МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В.М. СЛЕСАРЧИК, П.В. ШВЕДОВСКИЙ

Реконструкция дорог и дорожных сооружений

(справочно-методическое пособие, часть I)

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом Учреждения образования «Брестский государственный технический университет» в качестве учебного пособия к разработке курсовой работы по дисциплине «Реконструкция автомобильных дорог и дорожных сооружений» и раздела «Обоснование проектных решений» дипломных проектов по тематике «Реконструкция и капитальный ремонт автомобильных дорог и городских улиц» для студентов дневной и заочной форм обучения по специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги»

Рецензент: главный инженер ГП «Бреставтодор» $\textbf{\textit{O.P. 4yмичев}}$

В.М. Слесарчик, П.В. Шведовский

С46 Реконструкция дорог и дорожных сооружений. Справочно-методическое пособие, часть 1.— Брест, Издательство БрГТУ, 2010, 120 с.

ISBN 978-985-493-168-5

В пособии изложена методика проектирования и состав проектных работ при реконструкции автомобильных дорог и улиц населенных пунктов.

Приведены примеры расчетов и все необходимые для проектирования справочнонормативные материалы. Издается в 2-х частях. Часть 1.

> УДК 625.73:625.855+624(083.75) ББК 94.311

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
1. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	5
2. ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ И СОСТАВА ДВИЖЕНИЯ	
НА РЕКОНСТРУИРУЕМОЙ ДОРОГЕ	8
3. ОБОСНОВАНИЕ РАСЧЕТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ОЦЕНКА СКОРОСТИ	
ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ	12
4. ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ УЧАСТКА РЕКОНСТРУИРУЕМОЙ	
ДОРОГИ	19
5. ОЦЕНКА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА	
ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ	35
6. РАСЧЕТ ПОТЕРЬ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА ОТ ДОРОЖНО-	
ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ (ДТП)	41
7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ДОРОГИ И	
КОЭФФИЦИЕНТА ЗАГРУЗКИ ДВИЖЕНИЕМ	46
8. ОЦЕНКА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	
СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ДОРОГИ	53
9. ВЫБОР ИНЖЕНЕРНЫХ РЕШЕНИЙ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ ДОРОГИ	74
10. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ И ВЫБОР	
ПРОЕКТНОГО ВАРИАНТА	75
11. УСТАНОВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ И ЗЕМЛЯНОГО	
ПОЛОТНА	83
12. ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСИЛЕНИЯ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ	86
13. РАЗРАБОТКА РАБОЧИХ ЧЕРТЕЖЕЙ	102
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	103
припожения	104

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее второе издание справочно-методического пособия переработано в соответствии с изменениями строительных норм Республики Беларусь и существенно дополнено по сравнению с первым изданием, вышедшим в 2005 году. Однако общая методическая основа пособия сохранена. Хотя оно носит прикладной характер, но вместе с тем дополняет и курс лекций, изданный в 2001 году.

Кроме того в пособие включены также специфические разделы — «Нормативные ссылки», «Термины и определения» и др., что позволит студенту более целенаправленно адаптироваться к производственным условиям.

Авторы пособия признательны инженеру отдела проектирования КУПП «Брестдорпроект» Луферовой Т.А. за подбор и предоставление графических приложений.

1. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

ТКП 45-3.03-19-2006 Автомобильные дороги. Нормы проектирования.

ТКП 45-3.03-112-2008 Автомобильные дороги. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования.

ТКП 45-3.03-3-2004 Проектирование дорожных одежд улиц и дорог населенных пунктов.

ТКП 172-2009 Обустройство мест производства работ при строительстве, реконструкции, ремонте и содержании автомобильных дорог и улиц населенных пунктов.

СНБ 3.01.04-02 Градостроительство. Планировка и застройка населенных пунктов.

СТБ 1140-99 Знаки дорожные. Общие технические условия.

СТБ 1300-2002 Технические средства организации дорожного движения. Правила применения.

СТБ 1231-2000 Разметка дорожная. Общие технические условия.

СТБ 1291-2001 Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности движения.

СТБ 1033-2004 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия.

ГОСТ 25607-94 Смеси щебеночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия.

СТБ 1521-2005 Материалы, укрепленные неорганическими вяжущими, для покрытий и оснований автомобильных дорог. Технические условия.

СНБ 2.04.02-2000 Строительная климатология.

ТКП 100-2007 Порядок организации и проведения работ по зимнему содержанию автомобильных дорог.

Автомобильная дорога — комплекс инженерных сооружений, предназначенный для движения транспортных средств с установленными скоростями, нагрузками и габаритами.

Автомобильная дорога общего пользования — автомобильная дорога, предназначенная для использования любыми лицами с учетом требований, установленных законодательством Республики Беларусь. Автомобильные дороги подразделяются на республиканские и местные.

Автомобильная дорога не общего пользования — автомобильная дорога, предназначенная для использования в порядке, установленном ее владельцем, с учетом требований, установленных законодательством Республики Беларусь (дороги для внутрихозяйственных и технологических перевозок, служебные. Патрульные автомобильные дороги вдоль каналов, трубопроводов, линий электропередач, других коммуникаций и сооружений, а также служебные автомобильные дороги к гидротехническим и иным сооружениям).

Категория автомобильной дороги — характеристика автомобильной дороги, определяющая ее технические параметры в зависимости от принадлежности к соответствующему классу и расчетной интенсивности движения.

Класс автомобильной дороги — характеристика автомобильной дороги по функциональному назначению. Условиям доступа и обеспечиваемому уровню обслуживания.

Расчетная скорость движения — наибольшая возможная по условиям удобства и безопасности скорость движения одиночного автомобиля при благоприятных погодных условиях и состоянии покрытия, обеспечивающих коэффициент сцепления 0,6 при скорости 60 км/ч.

Транспортная развязка — инженерное сооружение, устраиваемое на пересечениях и примыканиях дорог, включающее один или несколько путепроводов и систему соединительных ответвлений, обеспечивающих движение всех (полная транспортная развязка) или только основных (не полная транспортная развязка) пересекающихся транспортных потоков в разных уровнях.

Земляное полотно — грунтовое сооружение, служащее основанием для размещения конструктивных слоев дорожной одежды и других элементов дороги.

Грунт земляного полотна — уплотненная и спланированная верхняя часть земляного полотна, удовлетворяющая требованиям действующих нормативных документов. Грунт земляного полотна совместно с дорожной одеждой образует дорожную конструкцию.

Дорожное полотно — часть земляного полотна дороги, включающая проезжую часть, обочины и (при наличии) разделительную полосу.

Рабочий слой — верхняя часть земляного полотна, расположенная в пределах от низа дорожной одежды до глубины 1,5м от поверхности покрытия.

Дополнительный слой основания (подстилающий слой) — слой между основанием и грунтом земляного полотна на участках с неблагоприятными погодно-климатическими и грунтово-геологическими условиями. Дополнительный слой устраивается из песков или песчано-гравийных смесей с коэффициентом фильтрации не менее 1м/сут. Дополнительный слой выполняет функцию морозозащитного и дренирующего слоя.

Основание дорожной одежды — слой дорожной одежды, обеспечивающий совместно с покрытием перераспределения и снижения давления на расположенные ниже дополнительные слои грунт земляного полотна.

Дополнительный слой основания – дренирующий слой – конструктивный слой дорожной одежды, обеспечивающий осушение верхнего слоя земляного полотна в период избыточного увлажнения.

Дополнительный слой основания – морозозащитный слой – конструктивный слой дорожной одежды, обеспечивающий недопущение деформации покрытия вследствие морозного пучения грунта земляного полотна.

Дополнительные слои дорожной одежды — расположенные ниже основания слои, обеспечивающие морозоустойчивость и (или) дренирование дорожной одежды и рабочего слоя.

Коэффициент прочности дорожной одежды — отношение показателей, характеризующих фактический уровень напряженного состояния дорожной одежды к нормативному уровню напряженного состояния дорожной одежды.

Покрытие — верхний, наиболее прочный слой дорожной одежды, непосредственно воспринимающий воздействие транспортной нагрузки, атмосферных факторов и определяющий основные транспортно-эксплуатационные качества дороги.

Верхний слой покрытия (слой износа) — слой, воспринимающий непосредственное воздействие транспортной нагрузки и погодно-климатических факторов. Материал покрытия должен быть прочным, эластичным, водонепроницаемым и износостойким.

Защитный слой — тонкий слой в виде поверхностной обработки или слоя из холодных литых эмульсионно-минеральных смесей (Сларри-Сил) толщиной до 2см.

Нижний слой покрытия (несущий слой) — слой дорожной одежды, воспринимающий основное воздействие транспортной нагрузки, способствующей ее перераспределению и снижению давления на нижележащий слой. Материал несущего слоя должен обладать высокой сдвиго- и трещиностойкостью.

Выравнивающий слой — слой, устраиваемый между покрытием и основанием с целью обеспечения технологических и эксплуатационных параметров покрытия при их устройстве современной укладочной техникой. Выравнивающий слой покрытия устраивается из мелкозернистых или песчаных смесей. Толщина выравнивающего слоя включается в расчет.

Надежность дорожной одежды — способность дорожной конструкции в целом сохранять заданные эксплуатационные характеристики (ровность, прочность, шероховатость) в течение расчетного срока службы. Интегральной характеристикой надежности является уровень надежности, характеризующий вероятность отказа (появление недопустимых деформаций, разрушение) ранее расчетного срока службы.

