.

Расчет годовых экономических потерь Π производится по формуле

$$\Pi = e \cdot Q \cdot K_{пз} \cdot \Phi_{г} \cdot C_e \cdot K_{ec}, \text{ у.е./год},$$

где e - удельная издержка (e_{sn}, e_o, d, d_n);

Q - ИД физическая, авт./ч, чел./ч;

$K_{пз}$ - экономический коэффициент приведения, для пешеходов $K_{пз}=1$;

$\Phi_{г}$ - годовой фонд времени, ч/год, для сильнонагруженных объектов $\Phi_{г} = 4200$ ч/год, для умеренно нагруженных - 3600 ч/год, для слабонагруженных - 3600 ч/год;

C_e - цена издержки, принимается: $C_d = 1,8$ у.е./ч; $C_{dn} = 0,25$ у.е./ч; $C_{sn} = 0,015$ у.е./ост.; $C_{sn} = 0,1$ у.е./км; $C_s = 0,09$ у.е./км; $C_F = 0,4$ у.е./л;

K_{ec} - коэффициент приведения размерностей, для расчета задержек транспорта и пешеходов $K_{ec} = 1/3600$, для остальных видов издержек $K_{ec} = 1$.

Результаты расчетов заносятся в табл. 5.2.

Отчет о работе включает масштабный план перекрестка, расчеты с пояснения формул, таблицу результатов и краткое заключение.

Таблица 5.2

Результаты расчета экономических потерь
на нерегулируемом перекрестке

Направление Параметр	Индекс	Размер- ность	AB	BA	BD		BC	Σ
					1	2		
Интенсивность движения	Q	авт./ч						
Коэффициент приведения динамический	$K_{пн}$	-						-
Коэффициент приведения экономический	$K_{пэ}$	-						-
Расчетная ИД	q^*	авт./с						-
Приемлемый интервал	T	с						-
ИД второстепенная	q_2	авт./с						-
Удельная задержка	d	с/авт.						-
Удельная остановка	e_o	ост./авт.						-
Удельная задержка пешеходов	d_n	с/чел.						-
Удельный перепроход	e_{sn}	км/чел.						-
Потери от задержек	Π_d	у.е./год						
Потери от остановок	Π_o	у.е./год						
Потери от задержек пешеходов	Π_{dn}	у.е./год						
Потери от перепрохода	Π_{sn}	у.е./год						
Потери транспорта	$\Pi_{т}$	у.е./год						
Потери пешеходов	$\Pi_{п}$	у.е./год						
Суммарные потери	Π	у.е./год						

5.4. Расчет экономических потерь на регулируемом перекрестке

Дано: геометрические характеристики перекрестка, параметры транспортно-пешеходной нагрузки, диаграмма светофорного регулирования.

Требуется: рассчитать экономические потери на входах А и В (по заданию преподавателя).

Решение. В общем случае рассчитываются потери от следующих видов издержек: от задержек, остановок и перепробега транспорта, от задержек и перепрохода пешеходов, от отнесения стоп-линий. Вычерчивается масштабный план перекрестка, определяется число полос с каждого входа, расположение пешеходных переходов и стоп-линий. Если пешеходные переходы и стоп-линии, по мнению расчетчика, необоснованно отнесены от перекрестка, определяется удельная величина перепрохода пешеходов l_{sn} , км, и расчетная величина отнесения стоп-линий L_{sn} , м. Определяется нагрузка на каждую полосу движения и рассчитываются следующие параметры:

q^* – расчетная ИД, авт./с, включая приведение поворотных потоков к транзитному (см. подраздел 5.1);

q_n – расчетный поток насыщения, авт./с;

λ – доля ЗС в цикле;

X – коэффициент загрузки полосы движением;

λ_n – доля ЗС для пешеходов в цикле.

1. Расчет удельных издержек.

1.1. Удельные задержки транспорта рекомендуется рассчитывать по упрощенной формуле Вебстера

$$d = 0,45 \cdot \left[\frac{C \cdot (1 - \lambda)^2}{1 - \lambda \cdot X} + \frac{X^2}{q \cdot (1 - X)} \right], \text{ с,}$$

где C – продолжительность цикла регулирования, с.

При этом принимается допущение: $X \leq 0,95$. Кроме того, принято допущение, что задержки поворотных потоков из-за необходи-

мости пропускa пешеходов незначительны и уже учтены коэффициентами приведения $K_{лв}$ и $K_{пр}$ (см. подраздл 5.1).

1.2. Удельные остановки рассчитываются по формуле

$$e_0 = [(1 - \lambda) - K_{oc}] \cdot K_0 \geq 0, \text{ ост./авт.},$$

где K_{oc} – коэффициент снижения очереди, учитывает взаимодействие водителей с сигналами светофора, что фактически увеличивает долю ЗС в цикле:

$$K_{oc} \approx 0,5 \frac{t_{zm} + t_{ж} + t_{(ж+к)}}{C},$$

где t_{zm} – продолжительность зеленого мигающего сигнала, равная как правило, 3 с;

$t_{(ж+к)}$ – продолжительность горения комбинации ЖС + КС, с;

K_0 – коэффициент приращения очереди, учитывает остановку автомобилей, прибывших на ЗС, но вынужденных остановиться из-за наличия очереди:

$$K_0 = \frac{q_n}{q_n - q}.$$

1.3. Удельный перепробег транспорта e_s (только в случае кольцевых перекрестков или отнесенного левого поворота) определяется из масштабного плана перекрестка.

1.4. Удельная задержка транспорта из-за необоснованного отнесения стоп-линий $d_{сл}$ принимается равной

$$d_{сл} \approx 0,2 \cdot L_{сл}, \text{ с/авт.},$$

где $L_{сл}$ – необоснованное отнесение стоп-линии, м.

1.5. Удельная задержка пешеходов определяется по формуле

$$d_{п} = \frac{C \cdot (1 - \lambda_{п})^2}{2}, \text{ с/чел.}$$

3. **Расчет годовых экономических потерь** производится для каждого вида издержек по формуле

$$\Pi_e = e \cdot Q \cdot K_{пз} \cdot \Phi_{г} \cdot C_e \cdot K_{ес}, \text{ у.е./год (см. подраздел 5.3).}$$

Полученные значения Π_e суммируются по полосам и входам:

$$\Pi = \sum \Pi_e, \text{ у.е./год.}$$

Результаты расчетов заносятся в табл. 5.3.

Отчет о работе включает масштабный план перекрестка, схему пофазного движения и параметры регулирования, расчеты по поясненным формулам, таблицу результатов и краткое заключение.

Таблица 5.3

Результаты расчета экономических потерь
на регулируемом перекрестке

№ п/п	Вход/полоса Параметр	Индекс	Размерность	А	В	Σ
1	2	3	4	5	6	7
1	Интенсивность движения	Q	авт./ч			
2	Коэффициент приведения динамический	$K_{пн}$	—			
3	Коэффициент приведения экономический	$K_{пз}$	—			
4	Продолжительность цикла регулирования	C	с			
5	Продолжительность ЗС	t_z	с			
6	Расчетные ИД	q^*	авт./с			

1	2	3	4	5	6	7
7	Коэффициент загрузки полосы	X	–			–
8	Удельный перепробег	e_S	км/авт.			–
9	Отнесение стоп-линии	$L_{сл}$	м			–
10	Удельная задержка	d	с/авт.			–
11	Удельная остановка	e_0	ост./авт.			–
12	ИД пешеходов	Q_n	чел./ч			–
13	Продолжительность ЗС для пешеходов	t_{zn}	с			–
14	Удельный перепроход	E_{sn}	км/чел.			–
15	Удельная задержка пешеходов	d_n	с/чел.			–
16	Потери от задержек	Π_d	у.е/год			
17	Потери от остановок	Π_0	у.е/год			
18	Потери от перепробега	Π_s	у.е/год			
19	Потери от отнесения стоп-линии	$\Pi_{сл}$	у.е/год			
20	Потери от задержек пешеходов	Π_{dn}	у.е/год			
21	Потери от перепрохода	Π_{sn}	у.е/год			
22	Потери транспорта	Π_T	у.е/год			
23	Потери пешеходов	Π_n	у.е/год			
24	Суммарные потери	Π	у.е/год			

5.5. Расчет экономических потерь при конфликтном левом повороте на регулируемом перекрестке

Методические указания даются одновременно с решением примера.

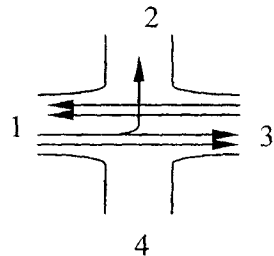
Дано: схема движения главных потоков на регулируемом перекрестке 1 2 3 4. Левоповоротное конфликтное движение 12 осуществляется с одной полосы совместно с транзитным двухполосным движением 13.

$$Q_{12} = 72 \text{ авт./ч}; \quad Q_{13} = 288 \text{ авт./ч};$$

$$Q_{31} = 720 \text{ авт./ч}; \quad K_{пн} = 1,15; \quad K_{пэ} = 1,5;$$

$$k_{пн} = 1; \quad \lambda = 0,5 \text{ — для всех потоков};$$

$$t_0 = 76 \text{ с}; \quad \Phi_r = 3600 \text{ ч/год.}$$



Требуется: рассчитать суммарные экономические потери для потоков 12 и 13 уже после прохождения ими стоп-линий на ЗС светофора.

Решение. Рассчитываются потери от задержек и остановок левоповоротного 12 и транзитного 13 потоков. Расчеты можно выполнять также по методике, приведенной в работе [6, п. 3.1.1, 2.1.3].

1. Потери левоповоротного потока 12.

1.1. Удельная остановка e_{012} определяется по формуле

$$e_{012} = 1 - \frac{e^{-2,5 \cdot q_{12}} \cdot e^{-2 \cdot q \cdot T}}{1 - e^{-2,5 \cdot q_{12}} \cdot (1 - e^{-q \cdot T})} = 0,828 \text{ ост./авт.,}$$

где q – расчетная ИД главного конфликтующего потока, авт./с:

$$q = \frac{q_{31} \cdot 0,9^{(i-1)}}{\lambda_{31}} = 0,36 \text{ авт./с,}$$

T – приемлемый интервал в главном конфликтующем потоке, с:

$$T = (3 + 0,5 \cdot i) \cdot \sqrt{K_{\text{пн}12}} = 4,29 \text{ с.}$$

1.2. Удельная задержка d_{12} определяется по формуле

$$d_{12} = \frac{e^{q \cdot T} - q \cdot T - 1}{q - q_{12} \cdot (e^{q \cdot T} - q \cdot T - 1)} = 6,75 \text{ с/авт.,}$$

Если $d_{12} > T_{z12}$, имеет место затор, и перекресток не функционирует. В данном примере $T_{z12} > d_{12}$ ($38 > 6,75$), и перекресток функционирует.

