

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к практическим занятиям по дисциплине
«Организация и безопасность дорожного движения на
автомобильных дорогах»
по направлению подготовки магистров 08.04.01 «Строительство»
по профилю «Проектирование, строительство и эксплуатация
автомобильных дорог».

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Организация и безопасность дорожного движения на автомобильных дорогах» предназначены для студентов по направлению подготовки магистров 08.04.01 «Строительство» по профилю «Проектирование, строительство и эксплуатация автомобильных дорог» и составлены в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта высшего образования и основной образовательной программы подготовки.

СОДЕРЖАНИЕ

Практическая работа 1. Описание экономической характеристики и природных условий района проектирования	4
Практическая работа 2. Установление технической категории до- роги и назначение расчетной скорости движения автомобилей.....	11
Практическая работа 3. Обоснование продольных уклонов дороги для смешанного транспортного потока.....	16
Практическая работа 4. Определение минимальных расстояний видимости.....	23
Практическая работа 5. Определение минимальных радиусов кривых в плане и продольном профиле.....	27
Литература	

Практическая работа 1

Описание экономической характеристики и природных условий района проектирования

Теоретическая часть

1. Экономическая характеристика

Экономическая характеристика района проложения трассы включает в себя: краткую характеристику развития народного хозяйства района тяготения; развитие транспорта и дорожной сети на рассматриваемой территории; обоснование роли проектируемого участка автомобильной дороги в общей работе сети дорог района.

Указанные сведения принимаются по энциклопедиям [9, 10].

2. Природные условия

Природные условия существенно влияют на выбор направления, дороги и конструкцию отдельных ее элементов. Природные условия определяют число, размеры и конструкцию дорожных сооружений, влияют на объемы дорожно-транспортных работ и общую стоимость дороги. К местным природным (геофизическим) условиям, оказывающим влияние на проектирование, строительство и эксплуатацию автомобильных дорог, относятся: климат, рельеф, растительность и почвы, инженерно-геологические, грунтовые, гидрологические и гидрогеологические условия. Все эти факторы находятся во взаимосвязи друг с другом, ослабляя или усиливая их действие.

Климатические условия особенно большое влияние климатические условия оказывают на условия эксплуатации дорог, а также на количество и режим поверхностных вод, высоту стояния подземных вод, количество, интенсивность и форму атмосферных осадков, водно-тепловой режим земляного полотна, продолжительность строительного сезона.

Климатические условия характеризуются амплитудой и быстротой колебания температуры, максимумами и минимумами температуры, осадками и испарением, направлением и скоростью ветров (рисунок 1.1), мощностью

снегового покрова, глубиной промерзания, числом дней в году с метелями, гололедом, оттепелями, туманами и т. д. Все перечисленные данные принимаются по климатическим справочникам, энциклопедиям и СНиПам [9 – 10]. По климатическим условиям территория РФ делится на пять дорожно-климатических зон (приложение А).

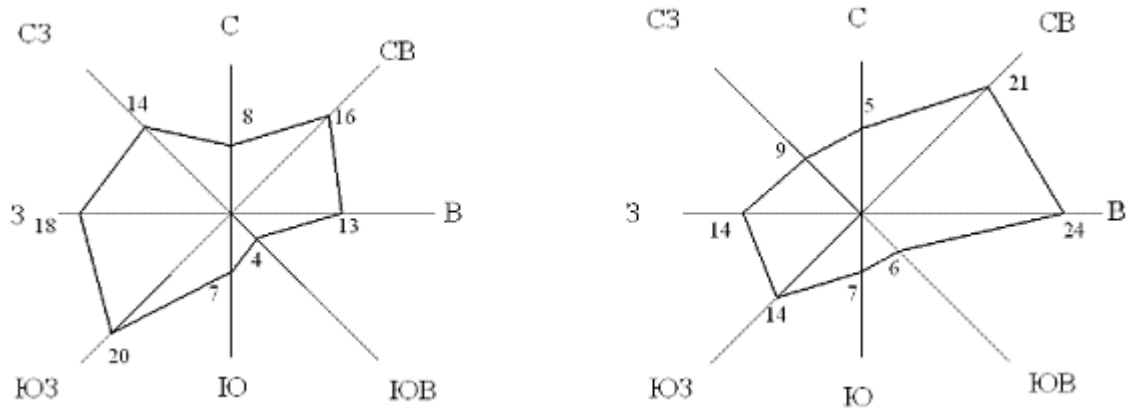


Рисунок 1.1 – Роза ветров: изменение динамики направления ветра в январе и в июле. Цифры на графике показывают долю ветреных дней, % общего числа ветреных дней за период

Для сопоставления климатических условий района проложения дороги в отдельные периоды года строят график климатических характеристик (рисунок 1.2), на котором отмечают годовое изменение температуры, количество выпадающих осадков, глубину промерзания и высоту снегового покрова и другие характеристики, которые могут оказаться полезными при конструировании элементов дороги и при организации строительства.

Рельеф местности определяет величину применяемых при выборе трассы продольных уклонов, обуславливает необходимость обхода возвышенных или пониженных мест, развитие линии по склону. От рельефа зависит количество воды, поступающей к трубам и малым мостам. От экспозиции выбранного для трассы склона зависит водно-тепловой режим земляного полотна. Особенности рельефа сказываются на выборе способов производства земляных работ и месторасположении вариантов трассы. В процессе эксплуатации дороги условия рельефа отражаются на стоимости автомобильных перевозок.

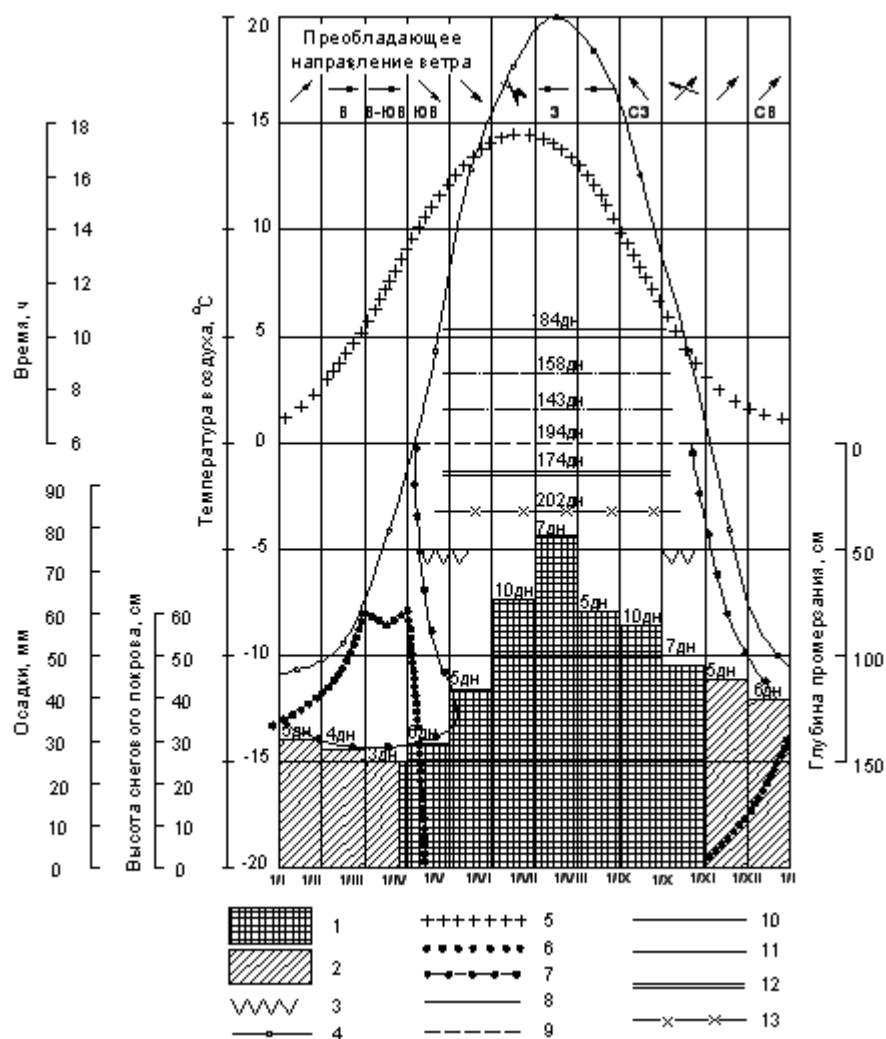


Рисунок 1.2 – График климатических характеристик района проложения дороги: 1 – осадки дождевые; 2 – осадки снеговые; 3 – периоды распутицы на грунтовых дорогах; 4 – температура; 5 продолжительность светового периода дня; 6 – высота снежного покрова; 7 – глубина промерзания; 8 – период производства земляных работ и устройства оснований; 9 – постройка малых мостов и труб; 10 – постройка асфальтобетонных покрытий; 11 – постройка облегченных усовершенствованных покрытий; 12 – постройка цементобетонных покрытий; 13 – разработка притрассовых карьеров;

Изучением и описанием форм земной поверхности занимается специальная наука – геоморфология.

Основные элементы рельефа можно классифицировать следующим образом:

– равнины – участки суши со слабо расчлененным рельефом, отличающиеся сравнительно малыми колебаниями относительных, высот отдель-

ных точек. При общей ровности поверхности, в отдельных местах возможны местные повышения или понижения (холмы, котловины, овраги и балки);

– холмы – возвышенности, не превышающие 200 м над уровнем их подошвы, плавно переходящие в равнину;

– горы – более высокие возвышенности, обладающие резко очерченной подошвой. Переходя одна в другую горные возвышенности вытянутой формы образуют горные хребты;

Применительно к проектированию дорог могут быть выделены пять категорий рельефа по сложности трассирования (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Классификация рельефа по сложности трассирования

Категория сложности	Наименование рельефа	Характеристика рельефа
1	Равнинный	Равнинный с широкими водоразделами, пологими склонами речных долин
2	Слабохолмистый	Местность с отдельными невысокими холмами и котловинами, пологими водоразделами, расчлененная редкими оврагами и балками
3	Сильно пересеченный	Сильно холмистая местность с пересеченным рельефом, узкими извилистыми водоразделами и большим числом лощин и оврагов. Предгорья и нижние части склонов гор. Места с густо расположенными сопками
4	Гористый	Склоны гор и предгорий с сильно расчлененным рельефом, узкими ущельями и долинами горных рек, большой крутизной склонов и русел водотоков
5	Горный	Чередующиеся хребты, извилистые горные ущелья с очень крутыми обрывистыми, сильно изрезанными горными склонами. Перевальные участки горных хребтов

Почвенно-грунтовые условия также учитываются при выборе направления трассы. Почва или растительный слой грунта оценивается с точки зрения использования его для укрепления откосов земляного полотна и восстановления (рекультивации) нарушенных в процессе строительства земель. Заболоченные и засоленные участки местности, участки с сыпучими песками обычно обходятся, если это не вызывает значительного удлинения трассы.

От вида грунта зависят величина возвышения бровки земляного полотна и глубина водоотводных канав. При проектировании конструкции дорож-

ной одежды учитывается модуль упругости грунта. От вида грунта зависят трудность его разработки в процессе строительства, условия пучинообразования и размыва водой откосов земляного полотна и водоотводных сооружений. Грунты являются материалом для постройки земляного полотна и влияют на установление формы и размеров земляного, полотна.

В таблице 1.2 приведены основные показатели этих грунтов по данным лабораторных проб и характеристики их теплопроводности, необходимые для расчета морозозащитных противопучинных слоев дорожной конструкции.

Таблица 1.2 – Основные показатели грунтов

Показатели	Пески мелко-зернистые пылеватые	Пески средне- и разно-зернистые	Глины мягко-пластичные	Суглинки легкие пылеватые
Плотность γ , т/м ³	1,50	1,60	1,68	1,55
Естественная влажность W , %	20	20	26,2	27,3
Угол внутреннего трения φ , град	27	32	17	19
Сцепление c , МПа	-	-	0,015	0,018
Коэффициент фильтрации K_f , м/сут	4,1-4,8	8,6-10,0	-	-
Температура льдообразования t_l , °C	0,6	0,4	1,6	0,8
Коэффициент теплопроводности мерзлого грунта λ , Вт/(м·°C)	2,76	3,16	2,79	2,20

Растительность. Отдельные виды растительности встречаются только при определенных сочетаниях местных условий, что используется при проектировании дорог, например при дешифрировании аэрофотоснимков.

Древесно-кустарниковая растительность, встречающаяся в районе проложения трассы, оценивается прежде всего с точки зрения пригодности для строительных целей, а также применения для снегозащитного и декоративного озеленения.

Инженерно-геологические условия района проложения трассы обуславливают геологическое строение местности, степень устойчивости горных пород в основании и вблизи земляного полотна, образование угрожающих полотну оползней, осыпей, обвалов, степень трудности разработки грунтов для постройки дороги, наличие или отсутствие местных дорожно-строительных

материалов (камня, песка, гравия), которым следует отдавать предпочтение перед привозными материалами.

Гидрологические и гидрогеологические условия характеризуются количеством выпадающих осадков, условиями стока и испарения воды, толщиной снегового покрова и интенсивностью весеннего таяния, глубиной залегания грунтовых вод и особенностями их режимов, режимов рек и ручьев.

Гидрологические условия (условия увлажнения поверхностными водами) определяют количество и величину водопропускных сооружений, систему и конструкцию водоотводных сооружений, влияют на форму и размеры земляного полотна.

Гидрогеологические условия (условия увлажнения грунтовыми водами) определяют количество и размеры дренажных сооружений.

Задание

По заданному району (таблица 1.3), выполнить:

1. Описание экономической характеристики района проложения дороги: промышленность, сельское хозяйство, транспорт, протяженность путей сообщения.

2. Описание природных условий района проложения дороги:

– климат: общие климатические параметры теплого и холодного времени года; среднесуточные температуры по месяцам; количество осадков; повторяемость и скорость ветра; высота снегового покрова; глубина промерзания; число дней с метелями и гололедом;

– рельеф: общее описание, высотные препятствия (возвышенности, овраги, котлованы и т.д.), категория сложности;

– почвенно-грунтовые условия: типы грунтов, наличие оползней, устойчивости склонов;

– инженерно-геологические условия: расположение и мощность грунтовых напластований; наличие полезных ископаемых; пригодность местных грунтов в строительстве и расположение карьеров;

– растительность: наличие лесов, парков и земель, занятых ценными угодьями (фруктовые сады, пашни, питомники); виды низкоросло и высокорослой растительности; озелененность площади территории; пригодность к использованию в качестве защитных насаждений;

– гидрологические и гидрогеологические условия: расположение подпора грунтовых вод, интенсивность испарения.

3. По справочным данным построить: розы ветров для самого холодного и самого теплого месяцев; график климатических характеристик района проложения дороги.

Таблица 1.3 – Варианты заданий:

1	Амурская обл.	11	Ставропольский край
2	Калининградская обл.	12	Челябинская обл.
3	Камчатская обл.	13	Хабаровский край
4	Мурманская обл.	14	Тамбовская обл.
5	Республика Коми	15	Тверская обл.
6	Ленинградская обл.	16	Республика Дагестан
7	Омская обл.	17	Республика Татарстан
8	Красноярский край	18	Московская обл.
9	Владимирская обл.	19	Архангельская обл.
10	Республика Бурятия	20	Республика Калмыкия

Вопросы к практической работе

1. Какие параметры характеризуют экономическую направленность района и развитость?
2. Какие параметры характеризуют климатические условия района проложения дороги?
3. В чем особенности дорожно-климатического районирования и классификации рельефа по сложности трассирования?
4. Что отображается на графике климатических характеристик?
5. Какие параметры характеризуют почвенно-геологические, гидрологические и гидрогеологические условия?

Литература [1, 9 – 10].

Практическая работа 2

Установление технической категории дороги и назначение расчетной скорости движения автомобилей

Теоретическая часть

Определение технической категории и соответствующей ей расчетной скорости является начальным этапом проектирования, от которого зависят все геометрические и эксплуатационные параметры дороги.

Величина интенсивности на проектируемой дороге, при отсутствии других данных, может быть определена по предполагаемым объемам перевозимых грузов и количеству пассажиров.

Общее потребное количество грузовых автомобилей (в т.ч. автопоездов) и пассажирских автомобилей (легковых и автобусов) $\sum N_j$ в прямом и обратном направлениях вычисляют по одной и той же формуле:

$$\sum N_j = \frac{Q_j}{D \cdot q_{\text{срj}} \cdot \gamma_j \cdot \beta_j}, \quad (2.1)$$

где D – число дней эксплуатации дороги за год, принимаемое равным 365;

$q_{\text{срj}}$ – средняя грузоподъемность (т) или пассажировместимость (пасс.) автомобилей (рассчитывается по формуле (2.2));

γ_j – коэффициент использования грузоподъемности или пассажировместимости грузовыми автомобилями или пассажирским транспортом соответственно;

β_j – коэффициент использования пробега автомобилями на участке автодороги;

Q_j – общий объем грузов или количество пассажиров, перевозимых грузовыми автомобилями разных видов и пассажирским транспортом на перспективу.

Значения средней грузоподъемности и пассажировместимости q_i определяют по формуле:

$$q_{\text{срj}} = \frac{\sum (q \cdot \ddot{A}_{ij})}{\ddot{A}_i}, \quad (2.2)$$

где $\ddot{A}_{ij}$ – доля участия автомобилей в перевозке грузов или пассажиров по видам и типам автомобилей;

q_i – грузоподъемность или пассажировместимость автомобиля.

Потребное количество грузовых автомобилей для перевозки грузов по грузоподъемности и пассажирских автомобилей, в том числе автобусов по пассажироместимости определяется по формуле:

$$N_j = \sum N_i \cdot \dot{A}_j, \quad (2.3)$$

где $\dot{A}_i$ – доля участия данного вида i грузовых автомобилей (по грузоподъемности, пассажироместимости).

Суммарное количество автомобилей:

$$N_{груз} + N_{авт} + N_{лег} = N_{сум}. \quad (2.4)$$

Порядок выполнения работы

1. Вычисляется средняя грузоподъемность грузовых автомобилей с учетом процентного состава потока (по заданию), по формуле 2.2.
2. Вычисляется общее потребное количество автомобилей для перевозки заданных объемов грузов и количества пассажиров в прямом и обратном направлении по формуле 2.1.
3. По формуле 2.3 вычисляется количество автомобилей каждого типа (по грузоподъемности и пассажироместимости).
4. С учетом значений коэффициентов приведения по таблице 2.1 определяется приведенное количество автомобилей каждой группы (по грузоподъемности и пассажироместимости).

Таблица 2.1 – Коэффициенты приведения по СНиП 2.05.02-85

Типы транспортных средств	Коэффициент приведения
Легковые автомобили	1
Мотоциклы с коляской	0,75
Мотоциклы и мопеды	0,5
Грузовые автомобили грузоподъемностью, т:	
2	1,5
6	2
8	2,5
14	3
св. 14	3,5
Автопоезда грузоподъемностью, т:	
12	3,5
20	4
30	5
св. 30	6

Примечания: 1. При промежуточных значениях грузоподъемности транспортных средств коэффициенты приведения следует определять интерполяцией. 2. Коэффициенты приведения для автобусов и специальных автомобилей следует принимать как для базовых автомобилей соответствующей грузоподъемности. 3. Коэффициенты приведения для грузовых автомобилей и автопоездов следует увеличивать в 1,2 раза при пересеченной и горной местности. 5. Вычисляется суммарное количество автомобилей в транспортных единицах и приведенных единицах. 6. По полученным данным по таблицам 3, 4 определяется категория дороги и расчетная скорость движения.

Таблица 2.2 – Категория автомобильной дороги по СНиП 2.05.02-85

Категория дороги	Расчетная интенсивность движения, авт/сут		Народнохозяйственное и административное значение автомобильных дорог
	приведенная к легковому автомобилю	в транспортных единицах	
I-a	Св. 14000	Св. 7000	Магистральные автомобильные дороги общегосударственного значения (в том числе для международного сообщения)
I-б II	Св. 14000 Св. 6000 до 14000	Св. 7000 Св. 3000 до 7000	Автомобильные дороги общегосударственного (не отнесенные к I-a категории), республиканского, областного (краевого) значения
III	Св. 2000 до 6000	Св. 1000 до 3000	Автомобильные дороги общегосударственного, областного (краевого) значения (не отнесенные к I-б, II категориям), дороги местного значения
IV	Св. 200 до 2000	Св. 100 до 1000	Автомобильные дороги республиканского, областного (краевого) и местного значения (не отнесенные к I-б, II и III категориям)
V	До 200	До 100	Автомобильные дороги местного значения (кроме отнесенных к III и IV категориям)

Таблица 2.3 – Расчетные скорости по СНиП 2.05.02-85

Категория дороги	Расчетные скорости, км/ч		
	основные	допускаемые на трудных участках местности	
		пересеченной	горной
I-a	150	120	80
I-б	120	100	60
II	120	100	60
III	100	80	50
IV	80	60	40
V	60	40	30

Оформление результатов работы

Результаты работы представляются в виде таблицы 2.4

Таблица 2.4 - Результаты работы

Наименование	Величина показателя	
Интенсивность движения транспортных средств по типам	Суммарная интенсивность движения в фактических единицах	Суммарная интенсивность движения в приведенных единицах
Грузовые автомобили		
2 т		
6 т		
8 т		
10 т		
12 т		
Легковые		
Автобусы		
42 пасс		
60 пасс		
Всего		
Категория автомобильной дороги		
Народнохозяйственное и административное значение автомобильной дороги		
Расчетная скорость движения		
основная		
пересеченная местность		
горная местность		

Таблица 2.5 – Варианты заданий

№ вар	Q, тыс. тонн		Q, тыс. пасс		γ_j	γ_j	β_j	Состав потока							
	прямо	обратно	прямо	грузовых	грузовых	пассажир		легковые	грузовые					автобусы	
								5 пасс	2 т	6 т	8 т	10 т	12 т	42 пасс	60 пасс
1	253	289	450	500	0,73	0,57	0,44	0,65	0,06	0,02	0,04	0,06	0,02	0,08	0,07
2	836	1002	400	490	0,78	0,45	0,85	0,6	0,01	0,12	0,08	0,08	0,01	0,08	0,02
3	589	656	1000	420	0,9	0,85	0,9	0,7	0,05	0,05	0,07	0,05	0,03	0,03	0,02
4	1400	1222	286	300	0,83	0,68	0,95	0,5	0,1	0,05	0,03	0,2	0,02	0,07	0,03
5	733	621	788	500	0,9	0,95	0,66	0,5	0,09	0,03	0,04	0,02	0,02	0,12	0,18
6	345	286	500	300	0,67	0,58	0,63	0,54	0,08	0,11	0,04	0,01	0,02	0,12	0,08
7	485	236	700	500	0,88	0,68	0,6	0,75	0,04	0,03	0,03	0,07	0,02	0,04	0,02
8	894	673	902	738	0,55	0,55	0,55	0,5	0,04	0,15	0,08	0,07	0,01	0,1	0,05
9	1525	916	256	400	0,89	0,79	0,69	0,45	0,1	0,09	0,1	0,01	0,1	0,05	0,1
10	464	565	545	700	0,56	0,65	0,56	0,56	0,1	0,1	0,02	0,02	0,02	0,09	0,09

Задание

По заданным объемам грузов, количеству пассажиров перевозимым по участку реконструируемой автодороги и эксплуатационным коэффициентам подвижного состава, определить:

1. По данным таблицы 2.5 – суммарную интенсивность движения в фактических (ед/сут) и приведенных единицах (авт/сут);
2. По СНиП 2.05.05-85 назначить соответствующую интенсивности техническую категорию дороги и расчетную скорость движения для основных и сложных условий рельефа.

Вопросы к практической работе

1. Какие основные показатели определяют эффективность использования автомобиля?
2. В чем суть коэффициентов приведения?
3. Охарактеризуйте расчетную скорость как интегральную характеристику?

Литература [1 – 6, 10].

Практическая работа 3

Обоснование продольных уклонов дороги для смешанного транспортного потока

Теоретическая часть

1. Расчет максимального продольного уклона

Динамический фактор, выражающий удельную силу тяги автомобиля, которая может расходоваться на преодоление дорожных сопротивлений при равномерном движении определяется по следующей формуле:

$$D = f \pm i, \quad (3.1)$$

где f – коэффициент сопротивления качению;

i – продольный уклон дороги.

Динамический фактор при определении продольного уклона находят по графикам динамических характеристик (рисунок 3.1 – 3.3).

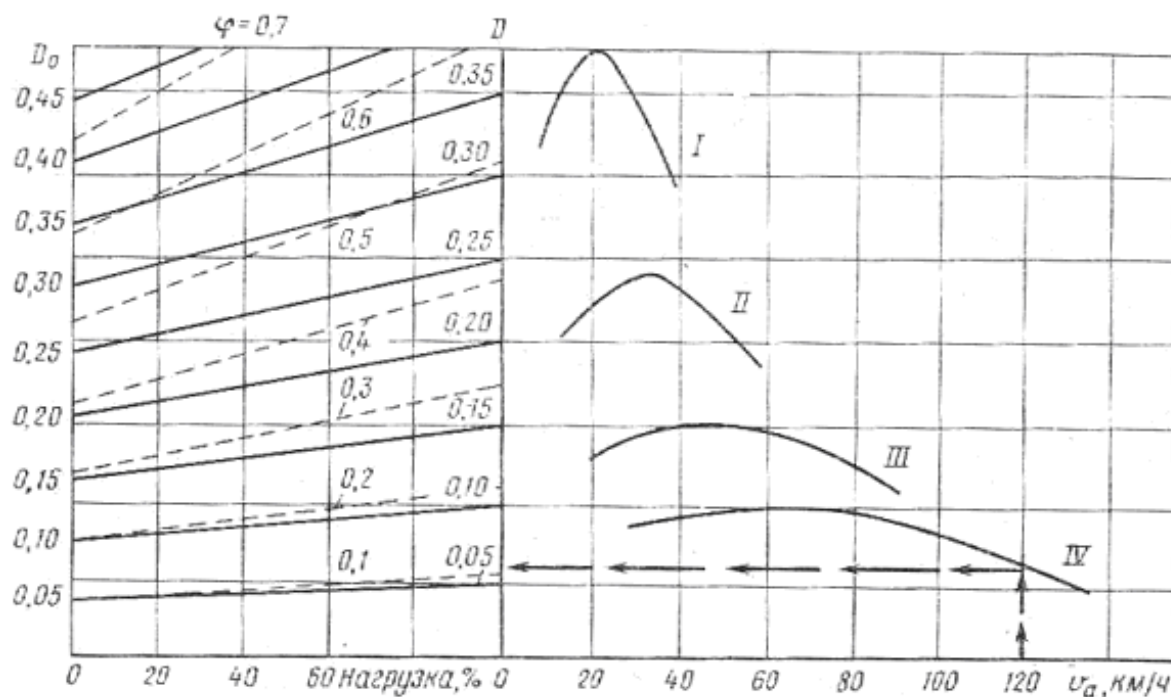


Рисунок 3.1 – Динамические характеристики легковых автомобилей

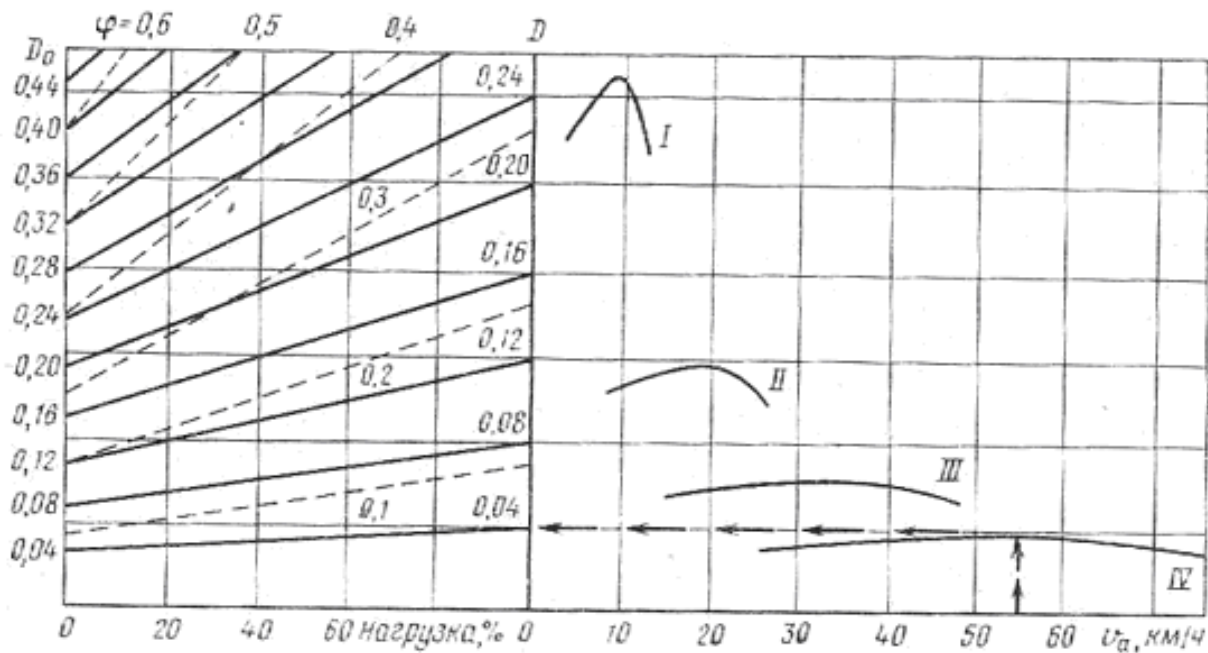


Рисунок 3.2 – Динамические характеристики грузовых автомобилей

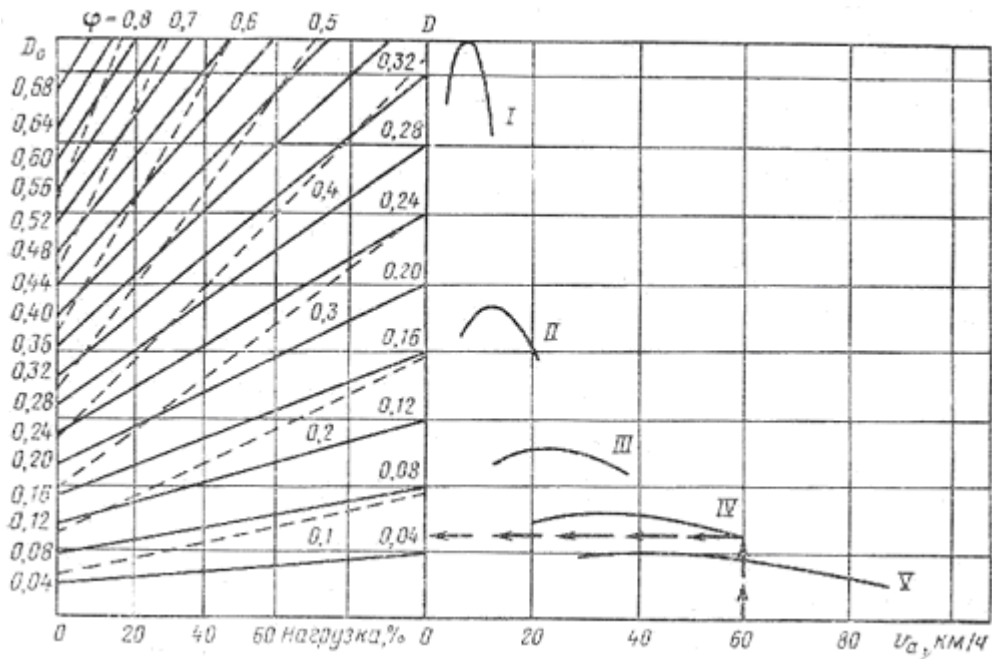


Рисунок 3.3 – Динамические характеристики автобусов

Коэффициент сопротивления качению для усовершенствованных видов покрытий при скоростях движения до 50 км/ч практически не меняется и может быть принят постоянным (при ровном состоянии покрытий), равным 0,007-0,012, а при скоростях свыше 50 км/ч необходимо ввести исправленное значение, применяя эмпирическую формулу:

$$f_v = f_0 [1 + 0,01(V - 50)], \quad (3.2)$$

где V – скорость движения автомобиля (таблица 3.1);

f_0 – коэффициент сопротивления качению при скоростях до 50 км/ч, принимается для дорог I и II категории 0,01-0,02, III и IV категории – 0,015-0,025.

Таблица 3.1 – Расчетные скорости движения автомобилей

Категория дороги		I	II	III	IV	V
Автомобили	Легковые	150	120	100	80	60
	Грузовые	75	60	50	40	30
	Автобусы	75	60	50	40	30

По расчетной скорости и динамическим характеристикам находят значения динамических факторов и вычисляют наибольшие продольные уклоны для автомобилей каждого типа по формуле:

$$i_{\max} = D - f. \quad (3.3)$$

Результаты расчетов сводятся в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты расчетов

Тип автомо- биля	D	V , км/ч	f_v	$i_{\max}$, %	Скорость дви- жения при уклоне 30 ‰
Легковые					
Грузовые					
Автобусы					

2. Определение скоростей движения автомобилей для рекомендуемого продольного уклона

Согласно СНиП 2.05.02-85 везде, где это, возможно, следует назначать максимальные продольные уклоны не более 30 ‰.

Исходя из этого условия, для уточнения скоростей движения автомобилей необходимо решить обратную задачу – вычислить динамический фактор – $D = f_v + 0,03$, и определить скорость движения по графикам динамических характеристик (рисунок 3.1 – 3.3).

Результаты расчетов сводятся в таблицу 3.2.

3. Определение максимального продольного уклона по условиям сцепления

Возможность движения автомобилей на подъемах без пробуксовывания, будет обеспечена, если принятые при расчете продольного уклона 30 ‰ динамические факторы не будут превышать значений динамических факторов, вычисленных по условиям сцепления $D_{сц}$, которые определяются удельной силой сцепления $F_{сц}$, возникающей в площади контакта ведущих колес автомобиля с покрытием. Так как $F_{\ddot{n}\ddot{o}} = \varphi \cdot G_{\ddot{n}\ddot{o}}$, то:

$$D_{\ddot{n}\ddot{o}} = \varphi \frac{G_{\ddot{n}\ddot{o}}}{G} - \frac{P_{\hat{a}}}{G}, \quad (3.4)$$

где φ – коэффициент продольного сцепления автомобильной шины с поверхностью дорожного покрытия;

$G_{сц}$ – часть веса, приходящаяся на ведущую ось автомобиля (цепной вес), Н (в данной работе может быть принят как 0,65% от средней грузоподъемности для грузовых автомобилей, 7,5 кН для легковых; 25 кН для автобусов);

G – полный вес автомобиля, Н (в данной работе может быть принят равен средней грузоподъемности для грузовых автомобилей, 14,0 кН для легковых; 45 кН для автобусов).

При расчетах динамических факторов по сцеплению обычно принимают неблагоприятное для движения мокрое и грязное состояние покрытия, при котором коэффициент сцепления равен 0,18 – 0,20.

Сила сопротивления воздуха:

$$P_a = \frac{K \cdot F \cdot V^2}{13}, \quad (3.5)$$

где F – лобовая площадь автомобиля;

K – коэффициент обтекаемости автомобиля, кг/м³.

Таблица 3.3 – Коэффициенты обтекаемости автомобилей

Типы автомобилей	F , м ²	K , кг/м ³
Легковые	1,6 – 2,6	0,15 – 0,34
Автобусы	3,5 – 7,0	0,42 – 0,5
Грузовые	3,0 – 5,3	0,55 – 0,6

Продольный уклон для движения без пробуксовывания равен:

$$i_{max}^{\ddot{n}\ddot{o}} = D_{\ddot{n}\ddot{o}} - f_v, \quad (3.6)$$

Результаты расчетов сводятся в таблицу 3.4

Таблица 3.4 – Результаты расчетов

Тип автомобиля	$\frac{G_{\ddot{n}\ddot{o}}}{G}$	P_e , Н	$\frac{P_a}{G}$	$D_{сц}$, %	$i_{max}^{\ddot{n}\ddot{o}}$, ‰
Легковые					
Грузовые					
Автобусы					

Полученные значения необходимо сравнить с принятыми продольными уклонами для движения на подъем и исходя из анализа, окончательно назначить расчетный продольный уклон.

4. Определение возможности трогания автопоезда с места на подъем

При *трогании с места автопоезда* должны быть соблюдены два условия:

а) сила тяги на ведущих колесах автомобиля тягача должна быть больше суммы сил сопротивлений движению или равна ей:

$$G_{\bar{I}} \leq \frac{P_{max}}{0,107} - G_a. \quad (3.7)$$

б) сила тяги не должна превышать силу сцепления колес с поверхностью дороги, т.е.:

$$G_{\bar{I}} \leq \frac{\varphi \cdot G_{\bar{n}\bar{o}}}{0,107} - G_a, \quad (3.8)$$

где $G_{\bar{I}}$ и G_a – соответственно вес брутто прицепа и автомобиля-тягача.

А) Проверка первого условия заключается в вычислении силы тяги при движении автомобиля на I передаче, т. е.:

$$P_{amax} = D(G_a + G_{\bar{I}}). \quad (3.9)$$

Динамический фактор для первой передачи определяется по динамической характеристике для автомобилей тягачей (рисунок 3.4).

Подставляя полученное значение P_{amax} в формулу (3.7) проверяем условие возможности трогания.

Б) Для проверки второго условия задаемся различными значениями φ и определяем состояние покрытия, при котором возможно трогание с места автопоезда без пробуксовывания, учитывая величину G_{cy} , кН, по формуле (3.8):

$$\varphi=0,1;$$

$$\varphi=0,2;$$

и так далее пока не выполнится условие (3.8).

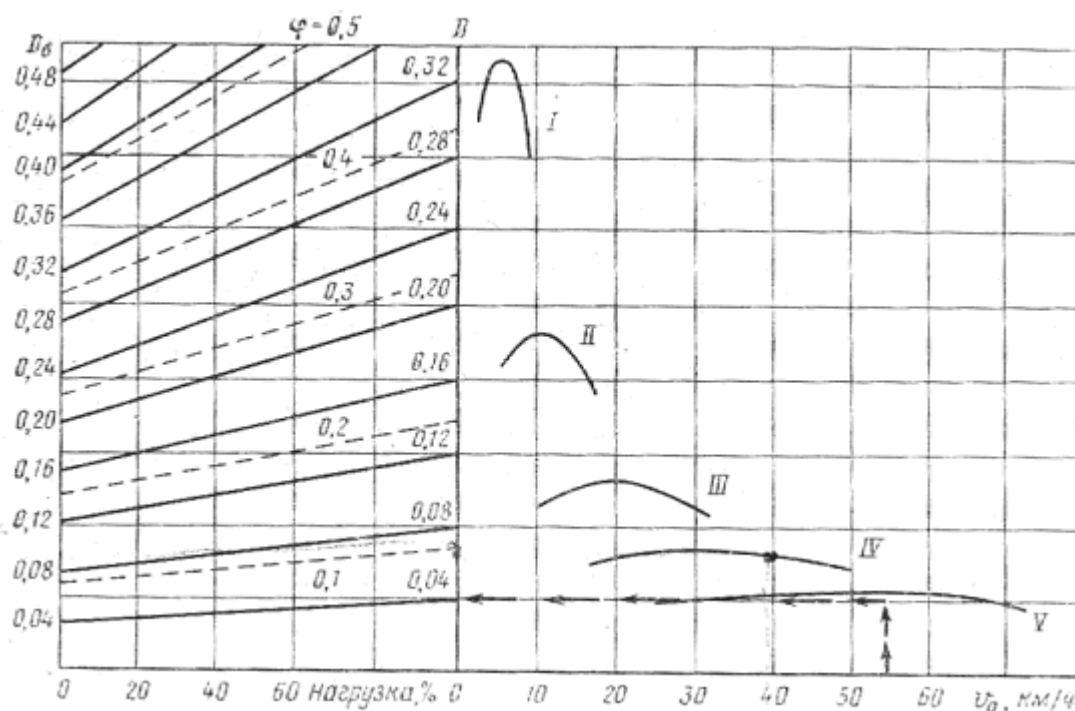


Рисунок 3.4 – Динамические характеристики автомобилей тягачей

Задание

В соответствии с интенсивностью движения и составом транспортного потока определенными в практической работе 2, установить:

- 1) максимальный продольный уклон графоаналитическим методом;
- 2) скорости движения автомобилей для рекомендуемого в СНиП 2.05.02-85 продольного уклона;
- 3) максимальный продольный уклон по условиям сцепления;
- 4) возможность трогания автопоезда с места на подъем.