Уровень надежности — вероятность отказа покрытия или дорожной конструкции по одному (частный уровень) или ряду (общий уровень) критериев прочности.

Повреждаемость — накопление в структуре материала конструктивного слоя дорожной одежды в процессе ее эксплуатации дефектов, ведущих, при определенном их объеме, к недопустимым деформациям и разрушению. Вначале дефекты накапливаются на микроуровне, затем они объединяются и приводят к макроразрушениям.

Отраженные трещины — продольные и поперечные трещины в дорожном покрытии, возникающие в местах наличия трещин в нижних слоях или основании. Отраженные трещины возникают при устройстве асфальтобетонного покрытия на цементобетонном основании, имеющем деформационные швы, а также при укладке новых слоев асфальтобетона на старое покрытие с наличием трещин. Причиной появления отраженных трещин является концентрация напряжений в районе трещин, возникающих от температурных деформаций при охлаждении слоя.

Трещинопрерывающи слой — слой из зернистого материала или, обработанный небольшим количеством битума (до 3%), слой специальной смеси (смесь различных фракций щебня), укладываемый между покрытием с наличием трещин и новым покрытием с целью предотвращения появления отраженных трещин. Благодаря зернистости и низкой прочности на растяжение, вследствие появления и ветвления трещин, подобный слой активно гасит концентрации напряжений в районе трещин. Толщина слоя от 4 до 15см.

Обработанный материал — искусственный материал, получаемый смешением в установке щебеночно-гравийных смесей и песка с цементом и водой и отвечающий нормируемым показателям качества по прочности и морозостойкости.

Трещинопрерывающая мембрана — тонкий слой (до 4см), укладываемый между покрытием с наличием трещин и новым покрытием, с целью предотвращения появления отраженных трещин.

Стабилизация грунтов — обработка грунтов вяжущими материалами с целью улучшения свойств грунтов.

Стабильные групты и материалы по условиям морозоустойчивости — грунты и материалы, относительное морозное пучение которых не превышает 5%.

2. ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ И СОСТАВА ДВИЖЕНИЯ НА РЕКОНСТРУИРУЕМОЙ ДОРОГЕ

Необходимо разработать проект реконструкции дороги Н-256 Пинск-Брест-Гродно км19,250-км45,830, с детальным обоснованием целесообразности проведения реконструкции (рисунок 2.1). За исходные данные в проектных организациях принимают сведения по учету движения за последние 5 лет и данные паспорта дороги (геометрические элементы, состояние покрытия, сроки проведения последних ремонтных работ). Примечание: данные для курсовой работы берутся из курсового проекта №1 по курсу «Проектирование автомобильных дорог и дорожных сооружений».

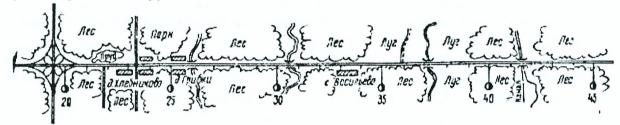


Рисунок 2.1 – План реконструируемой дороги

Общий алгоритм проектирования представлен на рисунке 2.2.

В основу обоснования реконструкции положены расчеты перспективной интенсивности движения, скорости транспортных потоков, уровни безопасности движения и потерь народного хозяйства от дорожно-транспортных происшествий (ДТП), а также рост интенсивности движения и тенденции ее развития, сложившиеся в период, предшествующий разработке проекта реконструкции.

Предварительно для дороги или улицы, подлежащей реконструкции, собирают необходимые данные по составу и интенсивности движения. На основании этих данных и оценивается перспективная интенсивность и состав движения.

При неравномерности интенсивности движения на протяжении года вычисляется коэффициент сезонной неравномерности интенсивности движения (Kc) как отношение максимальной в году суточной к среднегодовой суточной интенсивности движения

$$k_{ces}^{i} = \frac{N_{\text{max}}^{i}}{N_{cym}},\tag{2.1}$$

где N'_{\max} – максимальная интенсивность і-го сезона, авт/сут;

 $N_{\it cvm}$ — среднегодовая суточная интенсивность, авт/сут.

Считая, что на реконструируемой дороге в ближайший период район тяготения останется неизменным и не предполагается строительство новых предприятий, поселков или микрорайонов, при определении перспективной интенсивности движения N_t целесообразно исходить из гипотезы об ее изменении по геометрической прогрессии с постоянными темпами роста:

$$N_{t} = N_{0} q^{(t-1)}, (2.2)$$

где N_0 – интенсивность в последний год учета, авт/сут;

q – коэффициент ежегодного прироста интенсивности движения;

t – расчетный период, лет.

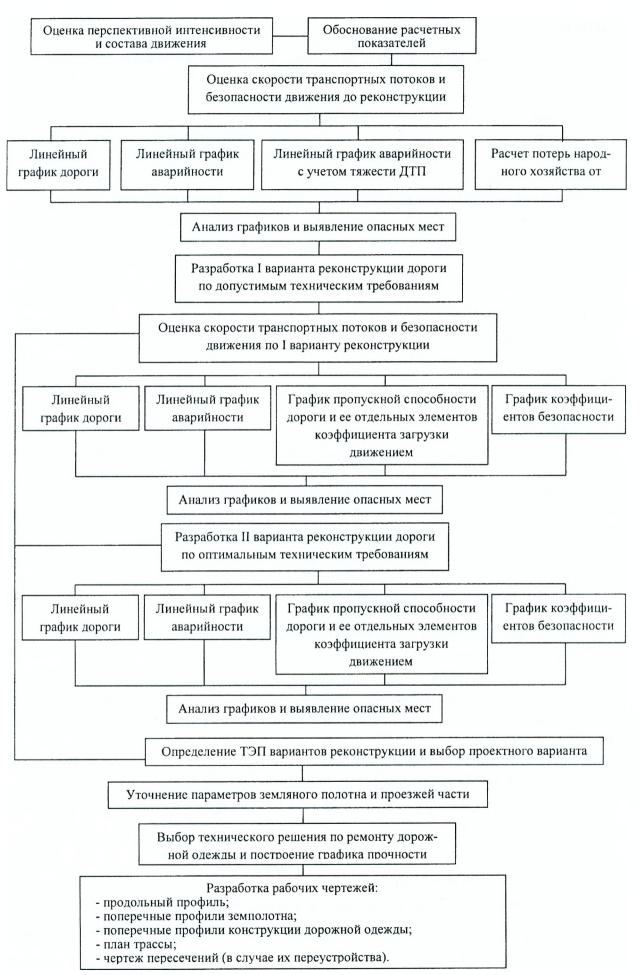


Рисунок 2.2 – Алгоритм проекта по реконструкции автомобильных дорог и улиц населенных пунктов

Пример 1

Исходные данные. Интенсивность движения по результатам обследования составляет 1890 авт/сут, что соответствует дороге IV категории. Средний состав движения: 16% легковых автомобилей, 6% автобусов, 20% грузовых автомобилей грузоподъемностью до 4 т, 49% грузоподъемностью до 5 т и 9% грузоподъемностью 7,5 т.

На основании данных ДорНИИ, состав потока будет изменяться и на момент окончания реконструкции составит: 22% легковых автомобилей, 8% автобусов, 15% грузовых автомобилей грузоподъемностью до 4 т, 41% грузоподъемностью до 5 т и 14% грузоподъемностью 7,5 т.

Годовой график интенсивности движения имеет три максимума: весенний (N_{\max}^a) — в апреле (2150 авт/сут) и осенний — в сентябре (2250 авт/сут), вызванные полевыми сельскохозяйственными работами, летний — в июле — самый высокий (N_{\max}^a) (2450 авт/сут) — период отпусков.

Расчет

По формуле (2.1)имеем:

$$k_{ces}^{sec} = \frac{2150}{1890} = 1,14;$$

$$k_{ces}^{nemn} = \frac{2450}{1890} = 1,30;$$

$$k_{ces}^{oc} = \frac{2250}{1890} = 1,19.$$

Интенсивность в последний год учета составляла 1890 авт/сут. Реконструкцию дороги планируется завершить полностью через 1 год. Исходя из сложившейся тенденции развития интенсивности движения, примем на период реконструкции дороги (1 год) показатель ежегодного прироста равным 1,05, а дополнительный приток автомобилей с более совершенным, чем до реконструкции, учетом с введением коэффициента K_{II} =1,2.

Тогда интенсивность движения после завершения реконструкции, согласно формуле (2.2), составит:

$$N_P = N_o \cdot 1,05^{1-1} = 1890 \cdot 1,05 = 1890 \text{ abt/cyt.}$$

А с учетом прироста интенсивности после завершения реконструкции:

$$N_P = 1890 \cdot 1,2 = 2268 \text{ abt/cyt.}$$

До первого капитального ремонта показатель ежегодного прироста будет большим (1,05), а затем с течением времени темпы прироста будут уменьшаться. В последующие пять лет показатель прироста снизится до 1,03, а в следующие 7 лет до -1,01. При этих условиях интенсивность движения:

- до первого капитального ремонта (8 лет):

$$N_{\text{кап.рем}} = 2268 \cdot 1,05^{7-1} = 3039 \text{ aBT/cyT};$$

- на перспективу срока службы дорожной одежды (13 лет):

$$N_{13}$$
=3039·1,03 ⁵⁻¹=3421 abt/cyt;

- на перспективу 20 лет:

$$N_{20}$$
=3421·1,01 ⁷⁻¹=3631 abt/cyt.