1.3. Потери потока 12 определяются по формуле

$$П_e = e \cdot Q \cdot K_{\text{пз}} \cdot \Phi_{\Gamma} \cdot C_e \cdot K_{\text{ec}}, \text{ у.е./год (подраздел 5.3);}$$

$$\Pi_{d12} = 1312 \text{ у.е./год};$$

$$\Pi_{012} = 4829 \text{ у.е./год};$$

$$\Pi_{012} = \Pi_{d12} + \Pi_{012} = 6141 \text{ у.е./год.}$$

2. Потери транзитного потока 13.

2.1. Удельная остановка e_{013} определяется по формуле

$$e_{013} = \min \begin{cases} \frac{n_{12}}{n_{12} + 1} = 0,603 \\ \frac{d_{12} \cdot n_{12}}{T_1 \cdot (q_1 - q_{12}) \cdot C} \cdot K_0 = 0,225 \end{cases} = 0,225 \text{ ост./авт.},$$

где n_{12} — число левоповоротных ТС в цикле,

$$n_{12} = q_{12} \cdot C = 1,52 \text{ авт./цикл};$$

T_1 — средний интервал в потоке q_1 на левой полосе направления 13, с:

$$T_1 = \frac{1}{q_1} = 10 \text{ с};$$

q_1 — ИД на левой полосе, авт./с, принято:

$$q_1 = q_{12} + q_{13} = 0,1 \text{ авт./с};$$

K_0 — коэффициент приращения очереди,

$$K_0 = \frac{q_{н1}}{q_{н1} - q_1} = 1,33,$$

где $q_{н1}$ — поток насыщения на левой полосе,

$$q_{н1} = \frac{t_{Z1} - 3}{2 \cdot t_{Z1} \cdot K_{пн} \cdot K_{уn}} = 0,40 \text{ авт./с.}$$

2.2. Удельная задержка определяется по формуле

$$d_{13} = d_{13\text{ср}} \cdot e_{013} = 0,562 \text{ с/авт.,}$$

где $d_{13\text{ср}} = 0,5 \cdot \left(d_{12} - T_1 - \frac{n_{013}}{q_{н1}} \right) \geq \frac{1}{q_{н1}} = 2,5 \text{ авт./с,}$

где n_{013} – число остановленных транспортных средств на левом полосе,

$$n_{013} = \min n_{013} = \min \begin{cases} \frac{n_{12}}{n_{12} + 1} \cdot C(q_1 - q_{12}) = 3,67 \\ \frac{d_{12} \cdot n_{12}}{T_1} \cdot K_0 = 1,36 \end{cases} = 1,36 \text{ авт./цикл.}$$

2.3. Потери транзитного потока 13 определяются по формуле

$$\Pi_e = e \cdot Q \cdot K_{пэ} \cdot \Phi_r \cdot C_e \cdot K_{ec}, \text{ у.е./год;}$$

$$\Pi_{d13} = 437 \text{ у.е./год;}$$

$$\Pi_{013} = 5249 \text{ у.е./год;}$$

$$\Pi_{13} = \Pi_{d13} + \Pi_{013} = 5686 \text{ у.е./год.}$$

3. Суммарные экономические потери при конфликтном левом повороте

$$\Pi = \Pi_{12} + \Pi_{13} = 11827 \text{ у.е./год.}$$

Результаты расчетов заносятся в табл. 5.4.

Отчет о работе включает эскизный план перекрестка, схему движения и параметры регулирования, расчеты без пояснения формул, таблицу результатов и краткое заключение.

Таблица 5.4

Результаты расчета экономических потерь
при конфликтном левом повороте

№ п/п	Параметр	Индекс	Размерность	Значение
1	Расчетная ИД направления 31	q	авт./с	0,36
2	Приемлемый интервал в ТП 31	T	с	4,29
3	Удельная остановка ТП 12	e_{012}	ост./авт.	0,828
4	Удельная задержка ТП 12	d_{12}	с/авт.	6,75
5	Потери ТП 12 от остановок	Π_{012}	у.е./год	4829
6	Потери ТП 12 от задержек	Π_{d12}	у.е./год	1312
7	Суммарные потери ТП 12	Π_{12}	у.е./год	6141
8	Удельная остановка ТП 13	e_{013}	ост./авт.	0,225
9	Удельная задержка ТП 13	d_{13}	с/авт.	0,562
10	Потери ТП 13 от остановок	Π_{013}	у.е./год	5249
11	Потери ТП 13 от задержек	Π_{d13}	у.е./год	437
12	Суммарные потери ТП 13	Π_{13}	у.е./год	5686
13	Суммарные потери ТП 12 и ТП 13	Π	у.е./год	11827

5.6. Расчет экологических потерь на перегоне улицы

Методические указания даются одновременно с решением примера.

Дано: горизонтальный участок магистральной улицы протяженностью $S = 0,5$ км. Ширина улицы в красных линиях $B_k = 50$ м; суммарная (с обеих сторон) высота застройки $H = 30$ м; окна – обычные. Ширина асфальтобетонной проезжей части $B = 24$ м; расстояние от траектории движения ближайшего ТП до середины тротуара $r_2 = 7,5$ м. Озеленение – однорядная посадка деревьев между тротуа-

ром и проезжей частью. Интенсивность движения $Q = 1000$ авт./ч в каждом направлении; $K_{\text{пн}} = 1,15$; суммарная интенсивность движения пешеходов $Q_{\text{п}} = 200$ чел./ч. Доля общественного транспорта в потоке $\Delta O = 0,02$, в том числе троллейбусов $\Delta \text{эл} = 0,01$. Доля дизельного транспорта $\Delta \text{д} = 0,2$, доля бензинового транспорта $\Delta \text{б} = 0,79$. Средний возраст ТС $t = 10$ лет. Скорость движения фактическая $V_{\text{и}} = 37$ км/ч, коэффициент вариации распределения скорости $I_{\text{вн}} = 0,15$. Плотность населения, проживающего со стороны улицы, $N_3 = 500$ чел./км.

Требуется: рассчитать экологические потери от выбросов в атмосферу и транспортного шума из-за снижения (в сравнении с разрешенной) скорости и увеличения ее неравномерности.

Решение. Экологические потери есть разность между нормативными потерями в исследуемых условиях ($\Pi_{\text{ни}}$) и нормативными потерями в эталонных условиях ($\Pi_{\text{нэ}}$): $\Pi_{\text{в}} = \Pi_{\text{вни}} - \Pi_{\text{внэ}}$ – потери от выбросов в атмосферу; $\Pi_{\text{ш}} = \Pi_{\text{шни}} - \Pi_{\text{шнэ}}$ – потери от шума. В качестве норматива при определении потерь принято: от выбросов – $V_{\text{н}} = 60$ км/ч; $I_{\text{вн}} = 0$; $t_{\text{н}} = 4$ года; от шума – $L_{\text{н}} \approx 35$ дБА ($K_{L\text{н}} = 0,0312$). В качестве эталонных условий движения принимаем все (вышеперечисленные) условия, которые мы не имеем возможности изменить. В качестве эталонной скорости принимаем разрешенную в городе скорость при равномерном движении: $V_{\text{э}} = 60$ км/ч; $I_{\text{вэ}} = 0$.

1. Потери от выбросов в атмосферу. Рассчитываются в следующей последовательности:

- 1) удельный объем произведенных выбросов;
- 2) удельный объем и стоимость ущерба от приведенных (к потребителю) выбросов;
- 3) удельное число потребителей;
- 4) годовые потери от выбросов.

1.1. Удельный (на 1 км) объем произведенных выбросов определяется по формуле

$$M_0 = Q^* \cdot m \cdot [K_{\text{пн}} \cdot (K_{\text{mv}} \cdot K_{\text{iv}} - 1) + H_t \cdot K_{\text{mv}} \cdot K_{\text{iv}}], \text{ кг/км,}$$

где m – базовое значение суммарных приведенных (по CO) выбросов легкового автомобиля, кг/км; принято: $m = 0,02$ кг/км;

Q^* – расчетная (без электротранспорта) ИД, авт./ч,

$$Q^* = Q \cdot [1 - \Delta_{\text{эл}} \cdot (1 + K_{\text{пнэл}} - K_{\text{пн}})], \text{ авт./ч,}$$

где Q – ИД исследуемого ТП, авт./ч,

$$Q = 1000 \cdot 2 = 2000 \text{ авт./ч;}$$

$\Delta_{\text{эл}}$ – доля электротранспорта в ТП, $\Delta_{\text{эл}} = 0,01$;

$K_{\text{пнэл}}$ – динамический коэффициент приведения электротранспорта, $K_{\text{пнэл}} = 2$ (троллейбусы);

$$Q^* = 2000 \cdot [1 - 0,01 \cdot (1 + 2 - 1,15)] = 1963 \text{ авт./ч;}$$

K_{mv} – коэффициент изменения выбросов от скорости (рис. 5.3):

$$K_{mvi} = 4;$$

$$K_{mvэ} = 1;$$

K_{iv} – коэффициент изменения выбросов от дисперсии скорости,

$$K_{iv} = \sqrt{1 + I_V};$$

$$K_{ivi} = \sqrt{1 + 0,15} = 1,072; \quad K_{ivэ} = 1.$$

H_t – коэффициент возраста ТС,

$$H_t = \Delta b \cdot K_{\text{пнб}} \cdot K_{tб} + \Delta \delta \cdot K_{\text{пнд}} \cdot K_{tд},$$

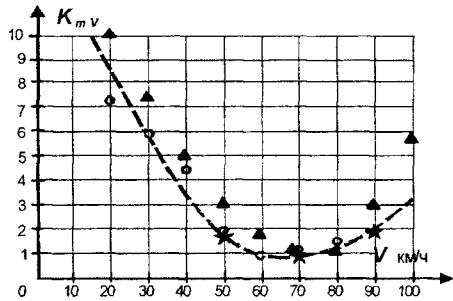


Рис. 5.3. Зависимость удельных приведенных (по CO) выбросов легковых автомобилей от скорости движения потока

где $\Delta b = 0,79$; $\Delta d = 0,2$; $K_{\text{пнб}} = K_{\text{пнд}} = 1,15$;

$K_{\text{тб}}$, $K_{\text{тд}}$ – коэффициент приращения выбросов от возраста ТС с бензиновыми и дизельными двигателями,

$$K_{\text{тб}} = 0,08 \cdot (t - 4) = 0,08 \cdot (10 - 4) = 0,48;$$

$$K_{\text{тд}} = 0,05 \cdot (t - 4) = 0,05 \cdot (10 - 4) = 0,30;$$

$$H_t = 0,79 \cdot 1,15 \cdot 0,48 + 0,2 \cdot 1,15 \cdot 0,3 = 0,505;$$

$$M_{\text{он}} = 1963 \cdot 0,02 \cdot [1,15 \cdot (4 \cdot 1,072 - 1) + 0,505 \cdot 4 \cdot 1,072] = 233,4 \text{ кг/км};$$

$$M_{\text{оэ}} = 1963 \cdot 0,02 \cdot [1,15 \cdot (1 \cdot 1 - 1) + 0,505 \cdot 1 \cdot 1] = 19,82 \text{ , кг/км}.$$

1.2. Удельный объем приведенных (к потребителю) выбросов M_i oilt делится по формуле

$$M_i = M_o \cdot K_{zi}, \text{ кг/км},$$

где K_{zi} – коэффициент защиты потребителей i -й категории.