Таблица 3.5 – Варианты заданий к пункту 4

№ варианта	G_a , кН	G_{II} , кН	$G_{сц}$, кН
1	138,61	113,46	93,46
2	129,86	100,29	80,29
3	137,77	103,91	83,91
4	129,71	105,17	85,17
5	136,39	100,48	80,48
6	128,11	109,57	89,57
7	142,10	102,07	82,07
8	141,50	103,00	83,00
9	140,14	110,07	90,07
10	129,61	106,53	86,53

Вопросы к практической работе

1. Каков физический смысл понятия – динамический фактор?
2. Как изменяется коэффициент сопротивления качению с ростом скорости?
3. От чего зависит сила сопротивления воздуха?

Литература [1 – 6, 9 – 10].

Практическая работа 4

Определение минимальных расстояний видимости

Теоретическая часть

При проектировании отдельных элементов дорог должно обеспечиваться минимально необходимое расстояние прямой видимости – расстояние перед автомобилем, на котором водитель должен видеть перед собой дорогу, чтобы заметив препятствие, осознать его опасность и успеть его объехать или затормозить и остановиться.

В настоящее время в теории проектирования автомобильных дорог приняты три схемы видимости.

1 Остановка автомобиля перед препятствием. Водитель видит замечает препятствие на своей полосе движения и должен остановиться не доезжая до него на расстояние безопасности l_0 :

$$S_i = \frac{V}{3,6} + \frac{\hat{E}_y \cdot V^2}{254 \cdot (\varphi - i)} + l_0, \quad (4.1)$$

где K_Σ – коэффициент, учитывающий эффективности торможения, для легковых 1,2, для грузовых и автобусов – 1,4;

φ – коэффициент продольного сцепления колеса автомобиля с дорогой в продольном направлении, (для нормального состояния асфальтобетонных покрытий $\varphi = 0,5$, для увлажненных черных покрытий $\varphi = 0,3 - 0,4$, для шероховатых щебеночных и гравийных покрытий $\varphi = 0,6 - 0,7$);

i – продольный уклон дороги. В расчетах может быть принят равным $i = 0,00 \%$. Для конкретного участка, расположенного на уклоне, принимается со знаком «минус».

l_0 – зазор безопасности, принимаемый равным 5 – 10 м.

2 Остановка двух однотипных автомобилей двигающихся навстречу друг другу. Автомобиль встречает другой автомобиль на той же полосе движения, и оба должны затормозить, не доезжая друг до друга на расстояние l_0 :

$$S_a = \frac{V}{1,8} + \frac{\hat{E}_{\dot{y}} \cdot V^2}{127 \cdot (\varphi - i)} + l_0. \quad (4.2)$$

3 Обгон легковым автомобилем грузового автомобиля при наличии встречного движения, ведется исходя из предположения, что легковой автомобиль, двигающийся с постоянной скоростью V_l , км/ч (равной расчетной V_p для данной категории) обгоняет грузовой автомобиль, двигающийся со скоростью V_e , км/ч, с выездом на полосу встречного движения. Скорость движения встречного автомобиля принимается равной крейсерской скорости и определяется как $V_e = (0,7 \div 0,75) \cdot V_p$. Величины скоростей принимаются по таблице 3.1 (практическая работа 3).

Маневр обгона можно рассмотреть в виде трех фаз.

1-я фаза. Обгон начинается, когда легковой автомобиль приближается к грузовому на расстояние, равное разности тормозных путей и пути l_1 , которое пройдет легковой автомобиль за время принятия решения об обгоне. В этом случае расстояние между легковым и грузовым автомобилями в момент начала заезда на полосу встречного движения:

$$l_2 = l_1 + \frac{K_{\dot{y}} \cdot (V_e^2 - V_a^2)}{254(\varphi - i)} = \frac{V_e}{1,8} + \frac{\hat{E}_{\dot{y}} \cdot (V_e^2 - V_a^2)}{254 \cdot (\varphi - i)}. \quad (4.3)$$

2-я фаза. Легковой автомобиль нагонит грузовой автомобиль и поравняется с ним, пройдя путь L_1 со скоростью V_l и затратит на это время

$$t_1 = \frac{L_1}{V_e}.$$

За это же время грузовой автомобиль пройдет путь $L_1 - (l_2 + l_a)$ со скоростью V_2 , где l_a – длина грузового автомобиля (5 м). Учитывая равенство времени движения, после преобразований получаем:

$$L_1 = \frac{V_{\ddot{e}}}{V_{\ddot{e}} - V_{\ddot{a}}}(l_2 + l_a). \quad (4.4)$$

3-я фаза. Легковой автомобиль должен возвратиться на свою полосу движения, на таком расстоянии перед грузовым автомобилем, чтобы он мог затормозить до полной остановки и при этом осталось некоторое расстояние безопасности ($l_0=5$ м):

$$l_3 = \frac{K_{\ddot{y}} \cdot V_{\ddot{a}}^2}{254(\varphi - i)} + l_0. \quad (4.5)$$

Учитывая равенство времени, необходимого легковому автомобилю для возвращения на свою полосу движения, и времени, за которое пройдет грузовой автомобиль путь по своей полосе (как для фазы 2):

$$L_2 = \frac{V_{\ddot{e}}}{V_{\ddot{e}} - V_{\ddot{a}}}(l_3 + l_a). \quad (4.6)$$

Также необходимо учесть, что легковой автомобиль должен завершить обгон и возвратиться на свою полосу движения до момента встречи со встречным автомобилем, который за период обгона проходит путь:

$$L_3 = \frac{(L_1 - L_2)V_{\ddot{a}}}{V_{\ddot{e}}}. \quad (4.7)$$

Полное расстояние видимости из условия обгона, составляет:

$$S_{i\ddot{a}} = L_1 + L_2 + L_3. \quad (4.8)$$

4. Минимальное необходимое расстояние боковой видимости:

$$S_{\ddot{a}i\ddot{e}} = \frac{V_{\ddot{i}}}{V_1} S_{\ddot{a}i\ddot{d}}, \quad (4.9)$$

где V_n – скорость движения пешехода или транспортного средства по пересекающей дороги, км/ч, для пешехода – 7 – 10 км/ч, для транспортного средства – 20 – 30 км/ч.

Расстояния боковой видимости на пересечении дорог сравнивают с расчетными, которые определяют с учетом скоростей движения на пересека-

ющихся дорогах, продолжительности ориентирования водителя и времени его реакции:

$$L_i = V(t_{i\delta} + t_{\delta}) + \frac{K_y V^2}{254(\varphi \pm i)} + \Delta, \quad (4.10)$$

где V – скорость движения;

t_{op} – продолжительность ориентирования водителя, с;

t_p – время реакции водителя, равное 1,5 с;

K_3 – характеристика эксплуатационного состояния тормозной системы автомобиля (принимается не менее 1,4);

φ – коэффициент продольного сцепления;

i – продольный уклон (при спуске – с минусом);

Δ – расстояние от остановившегося автомобиля до кромки проезжей части пересекаемой дороги: $\Delta = 5$ м.

Продолжительность ориентирования рассчитывают с учетом местных условий движения:

$$t_{op} = t_o(1 + K_1 + K_2 + K_3), \quad (4.11)$$

где t_o – наименьшая продолжительность ориентирования в оптимальных условиях (для автомобильных дорог $t_o = 1,4$ с, для населенных пунктов 1,8 с);

K_1 – коэффициент, учитывающий наличие стоящих на обочинах пересекаемой дороги автомобилей (если остановка или стоянка автомобилей в пределах пересечений разрешена, то $K_1=0,32$; при запрещении остановки $K_1=0$);

K_2 – коэффициент, учитывающий плотность движения на пересекаемой дороге:

Интенсивность по пересекаемой дороге, авт./ч	до 50	75	200	500
K_2	0,15	0,22	0,35	0,53

K_3 – коэффициент, учитывающий интенсивность движения на дороге, с которой определяется расстояние боковой видимости:

Интенсивность движения, авт./ч	до 30	50	100	300
K_3	0	0,12	0,20	0,22

Результаты расчетов представить в виде таблицы 4.1

Таблица 4.1 – Расчетные и нормативные данные

Технические нормативы	По расчету	По СНиП 2.05.02-85	Принято для проектирования
Расчетная скорость, км/ч			
Расстояние видимости, м:			
поверхности дороги			
встречного автомобиля			
видимости из условия обгона			
боковой видимости автомобиля			
боковой видимости пешехода			

Задание

По результатам практической работы 1 (техническая категория и расчетная скорость) рассчитать минимально необходимые расстояние видимости из условий:

- видимости поверхности дороги;
- видимости встречного автомобиля;
- видимости из условия обгона;
- боковой видимости (для пересечений и переходов): автомобиля и пешехода.

Проверить вычисленные расстояния видимости на соответствие СНиП 2.05.02-85.

Вопросы к практической работе

1. Как изменяется расчетная формула остановочного пути из условия видимости встречного автомобиля?
2. В каких случаях необходимо обоснование элементов автомобильных дорог?
3. Насколько измениться расстояние видимости из условия обгона, если скорость движения встречного автомобиля принять равной расчетной для легковых автомобилей?

Литература [1 – 6, 10].

Практическая работа 5

Определение минимальных радиусов кривых в плане и продольном профиле

Теоретическая часть

Для обеспечения безопасного, удобного и экономичного движения с расчетными скоростями следует назначать соответствующие величины радиусов кривых в плане и продольном профиле исходя из определенных значений коэффициента поперечной силы μ , расстояний видимости, перегрузки рессор и т. п.

1. Радиусы кривых в плане

Радиус кривой в плане, обеспечивающий безопасное движение по кривой с расчетной скоростью без дополнительных мероприятий (виражей, переходных кривых, уширений проезжей части), определяется по условию устойчивости автомобиля при боковом скольжении:

$$R = \frac{V^2}{127 \cdot (\mu - i_n)}, \quad (5.1)$$

где V – расчетная скорость движения автомобиля (основная), км/ч;

μ – коэффициент поперечной силы;

i_n – поперечный уклон проезжей части при двускатном профиле, назначаемый в зависимости от конструкции покрытия (для III климатической зоны следует принимать 20 ‰, для дорог I – V категорий).

Значение коэффициента поперечной силы μ должно удовлетворять одновременно условиям устойчивости автомобиля против опрокидывания, устойчивости против заноса, удобства пассажиров при проезде по кривой и экономичности работы автомобиля.

Рекомендуется для определения радиуса, не требующего переходных кривых и виража, принимать для дорог I и II категорий $\mu=0,05$ и для дорог III категории (и ниже) – $\mu=0,1$.

При определении наименьшего радиуса, применяемого на трудных участках, в зависимости о сложности вписывания кривой может быть допу-

щена величина $\mu=0,15-0,20$. При сравнительно простых условиях проектирования следует принимать $\mu=0,10$, особенно для дорог высокой категории.

Радиус кривой с устройством виража.

Вирази устраиваются на дорогах I категории при радиусах менее 3000 м, на дорогах остальных категорий – при радиусах менее 2000 м.

Наименьший радиус кривых в плане, который может быть применен на особо сложных участках, определяется по формуле:

$$R_{min} = \frac{V_1^2}{127(\mu + i_a)}, \quad (5.2)$$

где V_1 – расчетная скорость для трудных участков пересеченной местности, км/ч;

i_a – уклон проезжей части на вираже в долях единицы.

Поперечные уклоны проезжей части на виражах следует назначать в зависимости от радиусов кривых в плане по табл. 8. СНиП 2.05.02 – 85 (таблица 5.1)

Таблица 5.1 – Значения поперечных уклонов проезжей части на виражах в зависимости от радиуса кривой в плане

Радиусы кривых в плане, м	Поперечный уклон проезжей части на виражах, ‰ на дорогах I-V категорий
От 3000 до 1000 для дорог I категории	20-30
От 2000 до 1000 для дорог II-V категорий	20-30
От 1000 до 800	30-40
От 800 до 700	30-40
От 700 до 650	40-50
От 650 до 600	50-60
От 600 до 500	60
От 500 до 450	60
От 450 до 400	60
От 400 и менее	60

Примечание: Меньше значения поперечных уклонов на виражах соответствуют большим радиусам кривых, а больше – меньшим.

Длину отгона виража определяется в зависимости от ширины проезжей части b , поперечного уклона виража i_a и дополнительного уклона i_3 , возникающего при подъеме наружной кромки проезжей части над проектным уклоном при отгоне виража ($i_3=10\text{ ‰}$):

$$L_{i \partial \bar{a}} = \frac{b \cdot i_{\bar{a}}}{i_3}, \quad (5.3)$$

Значения радиуса кривой в плане из условия обеспечения *видимости в ночное время* с учетом расчетного расстояния видимости:

$$R \cong \frac{30 \cdot S_i}{\alpha}, \quad (5.4)$$

где S_n – расстояние видимости поверхности дороги;

α – угол расхождения пучка света фар, градусы ($\alpha = 2^\circ$).

В случае применения сопряженных обратных круговых кривых наименьших радиусов между концом одной кривой и началом соседней с ней кривой обратного направления необходима прямая вставка, длина которой не должна быть меньше длины отгона виража и длины переходной кривой (из расчета размещения на прямой вставке половины длины отгона или половины длины переходной кривой одного закругления и соответствующих половинок другого закругления).

Переходные кривые предусматриваются при радиусах кривых в плане 2000 м и менее независимо от категории дороги. С учетом требований ландшафтного проектирования на магистральных дорогах I – III категорий рекомендуется для повышения плавности трассы устраивать длинные переходные кривые (не менее $\frac{1}{4}$ длины круговой кривой) при радиусах менее 3000 м.

Длина переходной кривой

$$L_i = \frac{V^3}{47 \cdot I \cdot R}, \quad (5.5)$$

где V – расчетная скорость движения, км/ч;

I – нарастание центробежного ускорения при движении автомобиля на участке переходной кривой ($0,5 \text{ м/с}^2$);

R – наименьший радиус кривой, м

2. Радиусы кривых в продольном профиле

2.1 Радиусы выпуклых вертикальных кривых, определяются:

– из условия обеспечения видимости поверхности дороги:

$$R_{\hat{a}\hat{a}\hat{i}} = \frac{S_i^2}{2\hat{a}}, \quad (5.6)$$

– из условия обеспечения видимости встречного автомобиля:

$$R_{\hat{a}\hat{a}\hat{i}} = \frac{S_{\hat{a}}^2}{8\hat{a}}, \quad (5.7)$$

где a – возвышение глаза водителя над поверхностью дороги, равное 1,2м

Из полученных по этим двум формулам двух величин наименьшего радиуса за нормативную принимается большая.

2.2 Радиусы вогнутых вертикальных кривых, определяются из условия обеспечения видимости поверхности дороги в ночное время. При недостаточном радиусе кривой и большой величине алгебраической разности продольных уклонов пучок лучей, отбрасываемый фарами автомобиля, может осветить лишь незначительную по протяжению часть поверхности дороги на восходящей ее части, и требуемое расстояние видимости не будет обеспечено. Наименьший радиус вогнутой кривой из этих соображений может быть найден по формуле:

$$R_{\hat{a}\hat{a}\hat{\alpha}} = \frac{S_i^2}{2(h_0 + S_i \cdot \operatorname{tg}(\alpha / 2))}, \quad (5.8)$$

где S_n – расстояние видимости поверхности дороги, м;

h_ϕ – высота фар над поверхностью дороги, применяемая 0,75 м;

α – угол рассеяния фар, обычно 2° .

В некоторых случаях радиус вогнутой вертикальной кривой назначается из условия допустимой перегрузки рессор, возникающей при движении автомобиля по вогнутой кривой вследствие действия центробежной силы в вертикальной плоскости:

$$R_{\hat{a}\hat{a}\hat{\alpha}} = \frac{V^2}{13\hat{a}_0}, \quad (5.9)$$

где V – расчетная скорость движения автомобиля (основная), км/ч;

a_0 – допускаемое центробежное ускорение дающее перегрузку рессор не более 10%, равное $0,5 \text{ м/с}^2$

Результаты расчетов представить в виде таблицы 5.2

Таблица 5.2 – Расчетные и нормативные данные

Технические нормативы	По расчету	По СНиП 2.05.02-85	Принято для проектирования
Наименьшие радиусы кривых в плане, м:			
без устройства виража			
с устройством виража			
из условия видимости в ночное время			
Наименьшие радиусы вертикальных кривых, м:			
выпуклых			
вогнутых, из условия види- мости в ночное время			
вогнутых, из условия пере- грузки рессор			

Задание

По результатам практических работ 2 и 4 (расчетная скорость, расстояния видимости) рассчитать минимально допустимые радиусы:

- в плане без устройства и с устройством виража;
- в продольном профиле для выпуклых и вогнутых кривых.

Проверить вычисленные радиусы на соответствие СНиП 2.05.02-85.

Вопросы к практической работе

1. Каковы общие рекомендации СНиП 2.05.02-85 для проектирования кривых в плане и продольном профиле?
2. В каких случаях прибегают к проектированию кривых с минимально возможными радиусами?
3. Какие параметры учитываются при расчете радиусов кривых из условия видимости дороги в ночное время?

Литература [1 – 5, 10].

Основная литература

1. Бабков, В.Ф. Автомобильные дороги.-М.: Транспорт, 2009. -280 с.

2. Бабков, В.Ф. Проектирование автомобильных дорог. Ч. 1. - М.: Транспорт, 1999.-367 с.
3. Бабков, В.Ф. Проектирование автомобильных дорог. Ч. II. - М.: Транспорт, 1999.-415 с.
4. Бабков, В.Ф., Некрасов, В.К., Шилиянов, Г. Автомобильные дороги (Проектирование и строительство).-М.; Транспорт, 2007.- 239 с.

Дополнительной литературы

- 5.СНиП 2.05.02 - 85. Автомобильные дороги. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.-56 с.
6. Автомобильные дороги : (Примеры проектирования) / Под ред. В.С. Порожнякова.-М.: Транспорт, 1983.- 303 с.
7. Ремонт и содержание автомобильных дорог: Справочник инженера- дорожника/ Под. ред. А.П. Васильева, - М: Транспорт, 1989.- 287с.
8. Гохман, В.А. Пересечения и примыкания автомобильных дорог. Учебн. пособие для вузов. —М.: Высшая школа, 1977.-310 с.
9. Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог. ВСН 24-75. Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 1976. - 264 с.
- 10.Маковский, Л.В. Проектирование автодорожных и городских тоннелей. - М.: Транспорт, 1993. - 352 с

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к практическим занятиям по дисциплине
«Организация и безопасность дорожного движения на
автомобильных дорогах»
по направлению подготовки магистров 08.04.01 «Строительство»
по профилю «Проектирование, строительство и эксплуатация
автомобильных дорог».

Часть 2

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Организация и безопасность дорожного движения на автомобильных дорогах» (часть 2) предназначены для студентов по направлению подготовки магистров 08.04.01 «Строительство» по профилю «Проектирование, строительство и эксплуатация автомобильных дорог» и составлены в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта высшего образования и основной образовательной программы подготовки.

СОДЕРЖАНИЕ

Практическая работа 1. Оценка степени безопасности движения по дороге	4
Практическая работа 2. Оценка трассы методами коэффициентов безопасности и шума ускорений	12
Практическая работа 3. Оценка безопасности движения на пересечениях автомобильных дорог в одном и разных уровнях.....	22
Практическая работа 4. Обследование дорог для оценки безопасности движения.....	31
Практическая работа 5. Экономическое обоснование мероприятий по обеспечению безопасности движения.....	39
Приложение А.....	46

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1

Оценка степени безопасности движения по дороге

1 Цель и содержание работы

Целью работы является приобретение навыков оценки автомобильных дорог по степени безопасности движения по ним на основании линейных графиков коэффициентов аварийности.

В результате выполнения работы студенты должны:

1. Построить график коэффициентов аварийности для заданного участка.
2. Построить график зависимости между числом ДТП и итоговым коэффициентом аварийности.

2 Теоретическое обоснование

Метод коэффициентов аварийности основан на анализе статистической обработки данных относительного влияния отдельных элементов дороги на количество дорожно-транспортных происшествий. Основанный на достаточно большой выборке он предельно точно и просто позволяет выявлять опасные участки дорог, нуждающихся в улучшении. Достоинством данного метода, в отличие от других методов, основанных на математической статистике, является возможность его применения и для оценки вновь строящихся дорог.

Поскольку каждый частный коэффициент аварийности характеризует относительную вероятность возникновения на рассматриваемом участке происшествий из-за влияния ухудшения дорожных условий по одной, не зависящей от других влияющих факторов причине, их совместное влияние можно оценить в соответствии с положением теории вероятностей о вероятности события под действием нескольких независимых друг от друга факторов, произведением частных коэффициентов – обобщенным (итоговым) коэффициентом аварийности:

$$K_{\hat{a}\hat{a}\hat{a}\hat{a}} = \hat{e}_1 \cdot \hat{e}_2 \cdot \hat{e}_3 \dots \hat{e}_n. \quad (1.1)$$

Входящие в эту формулу частные коэффициенты $\kappa_1, \kappa_2, \dots, \kappa_n$ учитывают влияние интенсивности движения, элементов плана и профиля дороги. Их значения были определены по отечественным и зарубежным статистическим данным. Тем не менее, установленный в настоящее время перечень коэффициентов не является исчерпывающим, а их значения окончательными. По мере дальнейшего накопления статистических данных, перечень влияющих факторов и значения коэффициентов может уточняться как для разных природно-географических районов, так и для коэффициентов, учитывающих неравномерность изменения транспортно-эксплуатационных характеристик по длине дороги при неблагоприятных погодных условиях – гололедице, тумане, в период осенней распутицы и т. п.

Значения коэффициентов $\kappa_1 - \kappa_{17}$ для построения графика обобщенного коэффициента приведены в таблицах 1.1 – 1.17.

Таблица 1.1 – Влияние интенсивности движения и числа полос

Количество полос движения	Интенсивность движения, тыс. авт/сут.										
	3	5	7	9	11	13	15	20	25	28	30
	Значение коэффициента κ_1										
две полосы	0,75	1,0	1,3	1,7	1,8	1,5	1,0	0,6	–	–	–
три полосы	0,65	0,75	0,9	0,96	1,25	1,5	1,3	1,0	–	–	–
четыре полосы	–	–	–	–	1,0	–	1,1	1,7	2,2	2,8	3,4

Таблица 1.2 – Влияние ширины проезжей части и типа обочин

Тип обочин	Ширина проезжей части, м					
	6	7	7,5	9	10,5	14
	Значение коэффициента κ_2					
укрепленные обочины	1,35	1,05	1,0	0,8	0,7	0,6
неукрепленные обочины	2,5	1,75	1,5	1,0	0,9	0,8

Таблица 1.3 – Влияние ширины обочин и числа полос

Количество полос движения	Ширина обочины, м				
	0,5	1,5	2,0	3,0	4,0
	Значение коэффициента κ_3				
две полосы	2,2	1,4	1,2	1,0	0,8
три полосы	1,35	0,7	0,65	0,5	0,35

Таблица 1.4 – Влияние продольного уклона

Продольный уклон, ‰	20	30	50	70	80
Значение коэффициента k_4	1,0	1,25	2,5	2,8	3,0

Таблица 1.5 – Влияние радиусов поворота

Радиус кривых в плане, м	100	150	200 – 300	400 – 600	1000 – 2000	> 2000
Значение коэффициента k_5	5,4	4,0	2,25	1,6	1,25	1,0

Таблица 1.6 – Влияние видимости в плане

Видимость в плане, м	50	100	150	200	250	350	400	500
Значение коэффициента k_6	3,6	3,0	2,7	2,25	2,0	1,45	1,2	1,0

Таблица 1.7 – Влияние видимости в профиле

Видимость в профиле, м	50	100	150	200	250	350	400	500
Значение коэффициента k_7	5,0	4,0	3,4	2,5	2,4	2,0	1,4	1,0

Таблица 1.8 – Влияние наличия мостовых сооружений

Ширина моста по отношению к проезжей части дороги	< на 1 м	равна	> на 1 м	> на 2 м	равна ширине земляного полотна
Значение коэффициента k_8	6,0	3,0	2,0	1,5	1,0

Таблица 1.9 – Влияние длины прямых участков

Длина прямых участков, км	3	5	10	15	20	25
Значение коэффициента k_9	1,0	1,1	1,4	1,6	1,9	2,0

Таблица 1.10 – Влияние наличия пересечений равнозначных дорог

Тип пересечения	в разных уровнях	кольцевое	в одном уровне при интенсивности на пересекаемой дороге, % от суммарной на двух дорогах		
			до 10	10 – 20	> 20
Значение k_{10}	0,35	0,70	1,50	3,00	4,00

Таблица 1.11 – Влияние наличия пересечения в одном уровне с второстепенной дорогой

Интенсивность движения по основной дороге, авт/сут	1600 – 3500	3500 – 5000	≥ 5000
Значение коэффициента k_{11}	2	3	4

Таблица 1.12 – Влияние перемыкающих дорог в одном уровне

Видимость пересечения, м	60	60 – 40	40 – 30	30 – 20	20
Значение коэффициента k_{12}	1,0	1,1	1,65	2,5	5,0

Таблица 1.13 – Влияние числа полос и способов их выделения

Число основных полос движения на проезжей части					
2	3 полосы		4 полосы		
	без разметки	с разметкой	без разделительной полосы	с разделительной полосой	с пересечениями в разных уровнях
Значение коэффициента K_{13}					
1,0	1,5	0,9	0,80	0,65	0,35

Таблица 1.14 – Влияние наличия придорожных застроек

Характеристика застроек	Значение K_{14}
Населенный пункт с одной стороны дороги: расстояние до проезжей части > 50 м.....	1,00
расстояние до проезжей части 50 – 20 м, наличие пешеходных дорожек.....	1,25
Населённый пункт с двух сторон дороги: расстояние до проезжей части 50 – 20 м, наличие тротуаров и полос местного движения.....	2,50
расстояние до проезжей части 20 – 10 м, наличие тротуаров и полос местного движения.....	5,00
расстояние до проезжей части >10 м, полосы для местного движения отсутствуют, есть тротуары.....	7,50
расстояние до проезжей части 10 м, полосы местного движения и тротуары отсутствуют.....	10,00
расстояние до проезжей части <10 м, полосы местного движения отсутствуют.....	10,00
Зоны участков на подходах к населённым пунктам: до 0,1 км.....	2,9
от 01 до 0,2 км.....	1,9
от 02 до 0,4 км	1,5

Таблица 1.15 – Влияние протяжённости населенного пункта

Протяжённость населенного пункта, км	0,5	1	2	3	5	6
Значение коэффициента K_{15}	1	1,2	1,7	2,2	2,7	3,0

Таблица 1.16 – Влияние ширины разделительной полосы

Ширина разделительной полосы, м	1	2	3	5	10	15
Значение коэффициента K_{16}	2,5	2,0	1,5	1	0,5	0,4

Таблица 1.17 – Влияние присутствия обрывов

Значение коэффициента K_{17}	Расстояние от кромки проезжей части до обрыва глубиной более 5 м					
	0,5	1,0	1,5	2	3	5
При отсутствии ограждений	4,3	3,7	3,2	2,75	2,0	1,0
При наличии ограждений	2,2	2,0	1,85	1,75	1,4	1,0

3 Аппаратура и материалы:

Микрокалькулятор, учетные карточки (бланки обследования).

4 Указания по технике безопасности

При выполнении работы студенты должны руководствоваться общими правилами техники безопасности при нахождении в аудитории, а также правилами техники безопасности, приведёнными в приложении А.

5 Методика и порядок выполнения работы

Итоговый относительный коэффициент аварийности определяют на основе линейного графика исследуемого участка дороги.

5.1 Используя подробную масштабную карту местности, на график наносят сжатый план и профиль избранной дороги (согласно индивидуальному варианту задания) с выявлением на ней всех элементов, влияющих на безопасность движения: (продольные уклоны, вертикальные кривые, кривые в плане, мосты, населенные пункты, пересекающие дороги и пешеходные тропы). В специальной графе выписывают или изображают графически фактические расстояния видимости. Масштаб плана и профиля выбирают в зависимости от сложности ситуации (рисунок 1.1).

5.2 При построении графика необходимо руководствоваться данными по интенсивности и количеству ДТП, полученными в ходе прохождения производственной практики. Интенсивность движения фиксируют по отдельным перегонам. Особыми условными знаками обозначают места зарегистрированных за последние годы дорожно-транспортных происшествий. Под планом и профилем выделяют графы для каждого из учитываемых показателей, для которых были приведены относительные коэффициенты аварийности.

Значения коэффициентов при ручном счёте не интерполируют, а принимают ближайшие в таблице.

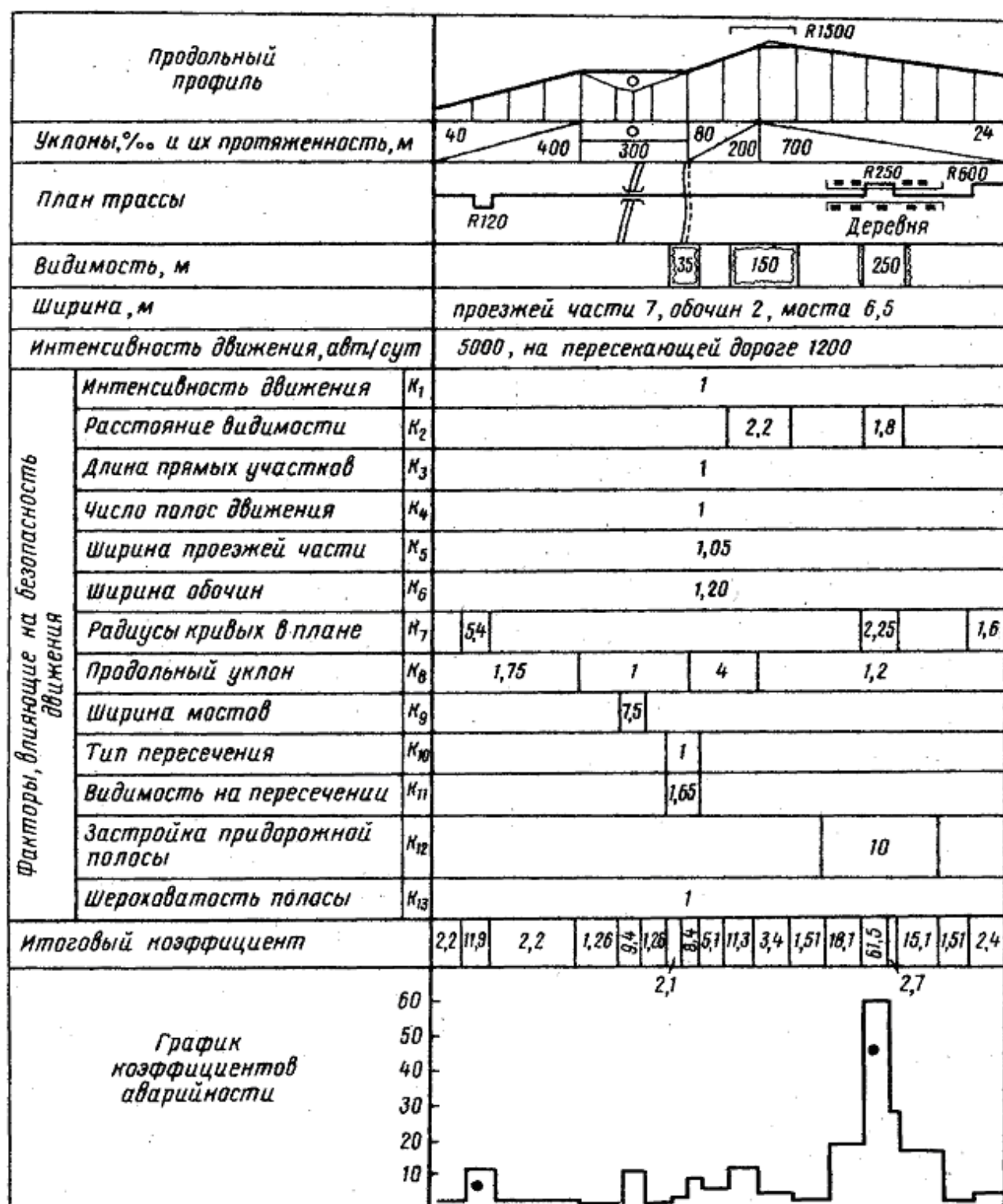


Рисунок 1.1 – График коэффициентов аварийности (точками отмечены места зарегистрированных происшествий)

5.3 При определении коэффициентов, учитывающих влияние радиусов кривых в плане, необходимо принимать во внимание, что безопасность

движения по кривым зависит от суммарного влияния значений радиуса, уклона поперечного профиля и коэффициента поперечного сцепления. Поэтому следует исходить из значений эквивалентных радиусов кривых, допускающих проезд с той же скоростью, что и рассматриваемые кривые, но имеющих уклон виража, равный уклону проезжей части на прямых участках:

$$R_{\text{экв}} = \frac{(\varphi_{\text{кр}} \pm i_{\text{кр}})}{\varphi_{\text{пр}} + i_{\text{пр}}}, \quad (1.2)$$

где $R_{\text{экв}}$ – радиус, м;

$\varphi_{\text{кр}}$ – коэффициент поперечной силы при расчетах на устойчивость, принимаемый в данном случае равным коэффициенту поперечного сцепления.

Индекс «кр» относится к рассматриваемой кривой, а индекс «пр» – к характеристике проезжей части на примыкающем участке; i – поперечный уклон в десятичных дробях.

При построении графиков коэффициентов аварийности трассу дороги анализируют по каждому из показателей, выделяя на ней однородные по условиям участки. На основе границ этих участков определяют границы участков однородных по всем показателям. При выделении участков следует учитывать, что влияние каждого из мест, где возникают те или иные помехи движению, распространяется на некоторое расстояние (рисунок 1.2 – 1.3).

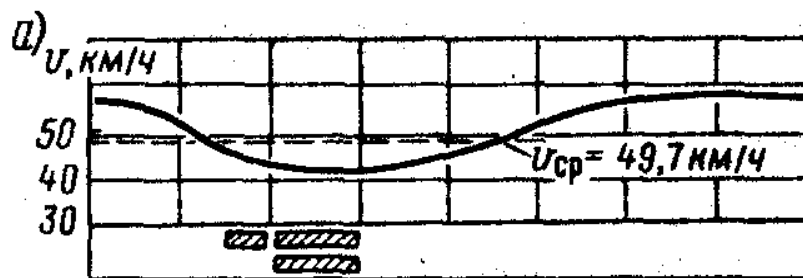


Рисунок 1.2 – Снижение скоростей движения потоков автомобилей при проезде населенного пункта

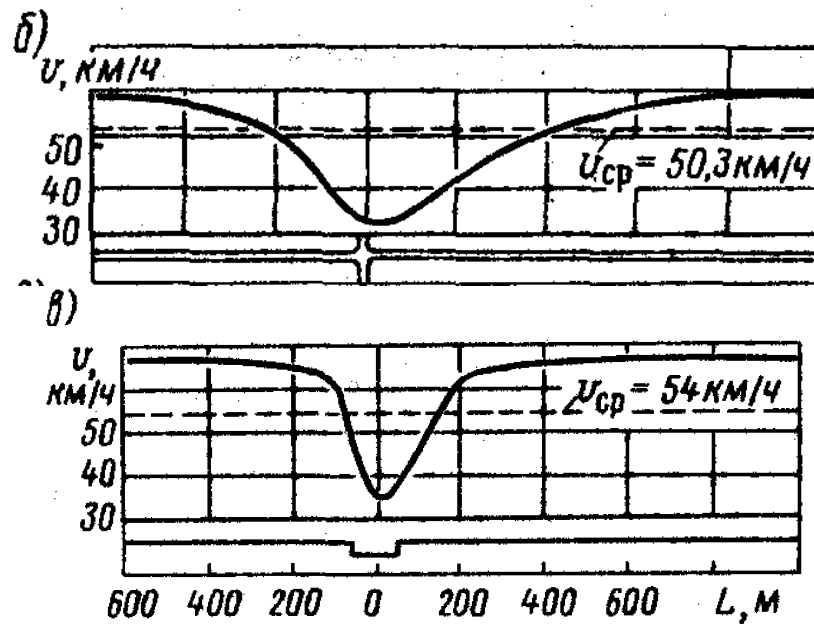


Рисунок 1.3 – Снижение скоростей движения потоков автомобилей при проезде пересечения в одном уровне и по кривой малого радиуса

Зоны влияния различных элементов принимают по таблице 1.18.

Таблица 1.18 – Зона влияния элементов дороги

Элемент дороги	Зона влияния, м
Подъемы и спуски	100 за вершиной подъема, 150 после подошвы спуска
Пересечения в одном уровне	В каждую сторону по 50
Кривые в плане с обеспеченной видимостью при $R > 400$ м	То же 50
То же с необеспеченной видимостью при $R < 400$ м	» 100
Мосты и путепроводы	» 75
Населенные пункты	» 1000
Участки в местах влияния боковых препятствий с глубокими обрывами рядом с дорогой	50
Подходы к тоннелям	150

5.4 В нижней части графика коэффициентов аварийности помещают эпюру итоговых коэффициентов аварийности, пики на которой характеризуют участки, наиболее опасные в отношении возможности дорожно-транспортных происшествий.

5.5 На основании проделанной работы строится график зависимости между числом дорожно-транспортных происшествий и итоговым

коэффициентом аварийности, график зависимости скорости проезда сложных участков дороги от значения итогового коэффициента аварийности.

6 Содержание отчета и его форма

Отчет должен содержать: краткий теоретический материал, без знания которого невозможно выполнить задание; данные полученные в ходе проведения работы; обусловленные заданием таблицы, расчеты, анализ полученных данных, выводы.

7 Вопросы для защиты работы

- В чём заключается метод коэффициентов аварийности?
- В каких случаях используется метод коэффициентов аварийности?
- Порядок расчета итогового коэффициента аварийности.
- Каким образом влияет ограничение скорости на прямолинейном участке на значение частного коэффициента аварийности?
- Каким образом на эпюре итогового коэффициента аварийности обозначаются ДТП?

8 Список рекомендуемой литературы

1. Бабков, В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения: учебник для вузов / В. Ф. Бабков. – М. : Транспорт, 1993. – 271 с.
2. Клинковштейн, Г. И. Организация дорожного движения: учебник для вузов / Г. И. Клинковштейн, М. Б. Афанасьев. – 5-е изд., перераб и доп. – М. : Транспорт, 2001. – 247 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2

Оценка трассы методами коэффициентов безопасности и шума ускорений

1 Цель и содержание работы

Целью работы является приобретение практических навыков определения плавности трассы и различных вариантов проектных линий с точки зрения удобства и безопасности движения методами коэффициентов безопасности и шума ускорений.

