

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**
(ВлГУ)

Институт машиностроения и автомобильного транспорта

Кафедра «Автотранспортная и техноферная безопасность»

Методические указания к практическим занятиям
по дисциплине **«Надежность технических систем на транспорте»** для студентов ВлГУ,
обучающихся по направлению 230301 «Технология транспортных
процессов» профиль «Организация и безопасность движения»

Составитель:

И.В. Денисов

Владимир – 2015 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Лабораторная работа 1	2
Лабораторная работа 2	11
Лабораторная работа 3	16
Лабораторная работа 4	22

Лабораторная работа № 1

“ Основные показатели надежности технических систем ”

Цель работы:

- изучить основные показатели надежности технических систем;
- получить практические навыки расчета показателей надежности.

Общие сведения

1. Основные термины теории надежности

Каждая техническая система (ТС) характеризуется определёнными параметрами, определяющими показатели качества. Под качеством ТС понимается совокупность свойств, определяющих степень ее пригодности к выполнению заданных функций при использовании, по назначению. В общем случае качество ТС может оцениваться следующими свойствами: надежностью, экономичностью, технологичностью, безопасностью, экологичностью и т.д.

Основным из всех перечисленных свойств, характеризующих качество, является надежность. Под *надежностью* понимается свойство ТС выполнять свои функции, сохраняя во времени или по наработке свои эксплуатационные показатели в требуемых пределах. Надежность ТС обуславливается ее безотказностью, ремонтпригодностью, сохраняемостью, а также долговечностью системы в целом и отдельных ее частей.

Безотказность - это свойство ТС сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки без вынужденных перерывов. Следовательно, безотказность определяет непрерывную работу ТС без каких-либо вмешательств для поддержания работоспособности (т.е. технического обслуживания и ремонтов).

Долговечность — свойство ТС сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонтов.

Предельным называется состояние объекта, при котором его применение по назначению недопустимо и нецелесообразно, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно и нецелесообразно. Невозможность дальнейшего применения объекта может являться следствием неустранимого нарушения требований безопасности, неустранимого ухода заданных параметров (параметра) за установленные пределы, неустранимого снижения эффективности эксплуатации, необходимостью проведения капитального ремонта.

Ремонтпригодность - свойство ТС, определяющее ее приспособленность к предупреждению и обнаружению отказов, к восстановлению работоспособности и исправности путем проведения технического обслуживания (ТО) и ремонта. Уровень ремонтпригодности определяет продолжительность и трудоемкость технического обслуживания и ремонтов.

Сохраняемость — свойство объекта сохранять работоспособное состояние в течение и после срока хранения и транспортирования.

Работоспособность - это состояние ТС, при котором она способна выполнять заданные функции с параметрами, установленными требованиями технической документации.

Отказ - событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта. Отказ системы или ее элемента может быть связан с разрушением, деформацией, износом, нарушением регулировок, а также с выходом параметров системы за пределы допустимых норм.

2. Показатели надежности

2.1. Показатели безотказности

Вероятность безотказной работы - вероятность того, что в заданном интервале или в пределах заданной наработки не возникнет отказ изделия. Данный показатель применяется как для восстанавливаемых, так и для невосстанавливаемых изделий.

Статистически вероятность безотказной работы $\bar{P}(t)$ определяется как отношение числа исправно работающих объектов к общему числу объектов, находящихся под наблюдением на протяжении наработки t .

$$\bar{P}(t) = \frac{N - \sum_{j=1}^r m_j}{N} \quad (1)$$

где N - число работоспособных объектов в начале наблюдений;

m_j - число объектов, отказавших в j -м интервале наработки;

$r = t/\Delta t$ - количество интервалов наработки.

Наработка на отказ - среднее значение наработки восстанавливаемого изделия между отказами. Статистически определяется как отношение наработки изделия к числу отказов в течение этой наработки

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_n}{m} = \frac{T}{m} \quad (2)$$

где t_1, t_2, \dots, t_n - наработки изделия между отказами;

T - общая наработка изделия за время испытаний;

m - число отказов на этой наработке.

Средняя наработка до отказа - среднее значение наработки невосстанавливаемых изделий до отказа. Статистически этот показатель определяется отношением суммы наработок испытуемых объектов до первого отказа к количеству наблюдаемых объектов.

$$\bar{t}_{cp} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_N}{N} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i \quad (3)$$

где t_1, t_2, \dots, t_n - моменты отказов испытуемых объектов.

Если наработка изделий от начала эксплуатации до T разбита на r интервалов длиной Δt , а число отказов внутри каждого интервала равно m_j , то

$$\bar{t}_{cp} = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2 + \dots + m_r t_r}{m_1 + m_2 + \dots + m_r} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^r m_j t_j \quad (4)$$

где t_1, t_2, \dots, t_r — средняя наработка в каждом интервале.

Интенсивность отказов — условная плотность вероятности возникновения отказа невосстанавливаемого объекта, определяемая для рассматриваемого момента времени при условии, что до этого момента времени отказ не возник.

Определение этого показателя базируется на понятии *плотности вероятности отказа* в момент времени t , под которой понимается предел отношения, вероятности отказа в интервале времени от t до $t + \Delta t$ к величине этого интервала Δt при $\Delta t \rightarrow 0$. Физический смысл плотности вероятности отказа - это вероятность отказа в достаточно малую единицу времени:

$$f(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t + \Delta t) - P(t)}{\Delta t}.$$

Из определения интенсивности отказов $\lambda(t)$ следует, что где $P(t)$ - вероятность безотказной работы за время t ; $f(t)$ - плотность распределения наработки до отказа.

Из этого соотношения имеем

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)}. \quad (5)$$

Статистическая оценка этого показателя

$$\bar{\lambda}(t) = \frac{N(t) - N(t + \Delta t)}{N(t)\Delta t}, \quad (6)$$

где Δt - интервал наработки;

$N(t), N(t + \Delta t)$ - количество работоспособных элементов при наработках t и $(t + \Delta t)$.

Параметр потока отказов — среднее количество отказов, приходящихся на одно восстанавливаемое изделие за единицу наработки:

$$\bar{\omega}(t) = \frac{\sum_{i=1}^N m_i(t + \Delta t) - \sum_{i=1}^N m_i(t)}{N\Delta t}, \quad (7)$$

где $m_i(t + \Delta t)$ - число отказов i -го изделия до наработки $(t + \Delta t)$;

$m_i(t)$ - число отказов i -го изделия до наработки t ;

N - общее число испытываемых объектов.

2.2. Показатели долговечности

Средний ресурс - математическое ожидание ресурса.

Средний срок службы - математическое ожидание срока службы.

Ресурс (срок службы) - показатель, обусловленный выходом за допустимые пределы характеристик ТС, при которых дальнейшая эксплуатация невозможна. При наличии данных о ресурсе (сроке службы) N объектов статистическая оценка среднего ресурса (среднего срока службы) определяется аналогично средней наработке до отказа (3).

Гамма-процентный ресурс t_γ - наработка, в течение которой ТС не достигнет предельного состояния с вероятностью γ , выраженной в процентах. γ -процентный ресурс можно определить по графику вероятности безотказной работы изделия. Для этого

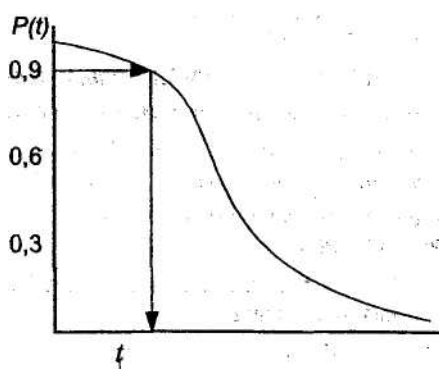


Рис. 1. Определение γ -процентного ресурса для $\gamma = 90\%$

через точку $P(t) = \frac{\gamma}{100}$ на оси ординат проводят горизонталь до пересечения с кривой.

Абсцисса точки пересечения и будет γ -процентным ресурсом (рис. 1).

Для партии изделий γ -процентный ресурс представляет собой ресурс, который имеет или превышает обусловленный процент изделий γ . Например, если $\gamma = 90\%$, то это означает, что из всех изделий данного наименования не менее 90% имеют или превышают ресурс $t_{\gamma} = 90\%$.

Величина γ зависит от уровня долговечности изделий и для элементов автомобиля устанавливается 90 или 95% .

2.3. Показатели ремонтпригодности

Вероятность восстановления в заданное время - вероятность того, что время восстановления работоспособности объекта не превысит заданного. Время восстановления включает в себя время на обнаружение, поиск причины и устранение отказа.

Среднее время восстановления - математическое ожидание времени восстановления работоспособности объекта. При наличии статистических данных о длительностях восстановления и объектов среднее время восстановления определяется аналогично средней наработке до отказа (3).

2.4. Комплексные показатели надежности

Коэффициент готовности K_{Γ} - вероятность того, что ТС будет работоспособной в произвольно выбранный момент времени на наработке между плановыми ТО:

$$K_{\Gamma} = t_{\Sigma pc} / t_{\Sigma \varepsilon} \quad (8)$$

где $t_{\Sigma pc}$ - суммарное I время пребывания ТС в работоспособном состоянии на наработке между плановыми ТО; $t_{\Sigma \varepsilon}$ - суммарная продолжительность эксплуатации ТС включая простои, связанные с внеплановым восстановлением работоспособности.