Рассматриваются 3 категории потребителей: водители и пассажиры (1), пешеходы (2), жители прилегающих зданий (3).

Принято:

водители

$$K_{z1} = 1;$$

пешеходы

$$K_{z2} = e^{-0,04 \cdot (r_2 + 5 \cdot i_2)},$$

где r_2 – расстояние от середины траектории ближайшего ТП до середины тротуара, м, $r_2 = 7,5$ м;

i_2 – число рядов кустарников и (или) деревьев, эффективно защищающих пешеходов от экологического воздействия, $i_2 = 0$;

$$K_{z2} = e^{-0,04 \cdot (7,5 + 5 \cdot 0)} = 0,741;$$

жители

$$K_{z3} = e^{-0,04 \cdot (r_3 + 5 \cdot i_3 + 10)},$$

где r_3 – расстояние (по диагонали) от траектории движения ближайшего ТП до средних по высоте окон застройки, м:

$$r_3 = \sqrt{\left(\frac{B_K - B + 3,75}{2}\right)^2 + \left(\frac{H}{4}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{50 - 24 + 3,75}{2}\right)^2 + \left(\frac{30}{4}\right)^2} = 16,66 \text{ м};$$

i_3 – число рядов деревьев, эффективно защищающих жителей прилегающих зданий, $i_3 = 1$;

$$K_{z3} = e^{-0,04 \cdot (16,66 + 5 \cdot 1 + 10)} = 0,282;$$

$$M_{1И} = 233,4 \text{ кг/км}; \quad M_{1Э} = 19,82 \text{ кг/км};$$

$$M_{2И} = 233,4 \cdot 0,741 = 172,9 \text{ кг/км};$$

$$M_{2Э} = 19,82 \cdot 0,741 = 14,68 \text{ кг/км};$$

$$M_{3И} = 233,4 \cdot 0,282 = 65,82 \text{ кг/км};$$

$$M_{3Э} = 19,82 \cdot 0,282 = 5,59 \text{ кг/км};$$

C_{mi} – стоимость ущерба для здоровья (и ВВП) от воздействия в течение часа на одного человека вредных выбросов такой концентрации, которая эквивалентна удельному приведенному выбросу M_i , у.е./чел., принято:

$$C_{mi} = 0,02 \cdot C_B \cdot \sqrt{M_i - 6} \geq 0, \text{ у.е./чел./ч},$$

где C_B – доля национального дохода (ВВП), приходящаяся на 1 чел./ч.
 При отсутствии иных данных для Республики Беларусь можно принимать $C_B = 0,25$ у.е./ч.

$$C_{m1и} = 0,005\sqrt{233,4 - 6} = 0,0754 \text{ у.е./чел./ч};$$

$$C_{m1э} = 0,005\sqrt{19,82 - 6} = 0,0185 \text{ у.е./чел./ч};$$

$$C_{m2и} = 0,005\sqrt{172,9 - 6} = 0,0646 \text{ у.е./чел./ч};$$

$$C_{m2э} = 0,005\sqrt{14,68 - 6} = 0,0147 \text{ у.е./чел./ч};$$

$$C_{m3и} = 0,005\sqrt{65,82 - 6} = 0,0387 \text{ у.е./чел./ч};$$

$$C_{m3э} = 0,005\sqrt{5,59 - 6} = 0 \text{ у.е./чел./ч}.$$

1.3. Удельное (на 1 км) число потребителей экологического во^т-во й действия (N_i), чел./км, принято:

водители

$$N_1 = \frac{(40 \cdot \Delta O + 1,5) \cdot Q}{V}, \text{ чел./км},$$

где ΔO – доля общественного транспорта в потоке, $\Delta O = 0,02$;

Q – интенсивность движения, авт./ч;

V – скорость движения, км/ч.

$$N_{1и} = \frac{(40 \cdot 0,02 + 1,5) \cdot 2000}{37} = 124,3 \text{ чел./км};$$

$$N_{1э} = \frac{(40 \cdot 0,02 + 1,5) \cdot 2000}{60} = 76,67 \text{ чел./км};$$

пешеходы

$$N_2 = \frac{Q_{n\Sigma}}{V_n}, \text{ чел./км,}$$

где $Q_{n\Sigma}$ – суммарная ИД пешеходов, чел./ч, $Q_{n\Sigma} = 200$ чел./ч;

V_n – скорость движения пешеходов, км/ч, принимается
 $V_n = 4$ км/ч;

$$N_2 = \frac{200}{4} = 50 \text{ чел./км;}$$

жители

$$N_3 = 500 \text{ чел./км (по условию задачи).}$$

1.4. Годовые потери от выбросов определяются по формуле

$$\Pi_m = \Pi_{mнн} - \Pi_{mнэ}, \text{ у.е./год,}$$

где $\Pi_{mнн}$ – нормативные (по отношению к нормативу: $V = 60$ км/ч;
 $I_{г} = 0$; $\bar{t} = 4$ года) потери от выбросов в атмосферу:

$$\Pi_{mнн} = \left[M_0 \cdot C_{m0} + \sum_1^{i=3} (N_i \cdot C_{mi}) \right] \cdot \Phi_{г} \cdot S \cdot K_c, \text{ у.е./год,}$$

где C_{m0} – стоимость ущерба в народном хозяйстве (потери ВВП)
от 1 кг приведенных (по СО) выбросов в атмосферу, у.е./кг; принято:

$C_{m0} = 0,025$ у.е./кг – город; $C_{m0} = 0,010$ у.е./кг – загород;

$\Phi_{г}$ – годовое время, ч/год, $\Phi_{г} = 4200$ ч/год;

S – протяженность участка, км, $S = 0,5$ км;

K_c – социальный коэффициент экологических потерь, принято:
 $K_c = 1,5$;

$$\Pi_{\text{мни}} = [233,4 \cdot 0,025 + (124,3 \cdot 0,0754 + 50 \cdot 0,0646 + 500 \cdot 0,0387)] \times \\ \times 4200 \cdot 0,5 \cdot 1,5 = 119029 \text{ у.е./год};$$

$$\Pi_{\text{мнэ}} = [19,82 \cdot 0,025 + (76,67 \cdot 0,0185 + 50 \cdot 0,0147 + 500 \cdot 0,0)] \times \\ \times 4200 \cdot 0,5 \cdot 1,5 = 8344 \text{ у.е./год}$$

$$\Pi_m = 119029 - 8344 = 110685 \text{ у.е./год.}$$

2. Потери от транспортного шума. Определяются в следующей последовательности:

- 1) уровень производимого шума;
- 2) уровень приведенного (к потребителю) шума;
- 3) коэффициенты потерь национального дохода;
- 4) годовые потери от шума.

2.1. *Уровень производимого шума* определяется по формуле

$$L_o = 4,3 + 10 \cdot \lg [Q \cdot V^2 \cdot (14 \cdot K_{\text{пн}} - 13)] + \sum d_o, \text{ дБА},$$

где $\sum d_o$ – сумма поправок при расчете производимого шума,

$$\sum d_o = d_{\alpha} + d_{\text{н}} + d_t + d_{\text{пч}} + d_{iv}, \text{ дБА},$$

где d_{α} – поправка на уклон, $d_{\alpha} = 0$ (табл. 5.5);

$d_{\text{пч}}$ – поправка на тип покрытия, $d_{\text{пч}} = 0$ – асфальтобетон (табл. 5.5);

$d_{\text{н}}$ – поправка на отношение ширины улицы к сумме высот застройки;

$$B_K/H = 50/30 = 1,67; \quad d_{\text{н}} = 2,2 \text{ дБА (табл. 5.5);}$$

$$d_t \text{ – поправка на возраст ТС, } d_t = 0,12 \cdot (t - 4) = 0,72 \text{ дБА};$$

$$d_{iv} \text{ – поправка на дисперсию скорости,}$$

$$d_{iv} = 40 \cdot \lg(1 + I_V);$$

$$I_{vэ} = 0; \quad d_{ivэ} = 0; \quad I_{ИИ} = 0,15; \quad d_{ivИ} = 2,43 \text{ дБА}$$

$$L_{oэ} = 4,3 + 10 \cdot \lg[2000 \cdot 60^2 \cdot (14 \cdot 1,15 - 13)] + 2,92 = 80,7 \text{ дБА.}$$

$$L_{oИ} = 4,3 + 10 \cdot \lg[2000 \cdot 37^2 \cdot (14 \cdot 1,15 - 13)] + 5,35 = 78,94 \text{ дБА.}$$

2.2. Уровень приведенного шума определяется по формуле

$$L_i = L_o + \sum d_i, \text{ дБА,}$$

где $\sum d_i$ - сумма поправок при расчете приведенного шума, дБА:
водители

$$\sum d_1 = -12 \text{ дБА;}$$

пешеходы

$$\sum d_2 = dr_2 + dz_2;$$

$$dr = -14 \cdot \lg \frac{r}{7,5}, \text{ дБА.}$$

$$r_2 = 7,5 \text{ м;}$$

$$dr_2 = 0;$$

$dz_2 = 0$, так как имеющийся ряд деревьев практически не защищает пешеходов;

$$\sum d_2 = 0;$$

жители

$$\sum d_3 = dr_3 + dz_3 + dэж, \text{ дБА:}$$

$$r_3 = 16,66 \text{ м};$$

$$dr_3 = -14 \cdot \lg \frac{16,66}{7,5} = -4,85 \text{ дБА};$$

$$dz_3 = 1; \quad dz_3 = -5 \text{ дБА (табл. 5.5);}$$

$d_{\text{эк}}$ – поправка на экранирование, $d_{\text{эк}} = -12$ дБА (табл. 5.5)
(нормальные окна);

$$\sum d_3 = -4,85 - 5 - 12 = -21,85 \text{ дБА.}$$

$$L_{1Э} = 80,7 - 12 = 68,7 \text{ дБА};$$

$$L_{1И} = 78,94 - 12 = 66,94 \text{ дБА};$$

$$L_{2Э} = 80,7 \text{ дБА};$$

$$L_{2И} = 78,94 \text{ дБА};$$

$$L_{3Э} = 80,7 - 21,85 = 58,85 \text{ дБА};$$

$$L_{3И} = 78,94 - 21,85 = 57,09 \text{ дБА.}$$

2.3. Коэффициент потерь национального дохода определяется по формуле

$$K_{Li} = 1,8 \cdot 10^{-7} \cdot L_i^{3,39} - 0,0312;$$

$$K_{L1Э} = 1,8 \cdot 10^{-7} \cdot 68,7^{3,39} - 0,0312 = 0,2725;$$

$$K_{L1И} = 1,8 \cdot 10^{-7} \cdot 66,94^{3,39} - 0,0312 = 0,2470;$$

$$K_{L2Э} = 1,8 \cdot 10^{-7} \cdot 80,7^{3,39} - 0,0312 = 0,4931;$$

$$K_{L2И} = 1,8 \cdot 10^{-7} \cdot 78,94^{3,39} - 0,0312 = 0,4553;$$

$$K_{L3Э} = 1,8 \cdot 10^{-7} \cdot 58,85^{3,39} - 0,0312 = 0,1485;$$

$$K_{L3И} = 1,8 \cdot 10^{-7} \cdot 57,09^{3,39} - 0,0312 = 0,1310.$$

2.4. Годовые потери от шума определяются по формуле

$$\Pi_L = \Pi_{LИИ} - \Pi_{LИЭ}, \text{ у.е./год},$$

где $\Pi_{LИ}$ – нормативные (по отношению к нормативу $L_1 \approx 35$ дБА) потери от шума,

$$\Pi_{LИ} = \sum_1^{i=3} (K_{Li} \cdot N_i) \cdot \Phi_r \cdot S \cdot C_B \cdot K_c, \text{ у.е./год},$$