В результате выполнения работы студенты должны:

1. Определить интенсивность и скорости движения на заданном участке.
2. Рассчитать коэффициенты безопасности и по ним построить график.
3. Определить степень опасности участка дороги.
4. Рассчитать суммарные потери транспорта в результате снижения скорости.
5. Оформить результаты работы и сделать выводы

2 Теоретическое обоснование

Анализ дорожно-транспортных происшествий на какой-либо дороге показывает, что наряду с происшествиями, более или менее равномерно распределенными по ее длине, значительная часть их концентрируется на сравнительно коротких участках.

Подавляющее большинство водителей проезжает сложные участки дорог с повышенной внимательностью. Как правило, эти участки требуют для безопасности проезда снижения скорости по сравнению со скоростью на предшествующем участке с более благоприятными дорожными условиями. Неосмотрительные и неопытные водители, мало считаясь с особенностями расположенных впереди участков дорог, могут въехать на опасный участок с высокой скоростью, превышающей безопасную для этого участка.

Сталкиваясь неожиданно для себя с необходимостью резкого снижения скорости, они попадают в аварийную ситуацию. В аналогичное положение могут попасть и усталые водители, продолжительность времени реакции которых повышена. Опасным является и период выезда с опасных участков, когда возможность столкновения с встречными автомобилями при попытках обгона в сложных дорожных условиях медленно едущих автомобилей быстрыми. Наиболее безопасной для движения является плавная трасса без резких переломов в плане и профиле, допускающая движение автомобилей с высокими скоростями, которые мало отличаются на смежных участках. Поэтому одним из способов оценки плавности трассы и различных вариантов проектных линий с точки зрения удобства и безопасности движения может явиться построение на основе эпюры скоростей движения, развиваемых автомобилями по дороге, графика коэффициентов безопасности.

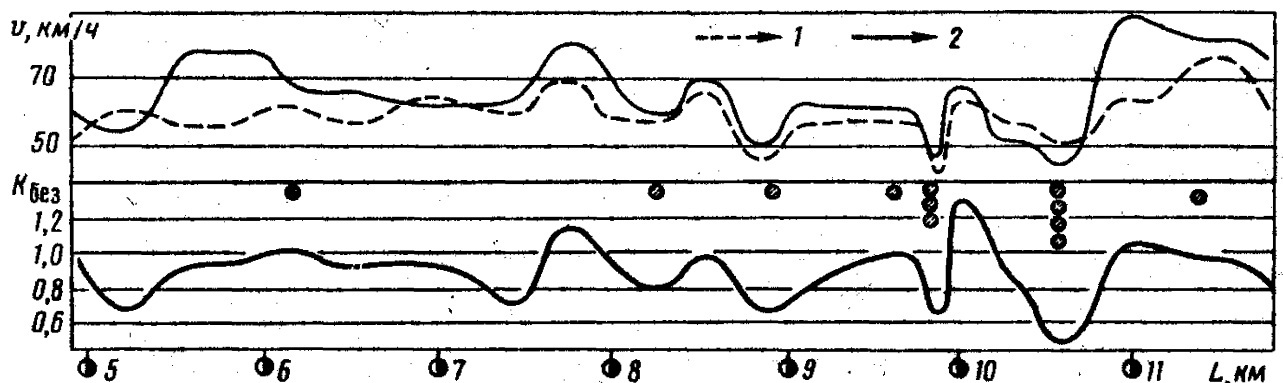


Рисунок 2.1 – График изменения скоростей движения и коэффициентов безопасности на смежных участках дороги:

1 – движение на подъем; 2 – движение на спуск (точками показаны места дорожно-транспортных происшествий)

Коэффициентами безопасности называют отношение максимальной скорости движения на участке к максимальной скорости въезда автомобилей на этот участок (начальная скорость движения).

$$\hat{E}_{\hat{a}\hat{a}\hat{c}} = \frac{V}{V_{\hat{a}\hat{o}}} . \quad (2.1)$$

Обычно при въезде на сложные участки дорог водители интуитивно притормаживают, тем более сильно, чем ниже коэффициент безопасности. Для большинства водителей характерны следующие реализуемые при этом отрицательные ускорения:

Таблица 2.1 – Зависимость коэффициентов безопасности от ускорений

Коэффициент безопасности	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9
Отрицательное ускорение, м/с ²	1,1	1,0	0,8	0,5	0,2

Для определения коэффициентов безопасности при построении теоретического графика скоростей движения по дороге в обычную методику расчета скоростей вносят изменения, направленные на учет опасных ситуаций:

а) для реконструируемых дорог не принимают во внимание общие ограничения скорости движения Правилами дорожного движения и местные ограничения скорости (в населенных пунктах, на переездах железных дорог, на пересечениях с другими дорогами, на кривых малых радиусов, в зонах действия дорожных знаков и др.);

б) в случае резкого различия условий движения по дороге в разных направлениях (например, на затяжных подъемах горных дорог) график коэффициентов безопасности можно строить только для того направления, в котором может быть развита наибольшая скорость;

в) не учитывают участки постепенного снижения скорости, необходимые для безопасного въезда на кривые малых радиусов, на пересечения, узкие мосты, т.е. берут соотношение скорости, обеспечиваемой данным участком, и максимально возможной скорости в конце предшествующего участка. Для построения графика коэффициентов безопасности в конце каждого участка определяют максимальную скорость, которую можно развить без учета условий движения на последующих участках.

Эпюру скорости строят на основе теории движения автомобиля с учетом следующих требований:

графики скоростей выполняют, как правило, для двух направлений движения;

местом перепада скорости считается момент достижения критической скорости автомобиля по условиям управляемости для данного типа и состояния покрытия;

местные ограничения скорости, диктуемые требованиями правил дорожного движения, не учитываются;

максимальная скорость движения ограничивается безопасной скоростью, диктуемой отдельным элементом плана или профиля. Эта скорость считается скоростью «входа» на следующий участок дороги.

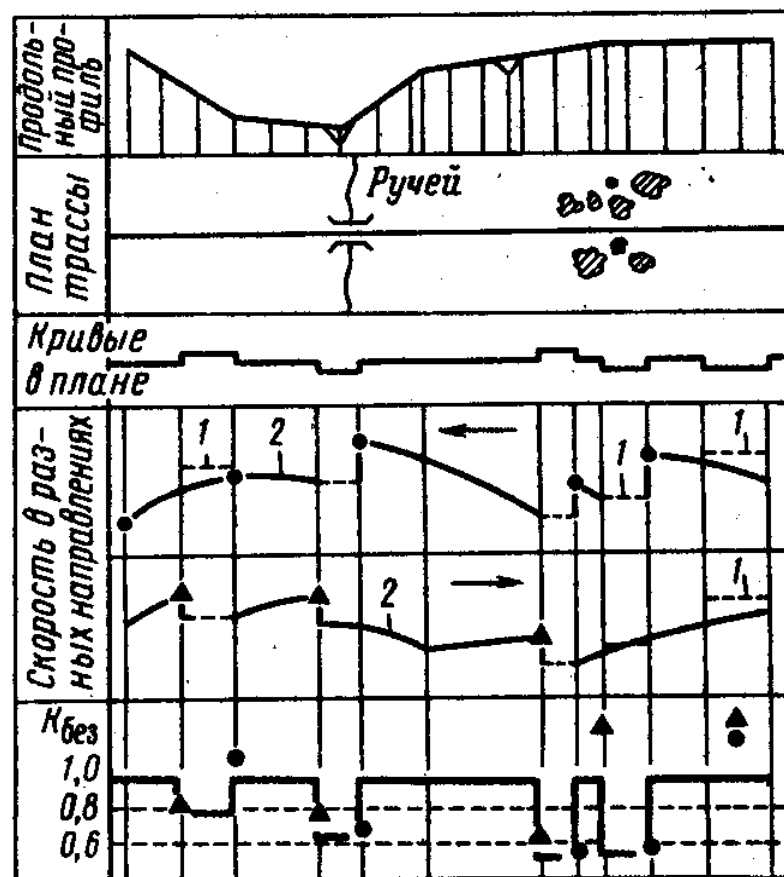


Рисунок 2.2 – Схема для определения коэффициентов безопасности:

1 – скорости, обеспечиваемые наиболее опасными участками дороги; 2 – скорости автомобиля на разных участках дороги

Допустимую скорость движения на кривых в плане определяют: из условия обеспечения боковой устойчивости автомобиля при коэффициенте поперечного сцепления, равного 0,3; из условия расчетной геометрической видимости согласно теории проектирования дорог.

Участки по опасности для движения оценивают исходя из значений коэффициента безопасности. В проектах новых дорог недопустимы участки с коэффициентами безопасности, меньшими 0,8. Начальные скорости и ускорения определяются наблюдениями или с помощью ходовых лабораторий.

Таблица 2.2 – Степень опасности участка дороги

Степень опасности участка дороги	Коэффициент безопасности при отрицательных ускорениях м/с ²	
	0,5 – 1,5	1,5 – 2,5
Начальная скорость движения 60–80 км/ч		
Неопасный	Более 0,6	Более 0,65
Опасный	0,45 – 0,6	0,5 – 0,65
Очень опасный	Менее 0,45	Менее 0,5
Начальная скорость движения 85 – 100 км/ч		
Неопасный	Более 0,7	Более 0,75
Опасный	0,55 – 0,7	0,5 – 0,75
Очень опасный	Менее 0,55	Менее 0,6
Начальная скорость движения 105–120 км/ч		
Неопасный	Более 0,8	Более 0,85
Опасный	0,65 – 0,8	0,7 – 0,85
Очень опасный	Менее 0,65	Менее 0,7

Из-за уменьшения средней скорости транспортного потока на опасных участках дороги снижается эффективность использования автомобильного транспорта. Считая приближенно, что участок, на котором сказывается влияние опасного места (рисунок), автомобили проходят не с входной скоростью $V_{вх}$, а со средней скоростью $(V_{вх} + V_2)/2$; (V_2 – скорость проезда опасного участка), можно рассчитать, что суммарные потери автомобильного транспорта в результате снижения скорости связаны с коэффициентом безопасности зависимостью

$$\dot{O} = \frac{(1 - \hat{E}_{\dot{a}}) \cdot N \cdot L \cdot r}{(\hat{E}_{\dot{a}})}, \quad (2.2)$$

где L – длина участка, на котором ощущается снижение скорости, км;

N – интенсивность движения, авт/час;

r – стоимость эксплуатации автомобиля, руб/ч.

На том же принципе, что и коэффициент безопасности, основан метод оценки степени опасности отдельных участков по «шуму ускорения». Сложные участки дорог водители, неодинаково оценивая степень их опасности, проезжают с разными скоростями, соответственно различны и реализуемые при этом в разных местах участка ускорения. В данном случае «шумом ускорения» называется средняя квадратичная величина реализуемых водителями ускорений, характеризующая степень неоднородности движения и интенсивность изменения скоростей на разных участках пути, сначала замедления при въезде на участок, затем разгона при выезде с него

$$J = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (a_i - a_{\bar{n}\delta})^2}{n}}, \text{ м/с}^2, \quad (2.3)$$

где a_i – ускорения в каждом створе;

a_{cp} – среднее значение ускорений на всем рассматриваемом участке;

n – число створов.

Для упрощения вместо суммирования скоростей всех автомобилей используют модальные значения кривой распределения скоростей в каждом створе.

Наблюдения показали наличие связи «шума ускорения» с количеством дорожно-транспортных происшествий, причем «шум ускорений» достаточно хорошо отражает сложность дорожных условий, а нервно-эмоциональная напряженность водителей возрастает прямо пропорционально увеличению «шума ускорения». Однако сложность использования его для практических целей связана с необходимостью измерения скоростей для построения

графика изменения скорости при проезде участка дороги, что исключает возможность использования его при проектировании новых дорог. Связь между шумом ускорения и относительной аварийностью характеризуется следующей зависимостью

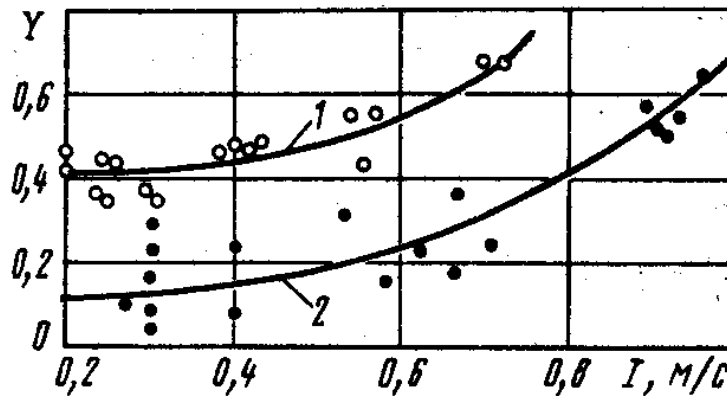


Рисунок 2.3 – Зависимость аварийности от «шума ускорений»:

1 – долинные горные дороги; 2 – перевальные участки дорог

3 Аппаратура и материалы:

Микрокалькулятор, секундомер, учетные карточки (бланки обследования).

4 Указания по технике безопасности

При выполнении работы студенты должны руководствоваться общими правилами техники безопасности при нахождении в аудитории, а также правилами техники безопасности, приведёнными в приложении А.

5 Методика и порядок выполнения работы

5.1 На первом этапе выполнения лабораторной работы необходимо вычертить схему участка, где проводятся измерения, в соответствии с индивидуальным заданием. На схеме вычерчивается план трассы, его профиль, график кривых в плане (см. рисунок 2.2), а также указываются направления и названия ближайших пунктов по обследуемой магистрали.

5.2 Определить интенсивность и скорости движения на заданном участке.

Данные замеров и результаты расчетов заносят в ведомость учета мгновенных скоростей, форма 2.1.

Форма 2.1 – Ведомость учета мгновенных скоростей

На улице _____

На участке _____ по направлению к _____

Длина базового участка _____ м

Ширина проезжей части _____ м

№ п/п	Модель АТС	Время проезда	Скорость, км/ч	Примечание

Сечение дороги или мерный участок выбирают таким образом, чтобы он располагался не ближе 300 м от перекрестков, т.е. в месте измерения скоростей должен наблюдаться установившийся режим движения транспортных средств. Наиболее часто длину мерного участка в городских условиях выбирают 50 м, что обеспечивает достаточную точность измерений. За городом, на автомобильных дорогах, где наблюдаются более высокие скорости движения, базовое расстояние с целью повышения точности измерений увеличивают и принимают равным 100 м.

Перед началом проведения работы подгруппа разбивается на бригады, которые работают с одной или двумя полосами движения.

По результатам расчетов строятся гистограммы распределения и кумулятивные кривые скоростей движения легковых и грузовых автомобилей. С помощью кумулятивной кривой легковых автомобилей определяют значения скоростей 85; 95% обеспеченности. Значение скорости 85%-й обеспеченности принимают за максимально допустимую скорость на рассматриваемом участке. Обычно с учетом этой скорости движения производят расстановку знаков и разметку проезжей части.

Значения скорости 95%-й обеспеченности представляют собой максимальную скорость движения отдельных автомобилей, равную расчетной скорости движения.

Общий вид графиков приведен на рисунке 2.4

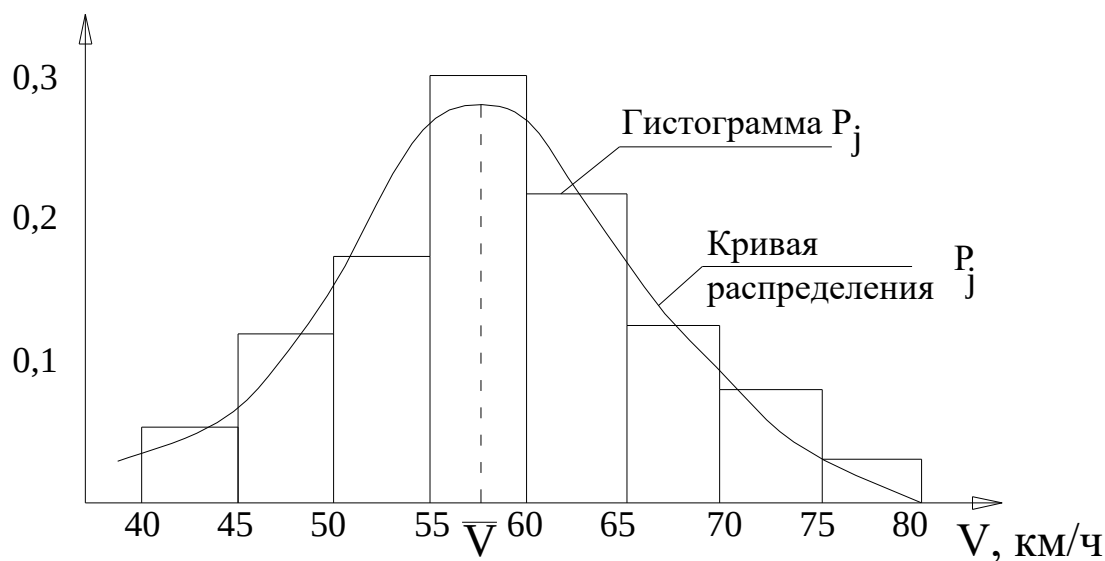


Рисунок 2.4 – Гистограмма распределения скоростей движения

После определения скоростей на подходах по аналогичной схеме производят измерение скорости ТС на участке.

5.3 На основании полученных данных, используя формулы (2.1), (2.2), производится расчет коэффициентов безопасности, определяется степень опасности участка дороги, рассчитываются суммарные потери транспорта в результате снижения скорости.

5.4 Полученные значения используются для построения соответствующих графиков. По результатам обработки делаются выводы.

6 Содержание отчета и его форма

Отчет должен содержать: краткий теоретический материал, без знания которого невозможно выполнить задание; данные, полученные в ходе проведения работы; обусловленные заданием таблицы, расчеты, анализ полученных данных, выводы.

7 Вопросы для защиты работы

– В чём заключается метод коэффициентов аварийности и безопасности?

- Вид зависимости коэффициентов безопасности от ускорений.
- Как рассчитывается «шум ускорений»?
- Назовите принципы расстановки учетных постов.
- Как изменится значение коэффициента безопасности при увеличении крутизны подъема?
- Зависимость аварийности от «шума ускорений».

8 Список рекомендуемой литературы

1. Бабков, В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения: учебник для вузов / В. Ф. Бабков – М. : Транспорт, 1993. – 271 с.
2. Клинковштейн, Г. И. Организация дорожного движения: учебник для вузов / Г. И. Клинковштейн, М. Б. Афанасьев. – 5-е изд., перераб и доп. – М. : Транспорт, 2001. – 247 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3

Оценка безопасности движения на пересечениях автомобильных дорог в одном и разных уровнях

1 Цель и содержание работы

Целью работы является приобретение навыков по оценке безопасности движения на пересечениях автомобильных дорог.

В результате выполнения работы студенты должны:

1. Обследовать заданное пересечение автомобильных дорог.
2. Нанести на пересечение направление и интенсивность пересекающихся потоков движения, число конфликтных точек.
3. Оценить относительную аварийность конфликтной точки.
4. Определить степень опасности пересечения по показателю безопасности движения.
5. Оформить результаты работы и сделать соответствующие выводы.

2 Теоретическое обоснование

Места улично-дорожной сети, где пересекаются дороги, а следовательно, транспортные и пешеходные потоки, называются перекрестками. В специальной литературе встречаются и другие термины для определения этих мест: транспортные узлы, развязки, пересечения, площади и т. д. Первые три термина охватывают и пересечения на разных уровнях, поэтому имеют более широкое значение.

Безопасность движения на пересечениях дорог зависит от направления пересекающихся потоков движения и относительной интенсивности, числа точек пересечения, разветвлений потоков, а также от расстояний между этими точками. Более строго следует говорить о наличии на каждом пересечении опасных зон, образуемых пересечениями полос движения автомобилей, следующих в разных направлениях.

Ошибки водителей при проезде опасной зоны являются причинами ДТП. Вероятность происшествия тем выше, чем больше автомобилей проходит через ту или иную конфликтную точку.

Опасность конфликтной точки можно оценить по возможному в ней количеству происшествий за год

$$q_i = K_i \cdot M_i \cdot N_i \cdot \frac{25}{k_{\tilde{A}}} \cdot 10^{-7}, \quad (3.1)$$

где K_i – относительная аварийность конфликтной точки (принимается согласно таблице 3.1);

M_i и N_i – интенсивности движения пересекающихся в ней потоков, авт/сут;

k_{Γ} – коэффициент годовой неравномерности движения.

Коэффициент годовой неравномерности движения вводят в тех случаях, когда нужно оценить опасность движения по пересечению в периоды сезонных пиков интенсивности и определяют по данным учета интенсивности движения как отношение среднесуточной интенсивности движения в каждом месяце к годовой среднесуточной интенсивности

$$k_{\tilde{A}} = \frac{N_{iA\tilde{N}}^{\tilde{D}}}{N_{\tilde{N}D}^{\tilde{A}}}. \quad (3.2)$$

В зависимости от условий движения он меняется от 0,05 до 0,13.

Коэффициент «25» введен в формулу для учета среднего количества рабочих дней в месяц, в течение которых загрузка дорог резко превышает загрузку в нерабочие дни.

При расчетах, проводимых по существующим дорогам, коэффициент k_{Γ} принимают для месяца, в который проводился учет интенсивности движения. Для вновь проектируемых дорог отношение $25/k_{\Gamma}$ принимают равным 365.

Степень опасности пересечения оценивается показателем безопасности движения K_a , характеризующим количество ДТП на 10 млн. автомобилей

$$\hat{E}_a = \frac{10^7 \cdot G \cdot \hat{e}_A}{(\hat{I} + N) \cdot 25}, \quad (3.3)$$

где G – вероятное количество происшествий на пересечении за год

$$G = \sum_{i=1}^{i=n} q_i, \quad (3.4)$$

где n – число конфликтных точек на пересечении.

Таблица 3.1 – Относительная аварийность маневров на пересечении

Условия движения	Направления движения автомобилей	Характеристика пересечения	Значения K_i пересечений	
			Необорудованных	канализированных
Слияние потоков	Правый поворот	$R < 15 \text{ м}$	0,025	0,0200
		$R = 15 \text{ м}$	0,0040	0,0020
		$R = 15 \text{ м}^*$	0,0003	0,003
	Левый поворот при угле пересечения дорог, град:			
		До 30	0,0045	0,0017
		< 40	0,0030	0,0017
		50 – 75	0,0025	0,0017
		90	0,0030	0,0017
		120	0,0048	0,0017
		150	0,0053	0,0017
		–	0,0005	0,0005
		$10 < R < 25^{**}$	0,0005	0,0005
Пересечение потоков	Пересечение	$\alpha \leq 30^\circ$	0,0080	0,0040
		$50^\circ \leq \alpha \leq 75^\circ$	0,0036	0,0018
		$90^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$	0,0120	0,0060
		$120^\circ < \alpha \leq 150^\circ$	0,0210	0,0105
Разделение потоков	Правый поворот	$R < 15 \text{ м.}$	0,0200	0,0200
		$R = 15 \text{ м}$	0,0060	0,0060
		$R = 15 \text{ м}^*$	0,0001	0,0001
	Левый поворот	$R < 10 \text{ м.}$	0,0300	0,0300
		$10 < R < 25 \text{ м.}$	0,0040	0,0025
		$R > 15 \text{ м}^{***}$	0,0010	0,0010
Два поворачивающих потока	Разделение потока на два направления	–	0,0015	0,0010
	Пересечение двух левоповоротных потоков	–	0,0020	0,0005
	Слияние поворачивающих потоков		0,0025	0,0012

Примечание: звездочки означают наличие переходно-скоростных полос или кривых.

В зависимости от значения K_a пересечения по степени опасности делят на следующие категории, таблица 3.2.

Таблица 3.2 – Тип пересечения по степени опасности

K_a	<3,0	3,1–8,0	81–12,0	>12,0
Опасность пересечения	Неопасное	Малоопасное	Опасное	Очень опасное

При проектировании новых дорог или реконструкции для каждого варианта пересечения определяют величину показателя K_a . Чем он меньше, тем удачнее схема пересечений.

Устройство на дорогах пересечений в разных уровнях существенно уменьшает количество возможных конфликтов между совершающими маневры автомобилями. Наиболее распространенным типом пересечений является «полный клеверный лист» (рисунок 3.1), а при малой интенсивности транспортных потоков по отдельным второстепенным дорогам устраивают пересечения неполного типа, обеспечивая возможность беспрепятственного лево- и правоповоротного съезда с дороги более высокой категории, допускают для въезда с них на магистраль предварительный поворот на второстепенной дороге (рисунок 3.2).

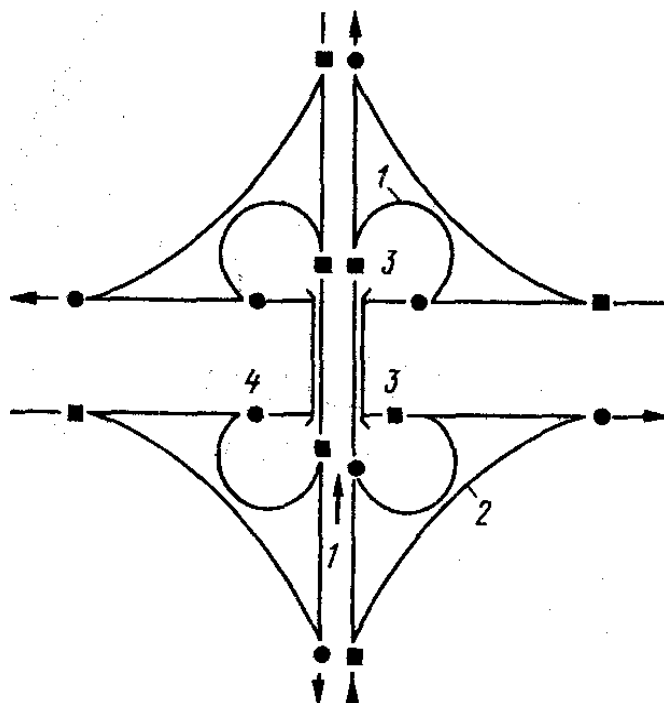


Рисунок 3.1 – Схема пересечения по типу «полный клеверный лист»:

1 – траектория движения при левом повороте; 2 – траектория движения при правом повороте; 3 – точка разделения потоков движения; 4 – точка слияния потоков движения

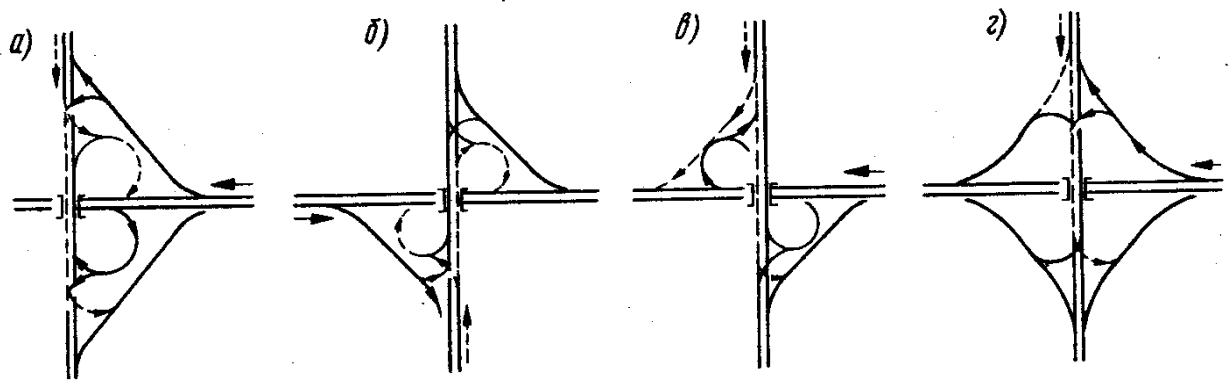


Рисунок 3.2 – Схемы организаций движения на пересечениях по типу неполный клеверный лист:

а – одностороннее расположение левоповоротных петель на второстепенной дороге; б – диагональное расположение левоповоротных петель на второстепенной дороге; в – диагональное расположение левоповоротных петель на главной дороге; г – пересечение без левоповоротных петель («ромб»); красными линиями показано движение по главной дороге

Для безопасности и четкой организации движения на пересечениях водителям должны быть понятны направления движения на пересечениях в разных уровнях. Это требует установки большого количества дорожных знаков и их повторения, так как невнимательный водитель, пропустивший какой-либо знак, уже не сможет осуществить необходимого маневра. Особенно опасны пересечения неполного типа, где часты лобовые столкновения на съездах при неправильном встречном движении автомобилей.

Неправильное движение водителей по пересечениям в разных уровнях может быть вызвано как непонятностью для них схемы пересечения, так и сознательными действиями недисциплинированных водителей для сокращения пути или исправления допущенной ошибки в связи с проездом места поворота. Поэтому планировка пересечений на каком-либо маршруте должна быть однотипной, сводящей к минимуму возможность неправильных действий водителей и как бы предотвращающей возможности движения по неправильному пути. В этом случае водители будут знать, что во всех

случаях прямому направлению будет соответствовать определенная полоса дороги, а левый поворот на всех пересечениях начинается в одном месте, например, после проезда путепровода (рисунок 3.3).

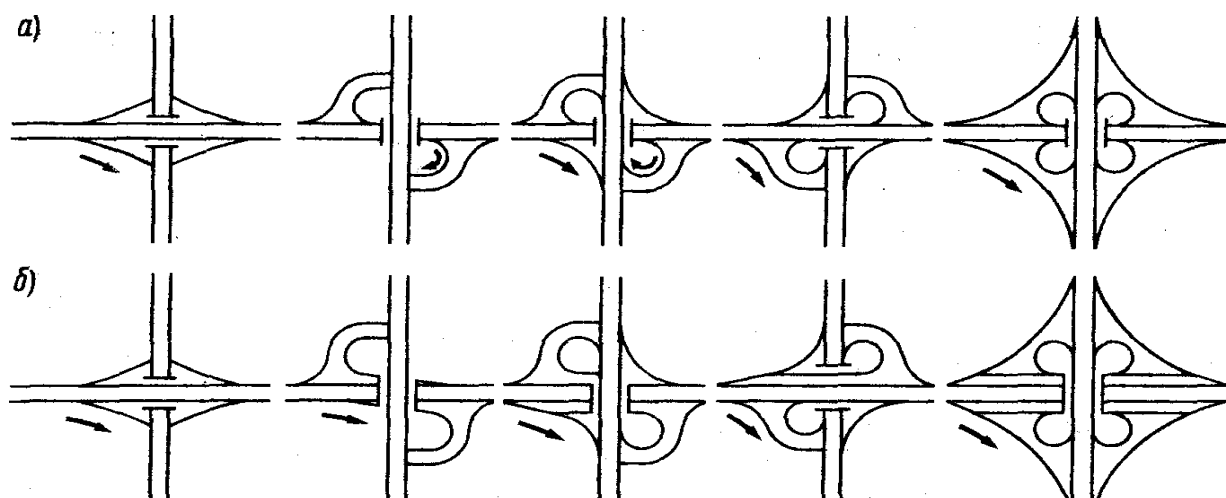


Рисунок 3.3 – Расположение пересечений в разных уровнях:

а – бессистемное расположение съездов; б – однотипное расположение съездов

На рисунке 3.4 показаны характерные места сосредоточения дорожно-транспортных происшествий, на левоповоротных съездах транспортных развязок типа «клеверный лист». Происшествия этого типа устраняют введением переходно-скоростных полос – полос разгона и ускорения.

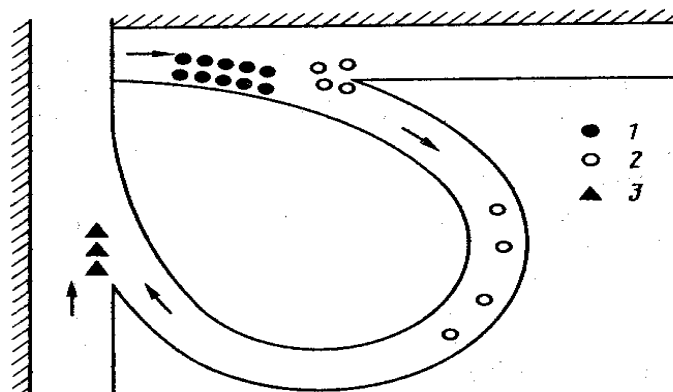


Рисунок 3.4 – Характерные места дорожно-транспортных происшествий на левоповоротных съездах развязок типа «клеверный лист», не имеющих переходно-скоростной полосы:

1 – наезды автомобилей на внезапно притормаживающий впереди идущий автомобиль; 2 – опрокидывание автомобилей; 3 – столкновение выезжающих автомобилей с движущимися прямо

Совершенное по схеме движения транспортных потоков правильно запроектированное пересечение в разных уровнях не имеет конфликтных точек, в которых могут происходить пересечения транспортных потоков. Имеются только участки разветвления и слияния потоков поворачивающих автомобилей у входа на переходно-скоростные полосы и у выходов из них на пересечениях неполного типа имеются пересечения потоков автомобилей и развороты на второстепенной дороге. Опасность этих развязок оценивают по той же методике, что и пересечения в одном уровне, таблица 3.3.

Таблица 3.3 – Относительная аварийность маневров на пересечении

Тип съезда	Вид взаимодействия потоков в конфликтной точке	Параметры съездов и характер движения	Относительное число ДТП на 10 млн автомобилей	
			Имеются, переходно - скоростные полосы	Переходно-скоростные полосы отсутствуют
Левоповоротные съезды и правоповоротные	Слияние	$R < 50$	0,00065	0,00035
		$R > 50$	0,00030	0,00020
	Разделение	$R < 50$	0,0019	0,00010
Правоповоротные и полупрямые левоповоротные съезды	Слияние	$R < 50$	0,00090	0,00070
		$R = 45 - 60$	0,00050	0,00030
		$R > 60$	0,00035	0,00020
		$R = 45 - 60$	0,00025	0,00015
		$R > 60$	0,00020	0,00010
Полупрямые левоповоротные съезды	Разделение	Разделение двух поворачивающихся потоков в процессе движения по съезду	0,00020	0,00015
Полупрямые левоповоротные съезды	Слияние	То же слияние	0,00015	0,00010
Прямые левоповоротные съезды	>>	$R > 60$	0,00040	0,00020
		$R < 60$	0,00070	0,00040

3 Аппаратура и материалы:

Микрокалькулятор, учетные карточки (бланки обследования).

4 Указания по технике безопасности

При выполнении работы студенты должны руководствоваться общими правилами техники безопасности при нахождении в аудитории, а также правилами техники безопасности, приведёнными в приложении А.

5 Методика и порядок выполнения работы

Практическая работа выполняется в три этапа:

1) подготовительный: студентам даются пояснения о предстоящих лабораторных работах, изучается представленный выше теоретический материал, указывается перечень параметров, которые необходимо зарегистрировать в ходе натурного обследования, объясняются принципы обработки результатов измерений, подготавливаются схема участка, бланки обследования.

2) полевой: включает в себя тренировочный и индивидуальный. На тренировочном этапе группа студентов во главе с преподавателем проводит натурное обследование на заранее выбранном пересечении. В ходе обследования студентов знакомят с правилами техники безопасности при выполнении полевых работ, принципами расстановки учётных постов и др. нюансами. После усвоения методики оценки безопасности движения на указанном пересечении, студенты получают индивидуальное задание, в ходе которого им необходимо, объединившись в группы по 3 – 4 человека, осуществить натурное обследование заданного преподавателем пересечения по изученной методике.

3) камеральный: ведётся обработка измерений. Полученные значения используются для построения схемы пересечения, нанесения направлений и интенсивности пересекающихся потоков движения, числа конфликтных точек, оценки относительной аварийности конфликтных точек, определения степени опасности пересечения по показателю безопасности движения.

По результатам камеральной обработки делаются выводы.

6 Содержание отчета и его форма

Отчет должен содержать: краткий теоретический материал, без знания которого невозможно выполнить задание; данные, полученные в ходе проведения работы; обусловленные заданием таблицы, расчеты, анализ полученных данных, выводы.

7 Вопросы для защиты работы

- Как оценить обеспеченность безопасности движения на пересечениях дорог в одном и разных уровнях?
- Какой тип пересечения является наиболее безопасным?
- Как делятся пересечения по степени опасности?
- Назовите пересечения неполного типа.
- Назовите принципы расстановки учетных постов.
- Каким образом выделяют на схеме конфликтные точки разных типов?
- Каким образом влияет наличие переходно-скоростных полос на значение коэффициента относительной аварийности конфликтной точки?

8 Список рекомендуемой литературы

1. Бабков, В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения: учебник для вузов / В. Ф. Бабков. – М. : Транспорт, 1993. – 271 с.
2. Клинковштейн, Г. И. Организация дорожного движения: учебник для вузов / Г. И. Клинковштейн, М. Б. Афанасьев. – 5-е изд., перераб и доп. – М. : Транспорт, 2001. – 247 с.
3. Коноплянко, В. И. Организация и безопасность дорожного движения: учебник для вузов / В. И. Коноплянко, О. П. Гуджоян, В. В. Зырянов, А. В. Косолапов. – Кемерово : Кузбассвуиздат, 1998. – 236 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4

Обследование дорог для оценки безопасности движения

1 Цель и содержание работы

Целью работы является приобретение навыков по оценке безопасности движения на пересечениях автомобильных дорог.

В результате выполнения работы студенты должны:

1. Обследовать заданный участок автомобильной дороги.
2. Обработать полученные данные.
3. Провести сравнительный анализ характеристик автодороги на соответствие требованиям СНиП.
4. Оформить результаты работы и сделать соответствующие выводы.

2 Теоретическое обоснование

Обследования дорог являются первым полевым этапом разработки мероприятий по повышению безопасности движения и совершенствованию транспортно-эксплуатационных качеств дороги. Комплекс оценки характеристики безопасности движения по дороге включает в себя определение элементов трассы и видимости, оценку планировки пересечений, измерения ровности и коэффициентов сцепления покрытий, измерение скоростей движения, определение интенсивности движения.

Наиболее современным методом обследования элементов трассы, обеспечивающим точность, достаточную для разработки мероприятий по повышению безопасности движения, является использование передвижных автомобильных лабораторий. Установленные на них приборы достаточно точно фиксируют все необходимые параметры.

Ходовая автомобильная лаборатория дает возможность регистрировать основные геометрические элементы автомобильной дороги – протяженность прямых и криволинейных участков, углы поворота, радиусы кривых в плане

и продольном профиле, продольный уклон дороги на отдельных участках, поперечный уклон дорожного покрытия, ровность покрытия, коэффициент сцепления колеса с дорогой.

3 Аппаратура и материалы:

Дорожная лаборатория КП-514МП, ПЭВМ типа «NOTEBOOK», принтер, миллиметровая бумага (А1), масштабные линейки.

4 Указания по технике безопасности

При выполнении работы студенты должны руководствоваться общими правилами техники безопасности при нахождении в аудитории, а также правилами техники безопасности, приведёнными в приложении А.

5 Методика и порядок выполнения работы

5.1 Подготовка к работе

5.1.1 Установите все тумблеры и кнопки БУ и ПТ в положение ВЫКЛ. Тумблеры должны находиться в нижнем положении, а кнопки в отжатом положении.