Максимальная летняя интенсивность на перспективу 20 лет:

$$N_{\mathcal{I}}^{\text{max}} = N_{20} \cdot K_{ces}^{\text{nem}} \tag{2.3}$$

$$N_{\it Л}^{\rm max}$$
=3631·1,30=4707 авт/сут

 N_{J}^{\max} ложится в основу определения пропускной способности дороги, ширины проезжей части и земляного полотна, а максимальная весенняя интенсивность движения используется для расчета требуемой прочности дорожной одежды:

$$N_B^{\text{max}} = N_{20} \cdot K_{ces}^{\text{sec}} \tag{2.4}$$

 $N_B^{\text{max}} = 3631 \cdot 1,14 = 4131 \text{ aBT/cyt.}$

Т.к. расчетная интенсивность движения на перспективу 20 лет составляет 3631авт/сут, то реконструкцию проводим с повышением технической категории дороги до III. (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Классификация автомобильных дорог

	1			T	
	Катего-			Расчетная ин	
Класс дороги	рия до-	Функциональное	Область примене-	движени	
	роги	назначение дороги	ния	Республикан-	Местные
	<u> </u>			ские дороги	дороги
Автомагист-	l-a	Для передвижения	Участки основных	Св. 8000	-
рали		интенсивных транс-	республиканских		
		портных потоков на	дорог протяженно-		
		большие расстояния	стью не менее		
		без обслуживания	150 км с долей тран-		
		прилегающих тер-	зита в транспортном		
~		риторий	потоке более 50 %		
Скоростные	1-б	Для локального пе-	Республиканские	Св. 10 000	_
автомобиль-		редвижения интен-	автомобильные		
ные дороги		сивных транспорт-	дороги на подхо-		
		ных потоков с вы-	дах к крупнейшим		
		сокой скоростью	городам на рас-		
			стоянии 40-50 км,		
			подъезды к аэро-	•	
			портам 1 класса,		
			кольцевые дороги		
			вокруг крупней-		
			ших городов		
Обычные ав-	I-в	Дороги общего на-	Республиканские	Св. 10 000	
томобильные	II	значения	автомобильные	Св. 5000 до	Св. 7000
дороги	''		дороги (кроме ав-	10 000 включ.	ВКЛЮЧ.
			томагистралей и	10 000 801104.	включ.
	III		скоростных дорог),	Св. 2000 до	Св. 3000 до
	111		а также местные	5000 включ.	7000 включ
			автомобильные		
	IV		дороги (кроме ав-	Св. 200 до	Св. 400 до
	1 4		томобильных до-		3000 включ
			рог низших кате-	2000 включ.	Св. 100 до
	V		горий)	До 200 включ.	400 включ.
Автомобиль-	VI-a	Для транспортных	Местные дороги с	— —	Св. 25 до 50
ные дороги	'	связей малых сельс-	незначительной		включ.
низших кате-	VI-б	ких поселений и	интенсивностью		До 25
горий	113	объектов с/х произ-	движения		включ.
. opiin		водства между собой	ADUMONIUM		DiGITO 1.
		и с дорогами более			
		высоких категорий			
Ппиманлин	<u>. </u>	DECORTE NATO OPIN			L

Примечания

В соответствии с СНБ 3.01.04 к крупнейшим относятся города с численностью населения на перспективный период, превышающей 1 000 000 чел., к крупным — превышающей 200 000 чел.

3. ОБОСНОВАНИЕ РАСЧЕТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ОЦЕНКА СКОРОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

Скорость потока служит основой для расчета экономических показателей работы подвижного состава автомобильных дорог. На нее влияет большое число факторов, от полноты учета которых зависит точность последующих экономических расчетов, основанных на скорости движения как основном транспортно-эксплуатационном показателе. В технико-экономических расчетах каждого варианта скорость транспортного потока определяют по отдельным участкам как средневзвешенную величину с учетом их геометрических элементов, состояния покрытия, длительности периода эксплуатации в различных погодно-климатических условиях, интенсивности и состава движения:

$$\nu_{pi} = \nu_i \left\{ 80 - \delta \left[0.5 N_1 \cdot \alpha_s \cdot \psi_{\delta p} \cdot \varphi(t_1) + B_s \right] \right\} - 0.076 \overline{\alpha} \cdot N_1 \cdot K_{\alpha i} \cdot f(t_{pi}), \tag{3.1}$$

где v_i – коэффициент снижения скорости;

 δ – коэффициент, характеризующий влияние типа дорожной одежды на скорость движения;

 N_1 – интенсивность движения на исходный год, авт/сут;

 α_S , β_S — коэффициенты, характеризующие влияние эксплуатационного состояния дорожной одежды на скорость (таблица 3.2);

 $\psi_{\mathit{бp}}$ – показатель, характеризующий влияние воздействия подвижного состава на эксплуатационное состояние дорожной одежды и

$$\psi_{\delta p} = 3.65 \cdot 10^{-4} \cdot \sum_{j=1}^{J} (G_j + \Gamma_j \cdot \gamma_j \cdot \beta_j) \eta_j; \tag{3.2}$$

 G_i – вес каждого типа подвижного состава в порожнем состоянии, т;

 Γ_i – номинальная грузоподъемность подвижного состава каждого типа, т;

 γ_j — коэффициент использования грузоподъемности;

 β_i – коэффициент использования пробега;

 η_i – доля автомобилей данного типа;

 $\varphi\left(t_{1}\right)$ — функция, учитывающая влияние межремонтных сроков между средними ремонтами t_{1} на изменение скоростей потоков автомобилей и

$$\varphi(t_1) = (q^{t_1} - 1)/(q \cdot \ln q); \tag{3.3}$$

q – коэффициент ежегодного прироста интенсивности движения;

 $\bar{\alpha}$ – коэффициент, учитывающий влияние состава транспортного потока на скорость (таблица 3.16);

 $K_{\alpha i}$ — коэффициент, учитывающий влияние геометрических элементов дороги и средств организации движения на изменение скорости (таблица 3.13 —

таблица 3.15);

 $f(t_{pi})$ — функция, учитывающая размер и характер ежегодного прироста интенсивности движения на скорость транспортного потока;

$$f(t_{pi}) = q^{t_p-1}; (3.4)$$

 t_{p} – расчетный год эксплуатации для технико-экономических расчетов;

j – типы автомобилей в транспортном потоке (легковые j =1, автобусы j =2, легкие грузовые (до 2т) j =3, средние грузовые (бт) j =4, тяжелые (более 6т) j =5).

Расчеты скоростей целесообразно проводить в табличной форме (таблица 3.18).

Для удобства расчетов формулу (3.1) легко преобразовать, введя следующие обозначения:

- для члена формулы, характеризующего влияние состояния покрытия и типа дорожной одежды на скорость,

$$F(S) = \delta \left[0.5 N_1 \alpha_S \psi_{\delta p} \varphi(t_1) + \beta_S \right]; \tag{3.5}$$

- для члена формулы, характеризующего влияние интенсивности движения на скорость,

$$F(N) = 0.076 \cdot a \cdot N_1 \cdot f(t_{pi}). \tag{3.6}$$

Вследствие того, что ряд входящих в расчетную формулу факторов зависит от дорожных условий, при расчете скоростей транспортных потоков удобнее и нагляднее представить результаты расчетов в виде линейного графика (рисунок 3.1). На графике приведены итоговые значения коэффициентов снижения скорости ν_i и $K_{\alpha i}$. Границы отдельных участков определены с учетом зон влияния различных факторов на скорости движения. Значения коэффициентов снижения скорости $\tau_1, \tau_2, ..., \tau_{10}$ при построении линейных графиков приняты на основе данных таблиц (таблицы 3.1– 3.11), при этом коэффициент снижения скорости определяется по формуле:

$$v_i = \prod_{i=1}^{10} \tau_i \ . \tag{3.7}$$

Расчеты ν_{i} целесообразно вести в табличной форме (таблица 3.1)

Таблица 3.1 - 3начения коэффициентов снижения скорости ν ,

№ участка	Пикетаж от ПК+ до ПК+	Значение	Обоснование	$ u_{i}$
1	2	3	4	5
1	ПК 0+00 – ПК+	$ \tau_1 = \dots $ $ \tau_2 = \dots $ $ \tau_{10} = \dots $		

При определении τ_i необходимо учитывать, что на участках со значительными уклонами влияние уклона на скорость движения будет преобладающим по сравнению с другими характеристиками дорожных условий. Поэтому при уклонах более 45‰ и длине подъема более 200 м, при уклонах более 55‰ и длине подъема более 200 м и уклонах более 65‰ и длине подъема более 100 м из значений $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4, \tau_5$ принимают в качестве расчетного наименьшее, а все другие коэффициенты считают равными 1,0.