Коэффициент технического использования $K_{\text{ти}}$ - вероятность того, что изделие окажется работоспособным в произвольно выбранный момент времени.

$$K_{\text{ти}} = \frac{t_{\Sigma pc}}{t_{\Sigma pc} + t_{\Sigma P} + t_{\Sigma TO}} \quad (9)$$

где $t_{\Sigma P} + t_{\Sigma TO}$ — суммарное время пребывания ТС в ремонтах и ТО за определенную наработку.

Кроме двух вышеприведенных комплексных показателей надежности для характеристики парка автомобилей используются следующие показатели:

- коэффициент технической готовности парка α_{Γ} ;
- коэффициент выпуска подвижного состава $\alpha_{\text{в}}$;
- коэффициент использования парка $\alpha_{\text{и}}$.

Выполнение работы

1. Пользуясь статистическими данными испытаний надежности агрегатов и узлов автомобиля, представленными по образцу табл. 1, требуется:

- вычислить показатели безотказности и долговечности работы изделий;
- построить гистограмму числа m_j - и плотности $\bar{f}(t)$ отказов в зависимости от наработки t ,
- построить графики распределения вероятностей наступления отказов $F(t)$ и безотказности работы изделия $P(t)$;
- указать 90 %-й ресурс изделия.

2. Вычисления показателей безотказности и долговечности:

- накопленное число отказов по интервалам наработки Δt :

$$m(t_j) = \sum_{j=1}^k m_j$$

где m_j - число изделий, отказавших j -м интервале;

- число работоспособных изделий по интервалам наработки

$$n(t_j) = N - m(t_j),$$

где N — общее число отказов;

- относительная доля отказов по интервалам наработки (частота)

$$\bar{\omega}_j = \frac{m_j}{N};$$

- статистическая вероятность наступления отказов

$$\bar{F}(t_j) = \frac{m(t_j)}{N};$$

- статистическая вероятность безотказной работы изделия

$$\bar{P}(t_j) = \frac{n(t_j)}{N} = 1 - \bar{F}(t_j);$$

- статистическая оценка плотности распределения отказов

$$\bar{f}(t_j) = \frac{m_j}{N\Delta t}$$

3. Построить гистограммы и графики согласно заданию.

4. На графике вероятности безотказной работы указать гамма-процентный ресурс изделия.

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Основные определения и расчетные формулы.
3. Исходные данные и результаты вычислений (в том числе гистограммы и графики).
4. Заключение и выводы о надежности изделия.

Форма таблицы для заполнения результатов расчета

Определяемый параметр	Обозначение	Номер интервала наработки							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Границы интервала, тыс. км									
Значение середины интервала	t_j								
Число отказов в интервале	m_j								
Накопленное число отказов	$m(t_j)$								
Число работоспособных изделий по интервалам наработки	$n(t_j)$								
Относительная доля отказов по интервалам наработки	$\bar{\omega}_j$								
Статистическая вероятность наступления отказов	$\bar{F}(t_j)$								
Статистическая вероятность безотказной работы изделия	$\bar{P}(t_j)$								
Статистическая оценка плотности распределения отказов	$\bar{f}(t_j)$								

Варианты заданий:

Вариант 1

Распределение отказов дорожного полотна по интервалам времени:

Номер интервала	1	2	3	4	5	6	7	8
Граница интервала, сут (Δt)	0-50	50-100	100-150	150-200	200-250	250-300	300-350	350-400
Число отказов в интервале (m_j)	2	5	12	20	14	9	6	2
Всего наблюдений: 70								

Вариант 2

Распределение пробега шин легкового автомобиля до их замены по интервалам наработки:

Номер интервала	1	2	3	4	5	6	7	8
Граница интервала, тыс.км (Δt)	0-50	50-100	100-150	150-200	200-250	250-300	300-350	350-400
Число отказов в интервале (m_j)	2	5	12	20	14	9	6	2
Всего наблюдений: 50								

Вариант 3

Наработка на отказ щебеночного покрытия автомобильной дороги:

Номер интервала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Граница интервала, сут (Δt)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
Число отказов в интервале (m_j)	1	1	0	5	10	16	19	15	7	1
Всего наблюдений: 75										

Вариант 4

Распределение отказов ножного тормоза автомобиля МАЗ-500 по интервалам наработки:

Номер интервала	1	2	3	4	5	6
Граница интервала, тыс.км (Δt)	5-25	25-45	45-65	65-85	85-105	105-125
Число отказов в интервале (m_j)	12	10	8	5	3	2
Всего наблюдений: 40						

Вариант 5

Длительность пробега изделия до его выхода из строя:

Номер интервала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Граница интервала, тыс.км (Δt)	75-80	80-85	85-90	90-95	95-100	100-105	105-110	110-115	115-120	120-125
Число отказов в интервале (m_j)	1	7	17	13	17	16	12	6	9	2
Всего наблюдений: 100										

Вариант 6

Наработка на отказ асфальтобетонного покрытия автомобильной дороги:

Номер интервала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Граница интервала, сут (Δt)	0-200	200-400	400-600	600-800	800-1000	1000-1200	1200-1400	1400-1600	1600-1800	1800-2000
Число отказов в интервале (m_j)	2	8	16	32	42	57	72	28	7	3
Всего наблюдений: 267										

Вариант 7

Длительность пробега изделия до его отказа:

Номер интервала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Граница интервала, тыс.км (Δt)	75-80	80-85	85-90	90-95	95-100	100-105	105-110	110-115	115-120	120-125
Число отказов в интервале (m_j)	1	7	17	13	17	16	12	6	9	2
Всего наблюдений: 100										

Вариант 8

Наработка на отказ термостатов автомобильных двигателей:

Номер интервала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Граница интервала, тыс.км (Δt)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
Число отказов в интервале (m_j)	1	1	0	5	10	16	19	15	7	1
Всего наблюдений: 75										

Вариант 9

Распределение отказов двигателя автомобиля КамАЗ по интервалам наработки:

Номер интервала	1	2	3	4	5	6	7	8		
Граница интервала, тыс.км (Δt)	0-50	50-100	100-150	150-200	200-250	250-300	300-350	350-400		
Число отказов в интервале (m_j)	2	5	12	20	14	9	6	2		
Всего наблюдений: 70										

Лабораторная работа № 2

“Надежность систем и резервирование”

Цель работы:

- изучить способы резервирования как метода повышения надежности технических систем.

Общие сведения

Надежность любой технической системы, состоящей из заданного числа элементов, зависит не только от надежности каждого из них, но и от способа их соединения. Анализ схемы соединения топливных фильтров системы питания двигателя (рис. 1,а), например, включающей топливозаборную трубку 1 с сетчатым фильтром, фильтр грубой очистки 2 и фильтр тонкой очистки 3, показывает, что при засорении (отказе) любого из них нарушается подача топлива. Такое соединение фильтров следует считать последовательным. Если вероятность безотказной работы каждого из фильтров равна p_1, p_2, p_3 , то вероятность безотказной работы системы очистки топлива в целом определяется из выражения

$$P = p_1 p_2 p_3$$

Система смазки двигателя включает в себя также 3 фильтра: маслозаборника 4, тонкой очистки 5, масляного насоса 6 и центробежной очистки 7 (рис. 1,б). Фильтры работают независимо один от другого, и засорение любого из них не отражается на работе остальных. Такое включение фильтров следует считать параллельным. Вероятность безотказной работы фильтров при такой системе их соединения определяется по формуле

$$P = 1 - (1 - p_4)(1 - p_5)(1 - p_7)$$

p_4, p_5, p_7 - вероятности безотказной работы фильтров в маслозаборнике, тонкой очистки и центробежной очистки соответственно.

Анализ последней формулы показывает, что параллельное соединение элементов значительно повышает безотказную работу, а следовательно, и надежность всей системы. Поэтому параллельное включение элементов системы является основой весьма важного метода повышения надежности - структурного резервирования.

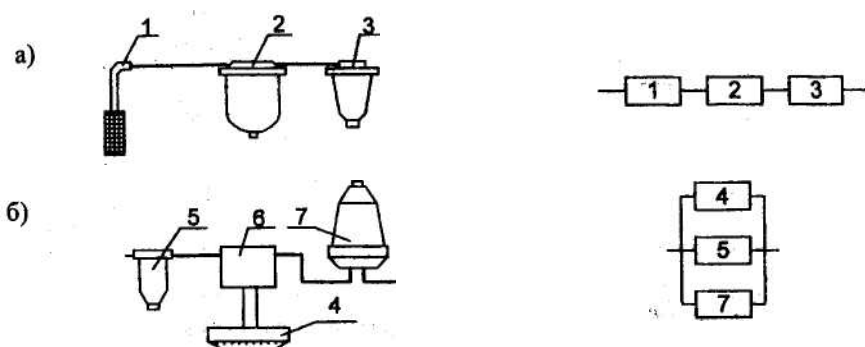


Рис. 1. Схемы соединения фильтров: а - в системе питания; б - в системе смазки

Резервирование - это метод повышения надежности объекта введением избыточности, т.е. дополнительных средств и возможностей сверх минимально необходимых для выполнения объектом заданных функций. Если избыточность достигается использованием дополнительных элементов структуры объекта, то такое резервирование называют структурным.

При структурном резервировании конструктивные элементы могут быть основными и резервными. Основным называют элемент структуры объекта, максимально необходимый для выполнения объектом заданных функций. Резервный элемент предназначается для обеспечения работоспособности объекта в случае отказа основного элемента.

Использование структурной избыточности ведет к усложнению системы, ее удорожанию. Поэтому к такому виду резервирования прибегают в системах, отказы которых приводят к аварийным ситуациям. В автомобильной технике это, в основном, рулевые управления и тормозные системы.