5.1.2 Установите кнопку «+12В – +24В» в положение «+24В». Установите два тумблера прерывателя «массы» цепи в положение ВКЛ, проверьте напряжение по вольтметру. Запустите гиродатчики, нажав кнопку ВКЛ на БУ. Через 30 с после запуска гиродатчиков нажмите и удерживайте в течение 20 – 25 с кнопку АР (АРРЕТИР). Через пять минут после запуска гиродатчиков проверьте напряжение в цепи постоянного тока по вольтметру на БУ. Напряжение должно быть 24 ± 2 В. При напряжении менее 22 В выполнять дальнейшую работу с ЭК нельзя – требуется подзарядка аккумулятора.

5.1.3 Включить ЭВМ посредством одновременного нажатия и удерживания кнопок «Fn + Enter». Установить тумблер на блоке АЦП в положение ВКЛ.

5.2 Измерение магнитного азимута.

5.2.1 Установить теодолит с буссолью на кромке проезжей части в начальной точке измеряемого участка автодороги.

5.2.2 Закрепить лимб теодолита.

5.2.3 Освободить алидаду.

5.2.4 Совместить нулевые отсчеты горизонтальных кругов алидады и лимба.

5.2.5 Закрепить алидаду.

5.2.6 Освободить лимб.

5.2.7 Совместить северный конец стрелки с нулевым отсчетом буссоли.

5.2.8 Закрепить лимб.

5.2.9 Освободить алидаду.

5.2.10 Навести зрительную трубу на кромку проезжей части по направлению движения ПЛ.

5.2.11 Взять отсчет по горизонтальному кругу теодолита с точностью $\pm 0,5^\circ$ и записать в полевой журнал.

5.2.12 Закрепить теодолит и штатив в ПЛ.

5.3 Подготовка к проведению измерений геометрических параметров автодорог.

5.3.1 Нажмите клавишу «2» для входа в меню «ГЕОМЕТРИЯ. ИЗМЕРЕНИЯ».

5.3.2 Осуществите ввод служебной информации участка дороги, измеряемого в прямом направлении движения. *Нумерация полос движения выполняется справа налево по ходу километража согласно титулу дороги. Значение магнитного азимута принять равным нулю, т. к. в ходе проведения измерений на малые расстояния его изменение не будет учитываться.

5.3.3 После вывода ПЛ на исходную позицию 40 – 50 м до начала участка войдите в подменю «УСТАНОВКА ГИРОСКОПИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ», произведите установку гироскопа датчика курса на БУ. При

нажатии на БУ на левую кнопку «←» или правую «→» марка по шкале угла поворота должна перемещаться в соответствующем направлении. В противном случае удерживать любую кнопку до тех пор пока направление перемещения марки по шкале не совпадет с условным обозначением нажатой кнопки.

При отпущенной кнопке размах показаний не должен быть более 0,02 В (или $\pm 0.8^\circ$).

5.4 Измерение геометрических параметров в прямом направлении движения.

5.4.1 Набрать код «15» – код характерных точки (ХТ) «НАЧАЛО УЧАСТКА ДОРОГИ». При этом в нижней части экрана выводится строка с кодом и наименованием ХТ, например:

«КОД ХАРАКТЕРНОЙ ТОЧКИ 15 «НАЧАЛО УЧАСТКА ДОРОГИ».

*Коды ХТ см. инструкцию по эксплуатации п. 6.3.1.

5.4.2 Начать движение ПЛ к началу участка, набрать расчетную скорость движения (20 ± 5) км/ч. Нажать клавишу ПРОБЕЛ в момент проезда начала участка. При этом на экране ПЭВМ начинается изменение цифровой и графической информации через заданный шаг измерения, а также запись результатов измерений в рабочую область ЖМД ПЭВМ. В строке с кодом и наименованием ХТ выводится местоположение начала участка.

5.4.3 Во время измерений на экране содержится следующая информация для визуального контроля: текущее значение пройденного пути; текущее значение угла поворота; текущие значения уклонов; текущее значение скорости движения ПЛ; текущее значение магнитного азимута; график углов поворота; график продольного профиля; графический вектор, отображающий поперечный уклон; код, наименование и местоположение ХТ.

5.4.4 При подъезде к ХТ дороги (за 20 – 30 м) набрать соответствующий код ХТ из двух цифр на клавиатуре ПЭВМ. Нажать клавишу ПРОБЕЛ в момент проезда ХТ дороги.

5.4.5 На кривых в плане с углами поворота 160 – 1800 необходимо выполнение сбросов по углу.

5.4.5.1 Набрать код «11» – код ХТ **«НАЧАЛО СБРОСА»** во время движения ПЛ на прямом участке,

5.4.5.2 Нажать клавишу ПРОБЕЛ.

5.4.5.3 Нажать на БУ левую кнопку «←» или правую «→» и вывести показания по углу поворота на середину шкалы (или край шкалы) в зависимости от ситуации на дороге.

5.4.5.4 Набрать код «12» – код ХТ **«КОНЕЦ СБРОСА»**.

5.4.5.5 Нажать клавишу ПРОБЕЛ.

5.4.6 При возникновении препятствия на дороге следует выполнить регистрацию объезда.

5.4.6.1 До начала объезда набрать код «09» – код ХТ **«НАЧАЛО ОБЪЕЗДА»**.

5.4.6.2 Нажать клавишу ПРОБЕЛ.

5.4.6.3 Выполнить объезд препятствия на дороге.

5.4.6.4 После объезда набрать код «10» – код ХТ **«КОНЕЦ ОБЪЕЗДА»**.

5.4.6.5 Нажать клавишу ПРОБЕЛ.

5.4.7 Регистрация конца участка автомобильной дороги.

5.4.7.1. Выбрать ХТ дороги, определяющую конец измеряемого участка.

Примечания:

1. Конечную точку следует выбирать на прямых участках дороги в плане с целью корректного измерения магнитного азимута.

2. Рекомендуемая длина участка (захватки) 25 – 30 км.

5.4.7.2 Набрать код «16» – код ХТ **«КОНЕЦ УЧАСТКА ДОРОГИ»**.

5.4.7.3 Нажать клавишу ПРОБЕЛ в момент проезда конца участка. При этом на экране производится останов цифровой и графической информации. Затем выводится информация об измеренном местоположении и вычисленном магнитном азимуте конца участка, а также предложение задать

реальное местоположение конца участка и магнитный азимут.

5.4.7.4 Остановить ПЛ на обочине дороги через 40 – 50 м после проезда конца участка.

5.4.7.5 Поднять мерное колесо.

5.4.8 Ввод контрольной информации о конечной точке участка.

5.4.8.1 Оставить неизменным местоположение конца участка и значение магнитного азимута.

5.4.8.2 Нажать клавишу ENTER для выхода в исходное меню. При этом на винчестере в каталоге MEASURE/IZMER формируется рабочий файл измерений прямого направления с именем XXXXXXXX0.ZZZ, где XXXXXXXX – код дороги, а также текстовый файл служебной информации с именем XXXXXXXX2.ZZZ.

5.5 Измерение геометрических параметров в обратном направлении движения.

5.5.1 Развернуть ПЛ на 180°.

5.5.2 Установить ПЛ на обочине дороги за 40 – 50 м до начальной точки обратного направления движения.

5.5.3 Опустить мерное колесо на покрытие дороги.

5.5.4 Выполнить ввод показателей служебной информации (код дороги, местоположение начала участка дороги, код направления, номер полосы движения, интервал измерений, магнитный азимут) аналогично п. 5.4.7.

5.5.5 Выполнить установку гирооси датчика курса аналогично п. 2.2.8.

5.5.6 Выполнить регистрацию начала участка аналогично п. 2.3.1, 2.3.2.

5.5.7 Выполнение регистрации ХТ дороги производится аналогично п. 5.4.4.

5.5.8 Выполнение сбросов по углу поворота на прямых и кривых в плане производится аналогично п. 5.4.5.

5.5.9 Регистрация объездов препятствия на дороге выполняется согласно п. 5.4.6.

5.6 Обработка измерений геометрических параметров производится в соответствии с п. 10 ИЭ.

5.6.1 После обработки геометрических параметров мы получаем данные по следующим характеристикам транспортных качеств автомобильной дороги:

- план: местоположение, угол поворота, тип участка (прямая кривая) радиус, азимут;
- профиль: местоположение, продольный уклон, тип участка (постоянный уклон, вертикальная кривая, радиус);
- высотные отметки;
- поперечный уклон;
- видимость дороги для обоих направлений.

5.6.2 Окончательно на винчестере (ЖМД) в директории MEASURE/IZMER формируются текстовые файлы результатов обработки с именами:

XXXXXXXXY.ZZZ,

где XXXXXXXX – код дороги;

Y – признак файла (Y = 3 – средний план; Y = 4 – план прямого направления; Y = 5 – план обратного направления; Y = 6 – средний профиль; Y = 7 – профиль прямого направления; Y = 8 – профиль обратного направления; Y = a – поперечный уклон прямого направления; Y = b – поперечный уклон обратного направления; Y = c – высотные отметки; Y = d – видимость прямого направления; Y = e – видимость обратного направления; ZZZ – местоположение начала участка кратное 10 км).

5.7 Обработка полученных значений

5.7.1 По полученным данным провести сравнительный анализ характеристик автодороги на соответствие требованиям СНиП. Необходимо указать, на каких участках наблюдается превышение предельных значений уклонов и радиусов.

5.7.2 Построить на миллиметровой бумаге план, профиль автомобильной дороги, углы поворота.

5.7.3 Рассчитать графическим методом видимость в направлении движения.

6 Содержание отчета и его форма

Отчет должен содержать: краткое описание процесса подготовки и измерения; полученные данные; сравнительный анализ характеристик автодороги на соответствие требованиям СНиП; рекомендации по устранению замеченных несоответствий, лист миллиметровой бумаги, содержащий план, профиль автомобильной дороги, углы поворота.

7 Вопросы для защиты работы

- Опишите процесс проверки лаборатории в движении.
- Перечислите основные параметры, которые выводятся на экран при измерении геометрических параметров.
- Опишите порядок обработки информации.
- Опишите процесс проверки установки гироскопического датчика курса. В каких случаях необходимо выполнять проверку и корректировку? Каковы последствия неправильной установки?
- Какими способами на компьютер может поступать информация о величине пройденного пути?

8 Список рекомендуемой литературы

1. Бабков, В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения: учебник для вузов / В. Ф. Бабков. – М. : Транспорт, 1993. – 271 с.
2. Бабков В. Ф., Андреев О. В. Проектирование автомобильных дорог. Ч.1: Учебник для вузов. – Изд. 2-е, доп. – М. : Транспорт, 1987. – 368 с.
3. СНиП 2.05.02 – 85. Автомобильные дороги. Госстрой СССР – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 56 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5

Экономическое обоснование мероприятий по обеспечению безопасности движения

1 Цель и содержание работы

Целью работы является приобретение навыков определения эффекта от перестройки опасных участков автомобильных дорог по результатам увеличения средних скоростей транспортных потоков при проезде этих участков.

В результате выполнения работы студенты должны:

1. Рассчитать основные экономические показатели работы транспорта.
2. Освоить методику расчета себестоимости автомобильных перевозок.
3. Рассчитать постоянные и переменные затраты на организацию перевозок грузов или пассажиров до и после проведения мероприятия по организации дорожного движения.
4. Рассчитать годовую экономию на участке дорожной сети при увеличении средней скорости сообщения.

2 Теоретическое обоснование

Одним из основных показателей, используемых для оценки экономической эффективности капитальных вложений в мероприятия по организации дорожного движения, является себестоимость автомобильных перевозок, представляющая собой эксплуатационные расходы предприятий автомобильного транспорта, необходимые для осуществления перевозок грузов и пассажиров. Условия движения по дороге или дорожные условия определяются множеством факторов, зависящих как от характеристик и эксплуатационного состояния самой дороги (типа покрытия, числа полос для движения, радиусов кривых, наличия пересечений и т. п.), так и от характеристик транспортного потока (интенсивности, плотности, состава

потока, технического состояния транспортных средств) и методов организации движения (наличия знаков, разметки, технических средств регулирования дорожного движения и пр.). Однако при всем многообразии факторов, определяющих понятие «дорожные условия», их влияние на эксплуатационные расходы предприятий автомобильного транспорта проявляется в действии таких показателей, как: *средняя скорость сообщения* (представляющая собой отношение длины дороги ко времени передвижения), *прерывистость движения* (характеризуемая числом остановок и торможений на перегонах), *доля перепробегов* (определяемая как увеличение протяженности маршрута поездки по сравнению с возможным кратчайшим) и безопасность движения.

Затраты, формирующие себестоимость автомобильных перевозок, можно подразделить на *переменные*, которые зависят от пробега автомобилей, и *постоянные* (содержание дирекции, зданий, сооружений, технологического транспорта, и т. д.) для автомобильных перевозок постоянные затраты составляют в среднем 30% от переменных.

К *переменным* относят затраты на топливо и эксплуатационные материалы, на восстановление шин, на техническое обслуживание и текущий ремонт, на амортизационные отчисления на капитальный ремонт и для определенной категории транспортных средств (автомобилей грузоподъемностью более 2 т, автобусов габаритной длиной более 5 м и легковых автомобилей – такси) – на их полное восстановление.

К *постоянным* затратам относят накладные расходы, амортизацию на полное восстановление автомобилей (кроме перечисленных выше), затраты на содержание производственных зданий и территории автотранспортного предприятия: затраты на текущий ремонт зданий, сооружений, инвентаря, оборудования; амортизационные отчисления на восстановление и капитальный ремонт основных фондов автотранспортного предприятия (кроме автомобилей); арендную плату; расходы на топливо и

электроэнергию для технологических целей; затраты на охрану труда, технику безопасности и противопожарные мероприятия; затраты на содержание вышестоящих организаций и др.

К *заработной плате* относят: заработную плату обслуживающего, административно-управленческого и инженерно-технического персонала (20% от переменных затрат), а также заработную плату водителей.

Повышение средней скорости сообщения в результате улучшения дорожных условий ведет к увеличению годовой транспортной работы, т. е. выработки автомобиля. Годовая выработка автомобиля в тонно-километрах или пассажиро-километрах

$$P = 365 \cdot \alpha_B \cdot T_H \cdot v_{\Sigma} \cdot q \cdot \gamma \cdot \beta, \quad (5.1)$$

где α_B – коэффициент выпуска парка;

T_H – время работы автомобиля в наряде за сутки, ч;

v_{Σ} – средняя эксплуатационная скорость, км/ч;

q – номинальная грузоподъемность (пассажировместимость), т (мест);

γ – коэффициент использования грузоподъемности;

β – коэффициент использования пробега.

Годовая выработка автомобиля в тоннах перевезенного груза

$$Q = \frac{P}{l_{ez}}, \quad (5.2)$$

где l_{ez} – длина ездки с грузом.

При расчетах экономической эффективности мероприятий по улучшению дорожных условий удобнее оперировать затратами на 1 авт.-км.

Если характеризовать степень увеличения скорости сообщения после проведения мероприятий по организации дорожного движения (ОДД) коэффициентом k_V , то изменение годовой выработки при прочих неизменных технико – эксплуатационных показателях

$$\psi = \frac{D_f}{D_{\tilde{N}\tilde{O}}} = \frac{\frac{1}{k_V} + \eta \cdot \beta}{1 + \eta \cdot \beta}, \quad (5.3)$$

где P_{CT}, P_H – выработка автомобиля соответственно до и после проведения мероприятий;

η – доля простоев под погрузкой – разгрузкой (или на остановочных пунктах пассажирского транспорта) от всего времени в наряде.

Повышение годовой выработки автомобиля в результате увеличения средней скорости сообщения ведет к частичному высвобождению подвижного состава и к снижению постоянных $\Delta C_{пост}$, не зависящих от пробега эксплуатационных затрат, входящих в себестоимость, в расчете на любой удельный показатель (автомобиле-километр, тонно-километр, тонну груза)

$$\Delta C_{пост} = C_{пост}^{ст} - C_{пост}^{нов} = C_{пост}^{ст}(1 - \psi), \quad (5.4)$$

где $\tilde{N}_{\tilde{I}\tilde{N}\tilde{O}}^{\tilde{N}\tilde{O}}$ и $\tilde{N}_{\tilde{I}\tilde{N}\tilde{O}}^{\tilde{I}\tilde{A}}$ – постоянные затраты соответственно до и после проведения мероприятий.

Переменные затраты $C_{пер}$ на предприятиях автомобильного транспорта планируют на пробег автомобилей. С повышением средней скорости сообщения (три прочих неизменных технико-эксплуатационных показателей использования автомобиля) годовой пробег будет расти теми же темпами, что и выработка, следовательно, повышение скорости сообщения не ведет к снижению этой части затрат в расчете на 1 авт.-км (т.-км или пасс.-км). Указанные показатели выработки не отражают такой фактор улучшения дорожных условий, как ликвидация или уменьшение перепробегов и, как следствие этого, уменьшение длины ездки с грузом. Поэтому для оценки влияния уменьшения перепробегов на себестоимость перевозок (переменную ее часть) следует пользоваться показателем выработки в тоннах перевезенного груза (или в числе пассажиров).

Снижение переменных затрат вследствие уменьшения перепробегов в расчете на 1 т перевозимого груза (1 пассажира):

$$\Delta C_{пер} = C_{пер}^{ст} - C_{пер}^{нов} = C_{пер}^{ст} g, \quad (5.5)$$

где $C_{пер}^{ст}$, $C_{пер}^{нов}$ – соответственно переменные затраты до и после проведения мероприятий;

$g = l_n / l$ – доля ликвидированных перепробегов l_n от средней дальности ездки с грузом или протяженности маршрута l .

Состав переменных затрат и методика их расчета приведена в лекциях.

Годовая экономия на участке дороги, где повышена средняя скорость сообщения и снижена доля перепробегов

$$\dot{Y}_{\tilde{A}i\tilde{A}} = \frac{365}{\tilde{E}_f} \cdot \sum N_t \cdot \left[C_{i\tilde{m}\tilde{n}\tilde{o}}^{\tilde{n}\tilde{o}} \cdot (1 - \psi) \cdot L + \tilde{N}_{i\tilde{a}\tilde{o}}^{\tilde{n}\tilde{o}} \cdot (1 - g) \cdot q_i \cdot \gamma_i + \frac{\Delta C_c}{n} \right], \quad (5.6)$$

где K_H – коэффициент неравномерности движения в течение суток, 0,1;

N_t – интенсивность движения в час пик автомобилей определенного типа;

L – длина участка дороги, км.

С увеличением скорости движения может возрасти такая составляющая переменных затрат, как стоимость израсходованного топлива, так как при высоких скоростях движения расход топлива увеличивается. Однако здесь следует учитывать то обстоятельство, что увеличение скорости сообщения может происходить не в результате повышения скорости движения на перегонах, а в результате улучшения условий движения (ликвидации или сокращения продолжительности простоя у перекрестков, торможений на перегонах), т.е. выравнивания скоростного режима движения.

3 Аппаратура и материалы:

Микрокалькулятор, учетные карточки (бланки обследования).

4 Указания по технике безопасности

При выполнении работы студенты должны руководствоваться общими правилами техники безопасности при нахождении в аудитории.

5 Методика и порядок выполнения работы

5.1 Согласно индивидуальному заданию (таблица 5.1) рассчитать по формулам 5.1, 5.2 значения годовой выработки автомобиля в тоннах и в тонно-километрах.

Таблица 5.1 – Исходные данные к работе

Вариант	Тип автомобиля	α_B	T_H	$v_{Эст}$	$v_{Энов}$	η	β	γ	$L_{ез}^{ст}$	$L_{ез}^{нов}$	N_t
1	Грузовой бортовой	0,3	6	20	25	0,3	0,43	0,5	80	70	600
2		0,33	6,02	20,8	25,06	0,31	0,44	0,52	78	68,5	590
3		0,36	6,04	21,6	25,12	0,32	0,45	0,54	76	66	580
4		0,39	6,06	22,4	25,18	0,33	0,46	0,56	74	63,5	570
5		0,42	6,08	23,2	25,24	0,34	0,47	0,58	72	61	560
6		0,45	6,1	24	25,3	0,35	0,48	0,6	70	58,5	550
7		0,48	6,12	24,8	25,36	0,36	0,49	0,62	68	56	540
8		0,51	6,14	25,6	25,42	0,37	0,5	0,64	66	53,5	530
9		0,54	6,16	26,4	25,48	0,38	0,51	0,66	64	51	520
10		0,57	6,18	27,2	25,54	0,39	0,52	0,68	62	48,5	510
11	Легковой такси	0,6	6,2	28	25,6	0,4	0,53	0,7	60	46	500
12		0,63	6,22	28,8	25,66	0,41	0,54	0,72	58	43,5	490
13		0,66	6,24	29,6	25,72	0,42	0,55	0,74	56	41	480
14		0,69	6,26	30,4	25,78	0,43	0,56	0,76	54	38,5	470
15	Автобус	0,72	6,28	31,2	25,84	0,44	0,57	0,78	52	36	460
16		0,75	6,3	32	25,9	0,45	0,58	0,8	50	33,5	450
17		0,78	6,32	32,8	25,96	0,46	0,59	0,82	48	31	440
18		0,81	6,34	33,6	26,02	0,47	0,6	0,84	46	28,5	430
19		0,84	6,36	34,4	26,08	0,48	0,61	0,86	44	26	420
20		0,8	6,38	35,2	26,14	0,49	0,62	0,88	42	23,5	410
21		0,76	6,4	36	26,2	0,5	0,63	0,9	40	21	400
22	Грузовой самосвал	0,72	6,42	36,8	26,26	0,51	0,64	0,92	38	18,5	390
23		0,68	6,44	37,6	26,32	0,52	0,65	0,94	36	16	380
24		0,64	6,46	38,4	26,38	0,53	0,66	0,91	34	13,5	370
25		0,6	6,48	39,2	26,44	0,54	0,67	0,88	32	11	360
26		0,56	6,5	40	26,5	0,55	0,68	0,85	30	10	350
27		0,52	6,52	40,8	26,56	0,56	0,69	0,82	28	9	340
28		0,48	6,54	41,6	26,62	0,57	0,7	0,79	26	8	330
29		0,44	6,56	42,4	26,68	0,58	0,71	0,76	24	7	320
30		0,4	6,58	43,2	26,74	0,59	0,72	0,73	22	6	310

5.2 По формуле (5.3) изменение годовой выработки и снижение постоянных эксплуатационных затрат по формуле (5.4).

5.3 Определить снижение переменных затрат вследствие уменьшения перепробегов по формуле (5.5).

5.3 Определить годовую экономию на участке дороги, где повышена средняя скорость сообщения и снижена доля перепробегов по формуле (5.6).

6 Содержание отчета и его форма

Отчет должен содержать: расчет годовой выработки автомобиля в тоннах и в тонно-километрах; расчет изменения годовой выработки и снижения постоянных эксплуатационных затрат; расчет снижения переменных затрат вследствие уменьшения перепробегов; расчет годовой экономии на участке дороги; выводы.

7 Вопросы для защиты работы

- Определение средней скорости сообщения.
- Определение прерывистости движения.
- Понятие доли перепробегов.
- Что относят к переменным затратам?
- Что относят к постоянным затратам?
- Годовая выработка автомобиля.

8 Список рекомендуемой литературы

1. Бабков, В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения: учебник для вузов / В. Ф. Бабков. – М. : Транспорт, 1993. – 271 с.
2. Клинковштейн, Г. И. Организация дорожного движения: учебник для вузов / Г. И. Клинковштейн, М. Б. Афанасьев. – 5-е изд., перераб и доп. – М. : Транспорт, 2001. – 247 с.
3. Аксенов, В. А. Экономическая эффективность рациональной организации дорожного движения / В. А. Аксенов, Е. П. Попова. – М. : Транспорт, 1997. – 126 с.

Приложение А
УКАЗАНИЯ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДОРОЖНО-ПОЛЕВЫХ РАБОТ

1. Проведение натурного обследования на участке УДС производится согласно разработанным методикам с соблюдением «Правил дорожного движения».

2. При выполнении работ по обследованию непосредственно на дороге должны соблюдаться требования Инструкции по организации движения и ограждению мест производства работ.

3. Запрещается проведение работ в темное время суток, в тумане, при сильном ливневом дожде и гололеде.

4. К выполнению работ допускаются лица, изучившие методику проведения дорожно-полевых работ и прошедшие инструктаж по безопасной эксплуатации ПЛ.

5. При использовании подвижной лаборатории запрещается работа обслуживающего персонала вне ПЛ без оранжевых сигнальных жилетов.

6. В случае аварийной ситуации эвакуацию производить через основные и запасные выходы ПЛ.

7. Измерения и развороты ПЛ выполнять при включенных проблесковых маячках.

8. Перед выездом проверьте наличие в ПЛ: медицинской аптечки, углекислотных огнетушителей, знак аварийной остановки, противооткат башмаков.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к практическим занятиям по дисциплине
«Организация и безопасность дорожного движения на
автомобильных дорогах»
по направлению подготовки магистров 08.04.01 «Строительство»
по профилю «Проектирование, строительство и эксплуатация
автомобильных дорог».

Часть 3

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Организация и безопасность дорожного движения на автомобильных дорогах» (часть 3) предназначены для студентов по направлению подготовки магистров 08.04.01 «Строительство» по профилю «Проектирование, строительство и эксплуатация автомобильных дорог» и составлены в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта высшего образования и основной образовательной программы подготовки.

СОДЕРЖАНИЕ

Практическая работа 1. Конструирование нежестких дорожных одежд.....	4
Практическая работа 2. Расчет нежестких дорожных одежд по допустимому упругому прогибу	13
Практическая работа 3. Расчет нежестких дорожных одежд по условия сдвигоустойчивости	19
Практическая работа 4. Расчет конструкции на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе	25
Список литературы.....	31
Приложения.....	32

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1.

Конструирование нежестких дорожных одежд

Теоретическая часть

Проектирование конструкций дорожных одежд состоит из двух последовательно выполняемых этапов – конструирования и расчета, которые взаимосвязаны и не должны противопоставляться друг другу.

К нежестким дорожным одеждам, обладающим малым сопротивлением изгибу, относят одежды со слоями, устроенными из разного вида асфальтобетонов (дегтебетонов), из материалов и грунтов, укрепленных битумом, цементом, известью, комплексными и другими вяжущими, а также из слабосвязных зернистых материалов (щебня, шлака, гравия и др.).

Различают следующие элементы дорожной одежды:

Покрытие – верхняя часть дорожной одежды, воспринимающая усилия от колес транспортных средств и подвергающаяся непосредственному воздействию атмосферных факторов.

Для повышения водонепроницаемости, сопротивления истиранию, шероховатости поверх покрытий устраивают тонкие защитные слои (*слои поверхностной обработки*).

Основание – часть конструкции дорожной одежды, расположенная под покрытием и обеспечивающая совместно с покрытием перераспределение напряжений в конструкции и снижение их величины в грунте рабочего слоя земляного полотна (подстилающем грунте), а также морозоустойчивость и осушение конструкции. Следует различать несущую часть основания (несущее основание) и дополнительные слои основания. Несущая часть основания должна обеспечивать прочность дорожной одежды и быть морозоустойчивой.

Дополнительные слои основания – слои между несущим основанием и подстилающим грунтом, предусматриваемые при наличии неблагоприятных погодных-климатических и грунтово-гидрологических условий. Эти слои

совместно с покрытием и основанием должны обеспечивать необходимые морозоустойчивость и дренирование конструкции и создавать условия для снижения толщины вышележащих слоев из дорогостоящих материалов.

Рабочий слой земляного полотна (подстилающий грунт) – верхняя часть полотна в пределах от низа дорожной одежды до $2/3$ глубины промерзания, но не менее 1,5 м от поверхности покрытия.

Процедура конструирования дорожной одежды включает:

- выбор вида покрытия;
- назначение числа конструктивных слоев с выбором материалов для устройства слоев, размещение слоев в конструкции и назначение их ориентировочных толщин;
- предварительную оценку необходимости назначения дополнительных морозозащитных мер с учетом дорожно-климатической зоны, типа грунта рабочего слоя земляного полотна и схемы увлажнения рабочего слоя на различных участках;
- предварительную оценку необходимости назначения мер по осушению конструкции, а также по повышению трещиностойкости конструкции;
- оценку целесообразности укрепления или улучшения верхней части рабочего слоя земляного полотна;
- предварительный отбор конкурентоспособных вариантов с учетом местных природных и проектных условий работы.

Расчет суммарного расчетного количества приложений расчетной нагрузки за срок службы автомобильной дороги выполняется в следующей последовательности.

1. В начале определяется величина приведенного к расчетной нагрузке среднесуточного (на конец срока службы) числа проездов всех колес, расположенных по одному борту расчетного автомобиля в пределах одной полосы проезжей части (приведенная интенсивность воздействия нагрузки), по формуле:

$$N_p = f_{пол} \cdot \sum_{m=1}^n N_m \cdot S_{т сум}, \quad (1.1)$$

где $f_{пол}$ – коэффициент, учитывающий число полос движения и распределение движения по ним, определяемый по таблице 1.1 (при числе полос 4 и более $f_{пол}=0,25$);

Таблица 1.1 – Значение коэффициента, учитывающего число полос движения

Число полос движения	Значение коэффициента $f_{пол}$ для полосы (от обочины)		
	1	2	3
1	1,00	-	-
2	0,55	-	-
3	0,5	0,5	-
4	0,35	0,2	-
6	0,3	0,2	0,05

Примечания:

– порядковый номер полосы считается справа по ходу движения в одном направлении;

– для расчета обочин принимают $f_{пол} = 0,01$;

– на многополосных дорогах допускается проектировать одежду переменной толщины по ширине проезжей части, рассчитав дорожную одежду в пределах различных полос в соответствии со значениями N_p , найденными по формуле (1.1);

– на перекрестках и подходах к ним (в местах перестройки потока автомобилей для выполнения левых поворотов и др.) при расчете одежды в пределах всех полос движения следует принимать $f_{пол} = 0,50$, если общее число полос проезжей части проектируемой дороги более трех.

n – общее число различных марок транспортных средств в составе транспортного потока;

N_m – число проездов в сутки в обоих направлениях транспортных средств m – й марки;

$S_{т сум}$ – суммарный коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства m -й марки к расчетной нагрузке $Q_{расч}$, определяемый в соответствии с таблицей 1.2.

2. Суммарное расчетное количество приложений расчетной нагрузки к точке поверхности конструкции за срок службы:

$$\Sigma N_p = 0,7 N_p \frac{K_c}{q^{(T_{св}-1)}} T_{пдс} k_n, \quad (1.2)$$

где N_p – приведённая интенсивность на каждый год срока службы, авт./сут.

$T_{pдг}$ – рекомендуемое количество расчётных дней в году, соответствующее определённому состоянию деформируемости конструкции (таблица 1.3, рисунок 1.1).

Таблица 1.2 – Суммарный коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства

Типы автомобилей	Коэффициент приведения к расчётной нагрузке, $S_{т\text{ сум}}$
Легкие грузовые автомобили грузоподъёмностью от 1 до 2 т	0,005
Средние грузовые автомобили грузоподъёмностью от 2 до 5 т	0,2
Тяжёлые грузовые автомобили грузоподъёмностью от 5 до 8 т	0,7
Очень тяжёлые грузовые автомобили грузоподъёмностью более 8 т	1,25
Автобусы	0,7
Тягачи с прицепами	1,5

Таблица 1.3 – Рекомендуемые значения $T_{pдг}$ в зависимости от местоположения дороги

Номера районов на карте	Примерные географические границы районов	Рекомендуемое количество расчётных дней в году, $T_{pдг}$
1	Зона распространения вечномёрзлых грунтов севернее семидесятой параллели	70
2	Севернее линии, соединяющей Онегу – Архангельск – Мезень – Нарьян-Мар – шестидесятый меридиан, до побережья Европейской части	145
3	Севернее линии, соединяющей Минск – Смоленск – Калугу – Рязань – Саранск – сорок восьмой меридиан, до линии, соединяющей Онегу – Архангельск – Мезень – Нарьян-Мар	125
4	Севернее линии, соединяющей Львов – Киев – Белгород – Воронеж – Саратов – Самару – Оренбург – шестидесятый меридиан, до линии районов 2 и 3	135
5	Севернее линии, соединяющей Ростов-на-Дону – Элисту – Астрахань, до линии Львов – Киев – Белгород – Воронеж – Саратов – Самара	145
6	Южнее линии Ростов-на-Дону – Элиста – Астрахань для Европейской части, южнее сорок шестой параллели – для остальных территорий	205
7	Восточная и Западная Сибирь, Дальний Восток (кроме Хабаровского и Приморского краев, Камчатской области), ограниченные с севера семидесятой параллелью, с юга – сорок шестой параллелью	130 – 150 (меньшие значения для центральной части)
8	Хабаровский и Приморский края. Камчатская область	140

Примечания: значения величины $T_{pдг}$ на границах районов следует принимать по наибольшему из значений.

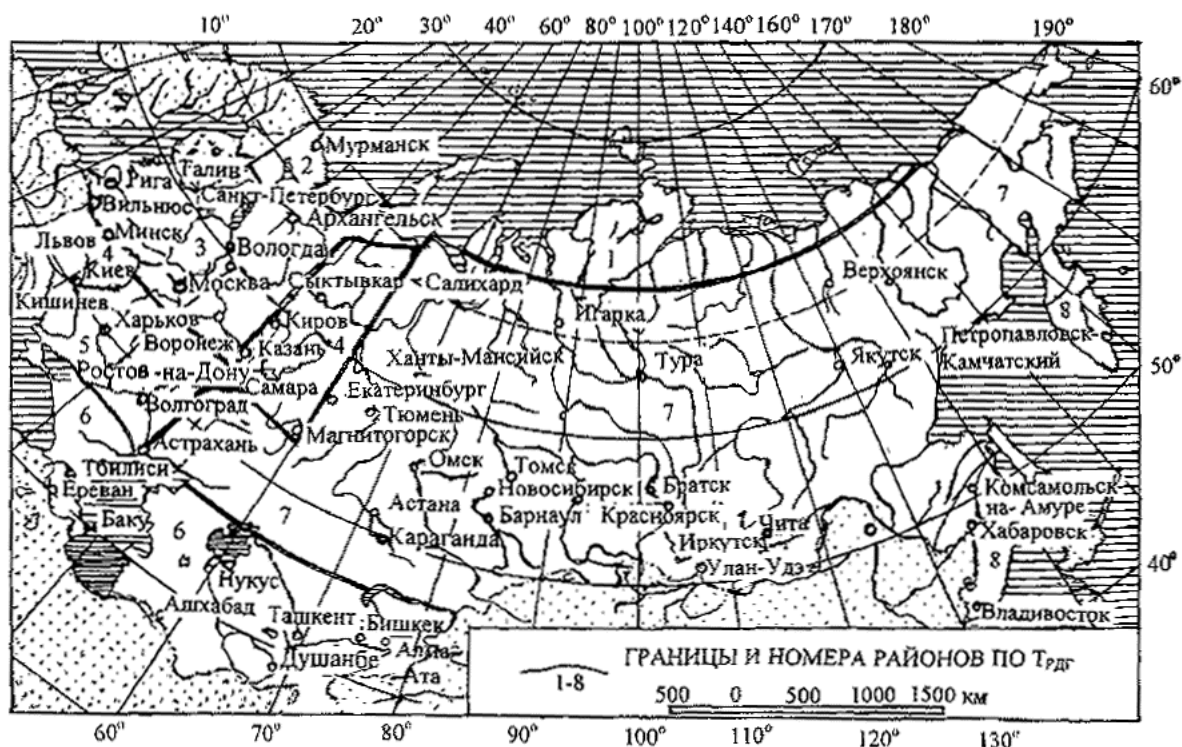


Рисунок 1.1 – Карта районирования по количеству расчетных дней в году, $T_{pдг}$

K_n – коэффициент, учитывающий вероятность отклонений суммарного движения от среднего ожидаемого (таблица 1.4);

Таблица 1.4 – Значения коэффициента, учитывающего вероятность отклонений суммарного движения от среднего ожидаемого

Тип дорожной одежды	Значение коэффициента k_n при различных категориях дорог				
	I	II	III	IV	V
Капитальный	1,49	1,49	1,38	1,31	-
Облегченный	-	1,47	1,32	1,26	1,06
Переходный	-	-	1,19	1,16	1,04

K_c – коэффициент суммирования берется по таблице 1.5 или определяется по формуле:

$$K_c = \frac{q^{T_{cl}} - 1}{q - 1}, \quad (1.3)$$

где T_{cl} – расчетный срок службы конструкции (таблица 1.6);

q – показатель изменения интенсивности движения данного типа автомобиля по годам.

Таблица 1.5 – Значение коэффициента суммирования

Показатель изменения интенсивности движения по годам, q	Значение K_c при сроке службы дорожной одежды T_{cl} в годах			
	8	10	15	20
0,90	5,7	6,5	7,9	8,8
0,92	6,1	7,1	8,9	10,1
0,94	6,5	7,7	10,0	11,8
0,96	7,0	8,4	11,4	13,9
0,98	7,5	9,1	13,1	16,6
1,00	8,0	10,0	15,0	20,0
1,02	8,6	10,9	17,2	24,4
1,04	9,2	12,0	20,0	29,8
1,06	9,9	13,2	23,2	36,0
1,08	10,6	14,5	27,2	45,8
1,10	11,4	15,9	31,7	67,3

Таблица 1.6 – Рекомендуемый расчетный срок службы конструкции

Категория дороги	Тип дорожной одежды	Срок службы в дорожно-климатических зонах, T_{cl} , лет		
		I, II	III	IV, V
I	Капитальные	14 – 15 – 18	15 – 19	16 – 20
II	Капитальные	11 – 15	12 – 16	13 – 16
III	Капитальные	11 – 15	12 – 16	13 – 16
	Облегченные	10 – 13	11 – 14	12 – 15
IV	Капитальные	11 – 15	12 – 16	13 – 16
	Облегченные	8 – 10	9 – 11	10 – 12
V	Облегченные	8 – 10	9 – 11	10 – 12
	Переходные	3 – 8	3 – 9	3 – 9

3. По полученному значению суммарного расчетного количества приложений расчетной нагрузки определяем величину минимального требуемого модуля упругости конструкции (при $\Sigma N_p > 4 \cdot 10^4$):

$$E_{min} = 98,65 [\log(\sum N_p) - c], \quad (1.4)$$

где c – эмпирический параметр, принимаемый равным для расчетной нагрузки на ось 100 кН – 3,55; 110 кН – 3,25; 130 кН – 3,05.

Для дорог в 5 дорожно-климатической зоне требуемые модули, определенные по формуле (1.4), следует уменьшить на 15 %.

Независимо от результата, полученного по формуле (1.4), требуемый модуль упругости должен быть не менее указанного в таблице 1.7.

Таблица 1.7 – Требуемый модуль упругости

Категория дороги	Суммарное минимальное расчетное число приложений расчетной нагрузки на наиболее нагруженную полосу	Требуемый модуль упругости для типа дорожной одежды, МПа		
		капитальной	облегченной	переходной
I	750000	230	-	-
II	500000	220	210	-
III	375000	200	200	-
IV	110000	-	150	100
V	40000	-	100	50

4. По полученному значению модуля упругости определяем конструкцию дорожной одежды или выбираем типовую (рисунок 1.2), соответствующую заданной категории.