Таблица 3.2 – Коэффициенты α_s и β_s

T	Значение параметров			
Тип дорожной одежды	$\alpha_{\scriptscriptstyle S}$	β_s		
Капитальный (нежесткого типа)	9	60		
Облегченный	23,5	80		
Переходный	47	140		
Низший	270	400		

Таблица 3.3 — Коэффициент τ_1

THOMAS TO TAKE	1							
Продольный уклон, ‰	0	20	30	40	50	60	70	80
Значение т	1,0	0,92	0,84	0,76	0,68	0,56	0,45	0,34

¹ Типы дорожных одежд согласно таблице 22 (2)

Таблица 3.4 – Коэффициент т,

Доли легковых ав- томобилей в потоке, %	0	10	20	40	50	70	100
Значение τ_2	0,62	0,67	0,75	0,78	0,80	0,90	1,00

Таблица 3.5 — Коэффициент τ_3

Ширина проезжей части, м	6,0	7,0	7,5	9,0	10,5
Значение т3	0,70	0,90	1,00	1,05	1,10

Таблица 3.6 – Коэффициент τ_4

Радиус кривой в плане, м	600 и более	500	400	300	200	100	50	Менее 50
Значение τ_4	1,00	0,96	0,92	0,87	0,80	0,75	0,70	0,60

Таблица 3.7 – Коэффициент τ_5

Расстояние видимости в плане, м	600-700	300-400	200-250	100-150	Менее 100
Значение $ au_5$	1,00	0,95	0,90	0,80-0,85	0,75
Расстояние видимости в профиле, м	Более 150	100	50	Менее 50	/
Значение $ au_{5}$	1,00	0,95	0,75	0,60	

Таблица 3.8 – Коэффициент τ_6

Ширина обочины, м	3,75 и более	2,50	1,50	1,00	0
Значение $ au_6$	1,00	0,90	0,85	0,75	0,60

Таблица 3.9 – Коэффициент 7

Число полос движения	1	2	3	4	5 и более
Значение 7	0,50	1,00	1,05	1,13	1,20

Таблица 3.10 – Коэффициент τ_8

Характеристики населенного пункта	Значение $ au_8$
Населенный пункт отсутствует	1,0
Имеются тротуары и полосы для местного движения (местные проезды)	0,90
Имеются тротуары	0,80
Трогуары отсутствуют	0,60

Таблица 3.11 – Коэффициент 4

Дорожные условия перед подъемом с уклоном более 30%	Значение 75
Подъем	1,00
Горизонтальный участок	0,90
Спуск	1,20
Малый мост	0,90
Сужение проезжей части	0,80

Таблица 3.12 – Коэффициент au_{10}

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

Таблица 3.13 – Коэффициент Κ'α

Тип разметки	Κ'α
Без разметки	1,00
Краевая разметка	0,82
Осевая прерывистая разметка	0,76
То же в сочетании с краевой	0,70
Сплошная разделительная линия	0,62

Таблица 3.14 – Коэффициент К"α

	Κ"α							
Длина подъема, м	Уклоны, ‰							
	30	40	50	60				
Менее 200	1,10	1,15	1,21	1,30				
350	1,11	1,20	1,25	1,32				
500	1,19	1,25	1,30	1,36				
Более 800	1,22	1,32	1,38	1,45				

Таблица 3.15 – Коэффициент К"α

Радиус кривой в плане, м	Менее 150	200	300	400	500	Более 600
Значение Κ'''α	1,2	1,15	1,11	1,10	1,02	1,00

Таблица 3.16 – Коэффициент $\bar{\alpha}$

Доля легковых авто- мобилей в потоке, %	0	10	20	40	50	70	100
Значение $ar{lpha}$	0,02	0,018	0,016	0,013	0,012	0,01	0,007

Средняя же скорость потока автомобилей для дороги или участка протяжением L:

$$\upsilon_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \upsilon_{i} l_{i}}{\sum_{i=1}^{i} l_{i}},$$
(3.8)

где n — количество участков, однородных по дорожным условиям;

 l_i — протяженность і-го участка, км;

 v_i — скорость потока автомобилей для і - го участка, рассчитанная по формуле (3.1).

Расчетные показатели и показатели, не зависящие от геометрических элементов и входящие в качестве расчетных величин в формулу скорости транспортного потока, сведены в сводную таблицу (таблица 3.17).

Таблица 3.17 – Расчетные показатели

	Расчетные значения						
Показатель	До реконструкции	После реконструкции					
1	2	3					
N _{пр} , авт/сут	1890	2268					
δ	0,02	0,01					
α_{s}	23,5	9,0					
$eta_{ m s}$	80	60					
$\varphi(t_1)$	5,39	9,32					
q	1,05	1,05					
t _i	5	8					
- $\bar{\alpha}$ (Рл=16%) (Рл=22%)	0,0168	0,0157					
$\Psi_{бp:}$	0,002214	0,002229					
j=1	0,16	0,22					
j=2	0,06	0,08					
	0,20	0,15					
j=4	0,49	0,41					
j=5	0,09	0,14					
$G_{j,T}$							
j=1	1,2	1,2					
j=2	4,3	4,3					
j=3	3,25	3,25					
j=4	4,3	4,3					
j=5	6,5	6,5					
$\Gamma_{j,T_{i}}$							
j=1	0,7	0,7					
j=2	6,0	6,0					
j=3	4,0	4,0					
j=4	5,0	5,0					
j=5	7,5	7,5					
γ_j :							
j=1	1,0	1,0					
j=2	0,78	0,78					
i=3	0,8	0,8					
j=3 j=4	0,8	0,8					
j=5	0,85	0,85					
β_{j} :							
j=1	1,0	1,0					
j=2	1,0	1,0					
j=2 j=3 j=4	0,58	0,58					
j=4	0,58	0,58					
j=5	0,65	0,65					
$t_p f(t_{pi})$	1,80	1,80					
t _p	13	13					

Построение линейного графика целесообразно вести параллельно с расчетом скоростей по участкам (таблица 3.18).

Таблица 3.18 – Расчеты скоростей по участкам

№ участ- ка	Пикетаж	Протяже- ние, м	$ u_i$	K_{α}	F(S)	F(N)	Скорость транспортного потока, v_i км/ч
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ПК0+00 – ПК+						

Линейный график дает наглядное представление о транспортных качествах существующей дороги. Наряду с использованием этих данных в технико-экономических расчетах, связанных с обоснованием эффективности реконструкции, линейный график позволяет сделать ряд выводов о необходимости и путях реконструкции конкретных участков и автомобильной дороги в целом.

Например: участки 2,3,9,10 имеют средние скорости транспортного потока на расчетный год не более 15км/ч, что свидетельствует о неустойчивом режиме движения на них в связи с высокой загрузкой движением, а на участках 1,5 скорость потока до 20км/ч из-за наличия остановочного пункта и отсутствия переходно-скоростных полос и т.д.

	Эпюра скоростей dl транспортного п			
Ско	рость V, км/ч			
21,=	=m]] _T ,			
	т-погодно-климатически	ие факторы		
	Т i -продольный уклон Т ≥-состав движения			
1 [Т » - ширина проезжей час	сти	·	
1	T :- ширина обочин			
00.00	Т - радиус кривой в план	не		
1 24 1	Т к - видимость дороги			
801	Т;-число полос движения	Я		
1 5	Та-населенные пункты			
3	Т » - дор. усл. перед подъе	мом		
Козффициенты	Т 10-наличие разметки	, пересечений		
Mue	Ктип разм			
00	К. К. продольн			
Ko	К.···- R криво			
-1	Ka=Ka × Ka"	×K."		
	азметки	2 -4-/		
	нсивность исходного го нсивность на пересек. д			
-	на проезжей части и об			
-	тояние	в плане		
	мости, м	в профиле		
Tun n	ересеч, видимость на н			
-	ольный уклон, %			
Прям	ые и кривые			
Mocm	ы, путепроводы, сужени	IR .		
План	ι δοροευ			
Кило	метры			

Рисунок 3 1. Линейный график дороги до реконструкции

4. ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ УЧАСТКА РЕКОНСТРУИРУЕМОЙ ДОРОГИ

Для обоснования необходимости реконструкции дороги выполняется анализ степени обеспечения безопасности движения на ней, используя метод коэффициентов аварийности, основанный на обобщении статистики дорожно-транспортных происшествий, без учета и с учетом их тяжести, а также используя метод коэффициентов безопасности, основанный на связи между вероятностью происшествий и отношением скоростей одиночных автомобилей на смежных участках. При учете тяжести ДТП оценивается ущерб народного хозяйства от их возникновения.

4.1 Оценка степени обеспечения безопасности движения по коэффициентам аварийности

Итоговый коэффициент аварийности вычисляем как произведение частных коэффициентов, учитывающих влияние элементов плана и профиля дороги:

$$K_{um} = \prod_{i=1}^{18} K_i$$
, (4.1) где K_i — отношение количества ДТП на участке дорог с различными элементами плана и

где K_i — отношение количества ДТП на участке дорог с различными элементами плана и профиля к количеству ДТП на эталонном горизонтальном прямом участке дороги с проезжей частью шириной 7,5 м, шероховатым покрытием и укрепленными обочинами шириной 3,5 м.

Дорожными организациями, осуществляющими учет и анализ ДТП, могут устанавливаться дополнительные коэффициенты, учитывающие местные условия (например частоту расположения кривых, наличие вблизи дороги аллейных насаждений, ирригационных каналов, неогражденных крутых склонов и т. д.)

Значения частных коэффициентов аварийности для дорог общего пользования приведены в таблицах 4.1 —4.18.

Таблица 4.1 – Коэффициент К.