Надежность тормозных систем

Отказы тормозных систем автомобиля стоят на первом месте среди наиболее тяжелых последствий отказов - дорожно-транспортных происшествий, обусловленных потерей работоспособности элементов автомобиля. По этой причине в тормозной системе широко применяются структурное и другие виды резервирования.

На автомобиле, как правило, имеются две основные тормозные системы - рабочая и стояночная. Рабочая тормозная система включает две подсистемы - тормоза передних 1 и задних 2 колес (рис. 2). Примем условно вероятности безотказной работы подсистем $P_1 = 0,9$, $P_2 = 0,9$ и рассмотрим основные схемы рабочей тормозной системы.

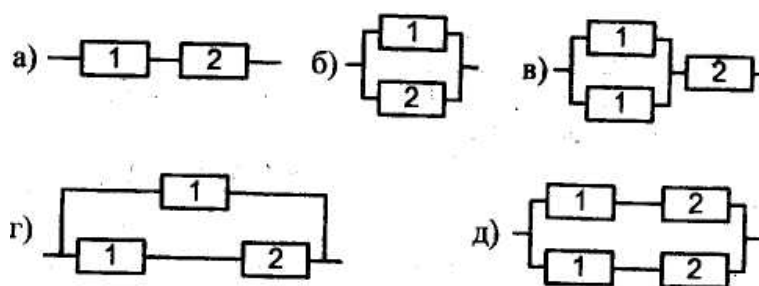


Рис.2. Принципиальные схемы тормозных систем с резервированием различных подсистем

Тормозная система с одним контуром (рис. 2,а) включает в себя обе подсистемы, соединенные последовательно. Вероятность ее безотказной работы невысока и составляет

$$P_a = P_1 P_2 = 0,81$$

Для повышения надежности предлагается введение двухконтурной системы (рис. 2,б), в которой подсистемы 1 и 2 включены параллельно. В этом случае

$$P_б = 1 - (1 - P_1)(1 - P_2) = 0,99.$$

Очевидный недостаток этой системы состоит в том, что отказ любой подсистемы снижает эффективность торможения. Можно поступить иначе. Сохранить в качестве основной системы тормозные механизмы всех колес и ввести дополнительную подсистему передних или задних тормозов. Эта дополнительная подсистема может быть включена параллельно одной из подсистем (рис. 2,в) или параллельно всей системе (рис. 2,г). В этих случаях вероятности безотказной работы определяются из выражений:

$$P_6 = [1 - (1 - P_1)^2] P_2 = 0,0891$$

$$P_7 = 1 - (1 - P_1 P_2)(1 - P_1) = 0,091$$

Преимущество схемы (рис. 6,г) состоит в том, что надежность тормозов выше; при отказе подсистемы 2 тормоза, выполненные по этой схеме, сохраняют работоспособность, а выполненные по схеме (рис. 2,в), теряют ее.

Схема (рис. 2,д) с резервированием системы в целом имеет то преимущество, что при отказе любого элемента это не отражается на тормозных качествах автомобиля. Однако по надёжности такая схема общего резервирования несколько уступает разделённому резервированию, т.е. $P_8 = 1 - (1 - P_1 P_2)^2 = 0,964$ по сравнению с $P_7 = 0,981$.

Оценка надежности тормозных систем

Тормозные системы современных автомобилей сложны и многоэлементны. Надежность этих систем зависит от способов включения элементов и надежности каждого из них.

Принципиальные схемы тормозных систем с гидравлическим приводом отличаются числом и способом включения следующих элементов: главного цилиндра Г, тормозного механизма и привода к нему Т, усилителя У, разделителя Р и т.д.

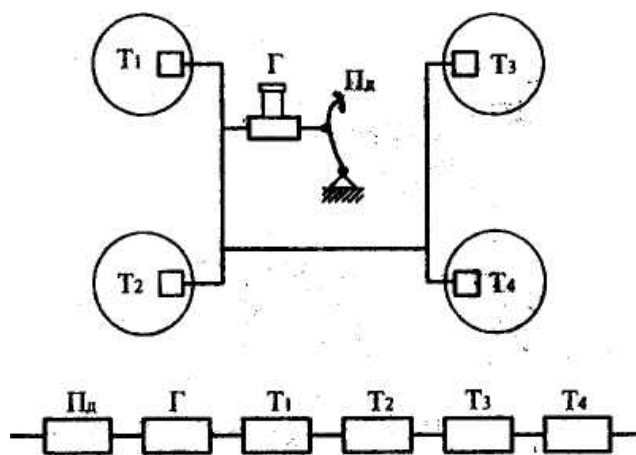


Рис.3. Принципиальная и структурная схемы одноконтурной тормозной системы

Рассмотрим простейшую одноконтурную тормозную систему (рис. 3), включающую педаль (Пд), главный тормозной цилиндр (Г), тормозные механизмы с приводом четырех колес (T_i).

Структурная схема такой тормозной системы включает в себя последова-

тельное соединение перечисленных выше элементов. Надежность тормозной системы в целом определяется выражением

$$P = P_{\Pi 0} P_2 P_{T1} P_{T2} P_{T3} P_{T4},$$

где $P_{\Pi 0}$, P_2 , P_i - вероятности безотказной работы педали тормоза, главного тормозного цилиндра и тормозных механизмов колес с их приводом.

Краткое описание работы тормозных систем

Автомобиль А (рис. 4.а). Резервирование подсистем отсутствует. Усилие от педали 1 передается вакуумному усилителю 2, объединенному с главным тормозным цилиндром 3. В вакуумном усилителе предусмотрена механическая связь педали с главным тормозным цилиндром. Главный тормозной цилиндр состоит из двух секций с автономным питанием тормозной жидкостью. Передняя секция питает контур тормозов задних колес, задняя - передних колес. Регулятор 5 тормозных сил, включенный в контур задних тормозов, обеспечивает уменьшение тормозных сил на задних колесах при низких значениях вертикальных реакций на них. Такое конструктивное решение уменьшает опасность первоочередного блокирования задних колес и улучшает устойчивость автомобиля при торможении.

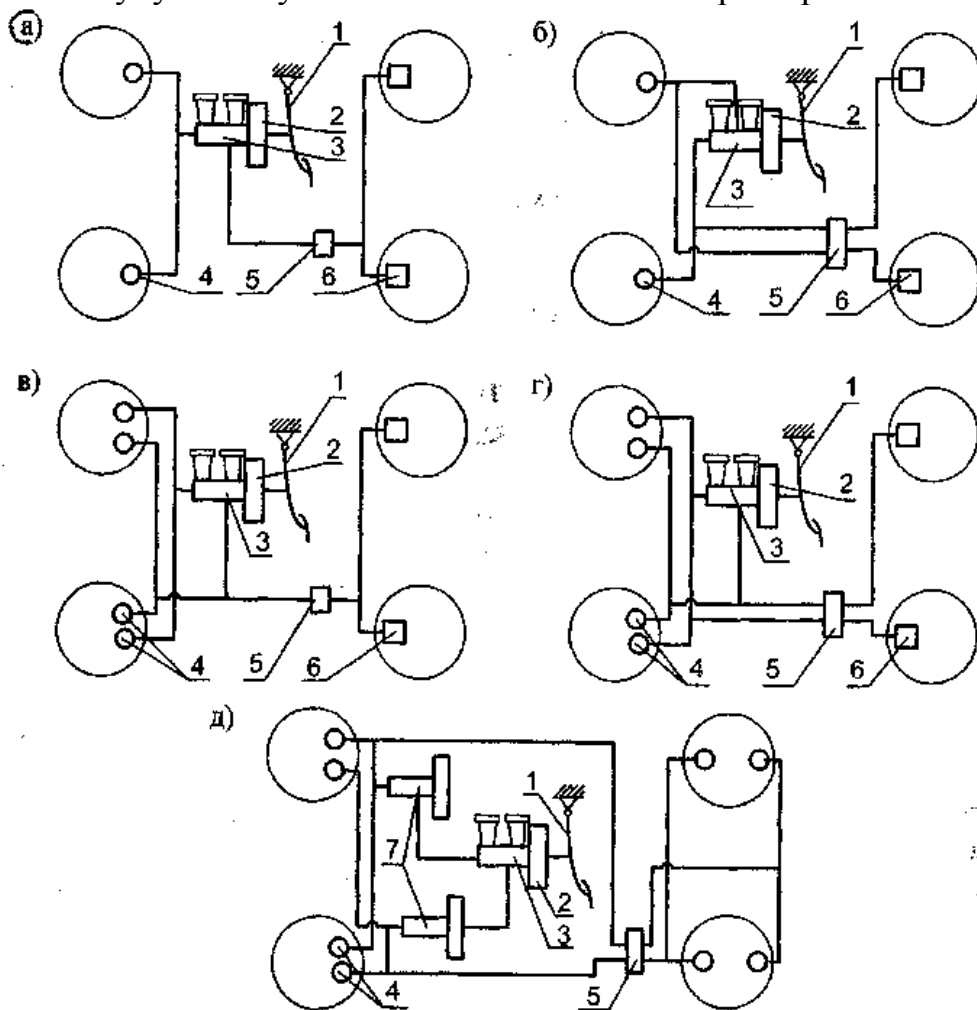


Рис. 4. Двухконтурные тормозные системы автомобилей (гидравлический тормозной привод): а - двухконтурная система с разделением по осям; б - двухконтурная

диагональная система; в - система с резервной подсистемой; г - с резервной системой; д - с полным дублированием. Обозначения: 1 - тормозная педаль; 2 - вакуумный усилитель; 3 - главный тормозной цилиндр; 4 - дисковый тормозной механизм; 5 - регулятор тормозных сил; 6-барабанные тормозные механизмы; 7 - дополнительный усилитель

Автомобиль Б (рис. 4.6). Отличием схемы тормозной системы автомобиля Б от схемы автомобиля А состоит в диагональном включении тормозных механизмов в контуры: передняя секция питает контур переднего правого и заднего левого тормозных механизмов, а задняя - контур переднего левого и заднего правого. Регулятор 5 тормозных сил имеет две секции, управляющие каждая своим тормозным механизмом. Такая схема обладает большей эффективностью торможения в случае выхода из строя одного из контуров, чем схема А,

Автомобиль В (рис. 4,в). Тормозная система двухконтурная с резервированием. Основная подсистема включает тормозные механизмы всех колес, а дополнительная резервная действует только на передние колеса с дисковыми тормозами. Дисковые тормоза 4 передних колес являются составной частью тормозного механизма как основной системы, так и дополнительной. Рабочие тормозные цилиндры отдельные. Регулятор 5 тормозных сил включен в основную подсистему.