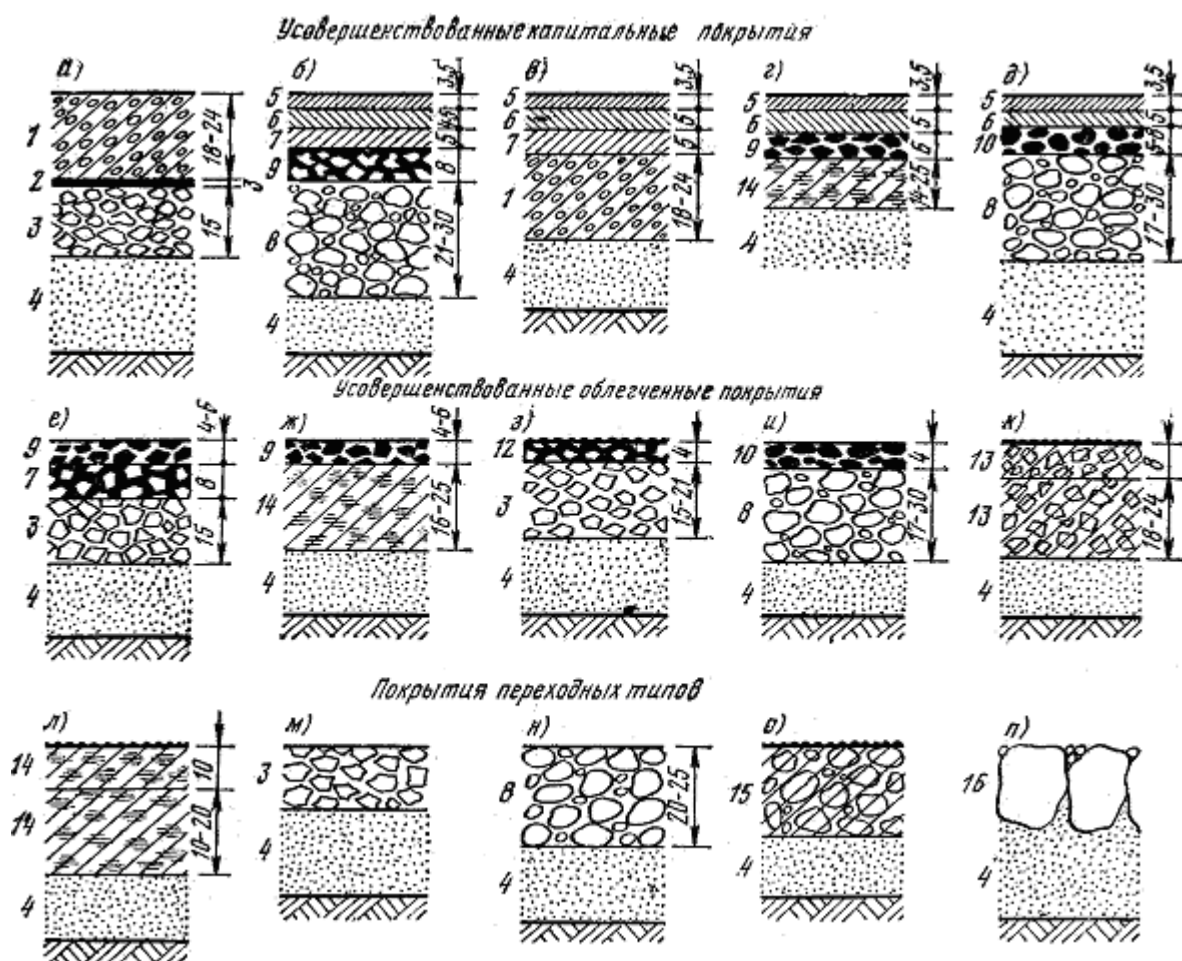


Рисунок 1.2 – Примеры конструкций дорожных одежд:

а – цементобетонное покрытие; *б* – асфальтобетонное покрытие на гравийном основании; *в* – трехслойное асфальтобетонное покрытие на бетонном основании (применяется в городах); *г* – асфальтобетонное покрытие на основании из щебня,

обработанного в установке органическими вяжущими, и грунта, укрепленного битумом и цементобетоном; *д* – асфальтобетонное покрытие на гравийном основании; *е* – покрытие из щебня, обработанного органическими вяжущими, на щебеночном основании; *ж* – покрытие из щебня, обработанного органическими вяжущими на основании из цементогрунта; *з* – покрытие из щебня, обработанного органическим вяжущим, на щебеночном основании; *и* – покрытие из гравийной смеси, обработанной органическими вяжущими, на гравийном основании; *к* – покрытие из щебня, укрепленного 6 % цемента, на основании из щебня, укрепленного 4 % цемента; *л* – покрытие из грунта, обработанного неорганическими вяжущими материалами; *м* – щебеночное покрытие; *н* – гравийное покрытие; *о* – покрытие из гравия, обработанного малыми дозами вяжущих материалов; *п* – булыжная мостовая; *р* – покрытие из оптимальной грунтовой смеси; *с* – покрытие из грунта, укрепленного добавками щебня, гравия, шлаков;

1 – цементобетон; 2 – прослойка из песка, обработанного органическими вяжущими материалами; 3 – щебеночный слой; 4 – дополнительный (морозозащитный, дренирующий) слой основания из песка, гравия, шлака или морозоустойчивых местных каменных материалов; толщина его назначается по расчету; 5 – среднезернистый, мелкозернистый или песчаный асфальтобетон; 6 – крупнозернистый пористый асфальтобетон; 7 – щебень, обработанный органическими вяжущими методом пропитки; 8 – гравийная смесь; 9 – щебень, обработанный органическими вяжущими материалами в установке; 10 – гравийная смесь с добавками щебня, обработанная вяжущими в установке; 11 – цементогрунт; 12 – щебеночное покрытие, обработанное органическими вяжущими методом пропитки с последующей поверхностной обработкой); 13 – щебень, укрепленный добавками цемента (верхний слой 6 %, нижний 4 %); 14 – грунт, укрепленный добавками неорганических вяжущих; 15 – гравийные покрытия из некондиционных каменных материалов, укрепленных малыми дозами цемента. На покрытии двойная поверхностная обработка; 16 – булыжная мостовая; 17 – грунт, укрепленный песчано-глинистыми добавками; 18 – грунт, укрепленный щебнем, шлаком, гравием или дресвой.

5. Выполнить описание конструктивных слоев и их характеристик в виде таблицы 1.8

Таблица 1.8 – Конструкция дорожной одежды

№	Материал слоя	h слоя, см	Расчет упруг. прогибу, E , МПа	Расчет по усл. сдвигу, E , Па	Расчет на растяжение при изгибе			
					E , МПа	R_o , МПа	α	m
1.								
2.								
...								
п.								

Задание

1. По данным, указанным в таблице 1.9, рассчитать минимальный требуемый модуль упругости дорожной одежды. Интенсивность, техническую категорию принять по заданию преподавателя.
2. Выбрать конструкцию дорожной одежды, соответствующую категории и модулю упругости. Выполнить схематический чертеж.
3. Результаты представить в виде таблицы 1.8.

Таблица 1.9 – Варианты заданий

Параметры	Вариант							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Заданная надежность K_n	0,95	0,9	0,95	0,8	0,85	0,9	0,98	0,7
Заданный срок службы, лет	8	10	20	15	15	8	20	10
Приращение интенсивности q	1,04	1,10	1,06	1,02	1,00	1,08	1,02	1,04
Грунт рабочего слоя земляного полотна	глина	суглинок легкий	песок крупный	супесь тяжелая	песок пылеватый	суглинок пылеватый	глина жирная	песок мелкий
Глубина залегания грунтовых вод, м	1,5	1,2	2,4	2,2	1,1	1,3	1,8	1,6
Схема увлажнения земполотна	I	II	III	III	I	II	I	III
Относительная влажность грунта земполотна	0,5	0,6	0,8	0,75	0,95	0,65	0,55	0,85
Группа нагрузки	A1	A2	A3	A2	A1	A3	A1	A2

Вопросы к практической работе

1. Из каких слоев состоит дорожная одежда? Каковы их функции?

2. Опишите последовательность конструирования дорожной одежды.
3. Каким образом учитывается интенсивность движения и климатические параметры при проектировании дорожных одежд?

Литература [1 – 8].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2.

Расчет нежестких дорожных одежд по допустимому упругому прогибу

Теоретическая часть

Расчет дорожной одежды заключается в обосновании необходимой толщины и устойчивости как всей дорожной одежды в целом, так и отдельных ее слоев.

Для обеспечения равнопрочности и возможности сопоставления разных вариантов по прочности их оценивают *эквивалентным модулем упругости* (общим модулем упругости) — модулем такого однородного полупространства, который при приложении расчетной нагрузки имеет такую же деформацию, как многослойная дорожная одежда.

Конструкция дорожной одежды в целом удовлетворяет требованиям прочности и надежности по величине упругого прогиба при условии:

$$E_{\text{общ}} > E_{\text{min}} \cdot k_{\text{np}}^{\text{mp}}, \quad (2.1)$$

где $E_{\text{общ}}$ — общий расчетный модуль упругости конструкции, МПа;

E_{min} — минимальный требуемый общий модуль упругости конструкции, МПа;

$K_{\text{np}}^{\text{mp}}$ — требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба, принимаемый в зависимости от требуемого уровня надежности (таблица 2.1).

Общий расчетный модуль упругости конструкции определяют с помощью номограммы (рисунок 2.1), построенной по решению теории

упругости для модели многослойной среды.

Приведение многослойной конструкции к эквивалентной однослойной ведут послойно, начиная с подстилающего грунта.

Таблица 2.1 – Требуемые минимальные коэффициенты прочности при заданных уровнях надежности для расчета дорожных одежд по различным критериям прочности

Тип дорожной одежды		Капитальный										
1		2		3		4			5			
Категория дороги		I		II		III			IV			
Предельный коэффициент разрушения, K_p^{np}		0,05				0,10						
Заданная надежность, K_n		0,98	0,95	0,98	0,95	0,98	0,95	0,90	0,95	0,90	0,85	0,80
Требуемый коэффициент прочности, K_{np}^{Tp} по критерию:	упругого прогиба	1,50	1,30	1,38	1,20	1,29	1,17	1,10	1,17	1,10	1,06	1,02
	сдвига и растяжения при изгибе	1,10	1,00	1,10	1,00	1,10	1,00	0,94	1,00	0,94	0,90	0,87
Тип дорожной одежды		Облегченный										
Категория дороги		III			IV				V			
Предельный коэффициент разрушения, K_p^{np}		0,15										
Заданная надежность, K_n		0,98	0,95	0,90	0,95	0,90	0,85	0,80	0,95	0,90	0,80	0,70
Требуемый коэффициент прочности, K_{np}^{Tp} по критерию:	упругого прогиба	1,29	1,17	1,10	1,17	1,10	1,06	1,02	1,13	1,06	0,98	0,90
	сдвига и растяжения при изгибе	1,10	1,00	0,94	1,00	0,94	0,90	0,87	1,00	0,94	0,87	0,80
Тип дорожной одежды		Переходный										
Категория дороги		IV							V			
Предельный коэффициент разрушения, K_p^{np}		0,40										
Заданная надежность, K_n		0,95	0,90	0,85	0,80	0,95	0,90	0,80	0,90	0,80	0,70	
Требуемый коэффициент прочности, K_{np}^{Tp} по критерию:	упругого прогиба	1,17	1,10	1,06	1,02	1,13	1,06	0,98	0,90	0,80	0,70	
	сдвига и растяжения при изгибе	1,00	0,94	0,90	0,87	1,00	0,94	0,87	0,80	0,70		

Расчет по допустимому упругому прогибу (по требуемому модулю деформации) ведут в следующей последовательности:

1. Определяют требуемый минимальный общий модуль конструкции

по формуле 1.2 (лабораторная работа 1).

2. Назначают модули и предварительно толщину слоев конструкции .

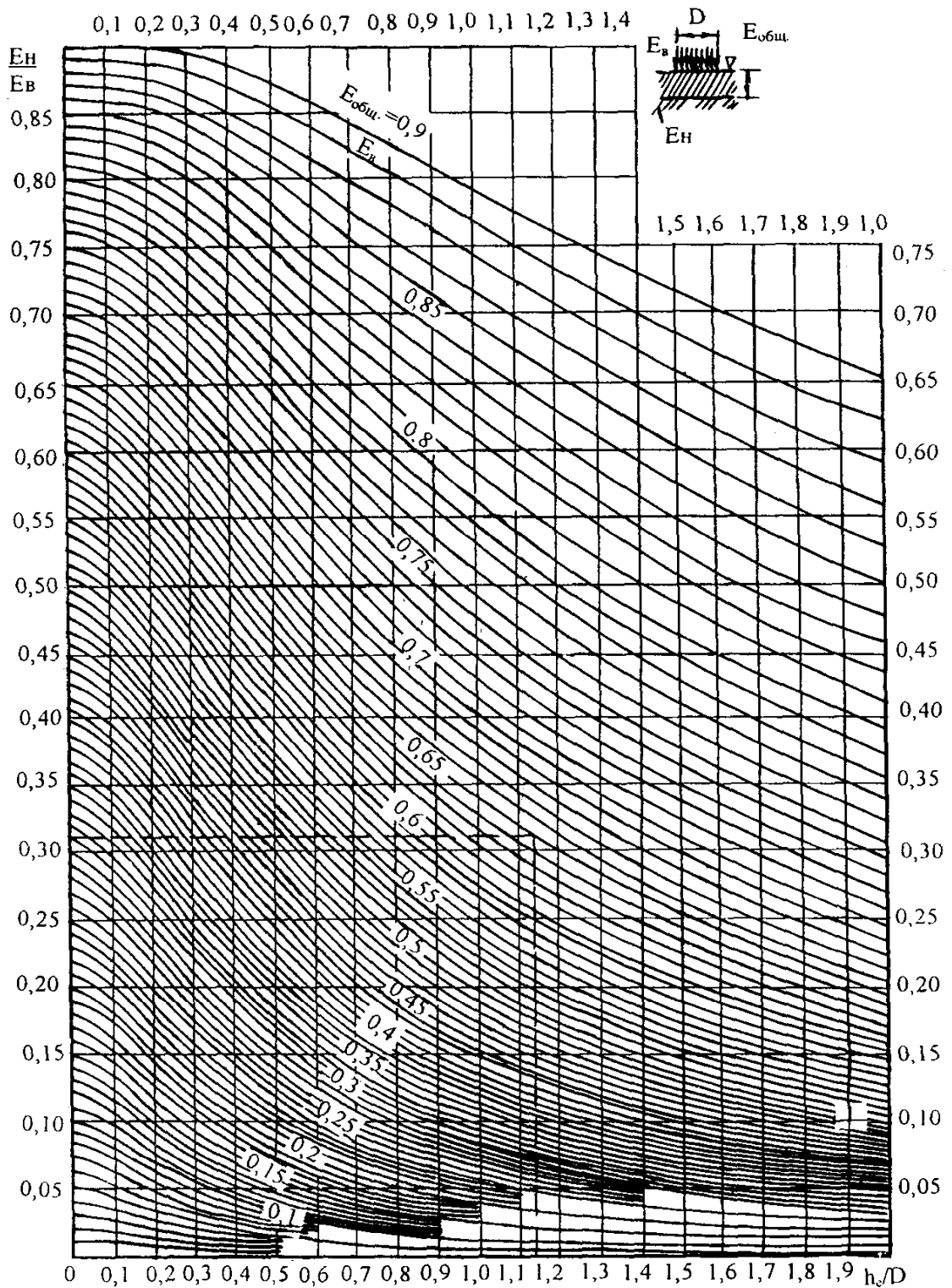


Рисунок 2.1 – Номограмма для определения общего модуля упругости двухслойной системы, $E_{общ}$

3. Выполняя расчет конструкции сверху вниз, определяют с помощью

номограммы рисунок 2.1, требуемые модули на поверхности каждого конструктивного слоя.

4. Выполняя расчет конструкции снизу вверх, определяют толщину основания (при заданном его модуле), обеспечивающую необходимый модуль на поверхности основания, полученный при расчете сверху.

Пример

Исходные данные:

№	Материал слоя	h слоя, см	Модуль упругости материала E , МПа
1.	Асфальтобетон плотный на БНД марки 60/90	4	3200
2.	Асфальтобетон пористый на БНД марки 60/90	8	2000
3.	Асфальтобетон высокопористый на БНД марки 60/90	22	2000
4.	Укрепленная щебеночно-гравийно-песчаная смесь	26	420
5.	Супесь пылеватая $W_o = 0,7W_T$	-	46

Расчет по допускаемому упругому прогибу ведем послойно (по двухслойной схеме), начиная с подстилающего грунта по номограмме рисунок 2.1:

1. Находим отношение модулей упругости нижнего (пятого) слоя – супеси пылеватой, к верхнему (четвертому) слою – щебня:

$$\frac{E_n}{E_g} = \frac{E^{cp}}{E^{щб}} = \frac{46}{420} = 0,107.$$

Зная группу расчетной нагрузки (A1), имеем параметры $P=0,6$ МПа, $D = 37$ см, (таблица 2.2).

Далее определяем отношение толщины верхнего (четвертого) слоя в двухслойной схеме $h_g = h^{щб}$ к диаметру отпечатка шины расчетного автомобиля D :

$$\frac{h_g}{D} = \frac{h^{щб}}{D} = \frac{26}{37} = 0,70.$$

Далее на номограмме по оси $\frac{h_c}{D}$ откладываем значение $\frac{h^{щб}}{D} = 0,70$, а по оси $\frac{E_n}{E_g}$

значение $\frac{E^{cp}}{E^{щб}} = 0,107$. Восстанавливая перпендикуляры из найденных на осях

координат точек, определяем по точке их пересечения на системе линий на поле

номограммы отношение, $\frac{E_{общ}}{E_g} = \frac{E_{общ}^{щб}}{E^{щб}} = 0,29$ из которого находим искомый

эквивалентный модуль двухслойной системы, умножая найденное по графику значение, на модуль упругости материала верхнего (четвертого – слоя щебня) слоя:

$$E_{общ}^{щеб} = 0,29 \cdot 420 = 122 \text{ МПа.}$$

2. Теперь используем в качестве модуля упругости нижнего слоя рассчитанный в первом шаге эквивалентный модуль упругости $E_{общ}^{щеб} = 122$. Верхним будет является следующий по порядку (третий) слой асфальтобетона высокопористого на БНД марки 60/90.

Вся схема расчета повторяется до самого верхнего слоя:

$$\frac{E_n}{E_6} = \frac{E_{общ}^{щеб}}{E^{a/\delta_3}} = \frac{122}{2000} = 0,06, \quad \frac{h^{a/\delta_3}}{D} = \frac{22}{37} = 0,59,$$

по номограмме – $\frac{E^{a/\delta_3}}{E_{общ}} = 0,18, \quad E_{общ}^{a/\delta_3} = 0,18 \cdot 2000 = 360 \text{ МПа;}$

$$3. \frac{E_n}{E_6} = \frac{E_{общ}^{a/\delta_3}}{E^{a/\delta_2}} = \frac{360}{2000} = 0,18, \quad \frac{h^{a/\delta_2}}{D} = \frac{8}{37} = 0,22,$$

по номограмме – $\frac{E_{общ}^{a/\delta_2}}{E^{a/\delta_2}} = 0,24, \quad E_{общ}^{a/\delta_2} = 0,24 \cdot 2000 = 480 \text{ МПа;}$

$$4. \frac{E_n}{E_6} = \frac{E_{общ}^{a/\delta_2}}{E^{a/\delta_1}} = \frac{480}{2000} = 0,15, \quad \frac{h^{a/\delta_1}}{D} = \frac{4}{37} = 0,11$$

по номограмме – $\frac{E_{общ}}{E^{a/\delta_1}} = 0,165.$

Таким образом, общий модуль упругости дорожной одежды $E_{общ} = 0,165 \cdot 3200 = 528 \text{ МПа.}$

5. Имея значение минимального требуемого модуля упругости $E_{тр} = 326 \text{ МПа}$, вычисленного по формуле (12.2), проверяем выполнение условия (2.1):

$$528 > 326 \cdot 1,3, \text{ условие выполняется}$$

где $1,3 = K_{нр}^{тр}$ – требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба, принимаемый в зависимости от требуемого уровня надежности (таблица 2.1).

Задание

1. Проверить конструкцию дорожной одежды (лабораторная работа 12) по допустимому упругому прогибу. Расчетную нагрузку, соответствующую расчетному автомобилю группы А, принять по таблице 2.2 по своему варианту.

Таблица 2.2 – Расчетная нагрузка

Группа расчетной нагрузки	Нормативная статическая нагрузка на ось, кН	Нормативная статическая нагрузка на поверхность покрытия от колеса расчетного автомобиля, $Q_{расч.}$, кН	Расчетные параметры нагрузки	
			P , МПа	D , см
A1	100	50	0,60	37/33
A2	110	55	0,60	39/34
A3	130	65	0,60	42/37

Примечание: В числителе – для движущегося колеса, в знаменателе – для неподвижного.

2. Результаты расчета представить в виде таблицы 2.3 и рисунка 2.1.

Таблица 2.3 – Расчет дорожной одежды нежесткого типа

№ слоя	Материал слоя	h_i	Модуль упругости слоя, E_i , МПа	h_i/D	$E_{общ}$	$E_{общ}^i = E_{общ} \cdot E_i$	E_H/E_B
1	2	3	4	5	6	7	8
1		h_5	E_5	h_5/D	$E_{общ5}$	$E_{общ}$	$E_{общ}^4/E_5$
2		h_4	E_4	h_4/D	$E_{общ4}$	$E_{общ}^4$	$E_{общ}^3/E_4$
3		h_3	E_3	h_3/D	$E_{общ3}$	$E_{общ}^3$	$E_{общ}^2/E_3$
4		h_2	E_2	h_2/D	$E_{общ2}$	$E_{общ}^2$	$E_{общ}^1/E_2$
5		h_1	E_1	h_1/D	$E_{общ1}$	$E_{общ}^1$	$E_{сп}/E_1$
6	Подстилающий грунт	-	$E_{сп}$				

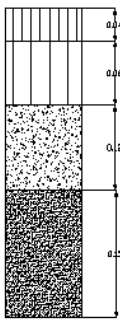
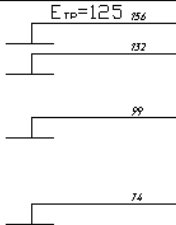
Наименование конструктивных слоев	Толщина слоев, м	Расчетные характеристики материалов			Общий модуль упругости поверхности слоев, МПа	Напряжение по сдвигу и растягивающее напряжение при изгибе		Коэффициент прочности
		Упругий прогиб, МПа	Сдвиг, МПа	Изгиб, МПа		расчетные, МПа	допускаемые, МПа	
Мелкозернистый а/бетон		$E_1=3200$	$E_1=900$	$E_1=4500$				$K_{доп}=0,90$ $K_{пр}=1,25$
Крупнозернистый а/бетон		$E_2=200$	$E_2=840$	$E_2=2800$ $R=1,6$		$\sigma_g=1,476$	$R_g=2,714$	$K_{пр}=1,47$
Песчано-гравийно-щебеночная смесь с 30% щебня содержание дроб. зерен не менее 24%		$E_3=230$	$E_3=230$ $\varphi=48^\circ$ $c=0,038$					
Песчано-гравийная смесь		$E_4=180$	$E_4=230$ $\varphi=45^\circ$ $c=0,03$					
Грунт-земполотно суглинок		$E_5=48$	$E_5=230$ $\varphi=21^\circ$ $c=0,0235$			$\tau_H=0,017$	$T_g=0,025$	$K_{пр}=1,43$

Рисунок 2.1 – Расчет нежесткой дорожной одежды

Вопросы к практической работе

1. Что такое общий модуль упругости дорожной одежды?
2. По какой системе производят расчет эквивалентных модулей упругости?
3. Опишите порядок расчета и нахождения значений по номограмме?
4. Какими параметрами определяется соответствие дорожной одежды критерию упругого прогиба?

Литература [1 – 8].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3.

Расчет нежестких дорожных одежд по условия сдвигоустойчивости

Теоретическая часть

При действии расчетной нагрузки в слоях дорожной одежды, не обладающих большой связностью, не должно возникать явлений сдвига, приводящих к деформациям дорожных одежд. Поэтому необходимо производить проверку таких слоев на сдвигоустойчивость.

1. Расчет по условию сдвигоустойчивости подстилающего грунта

Дорожную одежду проектируют из расчета, чтобы под действием кратковременных или длительных нагрузок в подстилающем грунте или малосвязных (песчаных) слоях за весь срок службы не накапливались недопустимые остаточные деформации формоизменения. Недопустимые деформации сдвига в конструкции не будут накапливаться, если в грунте земляного полотна и в малосвязных (песчаных) слоях обеспечено условие:

$$T \leq \frac{T_{np}}{K_{np}^{mp}}, \quad (3.1)$$

где K_{np}^{mp} – требуемое минимальное значение коэффициента прочности, определяемое с учетом заданного уровня надежности (см. таблицу 2.1);

T – расчетное активное напряжение сдвига (часть сдвигающего напряжения, непогашенная внутренним трением) в расчетной (наиболее опасной) точке конструкции от действующей временной нагрузки;

T_{np} – предельная величина активного напряжения сдвига (в той же точке), превышение которой вызывает нарушение прочности на сдвиг.

Действующие в грунте или в песчаном слое активные напряжения сдвига (T) вычисляют по формуле:

$$T = \bar{\tau}_H \cdot p, \quad (3.2)$$

где $\bar{\tau}_H$ – удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки, определяемое с помощью номограмм (рисунок 3.1; 3.2);

p – расчетное давление от колеса на покрытие.

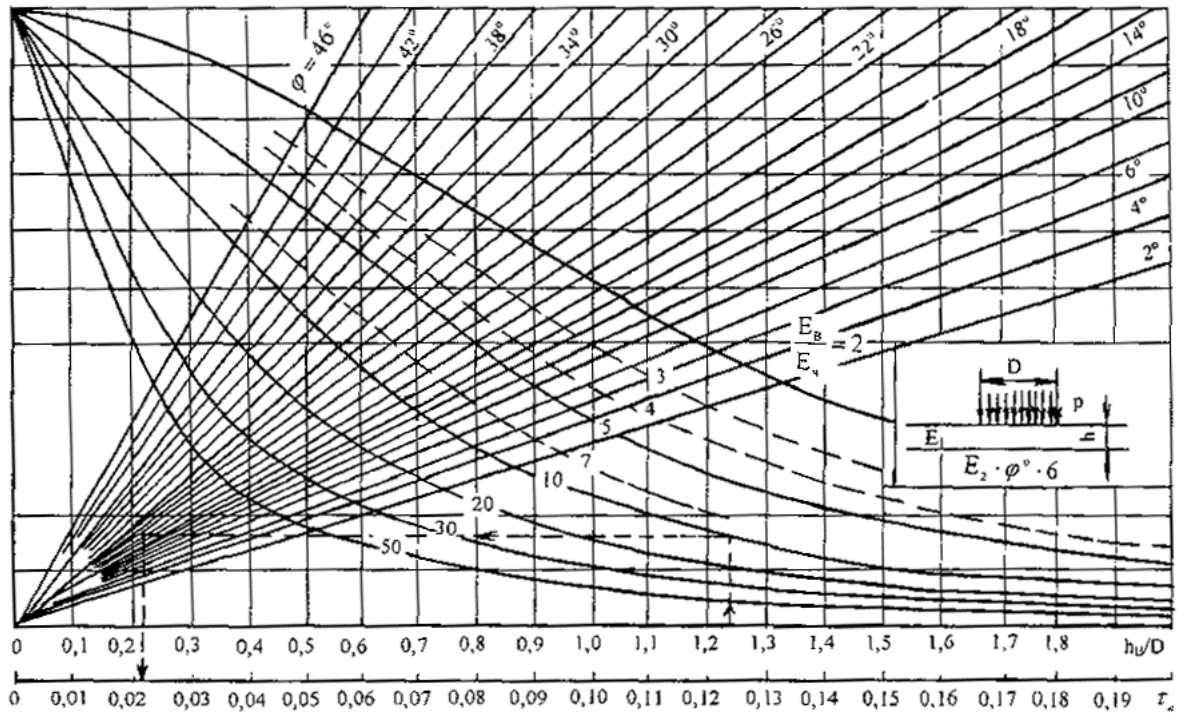


Рисунок 3.1 – Номограмма для определения активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы (при $h_0/D = 0 \div 2,0$)

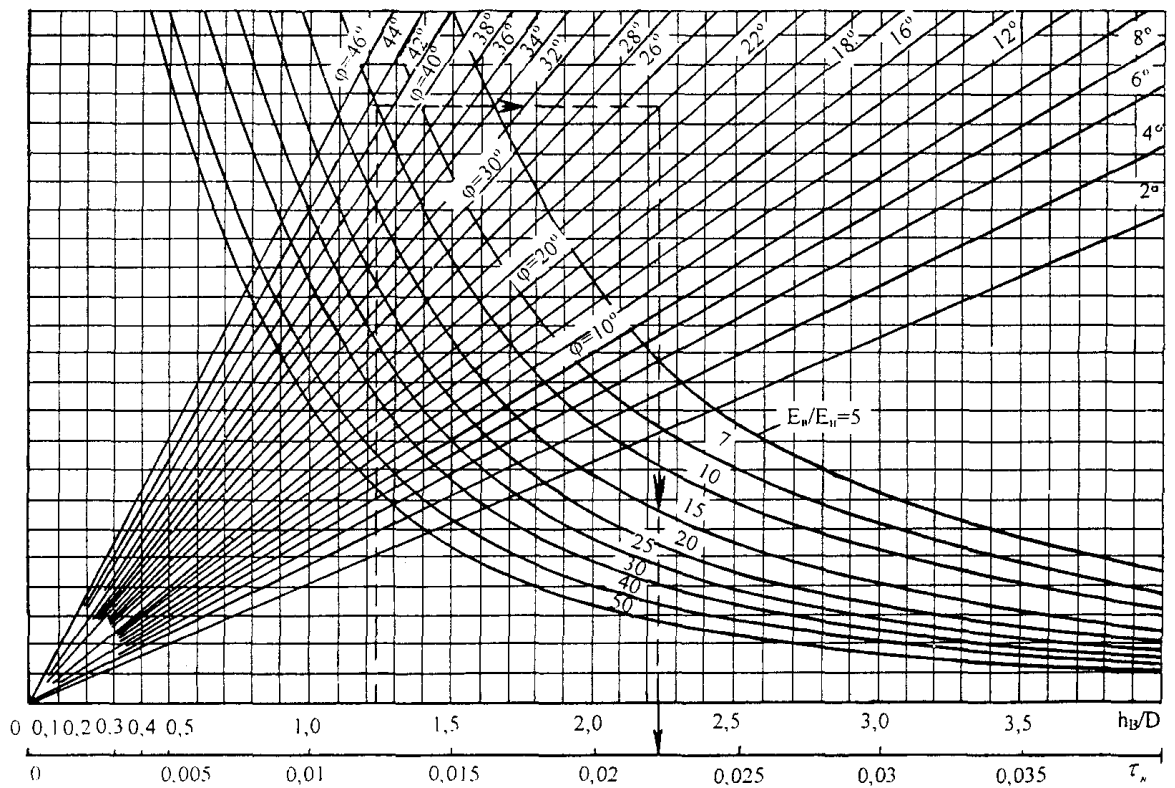


Рисунок 3.2 – Номограмма для определения активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы (при $h_0/D = 0 \div 4,0$)

Для определения $\bar{\tau}_H$ предварительно необходимо назначенную дорожную конструкцию привести к двухслойной расчетной модели.

В качестве нижнего слоя принимается грунт с его характеристиками W_p , $\sum N_p$, E_H , и φ – расчетная величина угла внутреннего трения материала проверяемого слоя (при динамическом воздействии нагрузки), c – сцепление в грунте земляного полотна – таблицы 3.1 – 3.2.

Таблица 3.1 – Нормативные значения сдвиговых характеристик глинистых грунтов в зависимости от расчетного числа приложений расчетной нагрузки

Расчетная относительная влажность	Сцепление, МПа при суммарном числе приложении нагрузки ($\sum N_p$)					Угол внутреннего трения, град. при суммарном числе приложении нагрузки ($\sum N_p$)				
	1	10^3	10^4	10^5	10^6	1	10^3	10^4	10^5	10^6
Суглинки и глины										
0,60	0,030	0,030	0,016	0,014	0,012	24	20	14,5	11	9
0,65	0,024	0,019	0,013	0,011	0,009	21	15	11	8	7
0,70	0,019	0,013	0,009	0,007	0,006	18	11,5	8,5	6,5	5,5
0,75	0,015	0,009	0,006	0,005	0,004	15	10	7,5	5	4
0,80	0,011	0,007	0,005	0,003	0,002	13	8	5	3	2,5
0,90	0,008	0,004	0,004	0,002	0,001	11,5	6,5	3,5	2,2	2
Супеси										
0,6	0,014	0,012	0,008	0,006	0,005	36	24	18	14	12
0,65	0,013	0,010	0,008	0,006	0,004	36	23,5	17	14	12
0,70	0,012	0,009	0,006	0,005	0,004	35	23,5	17	14	12
0,75	0,011	0,008	0,005	0,004	0,003	35	23	17	14	12
0,80	0,010	0,007	0,005	0,004	0,003	34	23	17	14	12
0,85	0,009	0,007	0,004	0,003	0,003	34	22	15	12	10
0,90	0,008	0,004	0,003	0,003	0,003	33	21	12,5	10	8

Примечание. Значение сдвиговых характеристик при $\sum N_p = 1$ используются при расчете на статическое действие нагрузки. При $\sum N_p > 10$ расчетные значения φ и c следует принимать по столбцу « 10^6 ».

Модуль упругости верхнего слоя модели вычисляют по формуле:

$$E_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i \cdot h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}, \quad (3.3)$$

где n – число слоев дорожной одежды;

E_i – модуль упругости i -го слоя;

h_i – толщина i -го слоя.

Таблица 3.2 – Расчетные значения угла внутреннего трения и сцепления песчаных грунтов и песков конструктивных слоев в зависимости от расчетного числа приложения расчетной нагрузки (ΣN_p)

№№ п/п	Тип грунта		Сцепление, МПа и угол внутреннего трения, град при суммарном числе приложений нагрузки (ΣN_p)				
			1	10^3	10^4	10^5	10^6
1.	Песок крупный с содержанием пылевато- глинистой фракции:	0 %	$\frac{35}{0,004}$	$\frac{33}{0,003}$	$\frac{32}{0,003}$	$\frac{31}{0,003}$	$\frac{29}{0,003}$
		5 %	$\frac{34}{0,005}$	$\frac{31}{0,004}$	$\frac{36}{0,004}$	$\frac{29}{0,003}$	$\frac{28}{0,003}$
2	Песок средней крупности с содержанием пылевато- глинистой фракции:	0 %	$\frac{32}{0,004}$	$\frac{30}{0,004}$	$\frac{30}{0,003}$	$\frac{28}{0,003}$	$\frac{22}{0,002}$
		5 %	$\frac{33}{0,005}$	$\frac{30}{0,004}$	$\frac{29}{0,003}$	$\frac{28}{0,003}$	$\frac{26}{0,002}$
3	Песок мелкий с содержанием пылевато- глинистой фракции:	0 %	$\frac{11}{0,003}$	$\frac{28}{0,003}$	$\frac{22}{0,002}$	$\frac{26}{0,002}$	$\frac{25}{0,002}$
		5 %	$\frac{31}{0,005}$	$\frac{22}{0,004}$	$\frac{26}{0,004}$	$\frac{21}{0,004}$	$\frac{24}{0,003}$
		8 %	$\frac{11}{0,006}$	$\frac{22}{0,005}$	$\frac{26}{0,004}$	$\frac{25}{0,003}$	$\frac{23}{0,002}$

Примечания: 1. Значения характеристик даны для условий полного заполнения пор водой. 2. В числителе – угол внутреннего трения в градусах, в знаменателе – сцепление в МПа. 3. При $\Sigma N_p > A \cdot 10^6$ расчетные значения φ и c следует принимать по столбцу « 10^6 ».

При расчете дорожных одежд по условию сдвигоустойчивости значения модулей упругости материалов, содержащих органическое вяжущее, принимают соответствующими температурам, указанным в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Диапазоны температур для определения модуля упругости

Дорожно-климатические зоны	I-II	III	IV	V
Расчетная температура, °C	+20	+30	+40	+50

Для определения $\bar{\tau}_H$ по номограмме, необходимо найти отношения E_H/E_B , h_B/D и φ . Далее, откладывая полученные соотношения по соответствующим осям и линиям номограммы на пересечении, находим

удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки $\bar{\tau}_H$.

Предельное активное напряжение сдвига T_{np} в грунте рабочего слоя (или в песчаном материале промежуточного слоя) определяют по формуле:

$$T_{np} = c \cdot k_d + 0,1 \cdot \gamma_{cp} \cdot z_{on} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{cm}, \quad (3.4)$$

где c – сцепление в грунте земляного полотна (или в промежуточном песчаном слое), МПа (таблица 3.1;3.2);

k_d – коэффициент, учитывающий особенности работы конструкции на границе песчаного слоя с нижним слоем несущего основания. При устройстве нижнего слоя из укрепленных материалов, а также при укладке на границе «основание – песчаный слой» разделяющей геотекстильной прослойки, следует принимать значения k_d равным:

- 4,5 – при использовании в песчаном слое крупного песка;
- 4,0 – при использовании в песчаном слое песка средней крупности;
- 3,0 – при использовании в песчаном слое мелкого песка;
- 1,0 – во всех остальных случаях.

z_{on} – глубина расположения поверхности слоя, проверяемого на сдвигу, от верха конструкции, см;

γ_{cp} – средневзвешенный удельный вес конструктивных слоев, расположенных выше проверяемого слоя, кг/см³;

φ_{cm} – расчетная величина угла внутреннего трения материала проверяемого слоя при статическом действии нагрузки.

Далее проверяется выполнение условия 2.1 и делается вывод на удовлетворение условиям прочности против сдвига.

2. Расчет по условию сдвигу устойчивости подстилающего грунта

При расчете по условию сдвигу устойчивости в песчаном слое основания учитывают следующие особенности:

- для нижнего слоя проверяемой двухслойной системы (песчаный слой) определяют по таблице 3.2 параметры φ и c ;
- модуль упругости на поверхности песчаного слоя принимается равным эквивалентному модулю упругости нижележащих слоев, вычисленному при расчете конструкции по допустимому упругому прогибу;
- модуль упругости верхнего слоя рассматриваемой модели

определяют по формуле 3.3 для вышележащих слоев.

Дальнейшие расчеты выполняются в соответствии с методикой проверки сдвигоустойчивости грунтового основания.

Задание

1. Проверить конструкцию дорожной одежды (лабораторная работа 2) по условию сдвигоустойчивости в подстилающем грунте и в песчаном слое основания.
2. По результатам расчетов сделать выводы.

Вопросы к практической работе

1. Какие характеристики грунтов используются при расчете по условию сдвигоустойчивости слоев?
2. В чем особенности проверки условия сдвигоустойчивости песчаного слоя основания?
3. Какие параметры транспорта учитываются при расчетах?
4. Каков порядок нахождения значения $\bar{\tau}_H$ по номограмме?

Литература [1 – 8].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4.

Расчет конструкции на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе

Теоретическая часть

В монолитных слоях дорожной одежды (из асфальтобетона, дегтебетона, материалов и грунтов, укрепленных комплексными и неорганическими вяжущими и др.), возникающие при прогибе одежды напряжения под действием повторных кратковременных нагрузок, не должны в течение заданного срока службы приводить к образованию трещин от усталостного разрушения. Для этого должно быть обеспечено условие:

$$\sigma_r < \frac{R_N}{K_{np}^{mp}}, \quad (4.1)$$

где K_{np}^{mp} – требуемый коэффициент прочности с учетом заданного уровня надежности;

R_N – прочность материала слоя на растяжение при изгибе с учетом усталостных явлений;

σ_r – наибольшее растягивающее напряжение в рассматриваемом слое, устанавливаемое расчетом.