14	2	6	7	O	1.1	1.2	1.5	20
Интенсивность движения, тыс. авт./сут	3	3	1	9	11	13	13	20
K_I (двухполосные дороги)	0,75	1,0	1,30	1,70	1,80	1,5	1,0	0,6
K_I (трехполосные дороги)								
При разметке проезжей части на три	0,65	0,75	0,9	0,96	1,25	1,5	1,3	1,0
полосы движения								
K_l (трехполосные дороги)	0.94	1,18	1,28	1,37	1.51	1,63	1.45	1.25
При разметке осевой полосы	0,94	1,16	1,20	1,57	1,51	1,03	1,43	1,23

Интенсивность движения, тыс. авт./сут	10	15	18	20	25	28	30
K_{l} (четыре полосы движения и более)	1,0	1,1	1,3	1,7	2,2	2,8	3,4

Таблица 4.2 – Коэффициент K,

Ширина проезжей части, м	6	7	7,5	9	10,5	14-15 ²	143
K_2 при укрепленных обочинах	1,35	1,05	1,00	0,8	0,7	0,6	0,5
K_2 при неукрепленных обочинах	2,5	1,75	1,5	1,0	0,9	0,8	0,7

Таблица 4.3 – Коэффициент К3

Ширина обочин, м	0,5	1,5	2,0	3,0	4,0
K_3 (двухполосные дороги)	2,2	1,4	1,2	1,0	0,8
K_3 (трехполосные дороги)	1,37	0,73	0,65	0,49	0,35

Таблица 4.4 – Коэффициент К4

³ С разделительной полосой.

² Без разделительной полосы.

Продольный уклон, ‰	20	30	50	70	80
K_4	1,0	1,25	2,5	2,8	3,0

Таблица 4.5 – Коэффициент К₅

Радиус кривых в плане, м	100	150	200-300	400-600	1000-2000	> 2000
K_5	5,4	4,0	2,25	1,6	1,25	1,0

Таблица 4.6 – Коэффициент К₆

Видимость, м	50	100	150	200	250	350	400	500
K_6 в плане	3,6	3,0	2,7	2,25	2,0	1,45	1,2	1,0
K_6 в профиле	5,0	4,0	3,4	2,5	2,4	2,0	1,4	1,0

Таблица 4.7 – Коэффициент Кт

Ширина проезжей части мостов по отношению к проез-	Меньше на 1м	Равна	Шире на 1м	Шире на 2 м	Равна ширине земляного
жей части дороги					полотна
K_7	6,0	3,0	2,0	1,5	1,0

Таблица 4.8 – Коэффициент К8

Длина прямых участков, км	3,0	5	10	15	20
K_8	1,0	1,1	1,4	1,6	1,9

Таблица 4 9 – Коэффициент Ко

Тип пересечения	В разных уровнях	Кольцевые перессчения	В одном уровне при интенсивнос движения на пересекаемой дорогом от суммарной на двух дорогах		
			1,0	10-20	≥ 20
K_9	0,35	0,70	1,5	3,0	4,0

Таблица 4.10 – Коэффициент К₁₀

Пересечение в одном уровне. Интенсивность движения по основной дороге, авт./сут	1600-3500	3500-5000	5000-7000	7000 и более
K_{10}	2,0	3,0	4,0	5,0

Таблица 4.11 – Коэффициент Къ

Видимость пересечения в одном уровне с примыкающей дороги, м	60	60-40	40-30	30-20	20
$ K_{II} $	1,0	1,1	1,65	2,5	5,0

Таблица 4.12 – Коэффициент Ка

таолица 4.12 - Коэффицистт К	l Z				
Число основных полос на проез-		3 без	3 с разметкой	4 без	4 с раздели-
жей части для прямых	2	разметки	полос	разделительной	тельной
направлений движения		разметки	движения	полосы	полосой
K_{12}	1,0	1,5	0,9	0,8	0,65

Таблица 4 13 – Коэффициент Кт

rassinga iirs resspondient re						
Расстояние проезжей части от	50 ⁴	50-20 ⁵	50-20 ⁶	$20-10^6$	10 ⁷	108
застройки, м, и ее характеристика						
K'_{13}	1,0	1,25	2,5	5,0	7,5	10,0

20

⁴ Населенный пункт с одной стороны дороги.
⁵ То же, имеются тротуары или пешеходные дорожки.
⁶ Населенный пункт с двух сторон дороги, имеются тротуары и полосы местного движения.

⁷ Для местного движения полосы отсутствуют, имеются тротуары.

⁸ Полосы для местного движения и тротуары отсутствуют.

Таблица 4.14 – Коэффициент К₁₄

Длина населенного пункта, км	0,5	1	2	3	5	6
K_{14}	1	1,2	1,7	2,2	2,7	3,0

Таблица 4.15 – Коэффициент К₁₅

Длина участков на подходах к населенным пунктам, м	0-100	100-200	200-400
K_{l5}	2,5	1,9	1,5

Таблица 4.16 – Коэффициент К₁₆

Характеристика покрытий	Скользкое, по-крытое грязью	Скользкое	Чистое, сухое	Шероховатое старое	Шероховатое новое
Коэффициент сцепления при скорости 60 км/ч	0,2-0,3	0,4	0,6	0,7	0,75
K_{16}	2,5	2,0	1,3	1,0	0,75

Таблица 4.17 – Коэффициент К₁₇

Ширина разделительной полосы, м	1	2	3	5	10	15
K_{17}	2,5	2,0	1,5	1	0,5	0,4

Таблица 4.18 – Коэффициент К₁₈

Расстояние от кромки проезжей части до обрыва глубиной более 5 м*, м	0,5	1,0	1,5	2	3	5
K_{I8} без ограждений	4,3	3,7	3,2	2,75	2,0	1,0
K_{l8} с ограждениями	2,2	2,0	1,85	1,75	1,4	1,0
* П-и бииз оппоро 5 м и можео м	20 4 4	U = U	11111111111111111111111111111111111111	10		

^{*} При глубине оврага 5 м и менее коэффициент K_{18} принимают равным 1,0.

При построении графиков коэффициентов аварийности вручную значения частных коэффициентов аварийности для разных участков не интерполируют, а принимают ближайшее из приведенных.

Итоговые коэффициенты аварийности устанавливают на основе анализа плана и профиля или линейного графика исследуемого участка дороги путем перемножения частных коэффициентов.

По значениям итоговых коэффициентов аварийности строят линейный график (рисунок 4.1). На него наносят план и профиль дороги, выделив все элементы, от которых зависит безопасность движения (продольные уклоны, вертикальные кривые, кривые в плане, мосты, населенные пункты, пересекающие дороги и др.). На графике фиксируют по отдельным участкам среднюю интенсивность движения по данным учета дорожных организаций или специальных изыскательских партий, а для проектируемых дорог — перспективную интенсивность движения. Под планом и профилем выделяют графы для каждого из учитываемых показателей, для которых выше приведены коэффициенты аварийности.

При построении графика коэффициентов аварийности дорогу анализируют по каждому показателю, выделяя однородные по условиям участки. При этом необходимо учитывать, что влияние опасного места распространяется на прилегающие участки, где возникают ощутимые помехи для движения (таблица 4.20).

Для построения линейного графика коэффициентов аварийности необходимы следующие исходные данные по рассматриваемому участку автомобильной дороги: интенсивность и состав движения; размеры элементов поперечного профиля (ширина проезжей части, обочин, разделительной полосы); размеры элементов плана и продольного профиля дороги; расстояние видимости в плане и профиле; коэффициент сцепления; элементы пересечений в одном и разных уровнях; габариты мостов; наличие пешеходных переходов; характер застройки вдоль дороги и расстояние до нее.

⁹ Цели при характеристиках застройки, указанных в сносках 6, 7 и 8 населенный пункт находится с одной стороны дороги, значения K_{I3} берутся вдвое меньшими.

Для удобства построения линейного графика коэффициентов аварийности, обоснование частных коэффициентов безопасности необходимо вести в табличной форме (таблица 4.19).

Таблица 4.19 – Итоговые коэффициенты аварийности

№ участка	Пикетаж от ПК+ до ПК+	Значение	Обоснование	Китог
l	2	3	4	5
		$K_{l} =$		
1	ПК0+00 – ПК+			
		K_{l8} -		

График строится в следующей последовательности:

- 1) вычерчивают сетку графика в удобном масштабе и заполняют ее исходными данными; на плане дороги показывают расположение застройки, габариты мостов и путепроводов, расположение пересечений;
- 2) вписывают значения частных коэффициентов аварийности в соответствующие строки с учетом протяжения зон влияния отдельных элементов;
- 3) перемножают частные коэффициенты аварийности, определяют итоговые коэффициенты аварийности дли каждого характерного участка дороги и записывают их в отдельную графу. Для упрощения расчетов вначале целесообразно выделить частные коэффициенты, постоянные для всей протяженности дороги, найти их произведение, а затем определять итоговые коэффициенты аварийности для каждого отдельного элемента плана и профиля;
- 4) строят линейный график изменения коэффициентов аварийности вдоль дороги;
- 5) проводят границы предельных значений коэффициентов аварийности и выявляют опасные для движения участки;
- 6) для установления очередности выполнения мероприятий вдоль дороги строят график стоимостных коэффициентов аварийности; для этого умножают значение итогового коэффициента аварийности на стоимостной итоговый коэффициент, полученное про- изведение записывают в дополнительную строку;
- 7) строят линейный график коэффициентов аварийности с учетом стоимостных коэффициентов над графиком коэффициентов аварийности;
- 8) намечают мероприятия по повышению безопасности движения с учетом установленной очередности.

Обоснованию мероприятий по повышению степени безопасности движения предшествует анализ графиков коэффициентов аварийности.

Например: на автомобильной дороге опасных участков 10.

Участок 2 (K_{um} =62,4) опасен из-за сочетания кривой в плане радиусом 150м с кривой в продольном профиле при продольном уклоне 60% и необеспеченной видимости.

Участок 6 (K_{um} =83,2) имеет те же сочетания, но с худшей видимостью.

Участок 9 (K_{um} =59,4) при тех же сочетаниях имеет радиус кривой в плане несколько больший, чем в предыдущих местах.