Автомобиль Г (рис. 4 ,г). Тормозная система двухконтурная с резервированием. Обе подсистемы по своей эффективности равнозначны. В каждую подсистему входит секция главного цилиндра 3, по одному рабочему цилиндру в обоих передних тормозных механизмах, секция регулятора тормозных сил и один тормозной механизм задних колес.

Автомобиль Д (рис.4, д). Особенность тормозной системы состоит в том, что она в наибольшей степени зарезервирована из рассмотренных - параллельно подсистемам передних и задних тормозов включены такие же, так что деление подсистем на основные и резервные теряет смысл. Конструктивно это обеспечено тем, что тормозные механизмы всех колес дисковые. Резервированы и усилители - помимо основного имеются дополнительные 7 в подсистемах. Основное преимущество данной схемы состоит в том, что отказ любого элемента не отражается на тормозных свойствах автомобиля.

Выполнение работы

Для предложенной преподавателем принципиальной схемы тормозной системы автомобиля составить структурную схему и вычислить показатели надежности. При вычислении параметров надежности тормозной системы принять вероятность безотказной работы всех элементов одинаковой ($P_i = 0,988$).

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Методы резервирования технических систем.
3. Принципиальная и структурная схемы тормозной системы.
4. Результаты вычислений надежности тормозной системы.

Лабораторная работа №3

ОЦЕНКА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СЕТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ УЛИЦ ГОРОДА

Цель. Усвоить один из методов оценки пропускной способности улично-дорожной сети города.

Задание. Рассчитать основные показатели магистральной сети города, оценить её пропускную способность, выбрать при необходимости комплекс мер по увеличению пропускной способности сети магистральных улиц города.

Исходные данные для расчётов.

Таблица 1. Исходные данные для выполнения работы № 1

Наименование показателя	Последняя цифра номера зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Население города, тыс. жит.	350	300	800	1 000	650	900	1 200	550	1 100	400
2. Ежегодный процент прироста численности населения Р	0,5	1,2	1,0	0,7	6,0	0,8	1,3	0,9	1,0	0,9
3. Плотность сети городских магистральных улиц, км/км ²	1,4	1,8	1,6	1,7	1,55	1,9	1,45	2,0	1,3	1,2
4. Плотность населения, чел./га	50	55	70	62	78	65	80	58	68	74
5. Кол-во автомобилей на 1 000 жителей города:										
а) легковых	40	50	10	35	45	54	38	62	65	48
б) грузовых	15	20	25	13	22	20	18	27	24	17
6. Перспективное количество автомобилей на 1 000 жителей города:										
а) легковых	100	120	130	95	110	115	90	140	135	125
б) грузовых	30	35	40	28	45	32	48	42	44	36
7. Кол-во полос движения в каждом направлении	2	2	3	3	2	3	3	2	3	2

Примечание. Расчетная перспектива для всех вариантов – 20 лет.

Результаты расчетов необходимо представить в виде табл. 2. По результатам расчетов формулируется вывод и при необходимости разрабатывается вариант реконструкции сети магистральных улиц города.

Таблица 2. Результаты расчетов

Расчетный показатель	F, км	L _м , км	M, пас.км	П, ед.	W _{л.а} , авт.-км/сут	W _{г.а} , авт.-км/сут	W _{авт} , авт.-км/сут	ΣW авт.-км/сут
Значение								

Методические указания

Наиболее распространённым способом оценки пропускной способности сети магистральных улиц города является метод А. И. Пряхина, суть которого сводится к определению коэффициента загрузки сети β .

Если существующая улично-дорожная сеть города соответствует интенсивности дорожного движения, то $\beta \leq 1$, а если $\beta > 1$, значит, дорожная сеть не соответствует перспективным требованиям и необходима реконструкция. Под реконструкцией уличной сети понимается проведение комплекса мероприятий по повышению пропускной способности магистральных улиц.

Основными градостроительными методами повышения пропускной способности сети магистральных улиц являются:

- строительство дополнительных полос движения проезжей части магистральных улиц;
- строительство скоростных дорог, дорог грузового движения, обходных дорог для транзитного движения;
- устройство несимметричных перекрёстков, уширений на подходах к перекрёсткам, строительство транспортных развязок в разных уровнях и др.

Кроме этого, пропускную способность городских улиц можно повысить за счет применения скоростных и вместимых общественных пассажирских транспортных средств.

Вариант снижения коэффициента загрузки улично-дорожной сети города до нормативного ($\beta \leq 1$) должен быть экономически обоснованным. Критерием выбора мероприятия по снижению β необходимо принимать минимум капитальных затрат на реализацию этого мероприятия.

Для оценки пропускной способности сети магистральных улиц города по методу А.И. Пряхина необходимо определить следующие показатели, характеризующие улично-дорожную сеть города:

1. Площадь городской территории, км²:

$$F = \frac{P}{w}, \quad (1)$$

где P – население города, тыс. жит., w – плотность населения, чел/га.

2. Расстояние между магистралями, км:

$$I_m = \frac{2}{d}, \quad (2)$$

где d – плотность сети городских магистральных улиц, км/км².

3. Длина продольной оси города, км:

$$D = 1,2 \sqrt{F}. \quad (3)$$

4. Протяжённость магистральной сети города, км:

$$L_m = F d. \quad (4)$$

5. Показатели работы общественного пассажирского транспорта (табл. 3).

Таблица 3. Значение показателей работы общественного пассажирского транспорта

Расчетное население города, тыс. жителей	Показатель учетно-транспортной подвижности населения, поездки в год на 1 жителя
От 50 до 100 включит.	200–350
Свыше 100 « 300 «	350–450
Свыше 300 « 500 «	450–550
Свыше 500 « 1 000 «	550–700
1 млн жителей, более	700–900

5.1. Годовое количество поездок пассажиров:

а) существующее

$$A = P \Pi \quad (5)$$

где Π – показатель учетно-транспортной подвижности населения;

б) перспективное

$$A' = P' \Pi', \quad (6)$$

где P' – перспективная численность населения, тыс.чел.:

$$P' = P (1 + q/100)^{T-1}, \quad (7)$$

где $T = 20$ лет; q – ежегодный процент прироста численности населения.

5.2. Средняя дальность поездок пассажиров принимается равной длине продольной оси города D , км:

$$I_{cp} = D.$$

5.3. Годовая работа общественного пассажирского транспорта, пас.-км:

а) существующая

$$M = A I_{cp}, \quad (8)$$

б) перспективная

$$M' = A' I_{cp}.$$

5.4. Инвентарное количество автобусов, ед.:

а) существующее

$$\Pi = \frac{MK_c}{365u_3 h q_{\text{вм}} a z}, \quad (9)$$

где K_c – коэффициент сезонной неравномерности, $K_c = 1,2$; u_3 – эксплуатационная скорость автобуса, $u_3 = 20$ км/ч; h – время работы автобуса на линии, $h = 18$ ч; $q_{\text{вм}}$ – вместимость одного автобуса, принимается равной 100 чел; z – средний коэффициент наполнения автобуса, $z = 0,5$; a – коэффициент использования автобусного парка $a = 0,8$

б) перспективное

$$\Pi' = \frac{M'K_c}{365u_3 h q_{\text{вм}} a z}.$$

6. Расчёт показателей работы легковых автомобилей:

6.1. Суммарный суточный пробег парка легковых автомобилей, авт.-км/сут:

а) существующий

$$W_{\text{л.а}} = 0,64 q_{\text{л}} P I_{\text{п}}, \quad (10)$$

где $q_{\text{л}}$ – количество легковых автомобилей на 1 тыс. населения города; $I_{\text{п}}$ – средний суточный пробег легкового автомобиля, км/сут, принимается равным длине продольной оси города:

$$I_{\text{п}} = D,$$

б) перспективный

$$W'_{\text{л.а}} = 0,64 q'_{\text{л}} P' I'_{\text{п}},$$

где $q'_л$ – перспективное количество легковых автомобилей на 1 тыс. населения города.

7. Расчет показателей работы парка грузовых автомобилей.