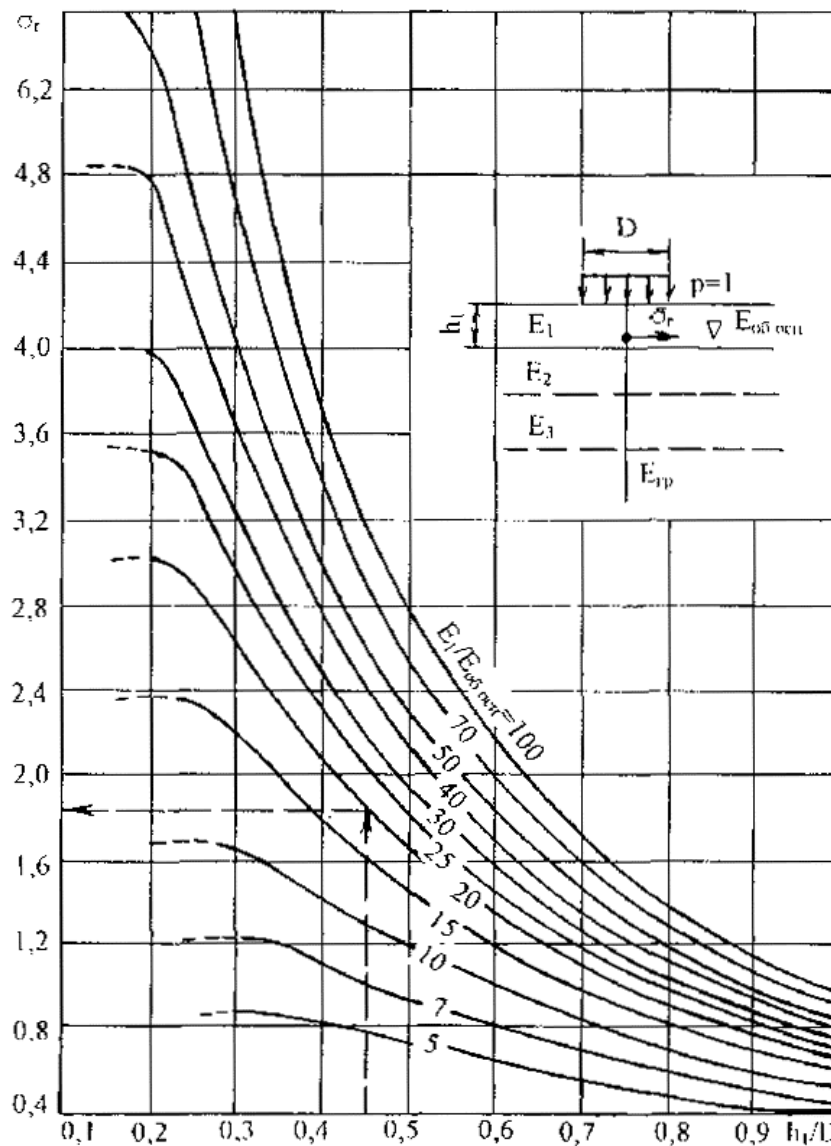


Рисунок 4.1 – Номограмма для определения растягивающего напряжения σ_r при изгибе в верхнем монолитном слое двухслойной системы

Наибольшее растягивающее напряжение σ_r при изгибе в монолитном слое определяют с помощью номограммы (рисунок 4.1), приводя реальную

конструкцию к двухслойной модели.

К верхнему слою модели относят все асфальтобетонные слои, включая рассчитываемый. Толщину верхнего слоя модели h_e принимают равной сумме толщин, входящих в пакет асфальтобетонных слоев ($\sum h_i$).

Значение модуля упругости верхнего слоя модели устанавливают как средневзвешенное для всего пакета асфальтобетонных слоев по формуле (.

Нижним (полубесконечным) слоем модели служит часть конструкции, расположенная ниже пакета асфальтобетонных слоев, включая грунт рабочего слоя земляного полотна.

Модуль упругости нижнего слоя модели определяют путем приведения слоистой системы к эквивалентной по жесткости с помощью номограммы рисунок 4.1.

При использовании номограммы (рисунок 4.1) расчетное растягивающее напряжение определяют по формуле:

$$\sigma_r = \bar{\sigma}_r \cdot p \cdot \kappa_e, \quad (4.2)$$

где σ_r – растягивающее напряжение от единичной нагрузки при расчетных диаметрах площадки, передающей нагрузку, определяемое по номограмме (рисунок 4.1);

κ_e – коэффициент, учитывающий особенности напряженного состояния покрытия конструкции под спаренным баллоном, принимают равным 0,85 (при расчете на однобаллонное колесо $\kappa_e = 1,00$);

p – расчетное давление, принимаемое по таблице 2.2 (лабораторная работа 2).

Порядок использования номограммы показан на рисунке 4.1 стрелками.

Прочность материала монолитного слоя при многократном растяжении при изгибе определяют по формуле:

$$R_N = R_0 \cdot k_1 \cdot k_2 (1 - v_R \cdot t), \quad (4.3)$$

где R_0 – нормативное значение предельного сопротивления растяжению (прочность) при изгибе, при расчетной низкой весенней температуре, при однократном приложении нагрузки, принимаемое по табличным данным (Приложение А, таблица А 1);

k_1 – коэффициент, учитывающий снижение прочности вследствие усталостных

явлений при многократном приложении нагрузки;

k_2 – коэффициент, учитывающий снижение прочности во времени от воздействия погодных-климатических факторов (таблица 4.1);

Таблица 4.1 – Значение коэффициента снижения прочности

Материал расчетного слоя	k_2
Асфальтобетон	
высокоплотный	1,0
плотный	
I марки	0,95
II марки	0,90
III марки	0,80
Пористый и высокопористый	0,80
Органоминеральные смеси	0,80

v_R – коэффициент вариации прочности на растяжение (0,10);

t – коэффициент нормативного отклонения (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Коэффициент нормированного отклонения

K_n	0,85	0,90	0,95	0,98
t	1,06	1,32	1,71	2,19

Коэффициент k_1 , отражающий влияние на прочность усталостных процессов, вычисляют по выражению:

$$k_1 = \frac{\alpha}{\sqrt[m]{\Sigma N_p}}, \quad (4.4)$$

где ΣN_p – расчетное суммарное число приложений расчетной нагрузки за срок службы монолитного покрытия, определяемое по формуле 2.1 (лабораторная работа 2) с учетом числа расчетных суток за срок службы (таблица 1.3);

m – показатель степени, зависящий от свойств материала рассчитываемого монолитного слоя (Приложение А, таблица А 1);

α – коэффициент, учитывающий различие в реальном и лабораторном режимах растяжения повторной нагрузкой, а также вероятность совпадения во времени расчетной (низкой) температуры покрытия и расчетного состояния грунта рабочего слоя по влажности, определяемый по Приложению А (таблица А 1).

Расчеты на усталостную прочность выполняются в следующем порядке:

– конструкция приводится к двухслойной модели и определяется

эквивалентный модуль упругости нижнего эквивалентного слоя и средний модуль упругости верхних слоев (формула 4.3);

– определяются отношения $\frac{h_e}{D}, \frac{E_e}{E_{np}}$;

– по полученным параметрам по номограмме (рисунок 4.1) определяется значение $\bar{\sigma}_r$ и по формуле 4.2 вычисляется расчетное растягивающее напряжение;

– вычисляется предельное растягивающее напряжение (по формуле 4.3). В пакете асфальтобетонных слоев за предельное растягивающее напряжение R_N принимается значение, отвечающее материалу нижнего слоя асфальтобетонного пакета;

– проверяется условие 4.1 и при необходимости корректируется конструкция.

Задание

1. Проверить конструкцию дорожной одежды (лабораторная работа 1) на предмет возможности сопротивления монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе.

2. По результатам расчетов сделать выводы.

Вопросы к практической работе

1. Для каких слоев дорожных одежд проводят расчеты на сопротивление разрушению при изгибе?

2. Каков порядок расчета дорожных одежд на сопротивление разрушению при изгибе?

3. Что необходимо сделать, если напряжения превышают допустимые?

Литература [1 – 8].

Список литературы

Список основной литературы

1. Бабков, В. Ф. Проектирование автомобильных дорог. Ч. I [Текст] / В. Ф. Бабков, О. В. Андреев – М. : Транспорт, 1987. – 367 с.
2. Бабков, В. Ф. Автомобильные дороги [Текст] : учебник для вузов / В. Ф. Бабков. – М. : Транспорт, 1983. – 280 с.
3. Автомобильные дороги (примеры проектирования) [Текст] : учебное пособие для вузов / под редакцией В. С. Порожнякова. – М. : Транспорт, 1983. – 301с.

Список дополнительной литературы

4. Красильщиков, И. М. Проектирование автомобильных дорог [Текст] : учебное пособие / И. М. Красильщиков. – М. : Минтранс России, федеральный дорожный департамент, 1994. – 216.
5. Дорожные одежды автомобильных дорог общей сети СССР. Типовые проектные решения. Серия 503-0-11. М. : Минтрансстрой СССР, 1976. – 67 с.
6. Проектирование автомобильных дорог [Текст] : Справочник инженера-дорожника / под редакцией Г. А. Федотова. – М. : Транспорт, 1989. – 436 с.
7. СНиП 2.05.02-85. Строительные нормы и правила. Автомобильные дороги [Текст]. – М. : Госстрой СССР, 1985. – 68 с.
8. Проектирование нежестких дорожных одежд [Текст] : отраслевые дорожные нормы : ОДН 218.046-01 : Утверждены и введены в действие Государственной службой дорожного хозяйства Министерства Транспорта РФ 20.12.00 г. – М., 2001. – 144 с.
9. Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд [Текст] : Утверждены и введены в действие Государственной службой дорожного хозяйства Министерства Транспорта РФ 20.12.00 г. – М., 2001. – 78 с.

Приложение А

Таблица А 1 – Характеристики асфальтобетонов при расчете на растяжение при изгибе под кратковременными нагрузками

Асфальтобетон	Расчетные значения модуля упругости E , МПа	m	α	Нормативные значения сопротивления растяжению при изгибе R_o , МПа
Высокоплотный на БНД марки:				
40/60	8600	6,0	5,0/5,6*	10,00
60/90	6000	5,5	5,2/5,9	9,80
90/130	4600	5,0	5,4/6,3	9,50
130/200	3500	4,5	5,8/6,8	9,30
200/300	2500	4,3	5,9/7,1	9,00
Плотный на БНД марки:				
40/60	6000	6,0	5,0/5,6	10,00
60/90	4500	5,5	5,2/5,9	9,80
90/130	3600	5,0	5,4/6,3	9,50
130/200	2600	4,5	5,8/6,8	9,30
200/300	2000	4,3	5,9/7,1	9,00
Пористый на БНД марки:				
40/60	3600	4,5	5,8/6,8	8,30
60/90	2800	4,3	5,9/7,1	8,00
90/130	2200	4,0	6,3/7,6	7,80
130/200	1800	3,75	6,6/8,2	7,60
200/300	1400	3,7	6,7/8,2	7,10
Высокопористый на БНД марки:				
40/60	3000	4,3	5,9/7,1	5,50/6,50**
60/90	2100	4,0	6,3/7,6	5,65/6,20
90/130	1700	3,8	6,5/7,9	5,50/-
Холодные асфальтобетоны:				
Бх	2600	3,0	8,0/10,3	4,90
Вх	2200	2,5	9,8/13,4	4,60
Гх	1800	2,0	13,2/19,5	4,20
Дх	1500	2,0	13,2/19,5	3,90

Примечание. * – в числителе – для II дорожно-климатической зоны, в знаменателе – для III – V дорожно-климатических зон. ** – для песчаного асфальтобетона

Приложение Б

**Таблица Б 1 – Теплофизические характеристики конструктивных слоев
из различных дорожно-строительных материалов**

№ п/п	Материал, грунт	Плотность ρ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(мК)
1	Асфальтобетон горячий плотный	2400	1,40
	То же, пористый	2300	1,25
	То же, высокопористый, в том числе битумопесчаная смесь (ТУ 218 РСФСР)	2200 – 1900	1,10 – 1,00
2	Аглопоритовый щебень, обработанный вязким битумом	800	0,23
3	Керамзитовый гравий, обработанный вязким битумом	1100	0,64
4	Гравий (щебень) с легкими заполнителями, обработанные вязким битумом	2000	0,52
5	Супесь, укрепленная 10 %-ной эмульсией	1700 – 1900	1,456
6	Цементобетон	2400	1,74
7	Песок разномерный, укрепленный 10 % 6-10 % цемента	2100	1,86
8	Песок мелкий, одномерный, укрепленный 10 % цемента	2100	1,62
9	Цементогрунт с керамзитом: песок – 75 % (массы), керамзит – 25 %, цемент – 5 %	1500 – 1600	
10	Цементогрунт с гранулами полистирола: песок 97 – 98 %, гранулы полистирола 3 – 2 %, цемент 7 – 6 %	1300 – 1500	0,41 – 0,58
11	Битумоцементогрунт с перлитом, состава: перлитовый щебень 25 – 20 %, песок 75 – 80 %, цемент 3 – 4 %, битум 12 – 10 % (от массы песка, перлита и цемента)	1400	0,52 – 0,58
12	Цементогрунт с аглопоритом, состава: – супесь или песок 70-80 % – аглопорит 30 – 20 % – цемент 6 %	1700 – 1800	0,64 – 0,75
13	Шлакобетон	1600	0,58
14	Керамзитобетон	1400	0,75
15	Стиропорбетон	1000 – 1100	0,23
16	Слабопрочные известняки, укрепленные известью	2000	1,16
17	Суглинок, укрепленный 6 – 12 % цемента	1750 – 1900	1,45
18	Суглинок, укрепленный 2 – 5 % цемента и 6 – 2 % известью	1800 – 1900	1,33
19	Супесь, укрепленная 8 – 10 % цемента	1700 – 1900	1,51
20	Пенопласт	38,5 – 60	0,03 – 0,052
21	Пеноплэкс	38,5 – 50	0,03 – 0,032
22	Каменноугольная золошлаковая, укрепленная 6-8 % цемента	1600	0,7
23	Шлак топочный	800	0,46
24	Щебень из гранита	1800	1,86
25	Щебень из известняка	1600	1,39
26	Гравий	1800	1,86
27	Песок крупный талый	2000	1,74
	То же, мерзлый	2000	2,32
28	Песок средней крупности талый	1950	1,91
	То же, мерзлый	1950	2,44
29	Песок мелкий талый	1850	1,91
	То же, мерзлый	1850	2,32
30	Песок пылеватый талый	1750	1,80
	То же, мерзлый	1750	2,20
31	Супесь талая	2100	1,80
	То же, мерзлая	2100	2,03
32	Суглинок и глина талые	2000	1,62
	То же, мерзлые	2000	1,97
33	Лессы талые	1500	1,51
	То же, мерзлые	1500	2,09
34	Одномерный гранитный щебень, обработанный вязким битумом	1850	1,28
35	Гравийно-песчаная смесь	2000	2,10
36	Гравийно-песчаная смесь, укрепленная 10 % цемента	2000	2,02

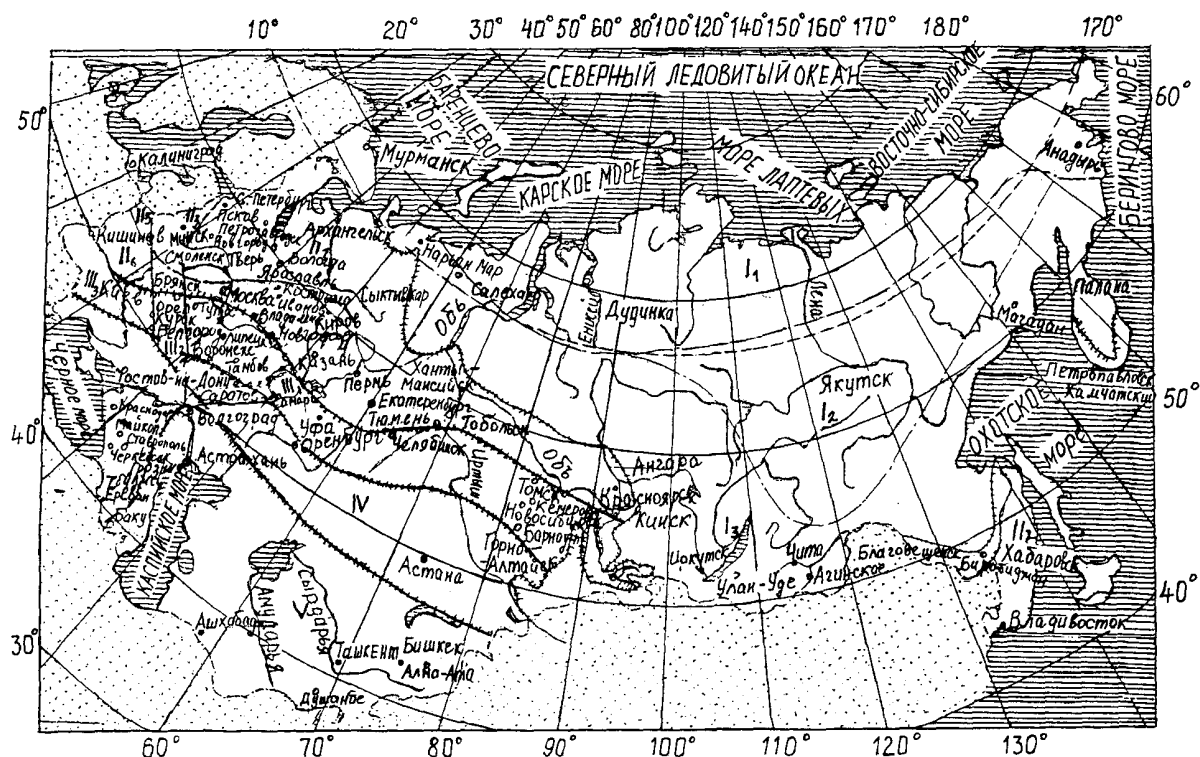


Рисунок В 1 – Карта дорожно-климатических зон и подзон: ##### – Границы дорожно-климатических зон; (— —) – Границы дорожно-климатических подзон

Таблица В 1 – Дорожно-климатические зоны и подзоны

Дорожно-климатическая зона и подзона	Примерные географические границы
I	Севернее линии, соединяющей: Нивский - Сосновку - Новый Бор - Щельябж - Сыню - Суеватпуль - Белоярский - Ларьяк - Усть-Озерное - Ярцево - Канск - Выезжий Лог - Усть - Золотую - Сарыч - Сеп - Новоселово - Иню - Артыбаш - государственную границу - Симоново - Биробиджан - Болонь - Многовершинный. Включает географические зоны тундры, лесотундры и северо-восточную часть лесной зоны с распространением вечномёрзлых грунтов
I ₁	Расположена севернее линии: Нарьян-Мар - Салехард - Курейка - Трубка Удачная - Верхоянск - Дружина - Горный Мыс - Марково
I ₂	Расположена восточнее линии: устье р. Нижней Тунгуски - Ербогачен, Ленск - Бодайбо - Богдарин и севернее линии: Могоча - Сковородино - Зая - Охотск - Палатка - Слаутское. Ограничена с севера I ₁ подзоной
II	От границы I зоны до линии, соединяющей: Львов - Житомир - Тулу - Н. Новгород - Ижевск - Томск - Канск. На Дальнем Востоке от границы I зоны до государственной границы. Включает географическую зону лесов с избыточным увлажнением грунтов
II ₁	С севера и востока ограничена I зоной, с запада - подзоной II ₃ , с юга - линией Рославль - Клин - Рыбинск - Березники - Ивдель
II ₂	Ограничена с севера подзоной II ₁ , с запада - подзоной II ₄ , с юга - III зоной, с востока и южной границей I зоны
II ₃	С севера ограничена государственной границей, с запада - границей с подзоной II ₅ , с юга - линией Рославль - Клин - Рыбинск, с востока - линией Псков - Смоленск - Орел
II ₄	Ограничена с севера подзоной II ₃ , с запада - подзоной II ₆ , с юга - границей с III зоной, с востока - линией Смоленск - Орел - Воронеж
II ₅	С севера и запада ограничена государственной границей, с востока - линией Минск - Бобруйск - Гомель, с юга - линией Барановичи - Рославль - Клин - Рыбинск
II ₆	С севера ограничена подзоной II ₅ , с запада - государственной границей, с юга - границей с III зоной, с востока - линией Минск - Бобруйск - Гомель
III	От южной границы II зоны до линии, соединяющей: Кишинев - Кировоград - Белгород - Самару - Магнитогорск - Омск - Бийск - Туран. Включает лесостепную географическую зону со значительным увлажнением грунтов в отдельные годы
III ₁	Ограничена с севера зоной II, с запада - подзоной III ₂ , с юга - IV зоной, с востока - I зоной
III ₂	Ограничена с севера зоной II, с запада - подзоной III ₃ , с юга - зоной IV, с востока - линией Смоленск - Орел - Воронеж
III ₃	Ограничена с севера зоной II, с запада - государственной границей, с юга - зоной IV, с востока - линией Бобруйск - Гомель - Харьков
IV	Расположена от границы III зоны до линии, соединяющей: Джульфу - Степанакерт - Кизляр - Волгоград и далее проходит южнее на 200 км линии, соединяющей: Уральск - Актюбинск - Караганду. Включает географическую степную зону с недостаточным увлажнением грунтов
V	Расположена к юго-западу и югу от границы IV зоны и включает пустынную и пустынно-степную географические зоны с засушливым климатом и распространением засоленных грунтов

Приложение Г

Таблица Г 1 – Расчетная влажность грунта

Дорожно-климатические зоны	Дорожно-климатические подзоны	Схема увлажнения рабочего слоя земляного полотна	Среднее значение влажности $\bar{W}_{\text{таб}}$ грунта, доли от W_T			
			супесь легкая	песок пылеватый	суглинок легкий	супесь пылеватая и суглинок пылеватый
I	I ₁	1	0,53	0,57	0,62	0,65
		2	0,55	0,59	0,65	0,67
		3	0,57	0,62	0,67	0,70
	I ₂	1	0,57	0,57	0,62	0,65
		2	0,59	0,62	0,67	0,70
		3	0,62	0,65	0,70	0,75
	I ₃	1	0,60	0,62	0,65	0,70
		2	0,62	0,65	0,70	0,75
		3	0,65	0,70	0,75	0,80
II	II ₁	1	0,60	0,62	0,65	0,70
		2	0,63	0,65	0,68	0,73
		3	0,65	0,67	0,70	0,75
	II ₂	1	0,57	0,59	0,62	0,67
		2	0,60	0,62	0,65	0,70
		3	0,62	0,64	0,67	0,72
	II ₃	1	0,63	0,65	0,68	0,73
		2	0,66	0,68	0,71	0,76
		3	0,68	0,70	0,73	0,78
	II ₄	1	0,60	0,62	0,65	0,70
		2	0,63	0,65	0,68	0,73
		3	0,65	0,67	0,70	0,75
	II ₅	1	0,65	0,67	0,70	0,75
		2	0,68	0,70	0,73	0,78
		3	0,70	0,72	0,75	0,80
	II ₆	1	0,62	0,64	0,67	0,72
		2	0,65	0,67	0,70	0,75
		3	0,67	0,69	0,72	0,77
III	III ₁	1	0,55	0,57	0,60	0,63
		2-3	0,59	0,61	0,63	0,67
	III ₂	1	0,58	0,60	0,63	0,66
		2-3	0,62	0,64	0,66	0,70
	III ₃	1	0,55	0,57	0,60	0,63
		2-3	0,59	0,61	0,63	0,67
IV	1		0,53	0,55	0,57	0,60
	2-3		0,57	0,58	0,60	0,64
V	1		0,52	0,53	0,54	0,57
	2-3		0,55	0,56	0,57	0,60

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к практическим занятиям по дисциплине
«Организация и безопасность дорожного движения на
автомобильных дорогах»
по направлению подготовки магистров 08.04.01 «Строительство»
по профилю «Проектирование, строительство и эксплуатация
автомобильных дорог».

Часть 4

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Организация и безопасность дорожного движения на автомобильных дорогах» (часть 4) предназначены для студентов по направлению подготовки магистров 08.04.01 «Строительство» по профилю «Проектирование, строительство и эксплуатация автомобильных дорог» и составлены в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта высшего образования и основной образовательной программы подготовки.

Список принятых сокращений и наименований

1. АЦП – аналого-цифровой преобразователь.
2. БУ – блок управления.
1. ВСН – ведомственные строительные нормы.
2. Дина - 3М – установка динамического нагружения.
3. ДЛП - 1905 – датчик линейных перемещений.
4. ДУП-2 – датчик угловых перемещений.
5. ИЭ – инструкция по эксплуатации.
6. ПКРС – прибор контроля ровности и сцепления.
7. ПЛ- подвижная лаборатория.
8. ПТ – преобразователь тока.
9. ПЭВМ – портативная электронно-вычислительная машина.
10. СНиП – строительные нормы и правила.
11. ТЭК – транспортно-эксплуатационные качества.
12. ТЭП – транспортно-эксплуатационные показатели.
13. ХТ – характерная точка.
14. ЦГВ - 4 – датчик центра гировертикали.

Содержание

Практическая работа 1. Изучение приборного комплекса КП - 514МП и оценка точности измерений.....	5
Практическая работа 2. Контрольно-юстировочные и тарировочные работы при подготовке комплекса КП - 514МП к работе.....	12
Практическая работа 3. Измерение геометрических параметров автодороги.....	22
Практическая работа 4. Определение сцепных свойств опорной поверхности с применением установки ПКРС.....	33
Практическая работа 5. Измерение ровности дорожного покрытия с применением установки ПКРС.....	42
Приложение А.....	49
Приложение Б.....	50
Приложение В.....	52

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1

Изучение приборного комплекса КП - 514МП и оценка точности измерений

1. ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Целью работы является ознакомление с назначением и устройством приборов и оборудованием используемых при диагностировании автомобильных дорог.

В результате выполнения работы студенты должны:

1. Изучить устройство и принцип работы КП - 514МП, Дина - 3М, ПКРС.
2. Выполнить схематическое изображение основных узлов.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

К основным транспортно-эксплуатационным показателям автомобильной дороги относятся: обеспеченная скорость, пропускная способность, уровень загрузки её движением, непрерывность, комфортность и безопасность движения, способность пропускать автомобили и автопоезда с осевой нагрузкой и грузоподъемностью, соответствующей категории дороги.

Основными параметрами и характеристиками, определяющими транспортно-эксплуатационные показатели дороги, являются:

геометрические параметры, к которым относятся ширина проезжей части и краевых укрепленных полос, общая и укрепленная ширина обочин, продольные уклоны, радиусы кривых в плане и профиле, уклоны виражей и расстояние видимости;

прочность и состояние дорожной одежды проезжей части и обочин;

ровность и сцепление покрытий проезжей части и обочин;

состояние земляного полотна;

состояние элементов инженерного оборудования и обустройства дороги и т. д.

Для проверки на соответствие данных показателей требованиям и нормам проводят диагностирование автомобильных дорог с использованием различного рода оборудования.

Одним из современных диагностических комплексов является передвижная дорожная лаборатория КП - 514МП и поставляемое к ней оборудование. Данный комплекс позволяет определять все перечисленные выше транспортно-эксплуатационные показатели автомобильной дороги.

3. АППАРАТУРА И МАТЕРИАЛЫ

Установка динамического нагружения Дина - 3М, дорожная лаборатория КП - 514МП, ПКРС, курвиметр дорожный, микрокалькуляторы, масштабные линейки.

4. УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

1. При выполнении работы студенты должны руководствоваться общими правилами техники безопасности, приведёнными в приложении Б, а также общими указаниями по эксплуатации (Приложение В).

5. МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Работа выполняется путём изучения устройства приборного комплекса КП - 514МП, установки Дина - 3М и узла ПКРС по предоставленным чертежам с последующим непосредственным визуальным осмотром. В ходе непосредственного ознакомления с приборным комплексом необходимо выполнить схематичное изображение основных узлов и механизмов, позволяющее усвоить принцип действия комплекса.

5.1. Устройство и состав приборного комплекса в составе дорожной лаборатории КП - 514МП

Дорожная лаборатория КП - 514МП устроена на базе автомобиля «ГАЗЕЛЬ» ГАЗ - 2705. Приборный комплекс КП - 514МП состоит из ПЭВМ

типа «NOTEBOOK», системы гироскопов, тахогенератора, мерного колеса, видеокамеры, панели управления дополнительным оборудованием (рис. 1).

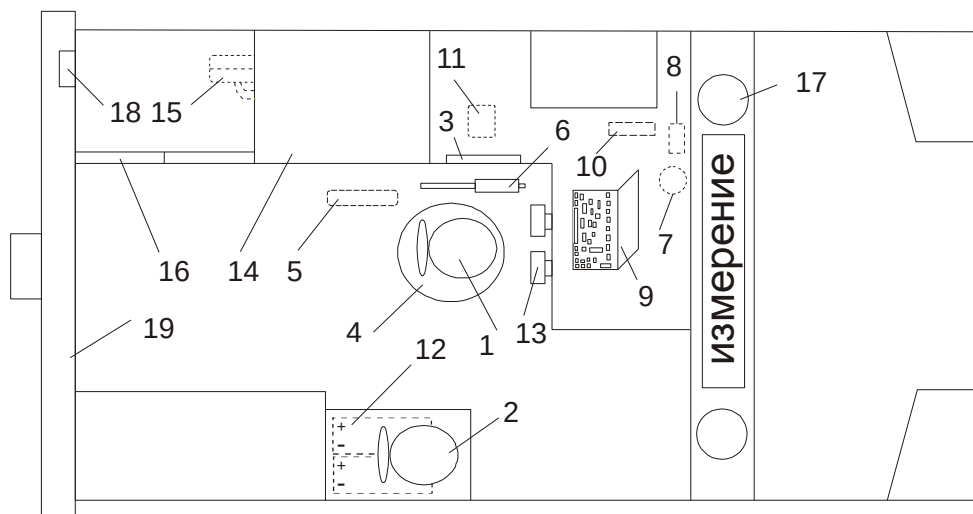


Рисунок 1 – Устройство лаборатории КП - 514МП:

1 – рабочее место оператора, 2 – рабочее место второго оператора, 3 – панель управления, 4 – гироскопы, 5 – мерное колесо, 6 – рычаг привода мерного колеса, 7 – тахогенератор, 8 – интерфейсный блок, 9 – портативная ПЭВМ, 10 – аналого-цифровой преобразователь, 11 – преобразователь тока, 12 – блок аккумуляторных батарей, 13 – педали привода торможения и полива, 14 – бак для воды, 15 – насосы, 16 – шкаф с оборудованием, 17 – светосигнальная система, 18 – разъем для подключения внешнего оборудования, 19 – фаркоп

В качестве дополнительного прицепного оборудования используют узел ПКРС и установку динамического нагружения Дина - 3М (рисунки 2, 3).

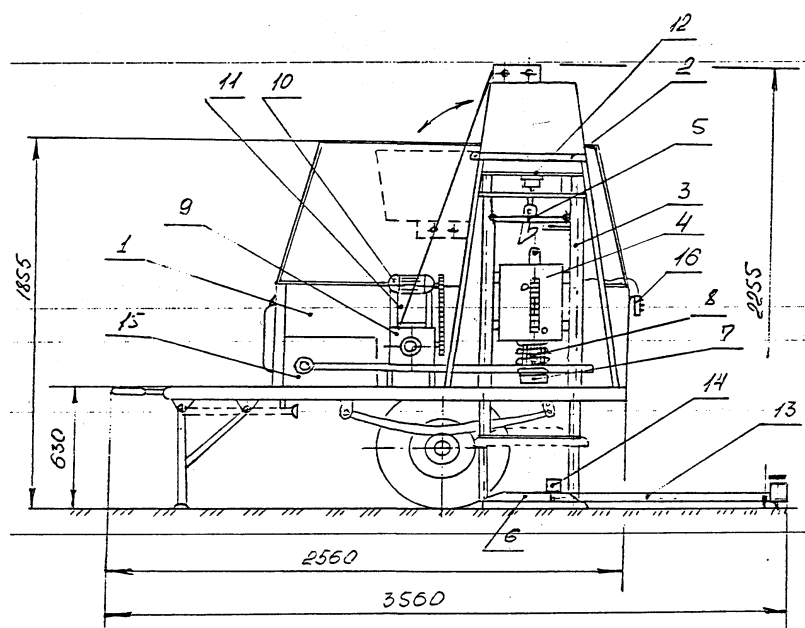


Рисунок 2 – Устройство установки Дина - 3М:

1 – прицеп УАЗ – 8109, 2 – каркас, 3 – направляющая, 4 – груз, 5 – траверса с крюком, 6 – штамп, 7 – пружина, 8 – механизм захвата груза, 9 – лебедка, 10 – электродвигатель, 11 – редуктор, 12 – планка, 13 – балка консоль, 14 – измерительная головка, 15 – аккумулятор, 16 – балка консоль (пунктиром показано транспортное положение)

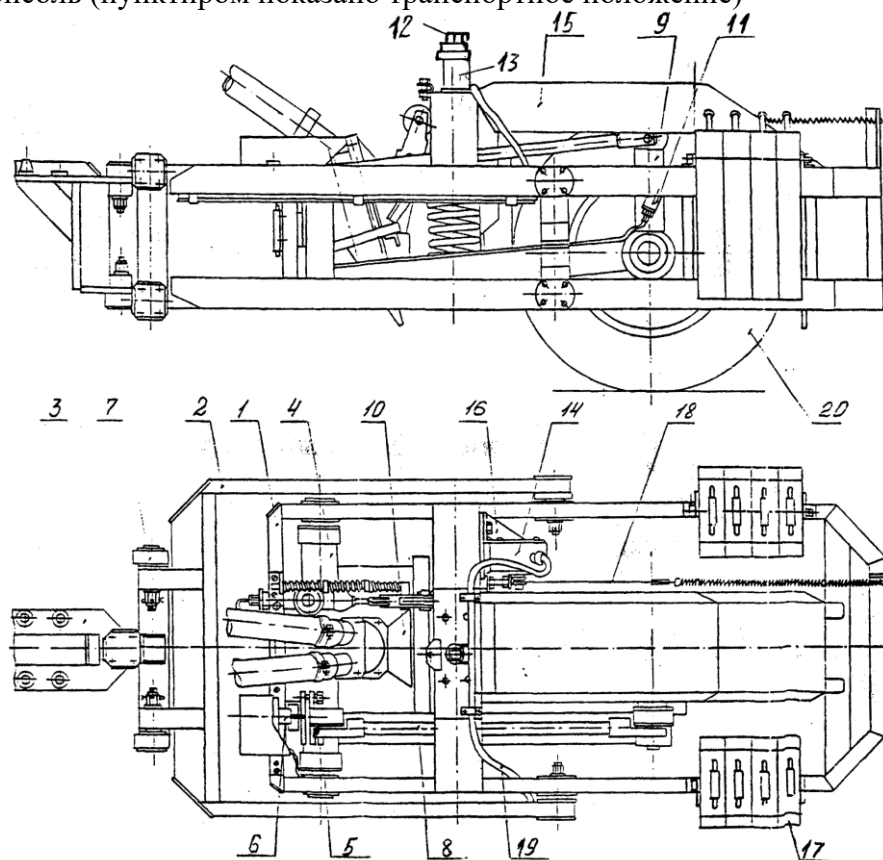


Рисунок 3 – Устройство узла ПКРС:

1 – рама, 2 – вилка, 3 – кронштейн сцепки, 4 – ось сцепки, 5 – ось, 6 – датчик линейных перемещений, 7 – траверса сцепки, 8 – тяга тормозная, 9 – рычаг, 10 – привод торможения и полива, 11 – система гидропривода, 12 – стяжка пружины, 13 – скалка, 14 – датчик ровности, 15 – брызговик, 16 – кронштейн, 17 – груз, 18 – тросик, 19 – кабель ПКРС-2У, 20 – колесо

5.2. Принцип работы комплекса

5.2.1 Принцип работы дорожной лаборатории КП - 514МП

В ходе движения лаборатории, на ЭВМ, установленную в салоне через интерфейсный блок, поступают сигналы от датчиков, которые обрабатываются одной из специализированных программ. После обработки полученных значений делается вывод о транспортно-эксплуатационном состоянии дороги. Основными датчиками, с которых производится съем данных, являются:

ЦГВ - 4 – изменение угла поворота гироскопа;

ДУП - 2 – перемещение рамы ПКРС;

ДЛП - 1905 – перемещение тормозной тяги, прогиб дорожной одежды.

Съем данных производится также с тахогенератора (количество оборотов вторичного вала двигателя), с датчика установленного на мерном колесе (количество оборотов мерного колеса), с внешней видеокамеры.

Так при измерении геометрических параметров автомобильной дороги на компьютер поступает информация с тахогенератора или мерного колеса, дающего представление о величине линейного перемещения и скорости лаборатории, с гироскопов, показывающих положение в пространстве относительно условного горизонта. При обработке сигналов данные синхронизируются в каждый момент времени (более подробно см. лабораторную работу 2). Величина погрешностей не должна быть выше 0,02 В, что определяется наличием шумов в измерительных каналах. Для продольного и поперечного уклонов 0,01 В соответствует величине 1 ‰, для угла поворота величине 0,7°.

При проверке состояния полотна, элементов инженерного оборудования и обустройства дороги на магнитно-оптический диск записывается информация с внешней видеокамеры, которая в дальнейшем синхронизируется с сигналами с тахогенератора или мерного колеса.

При проверке ровности и сцепления на автомобильной дороге производится съём данных с ДУП - 2, ДЛП - 1905 а также с тахогенератора.

5.2.2 Принцип работы установки ПКРС

Узел ПКРС состоит из колеса, установленного на подресоренной оси подвески, позволяющей совершать вертикальные колебания относительно рамы. Рама с помощью двух вилок, образующих параллелограмм, крепится к траверсе сцепки. Благодаря параллелограммной сцепке рама ПКРС постоянно сохраняет положение параллельное поверхности дороги. Вертикальные колебания подвески вызывают повороты шкива датчика ДУП – 2 благодаря которым регистрируются суммарные неровности на полотне. При торможении колеса тележки перемещение тормозной тяги

фиксируется датчиком ДЛП - 1905 (более подробно см. лабораторные работы 4, 5).

5.2.3 Принцип работы установки динамического нагружения Дина - 3М

Принцип действия установки основан на нагружении дорожной одежды расчетной динамической нагрузкой. При этом возникающий на поверхности автомобильной дороги обратный прогиб измеряется измерительной цифровой головкой типа 1905 (более подробно см. соответствующую лабораторную работу).

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА И ЕГО ФОРМА

Отчет должен содержать: краткое описание назначения рассмотренного приборного комплекса; схематичные изображения основных узлов и механизмов, входящих в состав комплекса; краткое описание принципа действия лаборатории и дополнительного оборудования.

7. ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ

- Что относится к транспортно-эксплуатационным показателям автомобильной дороги?
- Какие параметры и характеристики определяют основные транспортно-эксплуатационные показатели дороги?
- Что относится к геометрическим параметрам дороги?
- Что позволяет определять установка Дина - 3М?
- Для чего предназначен узел ПКРС?
- Каким образом на компьютер поступает информация о пройденном пути?
- Для чего используется датчик ДЛП - 1905?
- Чему равняется предельная величина погрешностей?