Участок 10 (K_{um} =69,3) расположен между пересечением в одном уровне и участком с большим продольным уклоном.

Участок 11 (K_{um} =75,9) характеризуется кривой в плане с необеспеченной видимостью.

Участок 12 (K_{um} =66) расположен в населенном пункте и имеет кривую в плане с радиусом 150м с необеспеченной видимостью.

Участок 14 (K_{um} =59,4) имеет те же сочетания.

Участок 15 (K_{um} =445,5) относится к самому опасному участку на дороге и характеризуется сочетанием кривых в плане с большими продольными уклонами, необеспеченной видимостью, узким мостом и близко расположенной деревней.

Участок 16 (K_{um} =49,5) расположен в месте с большим продольным уклоном и с небольшой видимостью.

Участок 17 (K_{um} =111,4) имеет те же сочетания и кривую в плане с радиусом 300м.

	6 -				
	-				
	5 -				
	4				
	4 -				
	7				
Эпюра ил коэффициента					
κοσφφυασεπιπα	2				
	,				
	1 -				
Итоговый К==∏				 	
Номера участков					
Кинтенсивно					
К,-ширина про					
К,-ширина обо					
Кпродольный					
К₅-радиус кри					
	тов и путепроводов				
3					
Кдлина прям Ктип пересе					
	ия в одном уровне				
ж Kn-видимость	на пересечении				
E Ka-YUCAO NOAO	с движения				
	проезжей части от застройки				
Ки-длина насел					
	на подходах к населенным пунктам				
	тика покрытий		A STATE OF THE STA		
	делительной полосы п кромки проезжей части до обрыва				
	Вного года, авт/сут				
	ресек. дороге, авт/сут				
Ширина проезжей ча					
Расстояние	в плане				
видимости, м	в профиле				
Тип пересеч, видимос					
Продольный уклон, %	0				
Прямые и кривые					
Мосты, путеправоды,	сужения				
План дороги					
Километры	•	3-7355	•	•	

В проектах реконструкции дорог рекомендуется перепроектировать участки, для которых итоговый коэффициент аварийности превышает 15–20.

В проектах улучшения дорог при капитальном ремонте в условиях холмистого рельефа следует предусматривать перестройку участков с коэффициентами аварийности более 25–40.

На горных дорогах с позиций безопасности движения допустимыми можно считать участки со значениями итогового коэффициента аварийности менее 35 и более 350. Однако следует иметь в виду, что при его значениях более 350 скорости движения и пропускная способность дороги значительно снижаются.

При значениях итоговых коэффициентов аварийности, близких к предельно допустимым, рекомендуется: производить разметку проезжей части, запрещающую обгон с выездом на полосу встречного движения при коэффициентах аварийности более 10–20; устанавливать знаки запрещения обгона и ограничения скорости при коэффициентах аварийности более 20–40. На горных дорогах предусматривается также устройство трясущих полос на подходах к опасным участкам, устройство на кривых малых радиусов по оси дороги разделительных полос.

Таблица 4.20 – Зоны влияния частных коэффициентов аварийности

Элементы дороги	Зона влияния
Подъемы и спуски	100 м за вершиной подъема, 150 м
	после подошвы спуска
Пересечения в одном уровне	В каждую сторону по 50 м
Кривые в плане с обеспеченной видимостью при R > 400 м	То же 50 м
Кривые в плане с необеспеченной видимостью при R < 400 м	" 100 м
Мосты и путепроводы	" 75 м
Участки в местах влияния боковых препятствий и с глубокими обрывами у дороги	" 50 м
Участки подходов к тоннелям	" 150 м

При обосновании обходов городов оценивают безопасность движения на улицах, являющихся продолжением автомобильной дороги (обычно это магистральные улицы). Степень безопасности движения при анализе дорожных условий в городе характеризуется коэффициентом аварийности, выражающим отношение количества ДТП на 1 млн. авт-км пробега на участке при существующих параметрах плана и профиля улицы к количеству ДТП на эталонном горизонтальном прямом участке магистральной улицы с двумя полосами движения в каждом направлении, шириной проезжей части 15,5 м, резервной зоной 3,5 м, шероховатым покрытием протяженностью 150 м и освещением 8 люкс.

Оценка степени обеспечения безопасности по коэффициентам аварийности для городских улиц производится по той же методике, отличие заключается в значениях частных коэффициентов аварийности и зон их влияния. Значения этих коэффициентов и их зоны влияния приведены в (таблицах 4.21 – 4.40)

Таблица 4.21 — Коэффициент K_I

Интенсивность, тыс. авт./сут	3	5	10	15	20	25	30	35	40
K_I	0,57	0,62	0,74	0,90	1,10	1,35	1,69	2,18	2,7

Таблица 4.22 — Коэффициент K_2

Количество легковых авто- мобилей в потоке, %	100	75	60	40	20
K_2	0,8	1,0	1,21	1,57	2,05

Таблица 4.23 — Коэффициент K_3

Ширина проезжей части, м	8	10	12	16	21,5
K_3	2,94	2,46	2,09	1,53	1,0

Таблица 4.24 — Коэффициент K_4

Безопасная скорость потока, км/ч	30	40	50	55	60
K_4	1,38	1,18	1,04	1,0	1,04

Таблица 4.25 — Коэффициент K_5

Количество полос		ние од	ностор	оннее	Движение двустороннее			
		2	3	4	2	3	4	6
K_5 при интенсивности до 15 тыс. авт./сут	1,52	1,15	0,6		1,51	1,12	0,8	0,6
K_5 при эффективности более 15 тыс. авт./сут	1,85	1,5	0,95	0,5	1,95	1,47	1,0	0,8

Таблица 4.26 — Коэффициент K_6

Освещение тротуаров и проезжей части, лк	Не освещены	2-3	4-5	7-8
K_6	1,7	1,3	1,0	0,8

Таблица 4.27 — Коэффициент K_7

		В одном уровне						
Тип пересечения	В разных уровнях	Кольцевое	Перекресток	перекресток со светофор- ным регулированием	примыкание	примыкание со светофорным регулированием		
K_7	0,6	1,0	2,5	1,9	2,0	1,4		

Таблица 4.28 — Коэффициент K_8

1001117-112						
Суммарная интенсивность движения на перекрестках, тыс. авт./сут	5	10	20	30	40	50
K_8 необорудованного пересечения	1,5	1,86	2,22	2,71	3,37	4,18
K_8 пересечения со светофорным регулированием	1	1,29	1,65	2,05	2,52	3,11
K_8 необорудованного примыкания	1,2	1,56	1,90	2,31	2,84	
K_8 примыкания со светофорным регулированием	0,8	1,16	1,46	1,87	2,36	

Таблица 4.29 — Коэффициент K_9

таолица 1.25 тооффиционт теу					
Суммарная интенсивность движения пешеходов на наземных переходах на перекрестках, тыс. чел./сут	5	15	25	35	45
K_{9}	1,17	1,84	2,47	3,19	4,089
K_9 пересечения со светофорным регулированием	0,90	1,30	1,75	2,31	3,05
K_{g} необорудованного примыкания	1,04	1,56	2,16	2,80	
K_{g} примыкания со светофорным регулированием	0,8	1,04	1,30	1,77	

Таблица 4.30 – Коэффициент K_{I0}

Видимость пересечения с пересекающей улицы, м	20	30	40	50	60
K_{I0}	3,17	2,27	1,66	1,18	1,0

Таблица 4.31 — Коэффициент K_{I0}

Видимость примыкания с примыкающей улицы, м	20	30	40	50	60
K_{l0}	2,68	1,98	1,37	1,03	1,0

Таблица 4.32 – Коэффициент K_{II}

Количество полос	1	2	3	4
Расположение остановочного пункта:				
в кармане				
K_{II} при двустороннем движении		1,56	1,12	0,8
K_{II} при одностороннем движении	1,68	1,64	1,30	
у бордюрного камня				
K_{II} при двустороннем движении	_	2,24	1,94	1,60
K_{II} при одностороннем движении	2,3	2,16	1,52	1,04

Таблица 4.33 - Коэффициент K_{12}

Количество полос движения	1	2	3	4
Расположение переходов:				
в местах скопления пешеходов				
(1000 чел/ч и более)				
K_{12}		3,84	3,16	1,60
K_{12} для улиц с односторонним движением	4,18	3,62	3,0	1,4
на спусках с уклоном 30 ‰				
K_{12}		2,05	1,64	1,05
K_{12} для улиц с односторонним движением	2,44	2,0	1,60	1,02
на горизонтальных участках				
K_{12}		1,76	1,40	1,0
K_{l2} для улиц с односторонним движением	1,95	1,66	1,34	1,0

Таблица 4.34 — Коэффициент K_{13}

Интенсивность движения переходов на переходах вне перекрестков, тыс. чел./сут	0,5	1,0	2,5	5	7,5	10	15
K_{13}	0,75	0,85	1,05	1,45	1,85	2,25	3,0

Таблица 4.35 — Коэффициент K_{14}

Расположение тротуаров	У проезжей части	5 м от дороги	10 м от дороги	15 м и более от дороги
K_{IJ}	2,23	1,45	1,05	0,9
K_{I4} для участков улиц со скоплением пешеходов	3,20	1,67	1,28	1,05

Таблица 4.36 — Коэффициент K_{15}

Продольный уклон, ‰	10	20	30	40	50	60	80
K_{I5}	1,0	1,3	1,7	2,2	2,5	2,7	3,0

Таблица 4.37 - Коэффициент K_{I6}

Радиус кривой в плане, м	50	100	150	200	250	и более
K_{16}	4,26	2,96	2,08	1,37	1,0	

Таблица 4.38 — Коэффициент K_{I7}

Раздоложение трамрайного		Ha	На общем	полотне:	
Расположение трамвайного пути	Отсутствуют	обособленном	у края улицы	в середине	
		полотне	J 1	улицы	
K_{I7}	1,0	1,5	2,5	3,5	

Таблица 4.39 – Коэффициент K_{l8}

Характеристика покрытия	Скользкое (грязное, гололед)	Скользкое (мокрое)	Сухое чистое	Шероховатое
Коэффициент сцепления	0,1-0,3	0,4	0,6	0,7
K_{I8}	1,8	1,4	1,0	0,8

Улицу анализируют по каждому показателю, выделяя однородные по условиям участки. При этом следует учитывать, что влияние опасного места распространяется на прилегающие участки, где возникают ощутимые помехи для движения. Зоны влияния опасных участков приведены в таблице 4.40.