7.1. Суммарный суточный пробег парка грузовых автомобилей, авт.-км/сут:

а) имеющийся

$$W_{г.а} = 0,64 q'_г P \mathbf{1}_п ,$$

где $q'_г$ – количество грузовых автомобилей на 1 тыс. населения города; $\mathbf{1}_п$ – средний суточный пробег грузового автомобиля, авт.-км/сут:

$$\mathbf{1}_п = \frac{T_n D}{t_{п-р} + t_{дв}} , \quad (11)$$

где T_n – время в наряде, принимается равным 9 ч; $t_{п-р}$ – время простоя автомобиля под погрузкой-загрузкой, принимается равным 0,5 ч; $t_{дв}$ – время движения автомобиля, ч:

$$t_{дв} = \frac{D}{u_г} . \quad (12)$$

б) перспективный

$$W'_{г.а} = 0,64 q'_г P' \mathbf{1}_п .$$

8. Суммарный суточный пробег автобусного парка, авт.-км/сут:

а) существующий

$$W_{авт} = \Pi v_э h \alpha , \quad (13)$$

б) перспективный

$$W'_{авт} = \Pi' v_э h \alpha .$$

9. Общая работа автомобильного парка города:

9.1 Суммарный суточный пробег легкового и общественного пассажирского транспорта, авт.-км/сут, приведенного к легковому транспорту:

а) существующий

$$\Sigma W = K_{л.а} W_{л.а} + K_{г.а} W_{г.а} + K_{авт} W_{авт} , \quad (14)$$

где $\kappa_{л.а} = 1$, $\kappa_{г.а} = 2$, $\kappa_{авт} = 2,5$ – коэффициенты, приведенные соответственно для легковых, грузовых автомобилей и автобусов;

б) перспективный

$$\sum W' = \kappa_{л.а} W'_{л.а} + \kappa_{г.а} W'_{г.а} + \kappa_{авт} W'_{авт} .$$

10. Пропускная способность дорожно-уличной сети, авт/сут:

$$N = 10 P_1 n L_m \kappa_n , \quad (15)$$

где P_1 – пропускная способность одной полосы движения. Для магистралей регулируемого движения принимается равной 700 авт/ч; n – число полос движения в двух направлениях без учёта двух крайних полос движения, занятых общественным транспортом; κ_n – коэффициент использования пропускной способности, учитывающей снижение пропускной способности на перекрестках:

$$\kappa_n = \frac{1+x}{2+x} , \quad (16)$$

где x – коэффициент неравномерности распределения автомобильных потоков относительно центральной части магистральной улицы

$$x = \frac{k+2}{4} , \quad (17)$$

где k – количество пересечений дорожно-уличной сети

$$k = \frac{L_m}{l_m} . \quad (18)$$

11. Коэффициент загрузки дорожно-уличной сети:

а) имеющийся

$$b = \frac{\sum W}{N} \quad (19)$$

Лабораторная работа №4

«Оценка уровня организации движения на перекрестке»

Цель работы: выполнить анализ интенсивности движения на исследуемом объекте улично-дорожной сети, произвести расчет скоростей движения одиночных автомобилей и дать оценку скоростям движения потоков автотранспортных средств.

1 Анализ задания на проектирование и расшифровка исходных данных

В задании на лабораторную работу дана схема магистрали с нанесенными на нее размерами. К геометрическим элементам участков улицы относятся:

- продольный уклон 50‰ протяженностью 150м, который расположен перед перекрестком;

- радиус кривой в плане 100м.

Также приводятся геометрические параметры перекрестка, к которым относятся:

- ширина (B_1, B_2, B_3, B_4);

- радиус (R_1, R_2, R_3, R_4);

- сужение (C_2, C_3).

Приведены две таблицы с интенсивностями движения транспортных средств по перекрестку и движения пешеходов. Расшифровка направлений представлена на рисунке 1.1.

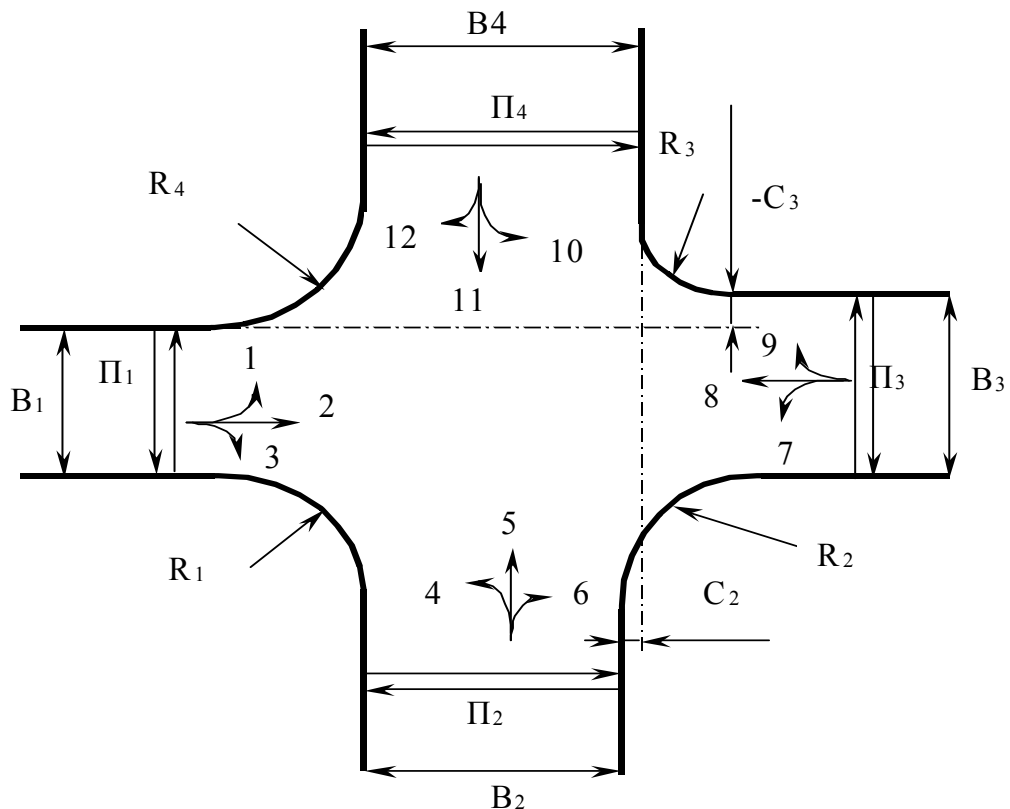


Рисунок 1.1 - Схема перекрестка и условные обозначения

Дорога, образуемая направлениями 2-8, является предложенной в задании главной улицей. Улица с двухсторонним движением.

В задании также приводится состав транспортного потока (легковые ТС – 65%; грузовые ТС – 15%; автобусы, троллейбусы – 20%), месяц (июль), в который проводилось измерение интенсивности.

2 Оценка уровня организации движения на улице

2.1 Анализ интенсивности движения и общий порядок проектирования организации движения

Для анализа интенсивности движения необходимо построить в масштабе картограммы интенсивности транспортного потока на перекрестках. Эти картограммы отражают пространственную неравномерность потока.

Наибольшая интенсивность движения наблюдается по направлениям 2, 3, 4, 8, наименьшая – 6,10 (для "часа пик" – с 17⁰⁰ до 18⁰⁰).

Коэффициент неравномерности по времени суток рассчитывается для перекрестка в целом и для каждого перегона улицы для утра, полудня и вечера.

$$K_{ny} = \frac{3 \cdot N_y}{N_y + N_n + N_e}, \quad (2.1)$$

где K_{ny} – коэффициент неравномерности по времени суток; N_y – интенсивность движения для утра, авт/час; N_n – интенсивность движения для полудня, авт/час; N_e – интенсивность движения для вечера, авт/час.

Например.

Коэффициент неравномерности по времени суток для перекрестка в целом:

$$K_{ny} = \frac{3 \cdot 4179}{4179 + 3871 + 5098} = 0,95$$

$$K_{nn} = \frac{3 \cdot 3871}{4179 + 3871 + 5098} = 0,88$$

$$K_{ne} = \frac{3 \cdot 5098}{4179 + 3871 + 5098} = 1,16$$

Коэффициент неравномерности по времени суток для начала дороги:

$$K_{ny} = \frac{3 \cdot 2970}{2970 + 2775 + 3645} = 0,95$$

$$K_{nn} = \frac{3 \cdot 2775}{2970 + 2775 + 3645} = 0,89$$

$$K_{ne} = \frac{3 \cdot 3645}{2970 + 2775 + 3645} = 1,16$$

Коэффициент неравномерности по времени суток для участка дороги после перекрестка:

$$K_{ny} = \frac{3 \cdot 2106}{2106 + 1880 + 2467} = 0,98$$

$$K_{nn} = \frac{3 \cdot 1880}{2106 + 1880 + 2467} = 0,87$$

$$K_{нс} = \frac{3 \cdot 2467}{2106 + 1880 + 2467} = 1,15$$

Из расчетов видно, что неравномерность транспортного потока по времени незначительна.

Общий порядок проектирования следующий.

- 1) Выполняется оценка уровня существующей организации движения.
- 2) Намечаются мероприятия по совершенствованию организации движения.
- 3) Выполняется собственно проектирование.
- 4) В завершение, повторно оценивается уровень новой схемы с учетом предложенных мероприятий.

2.2 Расчет скорости движения одиночных автомобилей

Для оценки соответствия размеров отдельных элементов дороги и их сочетаний требованиям безопасности и удобства движения на основе расчетов строят эпюру изменения скорости одиночного автомобиля в зависимости от параметров продольного профиля и плана без учета ограничений, предусмотренных Правилами дорожного движения и устанавливаемыми знаками. Расчет выполняется для каждого элемента дороги, при этом разбиваем её на участки, как показано на рисунке 2.1.