где Φ_r, S, K_c, N_i – определены ранее в п.1;

C_B – доля национального дохода (ВВП), приходящаяся на 1 чел./ч, принято: $C_B = 0,25$ у.е./ч;

$$\begin{aligned} \Pi_{LИЭ} &= (0,2725 \cdot 76,67 + 0,4931 \cdot 50 + 0,1485 \cdot 500) \times \\ &\times 4200 \cdot 0,5 \cdot 0,25 \cdot 1,5 = 94340 \text{ у.е./год}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Pi_{LИИ} &= (0,2470 \cdot 124,3 + 0,4553 \cdot 50 + 0,1310 \cdot 500) \times \\ &\times 4200 \cdot 0,5 \cdot 0,25 \cdot 1,5 = 93686 \text{ у.е./год}; \end{aligned}$$

$$\Pi_L = 93686 - 94340 = -654 \text{ у.е./год}.$$

3. Суммарные экологические потери. Определяются по формуле

$$\Pi_{\text{экл}} = \Pi_m + \Pi_L = 110685 - 654 = 110031 \text{ у.е./год}.$$

Отчет о работе включает расчеты параметров без пояснения формул, таблицу результатов и краткое заключение.

Таблица 5.5

Значения поправочных коэффициентов d_x
при расчете уровней шума

d_α	Продольный уклон									
	α %	1	2	3	4	5	6	7	8	
	d_α	0,5	0,8	1,2	1,5	2,0	2,3	2,7	3,0	
d_H	Отношение ширины улицы В к сумме высот Н									
	В/Н	1	1,5	2	3	4	5	6	8	
	d_H	4	2,5	1,5	0	-1	-1,4	-1,7	-2,0	
d_z	Озеленение (посадка деревьев)									
	тип	однорядная			двухрядная			трехрядная		
	d_z	-5			-8			-10		
$d_{пч}$	Покрытие проезжей части									
	тип	цементобетон			брусчатка			булыжник		
	скорость	40			1			2		
		60			2			3		
80			3			5				
$d_{эк}$	Экраны									
	тип	окна обычные при открытой форточке			окна специальные			экраны		
	$d_{эк}$	-10...-12			-20...-28			-6...-24		

Таблица 5.6

Результаты расчета экологических потерь на перегоне

№ п/п	Параметр	Индекс	Размерность	Значение	
				иссл.	этал.
1	2	3	4	5	6
1	Интенсивность движения суммарная	Q	авт./ч	2000	
2	Коэффициент приведения динамический	$K_{пн}$	-	1,15	
3	Скорость движения	V	км/ч	37	60
4	Коэффициент вариации распределения СД	I_V	-	0,15	0
5	ИД пешеходов суммарная	$Q_{п}$	чел./ч	200	

1	2		3	4	5	6
6	Ширина улицы/высота застройки		B_K/H	м/м	50/30	
7	Протяженность участка		S	км	0,5	
8	Средний возраст ТС		t	лет	10	
9	Число рядов деревьев		i	–	1	
10	Доля МПТ/доля электротранспорта		$\Delta O/\Delta эл$	–	0,02/0,01	
11	Удельные произведенные выбросы		M_o	кг/км	233,4	19,82
12	Удельное число потребителей	водители	N_1	чел./км	124,3	76,67
13		пешеходы	N_2	чел./км	50	
14		жители	N_3	чел./км	500	
15	Удельные приведенные (к потребителю) выбросы	водители	M_1	кг/км	233,4	19,82
16		пешеходы	M_2	кг/км	172,9	14,68
17		жители	M_3	кг/км	65,82	5,59
18	Потери от выбросов		Π_m	у.е./год	110685	
19	Производимый уровень шума		L_o	дБА	78,94	80,7
20	Приведенный (к потребителю) уровень шума	водители	L_1	дБА	66,94	68,7
21		пешеходы	L_2	дБА	78,94	80,7
22		жители	L_3	дБА	57,09	58,85
23	Потери от шума		Π_L	у.е./год	-654	
24	Суммарные экологические потери		$\Pi_{экл}$	у.е./год	110031	

5.7. Расчет экологических потерь от выбросов на регулируемом перекрестке

Методические указания даются одновременно с решением примера.

Дано: регулируемый перекресток 1 2 3 4.

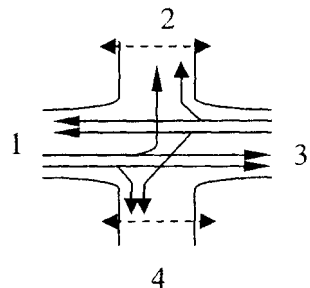
$$C = 76 \text{ с};$$

$$\lambda_1 = \lambda_3 = 0,5;$$

$$Q_{12} = Q_{34} = 72 \text{ авт./ч};$$

$$Q_{13} = Q_{31} = 720 \text{ авт./ч};$$

$$Q_{14} = Q_{32} = 144 \text{ авт./ч};$$



$$Q_{n2} = Q_{n4} = 120 \text{ чел./ч};$$

$$Q_{n1} = Q_{n3} = 0 \text{ чел./ч};$$

$$K_{\text{пн}} = 1.15; \quad t = 10 \text{ лет.}$$

Радиусы поворота

$$R_{12} = R_{34} = 20 \text{ м}; \quad R_{14} = R_{32} = 10 \text{ м.}$$

Расстояние между (условными) начальными и конечными стоп-линиями поворотных потоков:

$$S_{R12} = S_{R34} = 30 \text{ м}; \quad S_{R14} = S_{R32} = 20 \text{ м.}$$

Расстояния от середины тротуара (пешеходного перехода) до траектории движения ближайшего ТП $r_2 = 12$ м. Близко расположенных зданий и сооружений нет. Начальная и конечная скорости движения $V_o = 60$ км/ч. Условия движения – нормальные ($K_{\text{ун}} = 1$). Годовой фонд времени

$$\Phi_r = 4200 \text{ ч/год}; \quad \Delta O = 0,02; \quad \Delta_{\text{эл}} = 0,01; \quad \Delta_d = 0,2.$$

Требуется: рассчитать экологические потери от выбросов для входов 1 и 3.

Решение. Расчет потерь производится в следующей последовательности:

- 1) определяются параметры каждого ТП; поскольку входы 1 и 3 идентичны, будет рассматриваться только вход 1;
- 2) определяются параметры суммарного ТП (1 + 3);
- 3) определяются потери от выбросов.

1. Определение параметров отдельных ТП.

1.1. Протяженность зоны влияния перекрестка.

Замедление перед первой стоп-линией и ускорение после прохождения перекрестка определяют по формуле

$$a = \frac{2,5}{K_{\text{III}}} = \frac{2,5}{1,15} = 2,17 \text{ м/с}^2.$$

Протяженность зоны влияния определяют по формуле

$$S = 2 \cdot \frac{V_0^2}{2 \cdot a} + S_R, \text{ м},$$

где V_0 – начальная скорость, м/с;

S_R – расстояние между начальными и конечными стоп-линиями, м:

$$S_{12} = 2 \cdot \frac{16,67^2}{2 \cdot 2,17} + 30 = 158 \text{ м};$$

$$S_{13} = 128 \text{ м}; \quad S_{14} = 148 \text{ м}.$$

1.2. Параметры распределения скорости в зоне влияния.

1.2.1. Время нахождения ТС в зоне влияния.

Продолжительность торможения перед первой стоп-линией и разгона после прохождения перекрестка

$$t_0 = \frac{V_0}{a} = 7,68 \text{ с}.$$

Скорость поворотных потоков на перекрестке

$$V_R \approx 0,33 \cdot R, \text{ м/с};$$

$$V_{R12} = 6,6 \text{ м/с};$$

$$V_{R14} = 3,3 \text{ м/с}.$$

Время прохождения поворотными потоками участка между стоп-линиями

$$t_R = \frac{S_R}{V_R}, \text{ с};$$

$$t_{R12} = 4,5 \text{ с};$$

$$t_{R14} = 6,1 \text{ с}.$$

1.2.2. Расчет задержек на перекрестке.

Удельная задержка всех потоков на 1-й стоп-линии

$$d_1 = 0,45 \cdot \left[\frac{C \cdot (1-\lambda)^2}{1-\lambda \cdot x} + \frac{x^2}{q \cdot (1-x)} \right] = 16,8 \text{ с/авт.},$$

где $C = 76 \text{ с}$; $\lambda = 0,5$;

$$q = \frac{Q_{12} + Q_{13} + Q_{14}}{2 \cdot 3600} = \frac{72 + 720 + 144}{2 \cdot 3600} = 0,13 \text{ авт./с};$$

$$q_H = \frac{t_Z - 3}{2 \cdot t_Z \cdot K_{пн} \cdot K_{ун}} = \frac{38 - 3}{2 \cdot 38 \cdot 1,15 \cdot 1} = 0,40 \text{ авт./с};$$

$$x = \frac{q}{q_H \cdot \lambda} = \frac{0,13}{0,4 \cdot 0,5} = 0,65.$$

Удельная задержка потока 12 перед главным конфликтующим потоком 31

$$d_{12} = \frac{e^{q \cdot T} - q \cdot T - 1}{q - q_{12} \cdot (e^{q \cdot T} - q \cdot T - 1)} = 6,8 \text{ с/авт.},$$

где q – ИД главного конфликтующего потока, авт./с:

$$q = \frac{q_{31} \cdot 0,9^{(i-1)}}{\lambda} = 0,36 \text{ авт./с},$$

где i – число полос движения потока 31; $i = 2$;

T – приемлемый интервал в главном конфликтующем потоке, с.

$$T_{12} = (3 + 5 \cdot i) \cdot \sqrt{K_{\text{пн}}} \cdot K_{\text{yh}} = 4,3 \text{ с.}$$

Удельная задержка потока 12 перед пешеходами

$$d_{n12} = \frac{e^{q_n \cdot T_n} - q_n \cdot T_n - 1}{q_n - q_{12} \cdot (e^{q_n \cdot T_n} - q_n \cdot T_n - 1)} = 1,3 \text{ с/авт.},$$

где

$$q_n = \frac{Q_{n2}}{2} \cdot \frac{1}{\lambda} = 0,2 \text{ чел./с};$$

$$T_n = 3 \cdot \sqrt{K_{\text{пн}}} = 3,2 \text{ с.}$$

Удельная задержка потока 14 перед пешеходами

$$d_{n14} = \frac{e^{q_n \cdot T_n} - q_n \cdot T_n - 1}{q_n - q_{14} \cdot (e^{q_n \cdot T_n} - q_n \cdot T_n - 1)} = 1,3 \text{ с/авт.}$$

1.2.3. *Параметры распределения скорости* определяются из упрощенной модели движения ТС в зоне влияния перекрестка (рис. 5.4). Рекомендуемый шаг квантования времени $t = 1$ с.