Таблица 4.40 – Зоны влияния частных коэффициентов

Участки улиц с повышенной опасностью	Зоны влияния
Остановочные пункты пассажирских транспортных средств:	
одностороннее движение	40 м до остановочного пункта и 20 м за остановочным пунктом
двустороннее движение	50 м в каждую сторону от остановочного пункта
Места скопления пешеходов вблизи от дороги более 1000 чел/ч	40 м в каждую сторону от опасного участка
Обозначенные пешеходные переходы:	
переход вне зоны пересечений и примыканий	50 м в каждую сторону от перехода
переход в зоне пересечения или примыкания	Соответствует зоне перекрестка
Пересечения и примыкания магистральных улиц ¹	40 м в каждую сторону от пересечения, 25 м в каждую сторону от примыкания
Кривые участки в плане с радиусом, м:	
Менее 100	50 м в каждую сторону
100	25 м """
150	10 м """
Участки подъемов и спусков	20 м за вершиной подъема 50 м после подошвы спуска
Для улиц с односторонним движением соответствен	но 25 м.

В проектах реконструкции улиц и нового строительства рекомендуется перепроектировать участки, для которых итоговый коэффициент аварийности *превышает 25*. При значениях итогового коэффициента аварийности более 65 рекомендуется обход города или перестройка участков уличной сети.

Рекомендуется предусматривать разметку проезжей части, светофорное регулирование, устройство подземных пешеходных переходов при коэффициентах *аварийности* 25—65.

4.2 Оценка степени обеспечения безопасности движения по коэффициентам аварийности с учетом тяжести происшествий

Если возможность быстрого капитального улучшения всей дороги ограничена и предусмотрена ее стадийная реконструкция, то для установления очередности перестройки опасных участков необходимо дополнительно учесть тяжесть происшествий.

При построении графиков итоговые коэффициенты аварийности следует умножить на дополнительные коэффициенты тяжести (стоимостные коэффициенты, учитывающие возможные потери народного хозяйства от ДТП):

$$K'_{um} = K_{um} \cdot M_m; (4.2)$$

$$M_{m} = m_{1} \cdot m_{2} \cdot m_{3} \cdot \dots \cdot m_{11}, \tag{4.3}$$

где $m_1, m_2, m_3, ..., m_{11}$ - частные стоимостные коэффициенты, учитывающие средние возможные потери народного хозяйства от дорожно-транспортных происшествий (таблица 4.41).

Поправку к итоговым коэффициентам аварийности вводят *только при значениях* $K_{um} > 15$.

За единицу дополнительных стоимостных коэффициентов приняты средние потери народного хозяйства от одного ДТП на эталонном участке дороги или улицы. Остальные коэффициенты вычислены на основании данных о средних потерях от одного ДТП при различных дорожных условиях. Значения коэффициентов тяжести приведены в таблице 4.41.

Таблица 4.41 – Значения частных стоимостных коэффициентов.

No		Средние значения коэффициентов тяжести т			
п/п	Учитываемые факторы	для дорог в равнинной местности	для горных дорог		
	Ширина проезжей части дорог, м:				
	4,5	0,7	0,7		
	6	1,2	1,2		
1	7—7,5	1,0	1,0		
1	9	1,4	1,4		
	10,5	1,2	1,2		
	14	1,0			
	15 и более с разделительной полосой	0,9			
	Ширина обочин, м:				
2	менее 2,5	0,85	0,85		
	более 2,5	1,0	1,0		
	Продольный уклон дорог, ‰:				
3	менее 30	1,0	1,0		
	более 30	1,25	1,4		
	Радиусы кривых в плане, м:				
4	менее 350	0,9	0,8		
	более 350	1,0	1,0		
5	Сочетание кривых в плане и профиле	_	1,05		
	Видимость в плане и профиле, м:				
6	менее 250	0,7	0,7		
	более 250	1,0	1,0		
7	Мосты и путепроводы	2,1	1,3		
8	Нерегулируемые пересечения в одном уровне	0,8	0,6		
9	Пересечения в разных уровнях	0,95			
10	Населенные пункты	1,6	1,0		
	Число полос движения:				
	1	0,9	0,9		
11	2	1,0	1.0		
	3	1,3	1,3		
	4 и более	1,0	1,0		
1 2 1	Наличие деревьев, опор путепроводов и т. д. на обочинах и разделительной полосе	1,5	0,9		
13	Отсутствие ограждений в необходимых местах	1,4	1,8		
	Железнодорожные переезды	0,6	0,0		

Линейный график итоговых коэффициентов аварийности с учетом тяжести дорожнотранспортных происшествий строим аналогично предыдущему, но анализируем только опасные участки, выявленные по графику коэффициентов аварийности. Результаты расчетов также ведем в табличной форме (таблица 4.42).

Эпюра итоговых коэффициентов аварийности с учетом тяжести дорожно-транспортных происшествий показала значительное изменение степени опасности отдельных участков дороги (рисунок 4.2).

		9	
		8	
		7	
		6	
		5	
		4	,
		3 -	
		2 -	
		1 -	
	4	-	
K	47 = Kum × M.		
Иr	поговый коэффициент тяжести М.		
-	тширина проезжей части		
	т,-ширина обочин		
	тпродольный уклон		
	традиусы кривых в плане		
Частные коэффициенты тяжести	ть-сочетание кривых п плане и профиле		
эжк	твидимость в плане и профиле		
ח וא ח	т-мосты и путепроводы		
лени	тпересечения в одном уровне		
nn¢	т,-пересечения в разных уровнях		
φE0	тю-населенные пункты		
IE K	т"-число полос движения		
ШНЬ	тъ-наличие препятствий на обочине		
400	ты – отсутствие ограждений в необходимых места.	,	
	ти-железнодорожные переезды		
Ип	поговый коэффициент аварийности К	um	
Но	мер участка		
	сстояния		

Рисунок 4.2. Эпюра итоговых коэффициентов аварийности с учетом тяжести дорожно-транспортных проишествий после реконструкции

Лист

Таблица 4.42 – Итоговые коэффициенты аварийности с учетом тяжести происшествий

№ участка	Пикетаж от ПК+ до ПК+	Перемножаемые коэффициенты	K'_{um}
1	2	3	4
			

4.3 Оценка степени обеспечения безопасности движения по коэффициентам безопасности

Коэффициент безопасности определяется отношением критической скорости на участке к максимальной скорости въезда автомобилей на этот участок.

Для определения коэффициентов безопасности при построении теоретического графика скоростей по реконструируемой дороге не принимают во внимание местные ограничения скорости (в населенных пунктах, на пересечениях с другими дорогами, на кривых малых радиусов, в зонах действия дорожных знаков и др.). Не учитывают участки торможения для плавного изменения скорости при въездах на кривые малых радиусов, узкие мосты и т. д.

В случае значительной разницы в условиях движения по дороге, в разных направлениях график коэффициентов безопасности строят только для направления, в котором может быть развита наибольшая скорость.

Скорости одиночного автомобиля рассчитывают по методу К.А. Хавкина.

Скорость движения в любой точке запроектированной дороги, как на вертикальных кривых, так и на прямолинейных участках может быть рассчитана по формуле, основанной на решении дифференциального уравнения движения автомобиля с учетом инерционных сил:

$$\nu_{s} = \sqrt{\left(\nu_{H}^{2} - k_{1}\right)e^{-\mu S} + k_{1} + k_{2}S},$$
(4.4)

где υ_s — скорость движения автомобиля в точке, удаленной на расстояние S от начала элемента продольного профиля, для которого ведется расчет, м/с;

 $\mathcal{U}_{_{\!\mathit{H}}}$ - скорость движения автомобиля в начальной точке элемента, для которого ведется расчет, м/с;

$$k_1 = \frac{1}{b} \left(a - f - i_1 \right) + \frac{k_2}{\mu}, \tag{4.5}$$

где a, b — коэффициенты уравнения, характеризующие зависимость динамического фактора автомобиля на определенной передаче с заданной степенью открытия дроссельной заслонки (для полностью открытой дроссельной заслонки значения а и b приведены в таблице 4.43);

f - коэффициент сопротивления качению;

 $i_{_1}$ — продольный уклон в начальной точке элемента (для подъемов уклон берется со знаком «плюс», для спусков — «минус»);

 $k_2 = \pm 1/R$, R — радиус вертикальной кривой (знак «плюс» берется для выпуклых кривых, знак «минус» - для вогнутых);

$$\mu = \frac{2 g b}{\delta}, \tag{4.6}$$

где $g = 9.81 \text{ м/c}^2$;

 δ — коэффициент влияния вращающихся масс автомобиля, который может быть определен по эмпирической формуле

$$\delta = 1.04 + n i_k^2 \,, \tag{4.7}$$

n — коэффициент, принимаемый равным 0,03—0,05 для легковых автомобилей и 0,05—0,07 — для грузовых;

 i_k – передаточное число коробки передач.