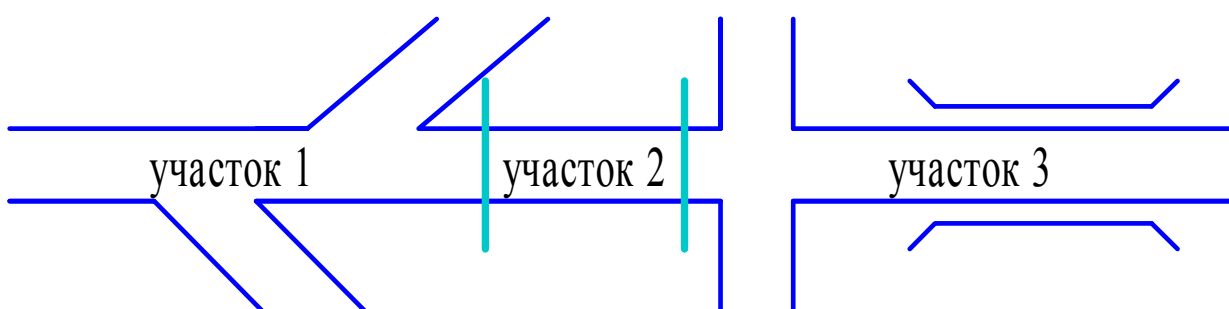


Рисунок 2.1 – Выделение однородных по условиям участков для вычисления скорости движения одиночных автомобилей

Средняя скорость автомобиля в свободных условиях на двух полосных дорогах с продольными уклонами, совмещенными с кривыми в плане:

$$V_0 = 29,0 + 3,85 \cdot B \pm 0,53 \cdot i - 0,0096 \cdot R + 10,8 \cdot n_{л} - 10,3 \cdot n_{авт}, \quad (2.2)$$

где v_0 – средняя скорость автомобилей в свободных условиях, км/ч; R – радиус кривой в плане, м; i – продольный уклон, ‰; B – ширина проезжей части, м; $n_{л}$ –

количество легковых автомобилей в составе транспортного потока, доли единицы;
 $n_{авт}$ – количество автопоездов в составе транспортного потока, доли единицы.

Например.

Для участка 1: $n_l=0,65$; $n_{авт}=0$; $R=100м$; $B=12м$; $i=0$,
 $V_0 = 29,0 + 3,85 \cdot 12 - 0,0096 \cdot 100 + 10,8 \cdot 0,65 = 81,26 км/ч$.

Для участка 2: $n_l=0,65$; $n_{авт}=0$; $R=100м$; $B=12м$; $i=50^0/00$,
 направление 2 – 8:

$V_0 = 29,0 + 3,85 \cdot 12 - 0,53 \cdot 50 - 0,0096 \cdot 100 + 10,8 \cdot 0,65 = 54,76 км/ч$;

направление 8 – 2:

$V_0 = 29,0 + 3,85 \cdot 12 + 0,53 \cdot 50 - 0,0096 \cdot 100 + 10,8 \cdot 0,65 = 107,76 км/ч$.

Для участка 3: $n_l=0,65$; $n_{авт}=0$; $R=100м$; $B=12м$; $i=0$,

$V_0 = 29,0 + 3,85 \cdot 16 - 0,0096 \cdot 100 + 10,8 \cdot 0,65 = 96,66 км/ч$.

2.3 Оценка скоростей движения потоков автомобилей

Средняя скорость смешанного потока автомобилей:

$$V_n = V_{ол} \cdot \theta - \alpha \cdot K_\alpha \cdot N, \quad (2.3)$$

где $V_{ол}$ – средняя скорость свободного движения легковых автомобилей при малом значении коэффициента загрузки (принимается 90 км/ч); θ – итоговый коэффициент, учитывающий влияние геометрических элементов дороги, состава потока и средств организации движения на скорость свободного движения; K_α – поправочный коэффициент, **получаемый произведением коэффициентов**, учитывающих влияние разметки проезжей части по скорости при высоких интенсивностях движения, кривых в плане, характеристик продольных уклонов (таблица 1.3, 1.4, 1.5); α – коэффициент, зависящий от состава движения (см. ниже); N – интенсивность движения в пиковый час, авт/ч.

$$\theta = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4, \quad (2.4)$$

где τ_1 – коэффициент, учитывающий влияние продольного уклона; τ_2 – коэффициент, учитывающий влияние состава потока; τ_3 – коэффициент, учитывающий влияние дорожных условий и средств организации движения (таблица 1.1); τ_4 – коэффициент, учитывающий влияние разметки (1; таблица 2.4).

τ_1 – коэффициент, учитывающий влияние продольного уклона:

Уклон, ‰	0	20	30	40	50	60	70	80
τ_1	1,0	0,92	0,84	0,76	0,68	0,56	0,45	0,34

τ_2 – коэффициент, учитывающий влияние состава потока:

Количество легковых автомобилей в потоке, %	100	70	50	40	20	10	0
τ_2	1,0	0,9	0,8	0,78	0,75	0,67	0,62

τ_3 – коэффициент, учитывающий влияние дорожных условий и средств организации движения, принимается по [табл. 1.1](#), [1.2](#);

α – коэффициент, зависящий от состава движения:

Количество легковых автомобилей в составе движения, % ... 0 10 20 40 50 70 100
 α 0,020 0,018 0,016 0,013 0,012 0,010 0,007

Таблица 1.1

Учитываемый фактор	Коэффициент τ_3
Дорожные условия в конце спуска (уклон более 30‰): последующий подъем кривая в плане R = 1000 м малый мост большой (средний) мост	1,2 0,8 0,85 0,7
Дорожные условия перед подъемом (уклон не более 30‰): горизонтальный участок спуск малый мост сужение проезжей части на 2 м	1,1 1,2 0,9 0,8
Участки с ограниченной видимостью, м: в плане 600-700 300-400 200-250 100-150 менее 100 в профиле более 150 100 50 менее 50	1,0 0,95 0,9 0,8 0,75 1,0 0,95 0,75 0,6
Кривые в плане радиусом, м: более 600 400 200 100 50 менее 50	1,0 0,92 0,8 0,75 0,7 0,6
Малые и средние мосты (длина до 100 м) с шириной проезжей части: менее ширины проезжей части дороги на 1 м равной ширине проезжей части дороги больше ширины проезжей части дороги на 1 м то же, на 2 м	0,5 0,7 0,85 1,0
Большие мосты (длина более 100 м) Пересечение в одном уровне: простые канализированные	0,7 0,75 0,9
Ширина обочины, м: 3,75 и более 2,5 1,5 1,0	1,0 0,9 0,85 0,75

0,0	0,60
Препятствия на обочине при расстоянии от кромки проезжей части, м:	
0,0	0,7
0,5	0,8
1,5	0,9
2,0 и более	1,0
Населенные пункты при расстоянии до застройки:	
15–20 м	0,9
6–10 м	0,8
5 м (имеются тротуары)	0,7
5 м (тротуары отсутствуют)	0,6

Таблица 1.2

Тип разметки	Коэффициент τ_3 при ширине проезжей части, м				
	6	7	7,5	9	10,5
Без разметки	0,70	0,90	1,0	1,05	1,10
Краевая	0,64	0,87	0,98	1,08	1,15
Осевая прерывистая	0,68	0,89	1,00	1,05	1,10
То же, в сочетании с краевой	0,55	0,74	0,92	1,08	1,15
Сплошная разделительная линия	0,59	0,75	0,78	1,04	1,10

Примечание. Значение τ_3 дано для горизонтальных участков и подъемов с уклоном менее 20%.

K_α – поправочный коэффициент, учитывающий влияние разметки проезжей части на скорости при высоких интенсивностях движения (табл. 1.3), кривых в плане (табл. 1.4), характеристик продольных уклонов (табл. 1.5);

N – интенсивность движения, авт/ч.

Таблица 1.3

Тип разметки	Коэффициент K_α	Тип разметки	Коэффициент K_α
Без разметки	1,0	То же в сочетании с краевой	0,70
Краевая	0,82		
Осевая прерывистая	0,76	Сплошная разделительная линия	0,62

Таблица 1.4

Радиус кривой в плане, м	Коэффициент K_α	Радиус кривой в плане, м	Коэффициент K_α
Менее 150	1,92	400	1,10
200	1,15	500	1,02
300	1,11	Более 600	1,00

Таблица 1.5

Длина подъема, м	Коэффициент K_α при уклонах, %			
	30	40	50	60
Менее 200	1,10	1,15	1,21	1,30
350	1,11	1,20	1,25	1,32
500	1,19	1,25	1,30	1,36
Более 800	1,22	1,32	1,38	1,45

Средняя скорость свободного движения легковых автомобилей вычисляется для однородных по условиям участков (рисунок 2.2).

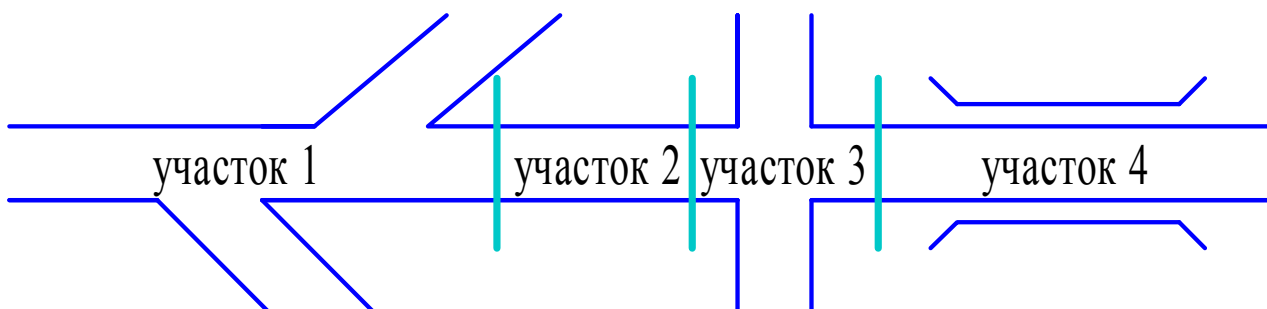


Рисунок 2.2 – Выделение однородных по условиям участков для вычисления скорости движения смешанного потока автомобилей

Например.