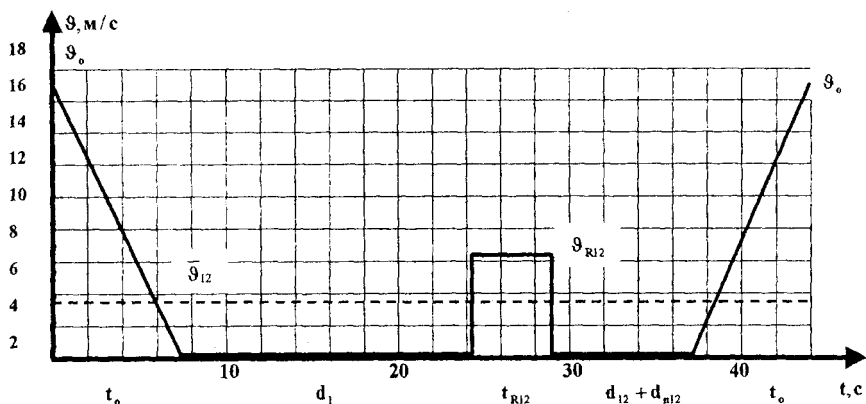


Рис. 5.4. Распределение скорости движения поворотного транспортного потока (14) в зоне влияния регулируемого перекрестка

$$\bar{V} = \frac{S}{\sum t} \approx \frac{2 \cdot \sum_{i=0}^{t_0} \left[V_0 - \frac{a}{2} \cdot (1 + 2 \cdot i) \right] + V_R \cdot t_R}{\sum t}, \text{ м/с,}$$

где i – натуральное целое число: 1, 2, 3 ...;

$\sum t$ – суммарное время пребывания ТС данного потока в зоне влияния, с,

$$\sum t = 2 \cdot t_0 + t_R + \sum d, \text{ с;}$$

$$\sum t_{12} = 44,76 \text{ с;}$$

$$\sum t_{13} = 32,16 \text{ с;}$$

$$\sum t_{14} = 39,56 \text{ с;}$$

$$\bar{v}_{12} = 3,489 \text{ м/с;}$$

$$\bar{V}_{12} = 12,56 \text{ км/ч;}$$

$$\bar{v}_{13} = 3,955 \text{ м/с;}$$

$$\bar{V}_{13} = 14,24 \text{ км/ч;}$$

$$\bar{v}_{14} = 3,724 \text{ м/с;}$$

$$\bar{V}_{14} = 13,40 \text{ км/ч;}$$

$$\sigma_V = \sqrt{\frac{(V_i - \bar{V}) \cdot t_i}{\sum t}}, \text{ м/с,}$$

где t_i – время движения ТС с данной скоростью, с (рис. 5.4);

$$\sigma_{V12} = 4,845 \text{ м/с;}$$

$$I_{V12} = 1,388 ;$$

$$\sigma_{V13} = 5,284 \text{ м/с};$$

$$I_{V13} = 1,336;$$

$$\sigma_{V14} = 4,972 \text{ м/с};$$

$$I_{V14} = 1,335.$$

2. Расчет параметров суммарного ТП.

2.1. Расчет параметров исследуемого суммарного ТП со входа 1 а 1 и суммирование с аналогичным ТП со входа 3:

$$Q_1 = 72 + 720 + 144 = 936 \text{ авт./ч};$$

$$S_1 = \frac{72 \cdot 158 + 720 \cdot 128 + 144 \cdot 148}{936} = 133,4 \text{ м};$$

$$V_1 = \frac{72 \cdot 12,56 + 720 \cdot 14,24 + 144 \cdot 13,4}{936} = 13,98 \text{ км/ч};$$

$$I_{V1} = \frac{72 \cdot 1,388 + 720 \cdot 1,336 + 144 \cdot 1,335}{936} = 1,336;$$

$$Q_{(1+3)} = 936 \cdot 2 = 1872 \text{ авт./ч}.$$

Таким образом, получены основные параметры исследуемого суммарного потока (1+3)

$$Q_{и} = 1872 \text{ авт./ч}; \quad K_{пни} = 1,15;$$

$$V_{и} = 13,98 \text{ км/ч}; \quad I_{V_{и}} = 1,336;$$

$$S_{и} = 0,133 \text{ км}.$$

2.2. Расчет параметров эталонного суммарного ТП.

В качестве эталонного транзитного принимается безостановочное движение транзитного потока (13) со скоростью $V_{13} = 60$ км/ч. В качестве эталонного поворотного принимают безостановочное движе-

ние поворотного потока со скоростью, переходящей от $V_0 = 60$ км/ч к скорости, определяемой радиусом поворота (V_R) и снова переходящей к V_0 (рис. 5.4). По аналогии с п.1.2.1:

$$t_0 = \frac{V_0 - V_R}{a};$$

$$v_{R12} = 6,6 \text{ м/с};$$

$$v_{R14} = 3,3 \text{ м/с}.$$

$$t_{o12} = 4,64 \text{ с};$$

$$t_{o14} = 6,16 \text{ с}.$$

$$S = 2 \cdot \frac{V_0 + V_R}{2} \cdot t_0 + S_R, \text{ м};$$

$$S_{12} = 138 \text{ м}; \quad S_{14} = 143 \text{ м}; \quad S_{13} = 43 \text{ м}$$

(в границах перекрестка от входной до выходной стоп-линии);

$$\sum t = 2 \cdot t_0 + t_R, \text{ с};$$

$$\sum t_{12} = 2 \cdot 4,64 + 4,5 = 13,78 \text{ с};$$

$$\sum t_{14} = 2 \cdot 6,16 + 6,1 = 18,42 \text{ с};$$

$$\bar{v}_{12} = \frac{138}{13,78} = 10,014 \text{ м/с};$$

$$\bar{V}_{12} = 36,05 \text{ км/ч};$$

$$\bar{v}_{14} = \frac{143}{18,42} = 7,763 \text{ м/с};$$

$$\bar{V}_{14} = 27,95 \text{ км/ч}.$$

По аналогии с п.1.2.3 :

$$\sigma_{V12} = 2,854 \text{ м/с};$$

$$I_{V12} = 0,285;$$

$$\sigma_{V14} = 4,220 \text{ м/с};$$

$$I_{V14} = 0,544.$$

По аналогии с п.2.1:

$$S_1 = \frac{72 \cdot 138 + 720 \cdot 43 + 144 \cdot 143}{936} = 65,7 \text{ м};$$

$$V_1 = \frac{72 \cdot 36,05 + 720 \cdot 60 + 144 \cdot 27,95}{936} = 53,2 \text{ км/ч};$$

$$I_{V1} = \frac{72 \cdot 0,285 + 720 \cdot 0 + 144 \cdot 0,544}{936} = 0,105.$$

Таким образом, получены основные параметры эталонного суммарного потока (1 + 3):

$$Q_3 = 1872 \text{ авт./ч};$$

$$K_{\text{пнэ}} = 1,15;$$

$$V_3 = 53,2 \text{ км/ч};$$

$$I_{V3} = 0,105;$$

$$S_3 = 0,066 \text{ км}.$$

3. Расчет потерь от выбросов.

3.1. Расчет удельного объема произведенных выбросов:

$$M_0 = Q^* \cdot m \cdot [K_{\text{пн}} \cdot (K_{mv} \cdot K_{iv} - 1) + H_t \cdot K_{mv} \cdot K_{iv}], \text{ кг/км},$$

где $m = 0,02$ кг/км;

$$K_{\text{пн}} = 1,15;$$

$$K_{\text{mvэ}} = 1,4;$$

$$K_{\text{mvi}} = 10 \text{ (см. рис. 5.3);}$$

$$K_{iv} = \sqrt{1 + I_V};$$

$$K_{ivэ} = \sqrt{1 + 0,105} = 1,051;$$

$$K_{ivi} = \sqrt{1 + 1,336} = 1,528;$$

$$Q^* = Q \cdot [1 - \Delta_{\text{эл}} \cdot (1 + K_{\text{пнэл}} - K_{\text{пн}})], \text{ авт./ч,}$$

где

$$Q = 1872 \text{ авт./ч;}$$

$$\Delta_{\text{эл}} = 0,01;$$

$$K_{\text{пнэл}} = 2 \text{ (троллейбусы);}$$

$$Q^* = 1872 \cdot [1 - 0,01 \cdot (1 + 2 - 1,15)] = 1837 \text{ авт./ч;}$$

$$H_t = 0,505 \text{ (см. подраздел 5.6, п.1);}$$

$$M_{\text{оз}} = 1837 \cdot 0,02 \cdot [1,15 \cdot (1,4 \cdot 1,051 - 1) + 0,505 \cdot 1,4 \cdot 1,051] = 47,22 \text{ кг/км;}$$

$$M_{\text{ои}} = 1837 \cdot 0,02 \cdot [1,15 \cdot (10 \cdot 1,528 - 1) + 0,505 \cdot 10 \cdot 1,528] = 886,8 \text{ кг/км.}$$