Работа считается защищенной, если студент представит полный отчет с правильно выполненными схемами узлов и ответит на 3 – 4 контрольных вопроса.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2

Контрольно- юстировочные и тарировочные работы при подготовке комплекса КП - 514МП к работе

1. ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Целью работы является проведение контрольно- юстировочных и тарировочных работ при подготовке комплекса КП - 514МП к проведению измерений геометрических параметров автомобильной дороги.

В результате выполнения работы студенты должны:

1. Изучить порядок и принцип проведения контрольно- юстировочных и тарировочных работ.

2. Произвести подготовку комплекса КП - 514МП к проведению измерений геометрических параметров автомобильной дороги путём проверки и настройки основных систем.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Диагностический комплекс в составе передвижной дорожной лаборатории КП - 514МП является одним из современных комплексов, позволяющих проводить качественное определение основных транспортно-эксплуатационных показателей автомобильной дороги на больших расстояниях (60 – 80 км). Для поддержания передвижной дорожной лаборатории в постоянной готовности к работе и обеспечения надежности получаемой информации необходимо выполнять регулярные поверочные работы по настройке всех элементов данной системы. Особое значение тщательная подготовка и настройка всего оборудования имеет при проведении измерений на больших расстояниях, т. к. даже небольшая погрешность, незаметная при измерении на участке 1,5 – 2 км, может вылиться в существенные расхождения по ряду параметров, что, в свою очередь, недопустимо.

Основными операциями, которые необходимо выполнить в ходе

подготовки к проведению измерений, являются:

- проверка измерительных каналов на наличие помех;
- определение поправочного коэффициента по пройденному пути;
- проверка на функционирование каналов по продольному и поперечному уклонам;
- калибровка каналов;
- юстировка гироскопических датчиков крена и курса.

3. АППАРАТУРА И МАТЕРИАЛЫ:

Установка динамического нагружения Дина - 3М, дорожная лаборатория КП - 514МП, ПКРС, курвиметр дорожный, микрокалькуляторы, масштабные линейки.

4. УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

При выполнении работы студенты должны руководствоваться общими правилами техники безопасности, приведёнными в приложении Б, а также общими указаниями по эксплуатации (Приложение В).

5. МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Работа выполняется путём изучения состава контрольно-юстировочных и тарировочных работ и последующего их проведения на имеющемся оборудовании.

5.1 Проверка измерительных каналов на наличие помех

Установите все тумблеры и кнопки БУ и ПТ в положение ВЫКЛ. Тумблеры должны находиться в нижнем положении, а кнопки в отжатом положении.

Установите кнопку «+12В - +24В» в положение «+24В», установите два тумблера прерывателя «массы» цепи в положение ВКЛ, проверьте напряжение по вольтметру. Запустите гиродатчики, нажав кнопку ВКЛ на

БУ. Через 30 с после запуска гиродатчиков нажмите и удерживайте в течение 20 – 25 с кнопку АР (АРРЕТИР). Через пять минут после запуска гиродатчиков проверьте напряжение в цепи постоянного тока по вольтметру на БУ. Напряжение должно быть 24 ± 2 В. При напряжении менее 22 В выполнять дальнейшую работу с ЭК нельзя – требуется подзарядка аккумулятора.

Войдите в режим измерения «ГЕОМЕТРИЯ ИЗМЕРЕНИЯ».

Нажмите клавишу «1», соответствующую в исходном меню работе «ДИАГНОСТИКИ ПЛАТЫ КОНТРОЛЛЕРА АЦП».

При этом автоматически выполняется тестирование аналоговых измерительных каналов. По результатам тестирования выводится таблица с перечнем измерительных и контрольных каналов (рис. 2.1) и величиной средней помехи в милливольтках.

При величине средней помехи менее 20 mV по любому каналу – канал работоспособен.

КАНАЛ	- 0 -	КОНТРОЛЬ	-0.0000	-V-	СР. ПОМЕХА	0.5	mV
КАНАЛ	- 1 -	СЦЕПЛЕНИЕ	-5.1200	-V-	СР. ПОМЕХА	0.0	mV
КАНАЛ	- 2 -	УГОЛ ПОВОРОТА	-0.0100	-V-	СР. ПОМЕХА	0.1	mV
КАНАЛ	- 3 -	УКЛОН ПРОДОЛЬНЫЙ	0.0001	-V-	СР. ПОМЕХА	0.7	mV
КАНАЛ	- 4 -	УКЛОН ПОПЕРЕЧНЫЙ	-0.0117	-V-	СР. ПОМЕХА	3.3	mV
КАНАЛ	- 5 -	КОНТРОЛЬ	4.9901	-V-	СР. ПОМЕХА	1.2	mV
КАНАЛ	- 6 -	КОНТРОЛЬ	0.0004	-V-	СР. ПОМЕХА	0.7	mV
КАНАЛ	- 7 -	КОНТРОЛЬ	0.0001	-V-	СР. ПОМЕХА	0.6	mV

Рисунок 2.1 – Результаты диагностики контрольных и измерительных каналов

Нажмите клавишу ENTER.

На экран выводится сообщение о результате проверки. В случае удовлетворительного результата на экран выводится сообщение «КАНАЛЫ РАБОТОСПОСОБНЫ», а в случае неудовлетворительного результата – «КАНАЛЫ (.....) НЕРАБОТОСПОСОБНЫ».

Примечания:

1. Диагностика платы контроллера должна выполняться во время стоянки без изменения положения гироскопических датчиков или центра масс ПЛ.

2. Результат проверки по измерительному каналу «сцепление» не имеет значения для выполнения измерений геометрических параметров.

3. В случае большого значения помехи (более 20 mV) по каналам диагностики платы контроллера повторить.

5.2 Определение поправочного коэффициента по пройденному пути

В связи с тем, что информация о величине линейного перемещения и скорости лаборатории поступает с тахогенератора или мерного колеса, дающего определенное количество импульсов на оборот, то следующим шагом при подготовке к работе является определение поправочного коэффициента на путь.

Опустить мерное колесо на покрытие дороги.

Выполнить холостой «разогревочный» проезд по участку дороги длиной не менее 2 км со скоростью 20 – 25 км/ч .

Установить ПЛ за 10 – 15 м до начальной точки контрольного участка.

Очистить от загрязнения резиновый диск мерного колеса.

Нажать клавишу «2», соответствующую в исходном меню работе «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПРАВочНОГО КОЭФФИЦИЕНТА НА ПУТЬ». При этом на экран выводится:

- исходное значение поправочного коэффициента (обычно это значение 0,1 или значение, используемое при последних измерениях):

- исходное значение длины контрольного участка (обычно 1000 м).

Исправить на экране (при необходимости) значение длины контрольного участка, если его длина отлична от 1000 м.

Примечания:

1. При необходимости корректировку исходного значения поправочного коэффициента выполнить в программном меню «ВВОД

ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ» (п. 5.6 ИЭ). После чего произойдет замена исходного значения (п. 5.4.1 ИЭ). Выход из программы (при необходимости) выполнить клавишами Ctrl-Break и далее клавишей ENTER.

Нажать клавишу ENTER. При этом на экран выводится окно по пройденному пути.

Установить ПЛ в начальной точке контрольного участка.

Нажать клавишу ENTER (команда на пуск счета).

Начать движение ПЛ (не допуская ее отката назад в момент начала движения). При этом в окне на экране индицируется счет пройденного пути.

Примечание.

При отсутствии счета по пути проверить выбор типа датчика пути.

Выполнить проезд по контрольному участку со скоростью 20 – 25 км/ч.

Остановить ПЛ в конечной точке контрольного участка.

Нажать клавишу ENTER (команда на останов счета). При этом на экран выводятся (рис. 2.2):

- конечный отсчет по пройденному пути (при исходном коэффициенте);
- новое вычисленное значение поправочного коэффициента на путь;
- запрос на замену старого (исходного) значения коэффициента на новое (вычисленное) значение. Ответ Y – заменить, ответ N – сохранить.

Нажатие на клавишу Y или N является командой для записи выбранного значения коэффициента в файл констант на ЖМД и его хранения там до следующей коррекции.

Нажать клавишу Y, если конечный отсчет по пройденному пути отличается от действительной длины контрольного участка более чем на 0,02% (т. е. $\pm 0,2$ м при длине участка 1000 м). В противном случае нажать клавишу N. Нажатие на клавишу Y или N является командой для выхода в исходное меню.

Поднять мерное колесо.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПРАВОЧНОГО КОЭФФИЦИЕНТА НА ПУТЬ		
ЗАДАННЫЙ ПОПРАВОЧНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ		0.034306
ДЛИНА МЕРНОГО УЧАСТКА (В МЕТРАХ)		01000.0
ПРОЙДЕННЫЙ ПУТЬ	1003.3	В МЕТРАХ
ВЫЧИСЛЕННЫЙ ПОПРАВОЧНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ РАВЕН 0.034194		
ИСПРАВИТЬ СТАРОЕ ЗНАЧЕНИЕ (Y/N)		

Рисунок 2.2 – Вид экрана при определении поправочного коэффициента на путь

Выполнить 2 – 3 проезда по контрольному участку для контроля, повторив выполнение предыдущих подпунктов.

Примечания:

1. Контрольный участок должен быть прямым, ровным, без деформаций и повреждений, длиной не менее 500 м. Участок должен быть измерен землемерной лентой ЛЗ – 20 (или ЛЗ – 50).

2. Пункт 5.2 может быть выполнен в любое удобное время при подготовке ПЛ к работе без соблюдения последовательности пункта 5.1 и предварительного запуска гиродатчиков.

5.3 Проверка на функционирование каналов по продольному и поперечному уклонам

Запустить гироскопы согласно п.п. 5.1 настоящей лабораторной работы.

Нажать кнопку РР на БУ.

Нажать клавишу «7», соответствующую в исходном меню работе «УСТАНОВКА ГИРОСКОПИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ».

При этом на экран выводятся три шкалы измеряемых параметров с показаниями датчиков в цифровой и графической (в виде марок на шкале) формах (рис. 2.3).



Рисунок 1.3 – Вид экрана при установке гироскопических датчиков

Нажать кнопку AP на БУ и удерживать ее до тех пор (в течение 1 – 2 мин.), когда положение марок стабилизируется на шкалах по продольному и поперечному уклонам (или когда разброс отсчетов показаний по каждому уклону будет не более $\pm 0,02$ В или $\pm 2\%$).

Выполнить вращение юстировочного винта по продольному уклону. При этом марка должна перемещаться по шкале продольного уклона, а также должны изменяться соответствующие показания.

Вывести марку в исходное положение.

Выполнить вращение юстировочного винта по поперечному уклону. При этом марка должна перемещаться по шкале поперечного уклона, а также должны изменяться соответствующие показания.

Вывести марку в исходное положение.

5.4 Калибровка каналов

Нажать кнопку « $_\downarrow_\$ » на БУ.

Проверить установку каждой марки на середину (нуль) шкалы. Отсчет показаний должен соответствовать по:

- углу поворота (2.5 ± 0.01) В или $(0 \pm 0.7)^\circ$;
- продольному уклону $(2,5 \pm 0.01)$ В или $(0 \pm 1)\text{‰}$;
- поперечному уклону $(2,5 \pm 0,01)$ В или $(0 \pm 1)\text{‰}$.

Нажать кнопку « $\downarrow$ » БУ.

Проверить установку марок по углу поворота и поперечному уклону на правый край шкалы, а по продольному уклону на левый край шкалы. Отсчеты показаний должны соответствовать по:

- углу поворота (0 ± 0.01) В или $(-90 \pm 0.7)^\circ$;
- продольному уклону (0 ± 0.01) В или $(-176 \pm 1)\text{‰}$;
- поперечному уклону $(0 \pm 0,01)$ В или $(+176 \pm 1)\text{‰}$.

Нажать кнопку РР на БУ.

5.5 Юстировка гироскопического датчика крена

Установить ПЛ на твердом покрытии автомобильной дороги и отметить мелом на покрытии положение осей и следов колес ПЛ.

Снять с экрана отсчеты показаний по продольному и поперечному уклону для первого положения ПЛ через 50 сек. после остановки.

Развернуть ПЛ на 180° , поставив ее строго по разметке.

Снять с экрана отсчеты показаний для второго положения ПЛ через 30 сек после остановки.

Сопоставить отдельно значения продольного и поперечного уклонов при обоих положениях ПЛ. При правильной установке гиродатчика значения по первому и второму положениям ПЛ должны быть равны по абсолютной величине, но иметь противоположные знаки. Допустимое расхождение $\pm 0,02$ В или $\pm 2\text{‰}$. Если расхождение превышает допустимое, то правильные значения вычисляют как алгебраическую полуразность значений по второму и первому положениям ПЛ по формуле (2.1):

$$I_{\text{ПРОД}} = \frac{I_{2\text{ПРОД}} - I_{1\text{ПРОД}}}{2},$$

$$I_{\text{ПОП}} = \frac{I_{2\text{ПОП}} - I_{1\text{ПОП}}}{2}, \quad (2.1)$$

где I_2, I_1 – значения уклонов, соответствующие второму (последующему) и первому (предыдущему) положениям ПЛ.

Установить вычисленные значения уклонов на экране, вращая соответствующие юстировочные винты.

Развернуть ПЛ на 180° .

Выполнить повторное снятие данных, при необходимости повторить.

Сопоставить значения продольных, а также поперечных уклонов, вычисленных по формуле (2.1). Если расхождение не превышает допустимое, то юстировка закончена. В противном случае юстировку повторить.

Нажать клавишу ENTER для возврата в исходное меню работ.

Примечание.

Размещение оборудования и обслуживающего персонала в ПЛ во время юстировки должно быть неизменным.

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА И ЕГО ФОРМА

Отчет должен содержать: краткое описание порядка проведения всех работ по настройке оборудования, данные полученные в ходе проведения работы, расчёт возможных погрешностей до и после проведения настройки, выводы по каждому виду проводимых работ.

7. ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ

- опишите порядок выполнения юстировки гироскопического датчика крена;
- опишите порядок выполнения проверки измерительного канала;
- опишите процесс выполнения калибровки каналов;

- перечислите пункты меню «Ввод характеристик измерительного канала». Порядок и способы изменения поправочного коэффициента на путь;
- какова взаимосвязь конструкции подвески лаборатории с точностью получаемых данных при проведении измерений;
- как изменятся данные при изменении жёсткости рессор.

Работа считается защищенной, если студент представит полный отчет с правильно выполненными схемами узлов и ответит на 3 – 4 контрольных вопроса.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3

Измерение геометрических параметров автодорог

1. ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Целью работы является проведение измерений геометрических параметров автомобильной дороги на подвижной лаборатории КП - 514МП.

В результате выполнения работы студенты должны:

1. Провести измерения участка автомобильной дороги.
2. Обработать полученные данные.
3. Провести сравнительный анализ характеристик автодороги на соответствие требованиям СНиП.
4. Построить на миллиметровой бумаге, в соответствии с полученными данными, план и профиль автомобильной дороги, углы поворота.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Положение геометрической оси дороги на местности называется ее трассой. Планом трассы называют графическое изображение проекции трассы на горизонтальную плоскость. В простейшем случае трассирования дороги прямыми и дугами окружности каждое изменение направления трассы определяется углом поворота, который измеряют между продолжением направления трассы и новым её направлением. Чтобы запроектированную трассу можно было точно воспроизвести на местности, её ориентируют относительно сторон света. Для этого вычисляют румбы прямых участков трассы.

Различают следующие геометрические элементы закруглений: угол поворота трассы α , радиус кривой R , кривую K , тангенс T , биссектрису B . Элементы кривой связаны между собой тригонометрическими

соотношениями: $T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$. (3.1)

$$B = R(\sec \frac{\alpha}{2} - 1). \quad (3.2)$$

$$K = \frac{\pi R \alpha}{180}. \quad (3.3)$$

Продольным профилем дороги называют развернутую в плоскости чертежа проекцию оси дороги на вертикальную плоскость. Продольный профиль характеризует крутизну отдельных участков дороги, измеряемую продольным уклоном, и расположение её проезжей части относительно поверхности земли. Продольный уклон является одной из важнейших характеристик транспортных качеств автомобильной дороги. В соответствии с СНиП 2.05.02 – 85 п. 4.20 при назначении элементов плана и продольного профиля в качестве основных параметров следует принимать:

продольные уклоны – не более 30 ‰;

расстояния видимости для остановки автомобиля – не менее 450 м;

радиусы кривых в плане – не менее 3 000 м;

радиусы кривых в продольном профиле:

выпуклых – не менее 70 000 м;

вогнутых – не менее 8 000 м;

длины кривых в продольном профиле:

выпуклых – не менее 300 м;

вогнутых – не менее 100 м.

Если по условиям местности не представляется выполнить требования п. 4.20, при проектировании допускается снижать нормы на основе технико-экономического сопоставления вариантов. При этом предельно допустимые нормы надлежит принимать исходя из расчётных скоростей движения по категориям дорог (таблицы 3.1, 3.2).

Таблица 3.1 – Значения продольных уклонов

Расчетные скорости, км/ч	150	120	100	80	60	50	40	30
Наибольшие продольные уклоны, ‰	30	40	50	60	70	80	90	100

Таблица 3.2 – Значения расчетных скоростей

Категория дороги	Расчетные скорости, км/ч		
	основные	допускаемые на трудных участках местности	
		пересеченной	горной
I-a	150	120	80
I-б	120	100	60
II	120	100	60
III	100	80	50
IV	80	60	40
V	60	40	30

Значения радиуса выпуклых круговых вставок определяют из условия обеспечения расчетной видимости поверхности дороги водителем автомобиля.

$$R = \frac{L^2}{2(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}, \quad (3.4)$$

где L – расстояние видимости для остановки автомобиля;

h_1 – возвышение глаз водителя над поверхностью дороги;

h_2 – возвышение препятствия, видимость которого должна быть обеспечена.

Наименьшее расстояние видимости для остановки должно обеспечивать видимость любых предметов, имеющих высоту 0,2 м и более, находящихся на середине полосы движения, с высоты глаз водителя автомобиля 1,2 м от поверхности проезжей части.

При необходимых для этого радиусах вертикальных кривых отрицательное влияние на управляемость и устойчивость автомобиля центробежной силы, возникающей при проезде кривой и уменьшающей сцепной вес автомобиля, весьма невелико.

Радиус вогнутых кривых определяют исходя из значения центробежной силы, допустимой по условиям самочувствия пассажира и перегрузки рессор (не больше 5% силы веса).

При допускаемом центробежном ускорении b (в м/с^2) имеем:

$$\frac{V^2}{R} = b, \text{ откуда } R = \frac{V^2}{b}. \quad (3.5)$$

При разработке норм на проектирование вертикальных кривых в РФ принимают $b=0,7 \text{ м/с}^2$.

Поперечные уклоны проезжей части (кроме участков кривых в плане, на которых предусматривается устройство виражей) следует назначать в зависимости от числа полос движения и климатических условий, таблица 3.3.

Таблица 3.3 – Значения поперечных уклонов

Категория дороги	Поперечный уклон, ‰			
	Дорожно-климатические зоны			
	I	II, III	IV	V
I-а и I-б: а) при двускатном поперечном профиле каждой проезжей части	15	20	25	15
б) при односкатном профиле: первая и вторая полосы от разделительной полосы третья и последующие полосы	15	20	20	15
	20	25	25	20
II – IV	15	20	20	15

3. АППАРАТУРА И МАТЕРИАЛЫ:

Дорожная лаборатория КП - 514МП, ПЭВМ типа «NOTEBOOK», принтер, миллиметровая бумага (А1), масштабные линейки.

4. УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

При выполнении работы студенты должны руководствоваться общими правилами техники безопасности, приведёнными в приложении Б, а также общими указаниями по эксплуатации (Приложение В).

5. МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

5.1 Подготовка к работе

5.1.1 Установите все тумблеры и кнопки БУ и ПТ в положение ВЫКЛ. Тумблеры должны находиться в нижнем положении, а кнопки в отжатом положении.

5.1.2 Установите кнопку «+12В – +24В» в положение «+24В». Установите два тумблера прерывателя «массы» цепи в положение ВКЛ, проверьте напряжение по вольтметру. Запустите гиродатчики, нажав кнопку ВКЛ на БУ. Через 30 с после запуска гиродатчиков нажмите и удерживайте в течение 20 – 25 с кнопку АР (АРРЕТИР). Через пять минут после запуска гиродатчиков проверьте напряжение в цепи постоянного тока по вольтметру на БУ. Напряжение должно быть 24 ± 2 В. При напряжении менее 22 В выполнять дальнейшую работу с ЭК нельзя – требуется подзарядка аккумулятора.

5.1.3 Включить ЭВМ посредством одновременного нажатия и удерживания кнопок «Fn + Enter». Установить тумблер на блоке АЦП в положение ВКЛ.

5.2 Измерение магнитного азимута

5.2.1 Установить теодолит с буссолью на кромке проезжей части в начальной точке измеряемого участка автодороги.

5.2.2 Закрепить лимб теодолита.

5.2.3 Освободить алидаду.

5.2.4 Совместить нулевые отсчеты горизонтальных кругов алидады и лимба.

5.2.5 Закрепить алидаду.

5.2.6 Освободить лимб.

5.2.7 Совместить северный конец стрелки с нулевым отсчетом буссоли.

5.2.8 Закрепить лимб.

5.2.9 Освободить алидаду.

5.2.10 Навести зрительную трубу на кромку проезжей части по направлению движения ПЛ.

5.2.11 Взять отсчет по горизонтальному кругу теодолита с точностью $\pm 0,5^\circ$ и записать в полевой журнал.

5.2.12 Закрепить теодолит и штатив в ПЛ.

5.3 Подготовка к проведению измерений геометрических параметров автодорог

5.3.1 Нажмите клавишу «2» для входа в меню «ГЕОМЕТРИЯ. ИЗМЕРЕНИЯ»

5.3.2 Осуществите ввод служебной информации участка дороги, измеряемого в прямом направлении движения. *Нумерация полос движения выполняется справа налево по ходу километража согласно титулу дороги. Значение магнитного азимута принять равным нулю, т. к. в ходе проведения измерений на малые расстояния его изменение не будет учитываться.

5.3.3 После вывода ПЛ на исходную позицию 40-50 м до начала участка войдите в подменю «УСТАНОВКА ГИРОСКОПИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ», произведите установку гирооси датчика курса на БУ. При нажатии на БУ на левую кнопку «←» или правую «→» марка по шкале угла поворота должна перемещаться в соответствующем направлении. В противном случае удерживать любую кнопку до тех пор, пока направление перемещения марки по шкале не совпадет с условным обозначением нажатой кнопки.

При отпущенной кнопке размах показаний не должен быть более 0.02 В (или $\pm 0.8^\circ$).

5.4 Измерение геометрических параметров в прямом направлении движения

5.4.1 Набрать код «15» – код характерных точки (ХТ) «НАЧАЛО УЧАСТКА ДОРОГИ». При этом в нижней части экрана выводится строка с кодом и наименованием ХТ, например:

«КОД ХАРАКТЕРНОЙ ТОЧКИ 15 «НАЧАЛО УЧАСТКА ДОРОГИ».

*Коды ХТ см. Приложение А или ИЭ п. 6.3.1.

5.4.2 Начать движение ПЛ к началу участка, набрать расчетную скорость движения (20 ± 5) км/ч. Нажать клавишу ПРОБЕЛ в момент проезда начала участка. При этом на экране ПЭВМ начинается изменение цифровой и графической информации через заданный шаг измерения, а также запись

результатов измерений в рабочую область ЖМД ПЭВМ. В строке с кодом и наименованием ХТ выводится местоположение начала участка.

5.4.3 Во время измерений на экране содержится следующая информация для визуального контроля: текущее значение пройденного пути; текущее значение угла поворота; текущие значения уклонов; текущее значение скорости движения ПЛ; текущее значение магнитного азимута; график углов поворота; график продольного профиля; графический вектор, отображающий поперечный уклон; код, наименование и местоположение ХТ.

5.4.4 При подъезде к ХТ дороги (за 20 – 30 м) набрать соответствующий код ХТ из двух цифр на клавиатуре ПЭВМ. Нажать клавишу ПРОБЕЛ в момент проезда ХТ дороги.

5.4.5 На кривых в плане с углами поворота 160 – 1800 необходимо выполнение сбросов по углу.

5.4.5.1 Набрать код «11» – код ХТ «НАЧАЛО СБРОСА» во время движения ПЛ на прямом участке.

5.4.5.2 Нажать клавишу ПРОБЕЛ.

5.4.5.3 Нажать на БУ левую кнопку «←» или правую «→» и вывести показания по углу поворота на середину шкалы (или край шкалы) в зависимости от ситуации на дороге.

5.4.5.4 Набрать код «12» – код ХТ «КОНЕЦ СБРОСА».

5.4.5.5 Нажать клавишу ПРОБЕЛ.

5.4.6 При возникновении препятствия на дороге следует выполнить регистрацию объезда.

5.4.6.1 До начала объезда набрать код «09» – код ХТ «НАЧАЛО ОБЪЕЗДА».

5.4.6.2 Нажать клавишу ПРОБЕЛ.

5.4.6.3 Выполнить объезд препятствия на дороге.

5.4.6.4 После объезда набрать код «10» – код ХТ «КОНЕЦ ОБЪЕЗДА».

5.4.6.5 Нажать клавишу ПРОБЕЛ.

5.4.7 Регистрация конца участка автомобильной дороги.

5.4.7.1. Выбрать ХТ дороги, определяющую конец измеряемого участка.

Примечания:

1. Конечную точку следует выбирать на прямых участках дороги в плане с целью корректного измерения магнитного азимута.

2. Рекомендуемая длина участка (захватки) 25 – 30 км.

5.4.7.2 Набрать код «16» – код ХТ «КОНЕЦ УЧАСТКА ДОРОГИ».

5.4.7.3 Нажать клавишу ПРОБЕЛ в момент проезда конца участка. При этом на экране производится останов цифровой и графической информации. Затем выводится информация об измеренном местоположении и вычисленном магнитном азимуте конца участка, а также предложение задать реальное местоположение конца участка и магнитный азимут.

5.4.7.4 Остановить ПЛ на обочине дороги через 40 – 50 м после проезда конца участка.

5.4.7.5 Поднять мерное колесо.

5.4.8 Ввод контрольной информации о конечной точке участка.

5.4.8.1 Оставить неизменным местоположение конца участка и значение магнитного азимута.

5.4.8.2 Нажать клавишу ENTER для выхода в исходное меню. При этом на винчестере в каталоге MEASURE/IZMER формируется рабочий файл измерений прямого направления с именем XXXXXXXX0.ZZZ, где XXXXXXXX – код дороги, а также текстовый файл служебной информации с именем XXXXXXXX2.ZZZ.

5.5 Измерение геометрических параметров в обратном направлении движения

5.5.1 Развернуть ПЛ на 180°.

5.5.2 Установить ПЛ на обочине дороги за 40 – 50 м до начальной точки обратного направления движения.

5.5.3 Опустить мерное колесо на покрытие дороги.

5.5.4 Выполнить ввод показателей служебной информации (код дороги, местоположение начала участка дороги, код направления, номер полосы движения, интервал измерений, магнитный азимут) аналогично п. 5.4.7.

5.5.5 Выполнить установку гирооси датчика курса аналогично п. 2.2.8.

5.5.6 Выполнить регистрацию начала участка аналогично п. 2.3.1, 2.3.2.

5.5.7 Выполнение регистрации ХТ дороги производится аналогично п. 5.4.4.

5.5.8 Выполнение сбросов по углу поворота на прямых и кривых в плане производится аналогично п. 5.4.5.

5.5.9 Регистрация объездов препятствия на дороге выполняется согласно п. 5.4.6.

5.6 Обработка измерений геометрических параметров

производится в соответствии с п. 10 ИЭ

5.6.1 После обработки геометрических параметров мы получаем данные по следующим характеристикам транспортных качеств автомобильной дороги:

- план: местоположение, угол поворота, тип участка (прямая кривая) радиус, азимут;
- профиль: местоположение, продольный уклон, тип участка (постоянный уклон, вертикальная кривая, радиус);
- высотные отметки;
- поперечный уклон;
- видимость дороги для обоих направлений.

5.6.2 Окончательно на винчестере (ЖМД) в директории MEASURE/IZMER формируются текстовые файлы результатов обработки с именами:

XXXXXXXXY.ZZZ,

где XXXXXXXX – код дороги

Y – признак файла,

где Y=3 – средний план;

- У=4 – план прямого направления;
- У=5 – план обратного направления;
- У=6 – средний профиль;
- У=7 – профиль прямого направления;
- У=8 – профиль обратного направления;
- У=а – поперечный уклон прямого направления;
- У=в – поперечный уклон обратного направления;
- У=с – высотные отметки;
- У=d – видимость прямого направления;
- У=е – видимость обратного направления;
- ZZZ – местоположение начала участка кратное 10 км.

Пример:

00055503.001 – файл среднего плана с кодом дороги 0005550 и местоположением начала участка от 10000 м до 19999 м.

00055507.000 – файл профиля прямого направления с кодом дороги 0005550 и местоположением начала участка от 0 до 9999 м.

5.7 Обработка полученных значений

5.7.1 По полученным данным провести сравнительный анализ характеристик автодороги на соответствие требованиям СНиП. Необходимо указать, на каких участках наблюдается превышение предельных значений уклонов и радиусов.

5.7.2 Построить на миллиметровой бумаге план, профиль автомобильной дороги, углы поворота.

5.7.3 Рассчитать графическим методом видимость в направлении движения.

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА И ЕГО ФОРМА

Отчет должен содержать: краткое описание процесса подготовки и измерения; полученные данные; сравнительный анализ характеристик

автодороги на соответствие требованиям СНиП; рекомендации по устранению замеченных несоответствий, лист миллиметровой бумаги содержащей план, профиль автомобильной дороги, углы поворота.

7. ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ

- опишите процесс проверки лаборатории в движении;
- перечислите основные параметры, которые выводятся на экран при измерении геометрических параметров;
- перечислите кнопки, которые должны быть нажаты на БУ в момент измерения геометрических параметров. Назовите, какие кнопки могут быть нажаты и что это определяет;
- опишите порядок обработки информации;
- опишите процесс проверки установки гироскопического датчика курса. В каких случаях необходимо выполнять проверку и корректировку? Каковы последствия неправильной установки?
- какими способами на компьютер может поступать информация о величине пройденного пути?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4

Определение сцепных свойств опорной поверхности с применением установки ПКРС

1. ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Целью работы является измерение сцепных свойств опорной поверхности на подвижной лаборатории КП - 514МП с применением установки ПКРС.

В результате выполнения работы студенты должны:

1. Провести измерения участка автомобильной дороги
2. Провести сравнительный анализ характеристик автодороги на соответствие требованиям СНиП.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Коэффициент сцепления шины с покрытием определяет максимальное значение сил, возникающих в плоскости контакта пневматической шины с поверхностью дороги. Он представляет собой отношение окружного тягового или тормозного усилия F к нагрузке колеса на покрытие G . Коэффициент сцепления является переменной величиной, зависящей от состояния конкретного участка покрытия, режима торможения и наличия боковых сил, действующих на колеса. Сказывается также влияние внутреннего давления в шине, рисунка протектора и т.п. Поэтому его лишь с большой степенью условности можно рассматривать как параметр, характеризующий тип покрытия.

Максимальное возможное значение коэффициента сцепления ведущих колес с покрытием $\varphi_{\text{тах}}$ соответствует моменту, предшествующему началу их буксования, а тормозящих колес – переходу от торможения трения тормозных колодок о барабан к скольжению по покрытию заблокированных колес юзом. Коэффициент $\varphi_{\text{тах}}$ имеет чисто теоретическое значение, поскольку разогревание, плавление и горение резины в зоне контакта

буксующего колеса с покрытием приводит к быстрому снижению коэффициента сцепления. Поэтому при расчетах устойчивости автомобиля и проектировании дорог исходят из меньших значений коэффициента сцепления, соответствующих начавшемуся проскальзыванию.

На основе экспериментальных данных нормируют два значения коэффициента сцепления:

1) коэффициент продольного сцепления φ_1 , соответствующий началу проскальзывания или буксования колеса при качении или торможении без боковой силы. Его используют при вычислении пути, проходимого автомобилем при экстренном торможении, и при определении возможности трогания автомобиля с места на подъеме;

2) коэффициент поперечного сцепления φ_2 – поперечная составляющая коэффициента сцепления при смещении катящегося ведущего колеса под углом к плоскости движения, когда колесо, вращаясь, скользит вбок. Коэффициент φ_2 используют для оценки устойчивости автомобилей против заноса при движении по кривым.

Несмотря на различную жесткость шин в плоскости качения и в поперечном направлении, а также влияние рисунка протектора, сила сцепления заблокированной шины с покрытием (сопротивление сдвигающему усилию) мало различается по значению при разных направлениях сдвига. Поэтому при расчетах, связанных с проектированием дорог, обычно принимают, что в любом направлении сцепление шины с покрытием одинаково и равно φ_1 .

В среднем можно считать, что коэффициент продольного сцепления φ_1 полностью заблокированных шин со слабоизношенным протектором и гладкого влажного цементобетонного покрытия следующим образом зависит от скорости

Таблица 4.2 – Коэффициент сцепления

Скорость, км/ч	30	50	70	80	100	120	150	175
Коэффициент сцепления	0,50	0,43	0,38	0,36	0,32	0,30	0,26	0,24

Коэффициент продольного сцепления при скорости 60 км/ч имеет следующие значения в зависимости от состояния покрытия таблица 4.3

Таблица 4.3 – Коэффициент сцепления при скорости 60 км/ч

Сухое шероховатое	$\geq 0,7$
Сухое гладкое	0,6
Влажное	0,5
Мокрое	0,4 – 0,3
Грязное	0,2 – 0,3
Покрытое уплотненным снегом	0,3 – 0,1
Обледевшее	0,1 – 0,05

Строительные нормы и правила предусматривают следующие требования при передаче дорог в эксплуатацию к коэффициентам продольного сцепления при слабо увлажненном состоянии чистого покрытия и скорости движения 60 км/ч:

Характеристики участков дорог	Коэффициент сцепления, не менее
Прямые участки, кривые в плане с радиусами более 1000 м, продольный уклон не более 30 ‰, укрепленные обочины (легкие условия движения)	0,45
Участки с кривыми в плане с радиусами 250 – 1000 м, с продольными уклонами от 30 до 60 ‰ (затрудненные условия)	0,50 – 0,45
Участки с недостаточной видимостью, уклонами, превышающими расчетный, зоны примыканий и пересечений в одном уровне (опасные условия)	0,60

В условиях эксплуатации в связи с потерей шероховатости поверхностью дороги считают допустимым снижение коэффициента сцепления до 0,4 – 0,35.

Поэтому безопасное движение в периоды ухудшения погодных условий при скользкой поверхности покрытий возможно только на пониженных скоростях, соответствующих фактическим значениям коэффициента сцепления.

Дорожные организации периодически проверяют сцепные качества на важнейших маршрутах, проводя в случаях необходимости мероприятия по их повышению. Покрытие по сцеплению соответствует требованиям безопасности движения, если

$$K_c = \frac{\varphi_{\text{ФАКТ}}}{\varphi_{\text{БДД}}} \geq 1, \quad (4.1)$$

где $\varphi_{\text{ФАКТ}}$ – фактический коэффициент продольного сцепления;

$\varphi_{\text{БДД}}$ – допустимое по условиям безопасности движения.

Предельные значения коэффициента сцепления, допустимые в процессе эксплуатации дорожных покрытий, не должны быть ниже указанных в таблице

Условия движения по СНиПу	Коэффициент сцепления при скорости 60 км/ч	
	Шина с протектором	Гладкая шина
Легкие	0,35	0,28
Затрудненные	0,40	0,35
Опасные	0,45	0,4

Величину коэффициента сцепления проверяют с помощью установки ПКРС или других приборов, показания которых должны быть приведены к показаниям ПКРС. Узел ПКРС состоит из колеса, установленного на подрессорной оси подвески. Ось подвески позволяет колесу совершать вертикальные колебания относительно рамы. Рама с помощью двух вилок, образующих параллелограмм в вертикальной плоскости, крепится к траверсе сцепки. На раме ПКРС размещены грузы для создания необходимого усилия прижатия колеса к дороге. На одной оси с колесом установлен рычаг с гидравлическим тормозом. При отсутствии давления в гидротормозе колесо вращается свободно. При торможении колесо блокируется и тормозной рычаг поворачивается. При этом верхний конец тормозного рычага начинает движение в сторону подвижной лаборатории и через тормозную тягу воздействует на пластину. Величина перемещения пластины (прогиб) определяется с помощью датчика линейных перемещений.

Над осью подвески размещен узел привода торможения и полива, состоящий из сопла 200×10 мм, с помощью которого осуществляется полив и торможение.

Коэффициент сцепления измеряют на каждой полосе при скорости автомобиля-лаборатории 60 км/ч путем полного затормаживания измерительного колеса прицепного привода. В момент измерения коэффициента сцепления толщина водной пленки на покрытии должна быть не менее 1 мм.

При проведении измерений коэффициента сцепления необходимо фиксировать температуру воздуха и получаемые значения приводить к расчетной положительной температуре 20°C путем введения следующей поправки:

Температура воздуха, °C	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Поправки	-0,06	-0,04	-0,03	-0,02	0	+0,01	+0,01	+0,02	+0,02

3. АППАРАТУРА И МАТЕРИАЛЫ

Дорожная лаборатория КП - 514МП, узел ПКРС, ПЭВМ типа «NOTEBOOK», принтер.

4. УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

При выполнении работы студенты должны руководствоваться общими правилами техники безопасности, приведёнными в приложении Б, а также общими указаниями по эксплуатации (Приложение В).

5. МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Перед началом работы внимательно ознакомьтесь с Правилами по технике безопасности при работе с ПКРС. Прочтите инструкцию и ознакомьтесь с устройством и принципом работы установки, возможными неисправностями и способами их устранения.

5.1 Подготовка ПКРС к работе

5.1.1 Проверьте давление в шине колеса, допустимое $1,7 \pm 0,1$ МПа.

5.1.2 Присоедините ПКРС кронштейном сцепки к сцепке лаборатории с помощью четырех конических болтов.

5.1.3 Закрепите концы тросов противозаноса в вилке на раме ПКРС с помощью болтового соединения.

Снять ролик с рычага привода торможения, расшплинтовав и выдернув ось, уложить тросик привода полива и торможения в ручей ролика и установить на рычаг обратной последовательности. Закрепить свободный конец тросика привода полива и торможения на раме ПКРС болтом.

Надеть рукава шлангов на патрубки и закрепить хомутами.

5.1.4 Заправить баки лаборатории водой через заливную горловину ($V=500$ л).

5.1.5 Установить на раму ПКРС груза в соответствии с их маркировкой, зафиксировать осью и зашплинтовать. (Выполняется в том случае, если не производится проверка тормозной системы).

Установите лабораторию на ровную поверхность, вращением винта стяжки пружины добейтесь того, чтобы рама ПКРС заняла положение параллельное земле.

5.1.6 Подсоединить электрические кабели ПКРС к разъемам на заднем борту лаборатории.

5.2 Подготовка к работе

5.2.1 Установите все тумблеры и кнопки БУ и ПТ в положение ВЫКЛ. Тумблеры должны находиться в нижнем положении, а кнопки в отжатом положении.