Для участка 1: $\tau_1=1$; $\tau_2=0,875$; $\tau_3=0,75$; $\tau_4=1,15$; $\alpha=0,0135$;

$$K_\alpha=1 \cdot 1,92=1,92;$$

$$\theta=1 \cdot 0,875 \cdot 0,75 \cdot 1,15=0,75;$$

$$N=70+200+232+218+236+77=1033 \text{ авт/ч};$$

$$V_n = 90 \cdot 0,75 - 0,0135 \cdot 1,92 \cdot 1033 = 41,14 \text{ авт/ч}.$$

Для участка 2: $\tau_1=0,68$; $\tau_2=0,875$; $\tau_3=0,75$; $\tau_4=1,15$; $\alpha=0,0135$;

$$K_\alpha=1 \cdot 1,92 \cdot 1,21=2,32;$$

$$\theta=0,68 \cdot 0,875 \cdot 0,75 \cdot 1,15=0,51;$$

$$N=70+200+232+218+236+77=1033 \text{ авт/ч};$$

$$V_n = 90 \cdot 0,51 - 0,0135 \cdot 2,32 \cdot 1033 = 13,78 \text{ авт/ч}.$$

Для участка 3: $\tau_1=1$; $\tau_2=0,875$; $\tau_3=0,7$; $\tau_4=1,15$; $\alpha=0,0135$;

$$K_\alpha=1 \cdot 1,92=1,92;$$

$$\theta=1 \cdot 0,875 \cdot 0,7 \cdot 1,15=0,70;$$

$$N=70+200+232+218+76+73+64+236+64+57+67+77=1434 \text{ авт/ч};$$

$$V_n = 90 \cdot 0,7 - 0,0135 \cdot 1,92 \cdot 1434 = 26,21 \text{ авт/ч}.$$

Для участка 4: $\tau_1=1$; $\tau_2=0,875$; $\tau_3=0,75$; $\tau_4=1,244$; $\alpha=0,0135$;

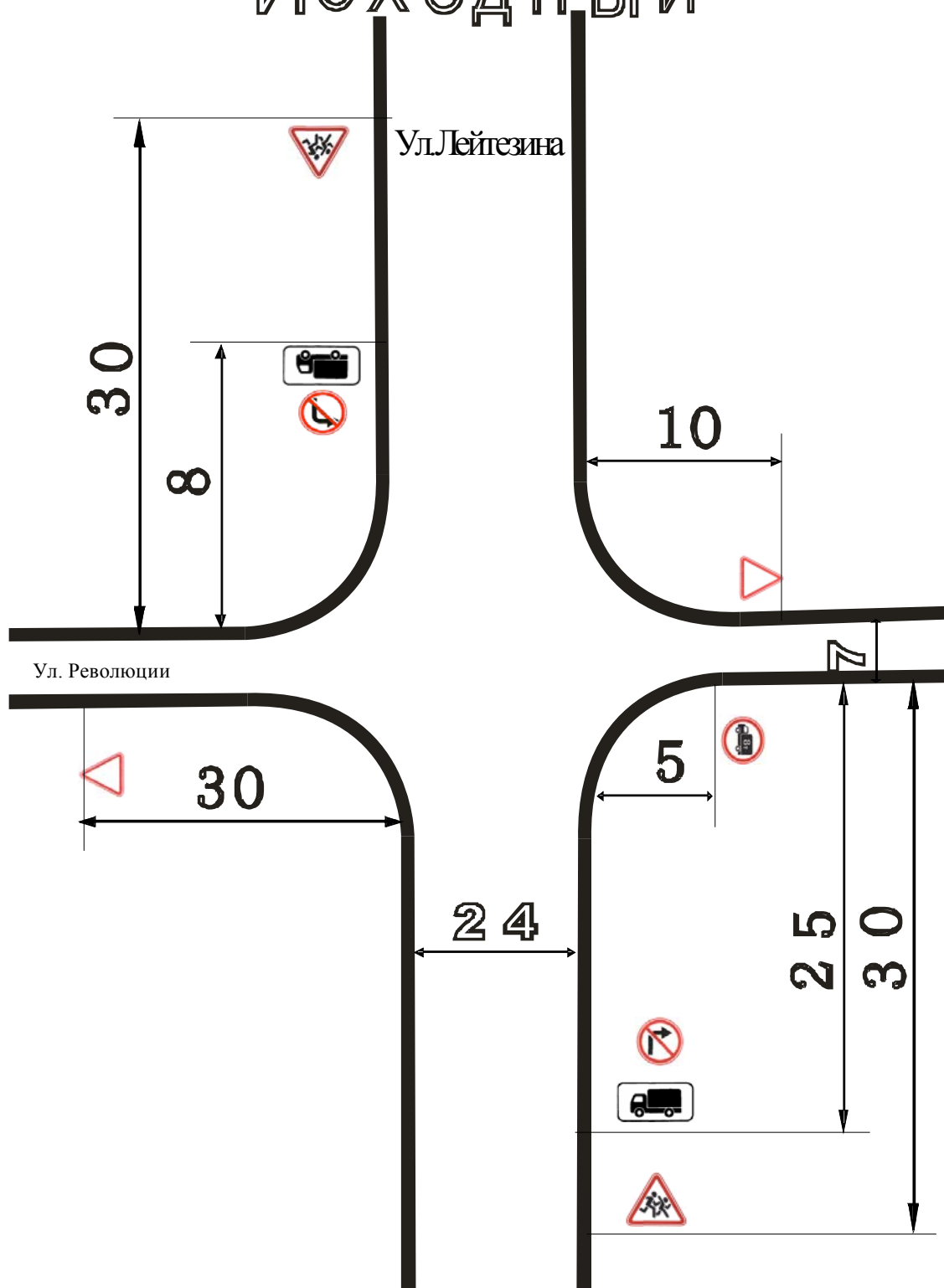
$$K_\alpha=1 \cdot 1,92=1,92;$$

$$\theta=1 \cdot 0,875 \cdot 0,75 \cdot 1,244=0,81;$$

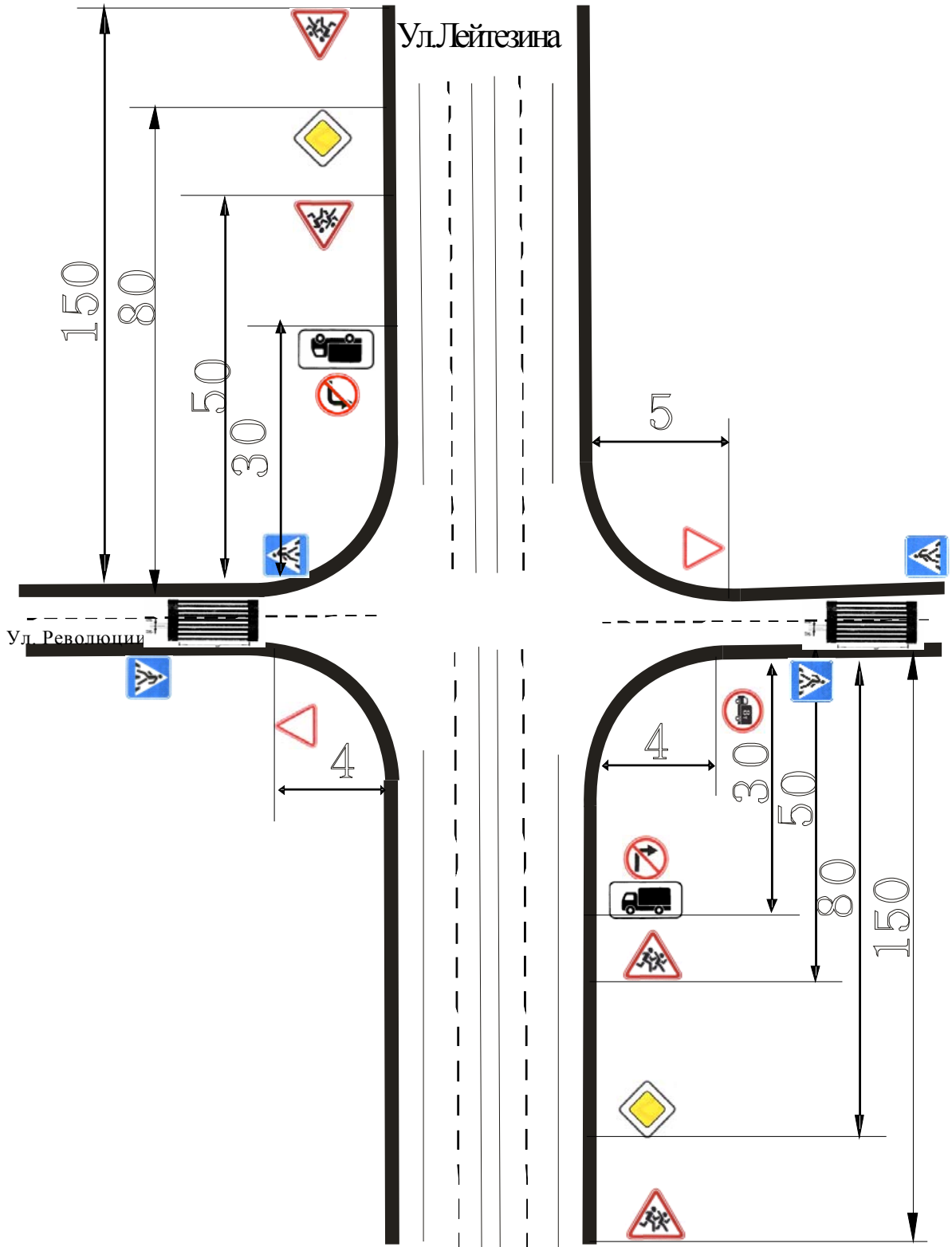
$$N=200+73+64+236+64+57=694 \text{ авт/ч};$$

$$V_n = 90 \cdot 0,81 - 0,0135 \cdot 1,92 \cdot 694 = 55,5 \text{ авт/ч}.$$

Исходный



ДОРАБОТАННЫЙ



ВАРИАНТЫ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАГРУЗКИ И СОСТАВА ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