3.2. Расчет удельного объема приведенных (к потребителю) вы- вы- бросов:

$$M_i = M_o \cdot K_{Zi}; \quad K_{Z1} = 1;$$

$$K_{Z2} = e^{-0,04 \cdot (r_2 + 5 \cdot i_2)};$$

$$r_2 = 12 \text{ м;} \quad i_2 = 0;$$

$$K_{z2} = 0,618;$$

$$M_{1э} = 47,22 \text{ кг/км}; \quad M_{1и} = 886,8 \text{ кг/км};$$

$$M_{2э} = 47,22 \cdot 0,618 = 29,18 \text{ кг/км};$$

$$M_{2и} = 886,8 \cdot 0,618 = 548 \text{ кг/км};$$

C_{mi} – стоимость ущерба для здоровья людей от воздействия в течение часа на одного человека вредных выбросов концентрации, эквивалентной удельному приведенному выбросу M_i , у.е./чел./ч:

$$C_{mi} = 0,02 \cdot C_B \cdot \sqrt{M_i - 6}, \text{ у.е./чел./ч},$$

где C_B – доля национального дохода (ВВП), приходящаяся на 1 чел./ч, при отсутствии иных данных для Республики Беларусь можно принимать: $C_B = 0,25$ у.е./ч;

$$C_{m1э} = 0,005 \cdot \sqrt{47,22 - 6} = 0,0321, \text{ у.е./чел./ч};$$

$$C_{m1и} = 0,005 \cdot \sqrt{886,8 - 6} = 0,1483, \text{ у.е./чел./ч};$$

$$C_{m2э} = 0,005 \cdot \sqrt{29,18 - 6} = 0,0241, \text{ у.е./чел./ч};$$

$$C_{m2и} = 0,005 \cdot \sqrt{548 - 6} = 0,1164, \text{ у.е./чел./ч}.$$

3.3. Расчет годовых потерь.

$$\Pi_m = \Pi_{mни} - \Pi_{mнэ}, \text{ у.е./год},$$

где $\Pi_{mни}$ – нормативные (по отношению к нормативу: $V_3 = 60$; $I_{v3} = 0$; $t_v = 4$ года) потери от выбросов:

$$\Pi_{mн} = \left[M_0 \cdot C_{m0} + \sum_1^{i=3} (N_i \cdot C_{mi}) \right] \cdot \Phi_r \cdot S \cdot K_c, \text{ у.е./год},$$

где Φ_r – годовой фонд времени, ч/год, $\Phi_r = 4200$ ч/год;

S – протяженность участка, км, $S_s = 0,066$ км; $S_{и} = 0,133$ км,

K_c – социальный коэффициент экологических потерь, $K_c = 1,5$,

$C_{тo}$ – стоимость ущерба в народном хозяйстве (ВВП) от 1 кг вредных (по СО) выбросов, у.е./кг, принято: $C_{тo} = 0,025$ у.е./кг город; $C_{тo} = 0,010$ у.е./кг – загород;

N_i – удельное число потребителей, чел./км:

водители

$$N_1 = \frac{(40 \cdot \Delta O + 1,5) \cdot Q}{V}, \text{ чел./км,}$$

где $\Delta O = 0,02$; $Q = 1872$ авт./ч;

$$N_{1\text{э}} = \frac{(40 \cdot 0,02 + 1,5) \cdot 2000}{53,2} = 80,93 \text{ чел./км;}$$

$$N_{1и} = \frac{(40 \cdot 0,02 + 1,5) \cdot 2000}{13,98} = 308 \text{ чел./км;}$$

пешеходы

$$N_2 = \frac{Q_n}{V_n}, \text{ чел./км,}$$

$$N_2 = \frac{120 \cdot 2}{5} = 48 \text{ чел./км;}$$

$$\begin{aligned} \Pi_{тнн} &= [886,8 \cdot 0,025 + (308 \cdot 0,1483 + 48 \cdot 0,1164)] \times \\ &\quad \times 4200 \cdot 0,133 \cdot 1,5 = 61530 \text{ у.е./год;} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Pi_{тнэ} &= [47,22 \cdot 0,025 + (80,93 \cdot 0,0321 + 48 \cdot 0,0241)] \times \\ &\quad \times 4200 \cdot 0,066 \cdot 1,5 = 2052 \text{ у.е./год;} \end{aligned}$$

$$P_m = 61530 - 2052 = 59478, \text{ у.е./год.}$$

Результаты расчетов заносятся в табл. 5.7.

Отчет о работе включает эскизный план перекрестка, расчеты без пояснения формул, график распределения скоростей движения в зоне влияния одного из поворотных потоков, таблицу результатов и краткое заключение.

Таблица 5.7

Результаты расчета экологических потерь от выбросов на регулируемом перекрестке

№ п/п	Параметр		Индекс	Размерность	Значение	
					исслед.	эталон.
1	2		3	4	5	6
1	Интенсивность движения	левоповоротный	Q_{12}	авт./ч	72	
2		транзитный	Q_{13}	авт./ч	720	
3		правоповоротный	Q_{14}	авт./ч	144	
4		суммарный	Q	авт./ч	1872	
5	Удельные задержки	левоповоротный	d_{12}	с/авт.	24,9	–
6		транзитный	d_{13}	с/авт.	16,8	–
7		правоповоротный	d_{14}	с/авт.	18,1	–
8	Скорость движения	левоповоротный	V_{12}	км/ч	12,56	36,05
9		транзитный	V_{13}	км/ч	14,24	60
10		правоповоротный	V_{14}	км/ч	13,40	27,95
11		суммарный	V	км/ч	13,98	53,2
12	Коэффициент вариации распределения скорости	левоповоротный	I_{V12}	–	1,388	0,285
13		транзитный	I_{V13}	–	1,336	0
14		правоповоротный	I_{V14}	–	1,335	0,544
15		суммарный	I_V	–	1,336	0,105
16	Протяженность перекрестка	левоповоротный	S_{12}	м	158	138
17		транзитный	S_{13}	м	128	43
18		правоповоротный	S_{14}	м	148	143
19		суммарный	S	км	0,133	0,066
20	Удельное число потребителей	водители	N_1	чел/км	308	80,93
21		пешеходы	N_2	чел/км	48	48

1	2	3	4	5	6
22	Произведенные выбросы	M_o	кг/км	886,8	47,22
23	Нормативные потери от выбросов	Π_{mn}	у.е./год	61530	2052
24	Потери от выбросов	Π_m	у.е./год	59478	

5.8. Расчет потерь от стоянки транспорта на проезжей части улиц

Методические указания даются одновременно с решением примера.

Дано: перегон четырехполосной улицы в основной части города протяженностью 0,5 км. ИД в заданном направлении $Q = 1000$ авт./ч; $K_{пн} = 1,15$; $K_{пэ} = 1,50$. Возраст ТС – 10 лет. Разрешенная СД $V_p = 60$ км/ч; условия движения – нормальные. Ширина ПЧ $B = 15$ м. Ширина улицы $B_K = 45$ м. Озеленение – однорядная посадка деревьев между тротуаром и ПЧ. Расстояние от траектории движения ближайшего ТП до середины тротуара – 7,5 м. Суммарная ИД пешеходов $Q_{пс} = 200$ чел./ч. Доля МПТ $\Delta O = 0,02$, в том числе доля электротранспорта $\Delta эл = 0,01$. Доля ТС с дизельными двигателями $\Delta д = 0,2$. Плотность населения, проживающего в четырехэтажных зданиях со стороны улицы, $N_3 = 500$ чел./км. С одной стороны компактно паркуется 10 легковых автомобилей.

Требуется: определить суммарные потери от стоянки указанных автомобилей.

Решение. Стоянка автомобилей на ПЧ улиц приводит к увеличению экономических, экологических и аварийных потерь. Запрещение стоянок снижает эти потери, но увеличивает потери пользователя.

Экономические потери складываются из нескольких составляющих: потери скорости на левой полосе вследствие изначального нераспределения ИД в сторону ее увеличения; полного перераспределения ИД на левую полосу в зоне влияния стоянки; маневров смены полосы движения (перестроения) из правой полосы в левую и наоборот; маневров остановки части ТС, не сумевших выполнить

маневр перестроения с хода; маневров слияния с места остановленных ТС; увеличение расхода топлива из-за снижения скорости и маневрирования; снижение скорости основного потока из-за парковки и выезда запаркованных машин; растянутости пачки автомобилей, идущих преимущественно по левой полосе, что приводит к ухудшению условий выезда ТС с прилегающей территории, нерегулируемого пешеходного перехода, левого поворота, движения второстепенных транспортных потоков на последующем перекрестке, а также невозможности оптимальной координации и т.д. В качестве расчетных в данной работе приняты первые пять составляющих, а остальные учитываются поправочным коэффициентом 1,25.

Экологические потери складываются из увеличения выбросов в атмосферу из-за снижения скорости и маневрирования, а также увеличения шума при маневрировании. Однако, поскольку снижение скорости приводит к снижению шума, принято допущение, что уровень шума остается неизменным. Поэтому в качестве расчетного будет рассматриваться только увеличение выбросов в атмосферу.

Аварийные потери складываются из следующих составляющих: увеличения маневрирования; увеличения ИД и коэффициента загрузки 2-й полосы; увеличения загрузки второстепенных направлений на последующем перекрестке; маневрирования при парковке и выезде со стоянки; ухудшения условий левого поворота, выезда с прилегающей территории, перехода проезжей части и т.д. В качестве расчетных приняты две первые составляющие, а остальные учитываются поправочным коэффициентом 1,25.

Потери пользователя складываются из следующих составляющих: перепрохода от места удаленной парковки; потери ТП из-за увеличения ИД и перепробега в поисках мест стоянки; снижения производительности владельцев из-за т.н. беспокойства, а также из-за отказа от использования личного автомобиля вследствие невозможности стоянки, и т.д. В качестве расчетных приняты зависимости, учитывающие практически весь комплекс составляющих и, кроме того, характеристику городской территории: центральный деловой район, основная часть города и периферия.

1. Расчет экономических потерь.

Изначальное перераспределение ИД на вторую полосу зависит от видимости запаркованных ТС, длины перегона и загрузки направления. Примем следующее распределение ИД по полосам:

$$Q_1 = 0,25 \cdot Q = 250 \text{ авт./ч; } q_1 = 0,069 \text{ авт./с;}$$

$$Q_2 = 0,75 \cdot Q = 750 \text{ авт./ч; } q_2 = 0,208 \text{ авт./с.}$$

Начальная скорость на второй полосе определяется по формуле

$$V_{01} = 64 - 0,015 \cdot Q_2 \leq 60 \text{ км/ч;}$$

$$V_{01} = 52,75 \text{ км/ч;}$$

$$v_{01} = 14,65 \text{ м/с.}$$

Удельная задержка при перестроении в левую полосу с хода

$$d_{\text{см}} = \frac{e^{q \cdot T} - q \cdot T - 1}{q} = 1,36 \text{ с;}$$

где T – приемлемый интервал в главном конфликтующем потоке;

$$T = 3 \cdot \sqrt{K_{\text{пн}}} = 3,22 \text{ с;}$$

q – ИД на второй полосе, $q = 0,208$ авт./с.