5.2.2 Установите кнопку «+12В – +24В» в положение «+24В». Установите два тумблера прерывателя «массы» цепи в положение ВКЛ, проверьте напряжение по вольтметру.

5.2.3 Включить ЭВМ посредством одновременного нажатия и удерживания кнопок «Fn + Enter».

5.3 Подготовка к измерению коэффициента сцепления дорожных покрытий

5.3.1 Нажмите клавишу «4» для входа в меню «СЦЕПЛЕНИЕ. ИЗМЕРЕНИЯ»

5.3.2 Нажать клавишу «2» соответствующей в исходном меню работе «ПРОВЕРКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА».

При этом на экран выводится бегущий график сигнала, считываемого с датчика сцепления. По оси ординат даются значения счетчика в импульсах. Ниже графика располагается строка с приглашением на изменение масштаба – клавиша С; остановка опроса – клавиша S; продолжение опроса – клавиша Q и выход – клавиша ENTER.

Выполнить перемещение сердечника датчика сцепления.

При этом на экране должно быть изменение графической информации. График должен двигаться вверх, в противном случае надо изменить полярность графика. Смотри «ВВОД ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ». Если показания постоянны (график параллелен оси абсцисс), то измерительный канал не работает.

Нажать клавишу ENTER для выхода в исходное меню работ.

5.3.3 Осуществите ввод служебной информации участка дороги.

5.4 Измерение коэффициента сцепления дорожных покрытий

5.4.1 Набрать код «15» – код характерной точки (ХТ) «НАЧАЛО УЧАСТКА ДОРОГИ». При этом в нижней части экрана выводится строка с кодом и наименованием ХТ, например:

«КОД ХАРАКТЕРНОЙ ТОЧКИ 15 «НАЧАЛО УЧАСТКА ДОРОГИ».

*Коды ХТ см. Приложение А или ИЭ п. 6.3.1.

5.4.2 Начать движение ПЛ к началу участка, набрать расчетную скорость движения 60 км/ч. Нажать клавишу ПРОБЕЛ в момент проезда начала участка. При этом на экране ПЭВМ начинается изменение цифровой и графической информации через заданный шаг измерения, а также запись

результатов измерений в рабочую область ЖМД ПЭВМ. В строке с кодом и наименованием ХТ выводится местоположение начала участка.

5.4.3 Проведение замера.

5.4.3.1 Нажать клавишу Z при подъезде к месту замера (за 50 м).

При этом график начнет свое движение вдоль оси абсцисс.

5.4.3.2 Нажать педаль тормоза, когда график достигнет первой вертикальной линии и удерживать её пока график не достигнет правой границы сектора «Измерение» (сектор затемнен).

5.4.3.3 Выполнить следующий замер не ранее, чем через 200 метров, повторив операции по п.п. 2.4.3.1 – 2.4.3.2.

5.4.3.4 При подъезде к ХТ дороги произвести их регистрацию.

5.4.4 Выбрать ХТ дороги, определяющую конец измеряемого участка.

5.4.4.1 Набрать код «16» – код ХТ «КОНЕЦ УЧАСТКА ДОРОГИ».

5.4.4.2 Нажать клавишу ПРОБЕЛ в момент проезда ХТ дороги.

5.5 Осуществить просмотр результатов измерения, записать файл на винчестер

5.6 После проведения 90 – 95 замеров необходимо произвести заправку баков водой

5.7 Обработка полученных значений

5.7.1 По полученным данным провести сравнительный анализ характеристик автодороги на соответствие требованиям ВСН (укажите, на каких участках наблюдается превышение предельных значений).

5.7.2 Рассчитайте общее число участков с неудовлетворительным сцеплением.

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА И ЕГО ФОРМА

Отчет должен содержать: краткое описание процесса подготовки и измерения; полученные данные; сравнительный анализ характеристик автодороги на соответствие требованиям ВСН; рекомендации по устранению замеченных несоответствий.

7 ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ

- опишите основные меры безопасности при выполнении работы;
- опишите геометрические характеристики установки ПКРС, укажите массу грузов и установки;

- опишите основные действия оператора при выполнении замера.

На что необходимо обращать внимание второму оператору?;

- опишите процесс проверки измерительного канала;
- какой принцип используется в установке ПКРС для получения коэффициента сцепления покрытия?;

- опишите процессы, происходящие в момент торможения установки ПКРС;

- опишите конструкцию привода торможения и полива.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5

Измерение ровности дорожного покрытия с применением установки ПКРС

1. ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Целью работы является измерение ровности дорожного покрытия на подвижной лаборатории КП - 514МП с применением установки ПКРС.

В результате выполнения работы студенты должны:

1. Провести измерения на участке автомобильной дороги.
2. Провести сравнительный анализ характеристик автодороги на соответствие требованиям СНиП.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

При сдаче в эксплуатацию все покрытия имеют начальные неровности, размер которых зависит от материала покрытий и особенностей производства строительных работ. По правилам приемки построенных дорог разрешается сдача дороги в эксплуатацию, если просвет между поверхностью покрытия и уложенной вдоль дороги прямой трехметровой рейкой не превышает следующих значений: для цементобетонных и асфальтобетонных покрытий 0,5 см, для щебеночных, гравийных и шлаковых 1,5 см, для булыжной мостовой 3 см. Отклонения от этих допусков, превышающие их не более чем в 2 раза, допускаются в 5 % от общего числа измерений ровности.

Для контроля ровности дорожных покрытий используют также передвижные рейки длиной 3 – 4 м, которые при прокатывании по покрытию указывают размер неровностей и сигнализируют, когда они превышают допускаемую. Однако применение реек не характеризует наличие волн длиной 15 – 25 см, вызывающих опасные колебания автомобилей при движении с высокими скоростями.

В дорожных организациях используют толчкомеры – приборы, регистрирующие суммарный прогиб рессоры автомобиля при проезде

участка определенной длины. Наибольшее распространение получил прибор конструкции проф. А. К. Бируля. Его модернизированный вариант ТХК – 2. Но недостатком данного прибора является то, что для надежности получаемых данных необходимо иметь эталонные участки дорог с прочной дорожной одеждой при невысокой интенсивности движения и периодически проводить на них перед выездом на испытания контрольные проезды для определения в результате измерений ровности поправочных коэффициентов, учитывающих состояние испытательного автомобиля.

Если при измерении ровности скорость по каким-либо причинам отличалась от заданной более чем на 5 км/ч, измерение считается неправильным и повторяется.

Использование установки ПКРС является наилучшим средством для измерения ровности дорожного покрытия на больших участках дорог.

Узел ПКРС состоит из колеса, установленного на подрессорной оси подвески. Рама с помощью двух вилок, образующих параллелограмм в вертикальной плоскости, крепится к траверсе сцепки. Благодаря параллелограммной сцепки рама ПКРС постоянно сохраняет положение параллельное поверхности дороги. На арочной части рамы установлен датчик ровности, шкив которого охвачен тросиком. Конец тросика закреплен к подвеске колеса (подрессорной части ПКРС). Вертикальные колебания подвески вызывают повороты шкива датчика, который вырабатывает электрические импульсы, используемые для регистрации неровностей.

Характеристику ровности выражают в сантиметрах на километр (см/км) и оформляют в виде линейных графиков ровности.

Состояние покрытия проезжей части дорог по ровности оценивается коэффициентом ровности K_p , представляющим собой отношение предельно допустимых значений ровности к фактическому. Покрытия по ровности удовлетворяют условиям эксплуатации, если $K_p \geq 1$.

Предельно допустимые значения ровности приведены в таблице 5.1

Таблица 5.1 – Предельно допустимые значения ровности

Интенс-ть движения авт/сут	Категория дороги	Тип дорожной одежды	Предельно допустимые состояния покрытия по ровности		
			Показатель ровности, см/км		Количество просветов под 3-метровой рейкой, превышающие указанные в СНиП 3.06.03 – 85, %
			По прибору ПКРС	По толчкомеру ТХК – 2	
7000	I	Капитальный	540	100	6
3000 – 7000	II	«	660	120	7
1000 – 3000	III	«	860	170	9
		Облегченный	1110	240	12
500 – 1000	IV	«	1200	265	14
200 – 500		Переходный	–	340	
До 200	V	«	–	–	–
		Низший	–	510	–

3. АППАРАТУРА И МАТЕРИАЛЫ:

Дорожная лаборатория КП - 514МП, узел ПКРС, ПЭВМ типа «NOTEBOOK», микрокалькуляторы, масштабные линейки.

4. УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

При выполнении работы студенты должны руководствоваться общими правилами техники безопасности приведёнными в приложении Б, а также общими указаниями по эксплуатации (Приложение В).

5. МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Работа выполняется путём изучения порядка, правил измерения и последующего их проведения на имеющемся оборудовании.

5.1 Подготовка ПКРС к работе

5.1.1 Проверьте давление в шине колеса, допустимое $1,7 \pm 0,1$ МПа.

5.1.2 Присоедините ПКРС кронштейном сцепки к сцепке лаборатории с помощью четырех конических болтов.

Закрепите концы тросов противозаноса в вилке на раме ПКРС с помощью болтового соединения.

5.1.3 Установите на раму ПКРС грузы в соответствии с их маркировкой, зафиксируйте осью и зашплинтуйте.

Установите лабораторию на ровную поверхность и вращением винта стяжки пружины добейтесь того, чтобы рама ПКРС заняла положение параллельное земле.

5.1.4 Подсоедините электрические кабели ПКРС к разъемам на заднем борту лаборатории.

5.2 Подготовка к работе

5.2.1 Установите все тумблеры и кнопки БУ и ПТ в положение ВЫКЛ. Тумблеры должны находиться в нижнем положении, а кнопки в отжатом положении.

5.2.2 Установите кнопку «+12В – +24В» в положение «+24В». Установите два тумблера прерывателя «массы» цепи в положение ВКЛ, проверьте напряжение по вольтметру.

5.2.3 Включите ЭВМ посредством одновременного нажатия и удерживания кнопок «Fn + Enter».

5.3 Подготовка к измерению ровности

5.3.1 Нажмите клавишу «3» для входа в меню «РОВНОСТЬ. ИЗМЕРЕНИЯ»

5.3.2 Нажмите клавишу «2», соответствующую в исходном меню работе «ПРОВЕРКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА».

При этом на экран выводится бегущий график сумматора датчика ровности. По оси даются значения сумматора в импульсах. Ниже графика располагается строка, указывающая значение шкалы по вертикали, интервал съема данных, а также приглашения на контрольный тест – клавиша С и выход – клавиша ENTER.

Выполнить вертикальные колебания установки (прицепа) или вращение шкива датчика ровности.

При этом на экране должно быть изменение показаний сумматора (график должен двигаться вверх). Если показания постоянны (график параллелен оси абсцисс), то измерительный канал не работает.

Нажать клавишу ENTER для выхода в исходное меню работ.

5.3.3 Осуществите ввод служебной информации участка дороги.

5.4 Измерение ровности

5.4.1 Набрать код «15» – код характерных точки (ХТ) «НАЧАЛО УЧАСТКА ДОРОГИ». При этом в нижней части экрана выводится строка с кодом и наименованием ХТ, например:

«КОД ХАРАКТЕРНОЙ ТОЧКИ 15 «НАЧАЛО УЧАСТКА ДОРОГИ».

*Коды ХТ см. Приложение А или ИЭ п. 6.3.1.

5.4.2 Начать движение ПЛ к началу участка, набрать расчетную скорость движения 50 км/ч. Нажать клавишу ПРОБЕЛ в момент проезда начала участка. При этом на экране ПЭВМ начинается изменение цифровой и графической информации через заданный шаг измерения, а также запись результатов измерений в рабочую область ЖМД ПЭВМ. В строке с кодом и наименованием ХТ выводится местоположение начала участка.

5.4.3 При подъезде к ХТ дороги (за 20 – 30 м) набрать соответствующий код ХТ из двух цифр на клавиатуре ПЭВМ. Нажать клавишу ПРОБЕЛ в момент проезда ХТ дороги.

5.4.4 Регистрация локального участка дороги со значительным разрушением покрытия.

Если на дороге существуют участки со значительным разрушением покрытия, во избежание регистрации программой запредельных значений и повреждения механизма необходимо регистрировать такие участки и выполнять проезд по ним с безопасной скоростью.

5.4.4.1 Набрать код «17» – код ХТ «НАЧАЛО УЧАСТКА С РАЗРУШЕНИЯМИ».

5.4.4.2 После проезда участка с разрушениями набрать код «18» – код ХТ «КОНЕЦ УЧАСТКА С РАЗРУШЕНИЯМИ». Нажать клавишу ПРОБЕЛ через 20 – 30 м после проезда.

5.4.5 Выбрать ХТ дороги, определяющую конец измеряемого участка.

5.4.5.1 Набрать код «16» – код ХТ «КОНЕЦ УЧАСТКА ДОРОГИ».

5.4.5.2 Нажать клавишу ПРОБЕЛ в момент проезда ХТ дороги.

5.5 Осуществить просмотр результатов измерения, записать файл на винчестер

5.6 Обработка полученных значений

5.6.1 По полученным данным провести сравнительный анализ характеристик автодороги на соответствие требованиям ВСН (укажите, на каких участках наблюдается превышение предельных значений).

5.6.2 Рассчитайте общую длину участка с неудовлетворительной ровностью (в процентах от общей длины).

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА И ЕГО ФОРМА

Отчет должен содержать: краткое описание процесса подготовки и измерения; данные полученные в ходе проведения работы; сравнительный анализ характеристик автодороги на соответствие требованиям ВСН; рекомендации по устранению замеченных несоответствий.

7. ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ

- опишите процесс проверки измерительного канала;
- перечислите параметры, которые выводятся на экран при измерении ровности покрытия;
- перечислите основные характерные точки, вводимые при измерении ровности покрытия;

- перечислите кнопки, которые должны быть включены на БУ при измерении ровности;
- опишите технические характеристики установки ПКРС, относящиеся к измерению ровности;
- опишите процесс подготовки ПКРС к проведению измерений ровности и основные меры безопасности при этом.

СПИСОК ОСНОВНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабков, В. Ф. Проектирование автомобильных дорог. [Текст] : учебное пособие / В. Ф. Бабков, О. В. Андреев. – М. : Транспорт, 2009 г.
2. Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог: ВСН 24–88/ Минавтодор РСФСР. – М.: Транспорт, 1989 г..

СПИСОК ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник техника дорожника / Денисов Е. М., Коганзон М. С., Коновалов С. В. и др. ; Под ред. В. К. Некрасова. – М. : Транспорт, 1978 г.
2. Строительство автомобильных дорог: Справочник инженера-дорожника / В. А. Бочин, М. И. Вейцман, Е. М. Зейгер и др. ; Под ред. В. А. Бочина. – М. : Транспорт, 1980 г.
3. СНиП 2.05.02 – 85. Автомобильные дороги. Госстрой СССР – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1986 г.

Коды характерных точек дороги

Код	Наименование	Код	Наименование
01	Труба	37	Начало путепровода
02	Примыкание справа	38	Конец путепровода
03	Примыкание слева	39	АЗС
04	Автобусная остановка	40	Путепровод (пересечение)
05	Автомобильная остановка с	41	Площадка отдыха
06	павильоном	42	Стоянка автомобилей
07	Километровый столб	43	Пункт питания
08	Пересечение	44	ГАИ
09	Ж/д переезд	45	Гостиница
10	Начало объезда	46	Больница
11	Конец объезда	47	Почта
12	Начало сброса	48	Автовокзал
13	Конец сброса	49	Станция тех. обслуживания
14	Начало кривой	50	Эстакада для ремонта
15	Конец кривой	51	Мойка
16	Начало участка дороги	52	Переход наземный
17	Конец участка дороги	53	Переход подземный
18	Начало участка с разрушениями	54	Пешеходный мостик
19	Конец участка с разрушениями	55	Светофор
20	Начало ограничения скорости	56	Начало тротуара
21-29	Конец ограничения скорости	57	Конец тротуара
30	Резерв	58	Начало тоннеля
31	Л Э П	59	Конец тоннеля
32	Начало населенного пункта	60	Начало эстакады
33	Конец населенного пункта	61	Конец эстакады
34	Начало ограждения	62	Начало галереи
35	Конец ограждения	63	Конец галереи
36	Начало моста	64	Стела на границе
	Конец моста	65	Трубопровод
		66	Дорожный знак

УКАЗАНИЕ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ

1. В ПЛ (преобразователь тока, ПЭВМ и принтер) имеется переменное напряжение 220 В, 50 Гц. опасное для жизни, поэтому при эксплуатации, контрольно-профилактических и регулировочных работах, производимых в ПЛ, строго соблюдайте соответствующие меры предосторожности:

- перед включением тумблера «масса» – убедитесь в исправности: сетевого шнура от преобразователя к розеткам питания, сетевых фильтров ПЭВМ и принтера;

- производите подключение и отключение шнуров питания ПЭВМ и принтера при отключенном тумблере «масса», а также принтера и ПЭВМ;

- замену любого элемента электрической схемы преобразователя тока производите только при отключенной цепи на 24 В;

- при регулировании и измерениях в схеме преобразователя тока пользуйтесь надежно изолированным инструментом.

2. В случае аварийной ситуации эвакуацию производить через основные и запасные выходы ПЛ.

3. Все оборудование в ПЛ должно быть надежно закреплено.

4. Запрещается хранить и перевозить в салоне ПЛ емкости с бензином и другими легковоспламеняющимися жидкостями.

5. К работе с ПЛ и ЭК допускаются лица, знающие электротехнику, изучившие устройство и инструкцию по эксплуатации ПЛ и ее составных частей, методику проведения дорожно-полевых работ и прошедшие инструктаж по безопасной эксплуатации ПЛ.

6. Измерения и развороты ПЛ выполнять при включенных проблесковых маячках.

7. Проведение дорожно-полевых обследований производится согласно разработанным методикам с соблюдением «Правил дорожного движения».

8. Запрещается проведение работ в темное время суток, в тумане, при сильном ливневом дожде и гололеде.

9. Запрещается работа обслуживающего персонала вне ПЛ без оранжевых сигнальных жилетов.

10. Не оставляйте без присмотра аккумуляторные батареи при зарядке. Соблюдайте правила эксплуатации и зарядки аккумуляторных батарей.

11. Перед выездом проверьте наличие в ПЛ: медицинской аптечки, углекислотных огнетушителей, знака аварийной остановки, противооткатных башмаков.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

1. При эксплуатации ПЛ особо бережного отношения требуют ПЭВМ и печатающее устройство (принтер).

При работе ПЛ в транспортном режиме (в перерывах между измерениями) храните ПЭВМ и принтер в сейфе в горизонтальном положении. Заполните до уплотнения амортизирующим материалом пространство между ПЭВМ и принтером, и внутренними стенками сейфа.

2. Установку на стол и работу с принтером выполняйте только при полной остановке ПЛ.

3. При движении ПЛ ПЭВМ должен быть надежно закреплен на столе специальными фиксирующими устройствами.

4. Предохраняйте ПЭВМ и принтер от механических ударов, сырости, пыли, загрязнений, смазочных масел, резких колебаний температур. Не храните их вблизи источника тепла (при температуре более 35°C), не допускайте попадания прямых солнечных лучей.

5. Содержите сейф и стол в чистоте, протирайте их ежедневно мягкой увлажненной тканью.

6. Выполняйте антистатическую обработку сейфа, стола, кресла, верхней одежды оператора антистатическим средством типа «ЛАНА», «ХЕЛДА» и др. не реже двух раз в неделю.

7. Выполняйте влажную уборку салона ПЛ не реже двух раз в неделю. Пылесосьте в местах, недоступных для уборки, не реже одного раза в месяц.

8. Удаляйте загрязнения с наружного корпуса ПЭВМ и принтера мягкой чистой тканью, пропитанной умеренным моющим средством (мылом), растворенным в воде. При этом не допускайте попадания влаги внутрь.

Не используйте твердую щетку или грубую ткань, а также спирт или растворитель для очистки, которые могут повредить внутренние устройства и корпус.

9. Не ставьте на принтер и ПЭВМ тяжелые предметы.

10. Повторный запуск ПЭВМ не ранее 15 с после отключения .

11. Для безотказной работы ПЭВМ, принтера и ПЛ в целом строго соблюдайте требования и предупреждения по эксплуатации, изложенные в инструкциях по эксплуатации на ПЭВМ, принтер и ПЛ.

12. Если в течение длительного времени температура воздуха в салоне ПЛ была ниже $+10^{\circ}\text{C}$, то перед запуском ЭК необходимо прогреть до $+18$, $+20^{\circ}\text{C}$ в течение 6 часов.

13. Храните магнитные диски вдали от сильных электромагнитных полей.

14. Включение и отключение питания гиродатчиков выполняйте при полной остановке ПЛ и отсутствии вибрации от включенного двигателя. Начало движения ПЛ не ранее чем через 6 минут после включения или отключения питания гиродатчиков.

15. Запрещается движение ПЛ назад с опущенным мерным колесом.

16. Избегайте проезд колесом установки ПКРС по неровностям (выбоинам, препятствиям) с амплитудой более 200 мм.

17. Не переключайте тумблер ПОДЗАРЯД на БУ при работающем двигателе ПЛ во время работы ПЭВМ и принтера.

18. Не подключайте к цепи постоянного тока напряжением 24 В или к аккумуляторам другие нагрузки, не предусмотренные правилами эксплуатации ПЛ, например: для запуска двигателя ПЛ при разряженном аккумуляторе базового ТС.

19. Не подключайте другие нагрузки к цепи постоянного тока напряжением 24 В при включенном питании ПЭВМ или принтера.

20. Не подсоединяйте и не отсоединяйте кабель интерфейса, соединяющий принтер и ПЭВМ, при включенном питании принтера или ПЭВМ.

21. Запрещается выключать питание ПЭВМ без предварительно выполненной парковки винчестера .

22. Запрещается включать в сеть переменного тока напряжением 220 В ПЛ нагрузки с потребляемой мощностью более 120 Вт.

23. Запрещается выполнять измерения геометрических параметров при наличии в баках воды для полива покрытия.

24. Отключайте насос при отсутствии воды в баках для полива покрытия.

25. Закрывайте крышкой-заглушкой разъемы на заднем борте ПЛ при отключенных кабелях прицепных установок.

26. Запрещается подсоединять кабель, подключающий датчики, к разъемам ПЭВМ при включенном ЭК или ПЭВМ.

27. Снимайте со шкива датчика ровности трос привода во время холостых пробегов или транспортировки.

28. Запрещается опускать мерное колесо на покрытие дороги во время движения ПЛ.

29. Запрещается движение ПЛ со скоростью более 30 км/ч с опущенным мерным колесом.

30. Сливайте воду из баков при отрицательных температурах окружающего воздуха.



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ИНСТИТУТ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ИНЖЕНЕРИИ
ДЕПАРТАМЕНТ «СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНЖЕНЕРИИ И ПРОТОТИПИРОВАНИЯ»**

Методические указания по выполнению самостоятельных работ

Для студентов направления
08.04.01 «Строительство»
Направленность профиль «Проектирование, строительство и эксплуатация
автомобильных дорог»

В современный период востребованы высокий уровень знаний, академическая и социальная мобильность, профессионализм специалистов, готовность к самообразованию и самосовершенствованию. В связи с этим должны измениться подходы к планированию, организации учебно-воспитательной работы, в том числе и самостоятельной работы аспирантов. Прежде всего, это касается изменения характера и содержания учебного процесса, переноса акцента на самостоятельный вид деятельности, который является не просто самоцелью, а средством достижения глубоких и прочных знаний, инструментом формирования у аспирантов активности и самостоятельности.

Целью методических рекомендаций является повышение эффективности учебного процесса, в том числе благодаря самостоятельной работе, в которой студент становится активным субъектом обучения, что означает:

- способность занимать в обучении активную позицию;
- готовность мобилизовать интеллектуальные и волевые усилия для достижения учебных целей;
- умение проектировать, планировать и прогнозировать учебную деятельность;
- привычку инициировать свою познавательную деятельность на основе внутренней положительной мотивации;
- осознание своих потенциальных учебных возможностей и психологическую готовность составить программу действий по саморазвитию.

Виды самостоятельной работы студентов

Репродуктивная самостоятельная работа

Самостоятельное прочтение, просмотр, конспектирование учебной литературы, прослушивание лекций, магнитофонных записей, заучивание, пересказ, запоминание, Интернет-ресурсы, повторение учебного материала и др.

Познавательно-поисковая самостоятельная работа

Подготовка сообщений, докладов, выступлений на семинарских и практических занятиях, подбор литературы по дисциплинарным проблемам, написание рефератов, контрольных, курсовых работ и др.

Творческая самостоятельная работа

Написание рефератов, научных статей, участие в научно-исследовательской работе, подготовка дипломной работы (проекта). Выполнение специальных заданий и др., участие в научной конференции.

Организация и контроль самостоятельной работы

Для успешного выполнения самостоятельной работы студентов необходимо планирование и контроль со стороны преподавателей. Аудиторная самостоятельная работа выполняется студентами на лекциях, семинарских занятиях, и, следовательно, преподаватель должен заранее выстроить систему самостоятельной работы, учитывая все ее формы, цели, отбирая учебную и научную информацию и средства (методических) коммуникаций, продумывая роль студента в этом процессе и свое участие в нем.

Вопросы для самостоятельной работы студентов, указанные в рабочей программе дисциплины, предлагаются преподавателями в начале изучения дисциплины. Студенты имеют право выбирать дополнительно интересующие их темы для самостоятельной работы.

Не умаляя значения аудиторной самостоятельной работы, в данных методических рекомендациях акцентируется внимание на проблемах, связанных с внеаудиторной самостоятельной работой и ее организацией. Внеаудиторная самостоятельная работа студентов (далее самостоятельная работа) – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская деятельность студентов, осуществляемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Она включает в себя:

- подготовку к аудиторным занятиям (лекциям, практическим, семинарским, лабораторным работам и др.) и выполнение соответствующих заданий;
 - самостоятельную работу над отдельными темами учебных дисциплин в соответствии с учебно-тематическими планами;
 - написание рефератов, докладов, эссе;
 - подготовку ко всем видам практики и выполнение предусмотренных ими заданий;
 - выполнение письменных расчетно-графических работ;
 - подготовку ко всем видам контрольных испытаний, в том числе к комплексным экзаменам и зачетам;
 - подготовку к итоговой государственной аттестации, в том числе выполнение выпускной квалификационной (дипломной) работы (проекта);
 - работу в студенческих научных обществах, кружках, семинарах и др.;
 - участие в работе факультативов, спецсеминаров и т.п.;
 - участие в научной и научно-методической работе кафедры/департамента;
 - участие в научных и научно-практических конференциях, семинарах, конгрессах и т.п.;
 - другие виды деятельности, организуемой и осуществляемой вузом, или кафедрой.
- Выполнение любого вида самостоятельной работы предполагает прохождение студентами следующих этапов:
- определение цели самостоятельной работы;
 - конкретизация познавательной (проблемной или практической) задачи;
 - самооценка готовности к самостоятельной работе по решению поставленной или выбранной задачи;
 - выбор адекватного способа действий, ведущего к решению задачи (выбор путей и средств для ее решения);
 - планирование (самостоятельно или с помощью преподавателя) самостоятельной работы по решению задачи;
 - реализация программы выполнения самостоятельной работы.

Методические советы и рекомендации к заданиям

Все типы заданий, выполняемых студентами, в том числе в процессе самостоятельной работы, так или иначе содержат установку на приобретение и закрепление определенного Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объема знаний и уровня компетенций, а также на формирование в рамках этих знаний некоторых навыков мыслительных операций - умения оценивать, анализировать, сравнивать, комментировать и т.д. Некоторые задания требуют пояснения:

1. Прокомментировать высказывание - объяснить, какая идея заключена в отрывке, о какой позиции ее автора она свидетельствует.
2. Сравнить – выявить сходство и различие позиций по определенным признакам.
3. Обосновать один из нескольких предложенных вариантов ответа – привести аргументы в пользу правильности выбранного варианта ответа и указать, в чем ошибочность других вариантов.
4. Аргументировать (обосновать, доказать, объяснить) ответ – значит: а) оправдать (опровергнуть) некоторую точку зрения; б) обосновать свою точку зрения, опираясь на теоретические или практические обобщения, данные и т.д.
5. Провести анализ – разложить изучаемые явления на составные части, сопоставить их с целью выявления в них существенного, необходимого и определяющего.
6. Тезисно изложить идею, концепцию, теорию – используя материал учебных пособий и другой литературы, кратко, но не в ущерб содержанию сформулировать основные положения учения.

7. Дать характеристику, охарактеризовать явления – значит назвать существенные, необходимые признаки какого-либо явления (положения какой-либо теории) и выявить особенности.

8. Изобразить схематически – значит раскрыть содержание ответа в виде таблицы, рисунка, диаграммы и других графических форм.

Работа с литературой

Важной составляющей самостоятельной внеаудиторной подготовки является работа с литературой ко всем видам занятий: семинарским, практическим, при подготовке к зачетам, экзаменам, тестированию, участию в научных конференциях.

Умение работать с литературой означает научиться осмысленно пользоваться источниками. Прежде чем приступить к освоению научной литературы, рекомендуется чтение учебников и учебных пособий.

Существует несколько методов работы с литературой.

Один из них – самый известный – метод повторения: прочитанный текст можно заучить наизусть. Простое повторение воздействует на память механически и поверхностно. Полученные таким путем сведения легко забываются.

Наиболее эффективный метод – метод кодирования: прочитанный текст нужно подвергнуть большей, чем простое заучивание, обработке. Чтобы основательно обработать информацию и закодировать ее для хранения, важно произвести целый ряд мыслительных операций: прокомментировать новые данные; оценить их значение; поставить вопросы; сопоставить полученные сведения с ранее известными.

Для улучшения обработки информации очень важно устанавливать осмысленные связи, структурировать новые сведения.

Изучение научной, учебной и иной литературы требует ведения рабочих записей.

Форма записей может быть весьма разнообразной: простой или развернутый план, тезисы, цитаты, конспект.

План – первооснова, каркас какой-либо письменной работы, определяющие последовательность изложения материала.

План является наиболее краткой и потому самой доступной и распространенной формой записей содержания исходного источника информации. По существу, это перечень основных вопросов, рассматриваемых в источнике. План может быть простым и развернутым. Их отличие состоит в степени детализации содержания и, соответственно, в объеме.

Преимущество плана состоит в следующем.

Во-первых, план позволяет наилучшим образом уяснить логику мысли автора, упрощает понимание главных моментов произведения.

Во-вторых, план позволяет быстро и глубоко проникнуть в сущность построения произведения и, следовательно, гораздо легче ориентироваться в его содержании.

В-третьих, план позволяет – при последующем возвращении к нему – быстрее обычного вспомнить прочитанное.

В-четвертых, с помощью плана гораздо удобнее отыскивать в источнике нужные места, факты, цитаты и т. д.

Выписки – небольшие фрагменты текста (неполные и полные предложения, отдельные абзацы, а также дословные и близкие к дословным записи об излагаемых в нем фактах), содержащие в себе квинтэссенцию содержания прочитанного.

Выписки представляют собой более сложную форму записей содержания исходного источника информации. По сути, выписки – не что иное, как цитаты, заимствованные из текста. Выписки позволяют в концентрированной форме и с максимальной точностью воспроизвести в произвольном (чаще последовательном) порядке наиболее важные мысли автора, статистические и даталогические сведения. В отдельных случаях — когда это оправданно с точки зрения продолжения работы над текстом – вполне допустимо заменять цитирование изложением, близким к дословному.

Тезисы – сжатое изложение содержания изученного материала в утвердительной (реже опровергающей) форме. Отличие тезисов от обычных выписок состоит в следующем. Во-первых, тезисам присуща значительно более высокая степень концентрации материала. Во-вторых, в тезисах отмечается преобладание выводов над общими рассуждениями. В-третьих, чаще всего тезисы записываются близко к оригинальному тексту, т. е. без использования прямого цитирования. Исходя из сказанного, нетрудно выявить основное преимущество тезисов: они незаменимы для подготовки глубокой и всесторонней аргументации письменной работы любой сложности, а также для подготовки выступлений на защите, докладов и пр. Аннотация – краткое изложение основного содержания исходного источника информации, дающее о нем обобщенное представление. К написанию аннотаций прибегают в тех случаях, когда подлинная ценность и пригодность исходного источника информации исполнителю письменной работы окончательно неясна, но в то же время о нем необходимо оставить краткую запись с обобщающей характеристикой. Для указанной цели и используется аннотация. Характерной особенностью аннотации наряду с краткостью и обобщенностью ее содержания является и то, что пишется аннотация всегда после того, как (хотя бы в предварительном порядке) завершено ознакомление с содержанием исходного источника информации. Кроме того, пишется аннотация почти исключительно своими словами и лишь в крайне редких случаях содержит в себе небольшие выдержки оригинального текста. Резюме – краткая оценка изученного содержания исходного источника информации, полученная, прежде всего, на основе содержащихся в нем выводов. Резюме весьма сходно по своей сути с аннотацией. Однако, в отличие от последней, текст резюме концентрирует в себе данные не из основного содержания исходного источника информации, а из его заключительной части, прежде всего выводов. Но, как и в случае с аннотацией, резюме излагается своими словами – выдержки из оригинального текста в нем практически не встречаются. Конспект – сложная запись содержания исходного текста, включающая в себя заимствования (цитаты) наиболее примечательных мест в сочетании с планом источника, а также сжатый анализ записанного материала и выводы по нему. Для работы над конспектом следует: определить структуру конспектируемого материала, чему в значительной мере способствует письменное ведение плана по ходу изучения оригинального текста; в соответствии со структурой конспекта произвести отбор и последующую запись наиболее существенного содержания оригинального текста — в форме цитат или в изложении, близком к оригиналу; выполнить анализ записей и на его основе – дополнение записей собственными замечаниями, соображениями, "фактурой", заимствованной из других источников и т. п. (располагать все это следует на полях тетради для записей или на отдельных листах-вкладках); завершить формулирование и запись выводов по каждой из частей оригинального текста, а также общих выводов.

Систематизация изученных источников позволяет повысить эффективность их анализа и обобщения. Итогом этой работы должна стать логически выстроенная система сведений по существу исследуемого вопроса.

Необходимо из всего материала выделить существующие точки зрения на проблему, проанализировать их, сравнить, дать им оценку.

Кстати, этой процедуре должны подвергаться и материалы из Интернета во избежание механического скачивания готовых текстов. В записях и конспектах студенту очень важно указывать названия источников, авторов, год издания. Это организует его, а главное, пригодится в последующем обучении. Безусловно, студент должен взять за правило активно работать с литературой в библиотеке не только СКФУ, но и в других, библиотеках, используя, в том числе, их компьютерные возможности (электронная библиотека в сети Интернет).

Методические рекомендации по подготовке к семинарским занятиям, зачетам, экзаменам.

Приступая к изучению новой учебной дисциплины, студенты должны ознакомиться с учебной программой, учебной, научной и методической литературой, имеющейся в библиотеке СКФУ, получить в библиотеке рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, завести новую тетрадь для конспектирования лекций и работы с первоисточниками.

Помимо учебной, научной литературы студентами должны активно использоваться хрестоматии – сборники текстов, иллюстрирующих содержание учебника, а также словари, справочники. В хрестоматиях собраны материалы, которые позволяют расширить кругозор. При подготовке к семинарским занятиям, зачетам, экзаменам следует в полной мере использовать академический курс учебника, рекомендованного преподавателем. Они дают более углубленное представление о проблемах, получивших систематическое изложение в учебнике. Работа с хрестоматией позволит студенту самостоятельно изучить документы, фрагменты источников, другие произведения, разъясняющие сущность изучаемого вопроса.

Основными функциями экзамена, зачета являются: обучающая, оценочная и воспитательная. Экзамены и зачеты позволяют выработать ответственность, трудолюбие, принципиальность. При подготовке к экзамену студент повторяет, как правило, ранее изученный материал. В этот период сыграют большую роль правильно подготовленные заранее записи и конспекты.

Выполнение расчетно-графической работы

Расчетно-графическая работа является важным элементом учебного процесса, предусмотрена учебным планом.

Цель расчетно-графической работы – систематизация и закрепление теоретических знаний, и развитие практических навыков по решению задач в области теплогазоснабжения и вентиляции, выработка навыков анализа данных и формулирования выводов по полученным результатам.

Задачами расчетно-графической работы являются:

- развитие навыков самостоятельной работы в области решения практических задач;
- подбор и систематизация теоретического материала, являющегося основой для решения практической задачи, развитие навыков самостоятельной работы с учебной и методической литературой;
- проведение расчетов показателей по исходным данным и анализ полученных значений;
- формулирование выводов по полученным результатам.

Выполнение расчетно-графической работы проводится студентом по конкретному варианту задания, который необходимо уточнить у преподавателя.

Содержанием расчетно-графической работы является краткое изложение теоретического материала к каждой задаче, решение задачи по индивидуальному варианту, включающее в себя расчет основных показателей, анализ полученных результатов, формулирование выводов.

Расчетно-графическая работа должна содержать:

1. Титульный лист.
2. Условие задачи.
3. Теоретическая часть по каждой задаче (1-3 страницы).
4. Практическая часть и выводы по каждой задаче.
5. Библиографический список (не менее 5 источников).

Условие задачи оформляется по центру заголовком «Задача №».

Текст условия задачи должен совпадать с текстом в методических указаниях, включая таблицы, при их наличии.

Далее излагается теоретический материал, лежащий в основе решения задачи, включающий в себя основные определения, формулы расчетов показателей и др.

В практической части излагается подробное решение задачи. При необходимости результаты оформляются в виде сводной таблицы.

К каждой задаче необходимо сформулировать выводы, проанализировав полученные результаты.

Расчетно-графическая работа должна выполняться в соответствии с установленным графиком. В процессе выполнения расчетно-графической работы допускаются консультации у преподавателя на практических занятиях.

Выполнение основных этапов контролируется преподавателем и учитывается при проведении текущего контроля по дисциплине и при оценке расчетно-графической работы.

Критерии оценки самостоятельной работы

Компетенции (знания, умения и навыки) студентов оцениваются оценками:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно»;
- «зачтено»;
- «не зачтено».

Зачеты оцениваются отметкой: «зачтено», «не зачтено».

Зачеты с оценкой оцениваются по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

По курсовым работам (проектам) в обязательном порядке выставляется зачет с оценкой.

Экзамены оцениваются по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

Основные критерии оценивания компетенций:

Отметка «зачтено» ставится студентам, успешно обучающимся по данной дисциплине в семестре и не имеющим задолженностей по результатам текущего контроля успеваемости.

Отметка «не зачтено» ставится студенту, имеющему задолженности по результатам текущего контроля успеваемости по данной дисциплине.

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Отметка «неудовлетворительно» выставляется также, если обучающийся после начала экзамена отказался его сдавать.

Оценка «неудовлетворительно» проставляется только в экзаменационную ведомость, в зачетную книжку студента проставлять отметку «неудовлетворительно» не разрешается.

Критерии оценки уровня обученности и уровня сформированности компетенций по дисциплине устанавливает кафедра и отражает их в рабочей программе и фондах оценочных средств дисциплины.

Ответственность за единообразие требований, предъявляемых на экзаменах, несет заведующий кафедрой. По дисциплинам, изучаемым в течение двух и более семестров, итоговой оценкой является оценка, полученная на последнем экзамене.

Заключение

Самостоятельная работа всегда завершается какими-либо результатами. Таким образом, широкое использование методов самостоятельной работы, побуждающих к мыслительной и практической деятельности, развивает столь важные интеллектуальные качества человека, обеспечивающие в дальнейшем его стремление к постоянному овладению знаниями и применению их на практике.