№ вариант а	N1 и N2				N3 и N4				N5 N7 и				N6 и N8				N9 и N11				N и N12 10			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
0	60	30	10	0.60	40	35	25	0.68	80	15	5	0.60	75	15	10	0.80	65	25	10	0.75	40	50	10	0.90
1	63	30	7	0.70	70	15	15	0.73	40	50	10	0.71	68	18	14	0.80	35	55	10	0.65	71	18	11	0.75
2	45	40	15	0.66	80	20	0	0.70	79	16	5	0.67	0	40	60	0.70	25	70	5	0.76	15	55	30	0.83
3	80	5	15	0.60	62	18	20	0.65	55	40	5	0.74	50	20	30	0.90	50	25	25	0.82	29	41	30	0.65
4	72	28	0	0.70	45	40	15	0.70	60	25	15	0.73	0	55	45	0.66	100	10	0	0.73	82	8	10	0.63
5	67	23	10	0.65	50	25	25	0.65	45	35	20	0.62	43	35	22	0.75	80	15	5	0.60	30	30	40	0.74
6	55	35	10	0.75	76	14	10	0.75	62	20	18	0.65	40	40	20	0.60	30	60	10	0.65	30	35	35	0.65
7	89	11	0	0.69	74	16	10	0.86	65	25	10	0.78	50	25	25	0.75	60	15	25	0.78	27	50	23	0.86
8	53	32	15	0.60	37	45	18	0.60	90	10	0	0.77	41	39	20	0.70	47	40	13	0.75	25	49	35	0.80
9	75	20	5	0.65	49	32	19	0.65	25	40	35	0.83	70	23	7	0.65	50	30	20	0.70	80	15		0.70

В таблице приняты следующие обозначения:

1 - легковые автомобили (%); 2 - грузовые автомобили грузоподъемностью от 3 до 5 т (%); 3 - автобусы (%);
4 – коэффициент загрузки.

Коэффициенты приведения для легковых и грузовых автомобилей, а так же автобусов:

$$K_{л.а} = 1; K_{гр.а} = 1,7; K_{авт.} = 2,5$$

ВАРИАНТЫ ЗНАЧЕНИЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ И ПЕШЕХОДНЫХ ПОТОКОВ

№ Ва- риан- та	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₅	N ₆	N ₇	N ₈	N ₉	N ₁₀	N ₁₁	N ₁₂	N _{П1}	N _{П2}
0	570	530	500	550	50	120	75	80	70	95	100	70	700	950
1	680	715	560	450	90	75	70	145	110	145	110	120	600	1600
2	475	580	640	360	90	105	50	45	60	150	130	90	1150	550
3	765	500	585	635	105	135	55	105	45	85	45	116	950	1240
4	760	680	735	550	65	80	90	155	125	40	90	105	1000	600
5	700	510	600	420	75	135	75	110	80	100	80	95	850	1270
6	610	655	805	650	132	100	45	145	85	125	50	80	850	450
7	580	780	575	845	55	75	80	80	125	115	85	110	700	900
8	605	800	655	490	60	130	95	75	60	135	90	115	950	770
9	510	745	800	575	100	155	140	60	130	95	115	90	820	1000

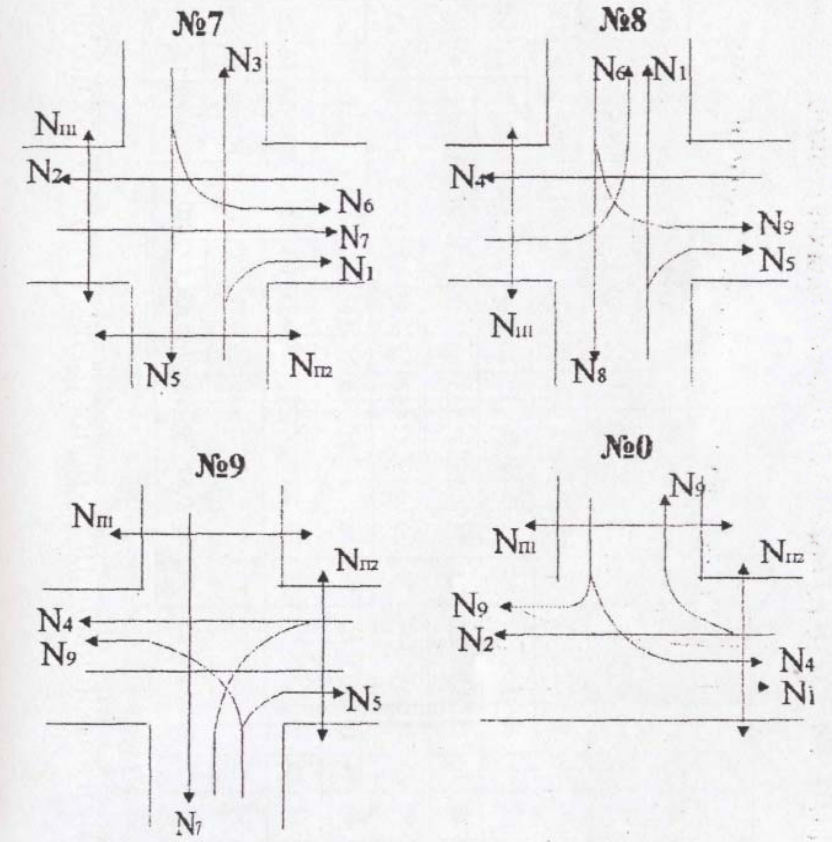
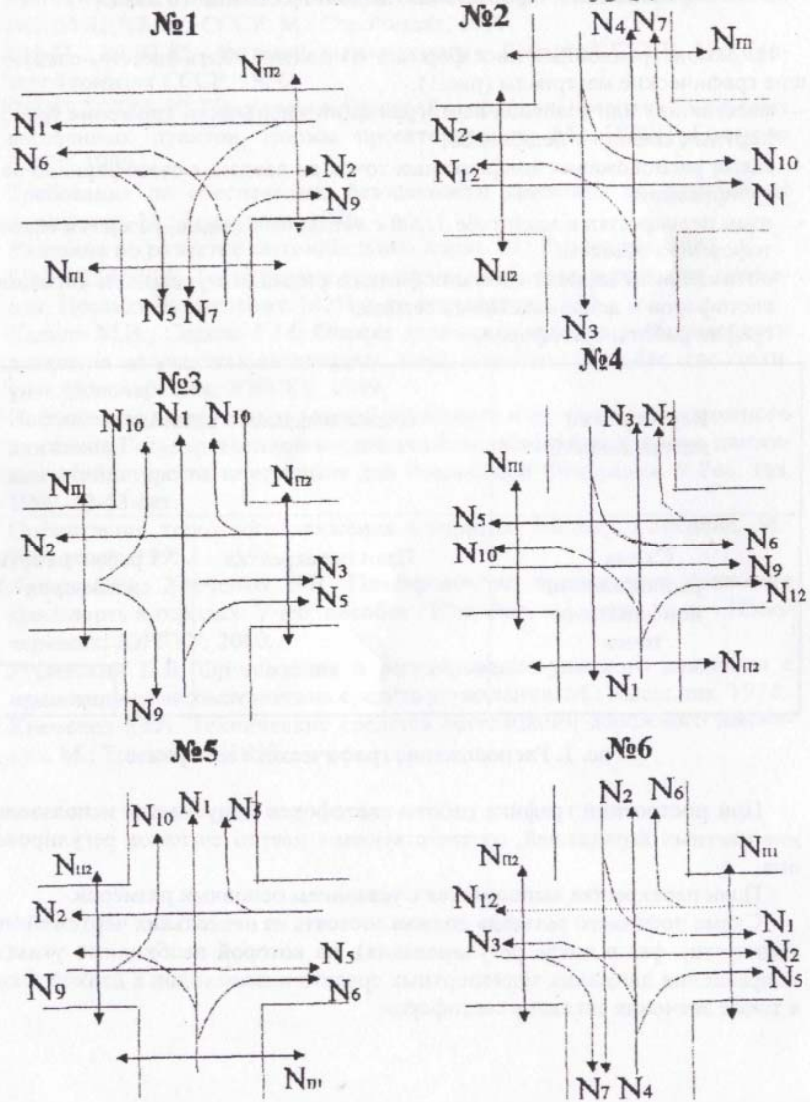
Интенсивность движения для утра, соответствует 110% от заданной.

Интенсивность движения для полудня, соответствует 90% от заданной.

Интенсивность движения для вечера, соответствует 115% от заданной.

ВАРИАНТЫ СХЕМ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ

Приложение 2



Номер варианта задан на выполнении курсового проекта определяется по трем последним цифрам четной классификации студента. Например: номер четной классификации 96050351, соответствующий номер варианта - 351.

По второй цифре - значение интенсивностей транспортных и пешеходных потоков (прил. 4) по первой цифре выбирается значение коэффициента загрузки и состав транспортных потоков по выделенным дорожкам (прил. 3).