Удельная остановка ТС, не сумевших выполнить маневр перестроения с хода:

$$e_{01} = \frac{7 \cdot v_{02}}{S_1 - 6 \cdot v_{02}} \left[1 - \frac{e^{-2,5 \cdot q_2} \cdot e^{-2 \cdot q \cdot T}}{1 - e^{-2,5 \cdot q_2} (1 - e^{-q \cdot T})} \right] \leq 1 = 0,309 \text{ ост./авт.,}$$

где S_1 – протяженность перегона, свободного от влияния стоянки,

$$S_1 = S - S_0 = 330 \text{ м,}$$

где S_0 – зона влияния стоянки,

$$S_0 = S = 10 \cdot n + 100 = 170 \text{ м;}$$

v_{02} – скорость движения по первой полосе на участке S_1 ,

$$v_{02} = \frac{S_1 \cdot v_{01}}{S_1 + d \cdot v_{01}} = 13,81 \text{ м/с.}$$

Удельная задержка при слиянии с места

$$d_{\text{сл}} = \frac{e^{q \cdot T} - q \cdot t - 1}{q} = 4,12 \text{ с/авт.,}$$

где $T = 4,5 \cdot \sqrt{K_{\text{пн}}} = 5,175 \text{ с.}$

Скорость движения остановленных ТС с учетом торможения и разгона (по 4 с), но без учета простоя (4,12 с):

$$v_{03} = \frac{S_1 \cdot v_{01}}{S_1 + 2 \cdot 4 \cdot v_{01}} = 10,81 \text{ м/с.}$$

Скорость потока на второй полосе в зоне влияния стоянки

$$V_{04} = 64 - 0,015 \cdot 1000 = 49 \text{ км/ч; } v_{04} = 13,61 \text{ м/с.}$$

Таким образом, получено распределение ИД, СД и времени прохождения отдельных участков исследуемого перегона:

v_{0i} , м/с:	t_{0i} , с:	Q_i , авт./ч:	$t_j \cdot Q_j$:
14,65	22,52	750	16890
13,81	23,88	173	4131
10,81	30,47	77	2346
13,61	12,49	1000	12490
0	4,12	77	317

Среднее время проезда перегона при наличии стоянки определяется по формуле

$$t_0 = \frac{\sum Q_i \cdot t_{0i}}{Q_1} = 36,17 \text{ с},$$

где Q_i – исследуемая ИД на участках S_1 и S_0 ;

t_{0i} – время прохождения заданных участков транспортными потоками Q_i .

Среднее время проезда перегона при отсутствии стоянки определяется по формуле

$$t_1 = \frac{S}{v_1} = 31,85 \text{ с},$$

где V_1 – скорость движения при отсутствии стоянки,

$$V_1 = \frac{64 - 0,015 \cdot Q_1 \cdot 0,5}{3,6} = 15,69 \text{ м/с}; \quad v_1 = 56,5 \text{ км/ч}.$$

Удельная задержка всего потока d

$$d = t_0 - t_1 = 4,32 \text{ с/авт.}$$

Годовые экономические потери от задержек транспорта Π_d

$$\Pi_d = d \cdot Q \cdot K_{пэ} \cdot \Phi_r \cdot C_d \cdot K_{ес} = 13608, \text{ у.е./год.}$$

Годовые экономические потери от остановок транспорта Π_0

$$\Pi_0 = e_{01} \cdot Q_1 \cdot K_{пэ} \cdot \Phi_r \cdot C_0 = 2248 \text{ у.е./год.}$$

Суммарные экономические потери определяются по формуле

$$\Pi_{эки} = 1,25 \cdot (\Pi_d + \Pi_0) = 19820 \text{ у.е./год.}$$

2. Расчет экологических потерь.

В качестве расчетного примем суммарный двухсторонний ТП интенсивностью $Q = 1000 \cdot 2 = 2000$ авт./ч. В качестве эталонных примем: $V_3 = V_1 = 56,5$ км/ч; $I_V = 0$.

Для получения параметров исследуемого ТП определяют V_0 и σ_V для ТП на стороне улицы, где расположены стоянки:

$$v_0 = \frac{S}{t_0} = \frac{500}{36,17} = 13,82 \text{ м/с};$$

$$V_0 = 49,8 \text{ км/ч}.$$

Для определения I_V воспользуемся полученным ранее распределением ИД, СД и времени прохождения отдельных участков:

$$\sigma_V = \sqrt{\frac{\sum (\bar{v}_0 - v_i)^2 \cdot (t \cdot Q)_i}{\sum (t \cdot Q)_i}} = 1,61 \text{ м/с};$$

$$I_V = \frac{1,61}{13,82} = 0,116.$$

Параметры исследуемого суммарного потока определяются как средние значения обоих потоков:

$$V_{\text{и}} = \frac{V_1 + V_0}{2} = \frac{56,5 + 49,8}{2} = 53,2 \text{ км/ч};$$

$$I_{V_{\text{и}}} = \frac{0 + 0,116}{2} = 0,058.$$

Определяют произведенные выбросы M_0 :

$$M_o = Q^* \cdot m \cdot [K_{\text{пн}} \cdot (K_{mV} \cdot K_{iV} - 1) + H_l \cdot K_{mV} \cdot K_{iV}], \text{ кг/км.}$$

где $Q^* = 1963$ авт./ч; $H_l = 0,505$ (см. подраздел 5.6, п.1);

$$K_{mV_3} = 1,15;$$

$$K_{mV_{\text{и}}} = 1,6 \text{ (см. рис. 5.3);}$$

$$K_{iV_3} = 1;$$

$$K_{iV_{\text{и}}} = \sqrt{1 + 0,046} = 1,028;$$

$$m = 0,02 \text{ кг/км;}$$

$$M_{o_3} = 1963 \cdot 0,02 \cdot [1,15 \cdot (1,15 \cdot 1 - 1) + 0,505 \cdot 1,15 \cdot 1] = 29,57 \text{ кг/км;}$$

$$M_{o_{\text{и}}} = 1963 \cdot 0,02 \cdot [1,15 \cdot (1,6 \cdot 1,028 - 1) + 0,505 \cdot 1,6 \cdot 1,028] = 61,72 \text{ кг/км}$$

Определяют число потребителей и приведенные (к потребителю) выбросы:

$$N_1 = \frac{(40 \cdot \Delta O + 1,5) \cdot Q}{V}, \text{ чел./км;}$$

$$N_{1_3} = \frac{(40 \cdot 0,02 + 1,5) \cdot 2000}{56,5} = 81,41 \text{ чел./км;}$$

$$N_{1_{\text{и}}} = \frac{(40 \cdot 0,02 + 1,5) \cdot 2000}{53,3} = 86,30 \text{ чел./км;}$$

$$N_2 = \frac{Q_{n\Sigma}}{V_n} = \frac{200}{4} = 50 \text{ чел./км;}$$

$$N_3 = 500 \text{ чел./км (по условиям задачи);}$$

$$M_i = M_0 \cdot K_{zi};$$

$$M_1 = M_0 \cdot K_{z1}; \quad K_{z1} = 1;$$

$$M_{1з} = 29,57 \text{ кг/км}; \quad M_{1и} = 61,72 \text{ кг/км};$$

$$M_2 = M_0 \cdot K_{z2}; \quad K_{z2} = e^{-0,04 \cdot (r_2 + 5 \cdot i_2)};$$

$$r_2 = 7,5 \text{ м}; \quad i_2 = 0;$$

$$K_{z2} = e^{-0,04 \cdot 7,5} = 0,741;$$

$$M_{2з} = 29,57 \cdot 0,741 = 21,91 \text{ кг/км};$$

$$M_{2и} = 61,72 \cdot 0,741 = 45,73 \text{ кг/км};$$

$$M_3 = M_0 \cdot K_{z3}; \quad K_{z3} = e^{-0,04 \cdot (r_3 + 5 \cdot i_3 + 10)};$$

$$r_3 = \sqrt{\left(\frac{B_K - B + 3,75}{2}\right)^2 + \left(\frac{0,5 \cdot H}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{45 - 15 + 3,75}{2}\right)^2 + \left(\frac{14}{2}\right)^2} = 18,27 \text{ м},$$

где $0,5 \cdot H = 3 \cdot n_{\text{от}} + 2 = 3 \cdot 4 + 2 = 14 \text{ м};$

$$i_3 = 1;$$

$$K_{z3} = e^{-0,04 \cdot (18,27 + 5 \cdot 1 + 10)} = 0,264;$$

$$M_{3з} = 29,57 \cdot 0,264 = 7,80 \text{ кг/км};$$

$$M_{3и} = 61,72 \cdot 0,264 = 16,29 \text{ кг/км};$$

$$C_{mi} = 0,005 \cdot \sqrt{M_j - 6}, \text{ у.е./чел.};$$

$$C_{m1э} = 0,005 \cdot \sqrt{29,57 - 6} = 0,0243;$$

$$C_{m2э} = 0,005 \cdot \sqrt{21,91 - 6} = 0,0199;$$

$$C_{m3э} = 0,005 \cdot \sqrt{7,8 - 6} = 0,0067;$$

$$C_{m1и} = 0,005 \cdot \sqrt{61,72 - 6} = 0,0373;$$

$$C_{m2и} = 0,005 \cdot \sqrt{45,73 - 6} = 0,0315;$$

$$C_{m3и} = 0,005 \cdot \sqrt{16,29 - 6} = 0,0160.$$

Потери от выбросов определяются по формуле

$$П_m = П_{mи} - П_{mэ}, \text{ у.е./год},$$

где $П_{mи}$ – нормативные выбросы,

$$П_{mи} = \left[M_o \cdot C_{mо} + \sum_1^{i=3} (N_i \cdot M_i) \right] \cdot \Phi_{\Gamma} \cdot S \cdot K_c, \text{ у.е./год},$$

где $C_{mо} = 0,025$ у.е./кг (город);

$$\Phi_{\Gamma} = 4200 \text{ ч/год};$$

$$S = 0,5 \text{ км};$$

$$K_c = 1,5;$$

$$П_{mэ} = [29,57 \cdot 0,025 + (81,41 \cdot 0,0243 + 50 \cdot 0,0199 + 500 \cdot 0,0067)] \cdot \\ \times 4200 \cdot 0,5 \cdot 1,5 = 22247 \text{ у.е./год};$$

$$П_{mи} = [51,23 \cdot 0,025 + (86,3 \cdot 0,0373 + 50 \cdot 0,0315 + 500 \cdot 0,0160)] \cdot \\ \times 4200 \cdot 0,5 \cdot 1,5 = 42760 \text{ у.е./год};$$

$$П_m = 42760 - 22247 = 20513 \text{ у.е./год}.$$

3. Расчет аварийных потерь.

3.1. Увеличение числа аварий из-за повышения коэффициента загрузки полосы движения X определяется для каждой полосы в следующей последовательности.

Определяют коэффициент загрузки X и коэффициент аварийности K_a :

$$X = \frac{Q}{Q_{мл}}$$

где $Q_{мл}$ – максимальная ИД на полосе движения; для нерегулируемого движения $Q_{мл} = 1800$ авт./ч; для регулируемого $Q_{мл} = 1500$ авт./ч;

$$Q_{мл} = \frac{1500}{K_{пн}} = 1304 \text{ авт./ч;}$$

при отсутствии стоянки

$$X'_1 = X'_2 = \frac{500}{1304} = 0,38;$$

$K'_{a1} = K'_{a2} = 0,95$ (на всем участке, рис. 5.5).



Рис. 5.5. Расчетная зависимость аварийности от коэффициента загрузки полосы X

При наличии стоянки

$$X_{11}^0 = \frac{250}{1304} = 0,19;$$

$$K_{a11}^0 = 0,35 \text{ (на длине 330 м);}$$

$$X_{10}^0 = 0;$$

$$K_{a10}^0 = 0 \text{ (на длине 170 м);}$$

$$K_{a1}^0 = \frac{K_{a11}^0 \cdot S_1}{S} = 0,231;$$

$$X_{21}^0 = \frac{750}{1304} = 0,57;$$

$$K_{a21}^0 = 1,50 \text{ (на длине 330 м);}$$

$$X_{20}^0 = \frac{1000}{1304} = 0,77;$$

$$K_{a20}^0 = 3,70 \text{ (на длине 170 м);}$$

$$K_{a2}^0 = \frac{K_{a21}^0 \cdot S_1 + K_{a20}^0 \cdot S_0}{S} = 2,248.$$

Разность коэффициентов аварийности (ΔK_{aX}) определяется по формуле

$$\Delta K_{aX} = \frac{K_{a1}^0 \cdot Q_1^0 + K_{a2}^0 \cdot Q_2^0 - K_{a1}^1 \cdot Q_1^1 - K_{a2}^1 \cdot Q_2^1}{Q} = 0,793.$$

Рост числа аварий от увеличения коэффициента загрузки X определяется по формуле

$$\Delta A_X = \frac{\Delta K_{aX} \cdot Q \cdot \Phi_r \cdot S}{10^6} = 1,665 \text{ ав./год.}$$

3.2. Увеличение числа аварий из-за маневрирования (ΔA_M) определяется по формуле

$$\Delta A_M = N_M \cdot \eta_M \cdot \eta_{кф} = 1,514 \text{ ав./год,}$$

где N_M – годовое число маневров,

$$N_M = Q_1^0 \cdot \Phi_r = 1,05 \cdot 10^6 \text{ ман./год;}$$

η_M – коэффициент приведения маневров к конфликтным ситуациям (принято, что на одну конфликтную ситуацию приходится примерно 400 маневров перестроения и слияния, табл. 5.7),

$$\eta_M = 2,5 \cdot 10^{-3};$$

$\eta_{кф}$ – коэффициент приведения конфликтных ситуаций к авариям.

Для конфликтов, присущих исследуемому маневрированию (табл. 5.7):

$$\eta_{кф} = \frac{250 \cdot (1 - 0,309) \cdot 5 + 0,309 \cdot 250 \cdot 7,5}{250} \cdot 10^{-4} = 5,77 \cdot 10^{-4}.$$

Суммарные аварийные потери определяются по формуле

$$P_a = 1,25(\Delta A_X + \Delta A_M) \cdot C_a = 2889 \text{ у.е./год,}$$

где C_a – усредненная стоимость аварий при конфликте данного вида (перестроение и слияние, табл. 5.7):

$$C_a = \frac{900 \cdot 77 + 650 \cdot (250 - 77)}{250} = 727 \text{ у.е./ав.}$$

4. Потери пользователя от запрещения стоянки определяют! исходя из категории исследуемого района города и числа пользователей:

$$П_{ст} = n \cdot C_{ст} = 2500 \text{ у.е./год,}$$

где $C_{ст}$ – удельная стоимость одного машино-места,

$$C_{ст} = 150 \cdot K_{ст} + 0,1 \cdot Q_1 = 250 \text{ у.е./год,}$$

где $K_{ст}$ – категория района города: $K_{ст} = 2$ – центральная деловая часть; $K_{ст} = 1$ – основная часть; $K_{ст} = 0,5$ – периферийная часть.

5. Суммарные потери от разрешения стоянки на проезжей части исследуемого перегона:

$$\begin{aligned} П_{\Sigma} &= П_{эки} + П_m + П_a - П_{ст} = 19821 + 20513 + \\ &+ 2889 - 2500 = 40723 \text{ у.е./год.} \end{aligned}$$

Результаты расчетов заносятся в табл. 5.9.

Отчет о работе включает исходные данные, расчеты без пояснения формул, таблицу результатов и краткое заключение.

Таблица 5.8

Расчетная вероятность возникновения аварий
и тяжесть их последствий

Конфликт		$\eta_m \cdot 10^{-3}$	$\eta_{кф} \cdot 10^{-4}$ при скорости			Тяжесть	
тип	вид		$V < 30$	$30 < V < 60$	$V > 60$	$K_{ат}$	C_a , у.с./ав.
Т-Г		?	2	5	10	1,0	650
		?	?			4,6	3000
		?	4	10	20	1,5	1000
		?	4	10	20	1,2	900
		2,5	3	7,5	15	1,2	900
		2,5	2	5	10	1,0	650
		?		?		3,1	2100
		?		?		2,3	1500
Т-П	все виды	?	10	25	50	9,2	6000

Примечание. Таблица составлена по данным [2].

Таблица 5.9

Результаты расчета потерь от стоянок транспорта на ПЧ улиц

№ п/п	Параметр	Индекс	Размерность	Значение
1	2	3	4	5
1	Интенсивность движения	Q	авт./ч	1000
2	Динамический коэффициент приведения	$K_{пн}$	--	1,15
3	Экономический коэффициент приведения	$K_{из}$	--	1,5
4	Протяженность участка	S	км	0,5
5	Число zapаркованных ТС	n	шт.	10
6	Скорость при запрещении стоянки	V'	км/ч	56,5
7	Фактическая скорость	V_0	км/ч	49,8
8	Коэффициент вариации фактической скорости	I_{V_0}	--	0,116

1	2	3	4	5
9	Потери от задержек	P_d	у.е./год	13608
10	Потери от остановок	P_o	у.е./год	2248
11	Экономические потери	$P_{эки}$	у.е./год	19820
12	Экологические потери от выбросов	$P_{1эки}$	у.е./год	20513
13	Увеличение числа аварий	A	ав/год	3,973
14	Аварийные потери	P_a	у.е./год	2889
15	Потери пользователей стоянок	$P_{ст}$	у.е./год	2500
16	Суммарные потери	P_{Σ}	у.е./год	40723

Л и т е р а т у р а

1. Боровский, Б.Е. Безопасность движения автомобильного транспорта. – Л.: Лениздат, 1984. – 304 с.
2. Врубель, Ю.А. Организация дорожного движения. – Мн.: Белорусский фонд безопасности дорожного движения, 1996. – 634 с.
3. Врубель, Ю.А. Потери в дорожном движении. – Мн.: БНТУ, 2003. – 380 с.
4. Гмурман, В.С. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высш. школа, 1972. – 368 с.
5. Илларионов, В.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий. – М.: Транспорт, 1989. – 255 с.
6. Врубель, Ю.А., Капский, Д.В., Кожан, Е.Н. Определение потерь в дорожном движении. – Мн.: БНТУ, 2006. – 240 с.

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

ВВП	—	внутренний валовой продукт
ДД	—	дорожное движение
ДТ	—	дорожный транспорт
ЖС, ЖМС	—	желтый (мигающий) сигнал
ЗС, ЗМС	—	зеленый (мигающий) сигнал
КС, КМС	—	красный (мигающий) сигнал
ЖМ	—	желтое мигание
ИД	—	интенсивность движения
КФ	—	конфликт
КФС	—	конфликтная ситуация
КФТ	—	конфликтная точка
ЛБД	—	лента (времени) безостановочного движения
МПТ	—	маршрутный пассажирский транспорт
НПК	—	нерегулируемый перекресток
ОБ	—	островок безопасности
ОДД	—	организация дорожного движения
ОП	—	остановочный пункт
ПЕ	—	подвижная единица
ПК	—	перекресток
ПСФ	—	пешеходный светофор
ПЧ	—	проезжая часть
РПК	—	регулируемый перекресток
СД	—	скорость движения
СФ	—	светофор
СФО	—	светофорный объект
СФР	—	светофорное регулирование
СФЦ	—	светофорный цикл
ТП	—	транспортный поток
ТС	—	транспортное средство
ТСФ	—	транспортный светофор
Т-П	—	конфликт «транспорт – пешеход»
Т-Т	—	конфликт «транспорт – транспорт»
УДС	—	улично-дорожная сеть
ХДЛ	—	ходовая лаборатория

Содержание

1. ИССЛЕДОВАНИЯ В ДОРОЖНОМ ДВИЖЕНИИ.	3
1.1. Классификация исследований.	4
1.2. Точность измерений.	5
2. НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.	15
2.1. Измерения на улично-дорожной сети.	15
2.2. Обследование условий движения.	18
3. СТАТИСТИЧЕСКИЕ И СОЦИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.	31
3.1. Анализ аварийности.	31
3.2. Анкетирование и опрос.	48
4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.	51
4.1. Составление масштабного плана перекрестка.	52
4.2. Измерение интенсивности движения и состава транспортного потока.	55
4.3. Измерение мгновенной скорости движения транспортного потока.	60
4.4. Оценка боковой видимости на перекрестке.	64
4.5. Измерение задержек транспорта на нерегулируемом перекрестке.	66
4.6. Измерение транспортной корреспонденции.	69
4.7. Исследование уличных стоянок.	72
4.8. Исследование маневрирования	77
4.9. Исследование остановочного пункта маршрутного пассажирского транспорта.	79
4.10. Измерение параметров транспортного потока с помощью ходовой лаборатории.	84
4.11. Определение режима работы светофорного объекта.	87
4.12. Определение потока насыщения.	89
4.13. Комплексное определение параметров дорожного движения на регулируемом перекрестке.	93
4.14. Исследование нарушений Правил водителями.	99
4.15. Исследование движения транспортных средств в переходном интервале.	102
4.16. Оценка координации при входе в перекресток.	105
4.17. Исследование нарушений Правил пешеходами.	108

4.18. Статистический анализ аварийности.	111
5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО- ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ.	112
5.1. Расчет светофорного цикла.	113
5.2. Построение плана координации.	119
5.3. Расчет экономических потерь на нерегулируемом перекрестке.	123
5.4. Расчет экономических потерь на регулируемом перекрестке.	128
5.5. Расчет экономических потерь при конфликтном повороте на регулируемом перекрестке.	131
5.6. Расчет экологических потерь на перегоне улицы.	135
5.7. Расчет экологических потерь от выбросов на регулируемом перекрестке.	147
5.8. Расчет потерь от стоянки транспорта на проезжей части улиц.	160
Л и т е р а т у р а.	174
ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ.	175