При использовании формулы (4.5) для расчета скоростей движения на прямолинейных участках в нее подставляют:

$$k_2 = 0; k_1 = \frac{1}{b}(a - f - i).$$

При расчетах скоростей движения по формуле (4.4) на участках со значительными продольными уклонами необходимо проверять возможность движения автомобиля с полученной скоростью на соответствующей передаче. Если полученная расчетом скорость движения не соответствует допускаемым для данной передачи, следует повторить расчет для другой передачи.

Для сложных участков, где скорость ограничивается исходя из требований безопасности движения, необходимо также сравнивать скорость, определенную по формуле(4.4), с допустимой скоростью движения на данном участке.

Таблица 4.43 – Коэффициенты а и b.

161.1	Знач	нения а и b для автомобил	ей			
Коэффициенты	ГАЗ-53	3ИЛ-130	MA3-500			
1	2	3	0,048 0,36·10 ⁻⁴ 0,061 0,56·10 ⁻⁴ 0,109 0,208·10 ⁻³			
		V передача				
a	<u>-</u>	0,059	0,048			
b	•	$0,55 \cdot 10^{-3}$	0,36.10-4			
		IV передача ($i_k = 1$)				
a	0,06	0,087	0,061			
ь	0,58.10-4	0,105·10 ⁻³	0,56.10-4			
		III передача ($i_k = 1,5$)				
a	0,103	0,135	0,109			
ь	0,167·10-3	0,327·10 ⁻³	$0,208 \cdot 10^{-3}$			
	III передача ($i_k = 2,75$)					
a	0,187	0,243	0,207			
ь	0,83·10 ⁻³					

Допустимая скорость движения на кривых в плане

$$\upsilon_{\partial n} = \sqrt{127R(\mu \pm i_n)} , \qquad (4.8)$$

где R — радиус кривой, м;

 μ — коэффициент поперечной силы, принимаемый равным из условия обеспечения устойчивости против заноса автомобиля 0,15—0,20;

 i_n — поперечный уклон проезжей части, принимаемый со знаком «минус» при двухскатном поперечном профиле на кривой, при устройстве виража — со знаком «плюс».

Допустимая скорость движения по переходной кривой

$$\upsilon_{don} = \sqrt[3]{47RLJ} , \qquad (4.9)$$

где L — длина переходной кривой, м;

J -допустимая скорость нарастания центробежного ускорения, принимаемая равной $0.5-0.8~{\rm m/c}^3.$

На участках кривых в плане с ограниченной видимостью допустимая скорость движения

$$\nu_{\partial an} = \sqrt{\frac{127(\varphi_1^2 - i^2)}{K_2 \varphi_1}} (S - l_0) , \qquad (4.10)$$

где φ_I — коэффициент продольного сцепления;

i — продольный уклон;

S — расстояние видимости, м;

К — коэффициент эксплуатационных условий торможения (1,2—1,8);

$$l_0$$
 — запас пути, $l_0 = 5 \sim 10$ м

При ограничении видимости на выпуклых переломах продольного профиля вследствие вписывания вертикальных кривых недостаточно большого радиуса допустимая скорость

$$\nu_{oon} = \sqrt{\frac{127(\phi_1 + i_1)(\phi_1 + i_2)}{K_3 \phi_1}} (\sqrt{9.6R} - l_0) , \qquad (4.11)$$

где \vec{l}_1 , \vec{l}_2 —уклоны сопрягающихся участков продольного профиля;

R - радиус выпуклой вертикальной кривой, м.

Допустимая скорость движения по вогнутым вертикальным кривым

$$\upsilon_{\sigma\sigma\sigma} = \sqrt{13 a R_{\sigma\sigma\sigma}} , \qquad (4.12)$$

где а — допустимое центробежное ускорение $(0,5-0,7 \text{ м/c}^2)$;

R_{вог} — радиус вогнутой вертикальной кривой, м.

Длина участка, в пределах которого происходит уменьшение скорости движения от значения, рассчитанного по формуле (4.4), до допустимого значения,

$$L_{T} = \frac{(\upsilon_{1}^{2} - \upsilon_{gon}^{2})k}{254(\gamma_{1}\phi_{1} + f + i)},$$
(4.13)

где υ_1 — скорость на подходе к участку с ограниченной скоростью, км/ч;

 \mathcal{U}_{don} —допустимая скорость движения, км/ч;

 γ_1 — коэффициент использования тормозов (произведение $\gamma_1\phi_1$ рекомендуется принимать равным 0,2 при неблагоприятном состоянии покрытия и 0,5 - при нормальном состоянии);

f - коэффициент сопротивления качению; і— продольный уклон; k— коэффициент увеличения тормозного пути (2-2,5).

Скорости движения в пределах участка разгона после окончания участка с ограниченной скоростью рассчитывают по формуле (4.4).

Среднюю скорость движения на рассматриваемом участке в целом определяют по формуле (3.8).

По результатам расчетов строится линейный график скорости одиночного автомобиля и коэффициентов безопасности после реконструкции (рисунок 4.3)

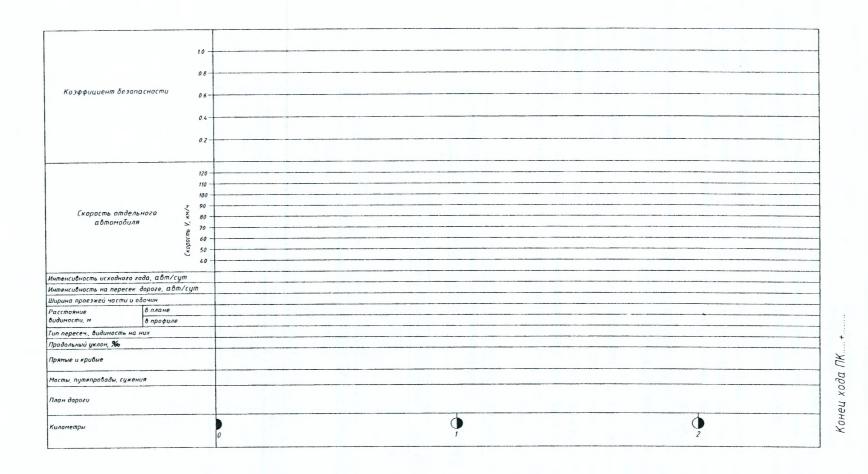


Рисунок 4-3 Линейный график скорости одиночного автомобиля и коэффициентов безопасности

Особенности, которые необходимо учитывать при построении линейного графика скорости одиночного автомобиля:

- 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 допускается 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.

Участки по опасности для движения оценивают исходя из значений коэффициента безопасности. В проектах новых дорог недопустимы участки с коэффициентами безопасности, меньшими 0,8. В проектах реконструкции и капитального ремонта коэффициенты безопасности принимаются по таблице 4.44 в зависимости от начальной скорости движения и ускорения. Начальные скорости и ускорения определяются, обычно, наблюдениями или с помощью ходовых лабораторий.

Таблица 4.44 – Степень опасности участка дороги

Степень опасности участ-	Коэффициент безопасности при отрицательных					
	ускорениях, м/с ²					
ка дороги	0,5-1,5	1,5-2,5				
Начальна	я скорость движения 60—	-80 км/ч				
Неопасный	Более 0,6	Более 0,65				
Опасный	0,450,6	0,50,65				
Очень опасный	Менее 0,45	Менее 0,5				
Начальная	скорость движения 85—	100 км/ч				
Неопасный	Более 0,7	Более 0,75				
Опасный	0,550,7	0,6—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				

5. ОЦЕНКА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ

5.1 Оценка обеспеченности безопасности движения на пересечениях в одном уровне

На пересечениях в одном уровне безопасность движения зависит от направления и интенсивности пересекающихся потоков, числа точек пересечения, разветвлений и слияния потоков движения — конфликтных точек, а также от расстояния между этими точками (рисунок 5.1). Чем больше автомобилей проходит через конфликтную точку, тем больше вероятность возникновения в ней ДТП.

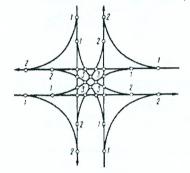


Рисунок 5.1 — Схема конфликтных точек на пересечении автомобильных дорог в одном уровне: 1, 4, 9 — точки разделения потоков; 2, 7, 8 — точки слияния потоков; 3, 5, 6 — точки пересечения потоков

По методике Е. М. Лобанова, опасность ДТП можно определить в каждой конфликтной точке:

$$g_i = K_i M_i N_i \frac{25}{K_c} 10^{-7} , (5.1)$$

где K_i — относительная аварийность конфликтной точки (таблица 5.1, таблица 5.3);

 M_b N_i — интенсивности движения пересекающихся в данной конфликтной точке потоков, авт./сут;

 K_r — коэффициент годовой неравномерности движения (таблица 5.4).

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 для существующих дорог, коэффициент K_r принимают для месяца, в который проводился учет интенсивности движения. Для вновь проектируемых дорог отношение $25/K_r$ принимают равным 365.

Таблица 5.1 – Коэффициенты относительной аварийности конфликтных точек для пересечения

Условия	Направление дви-	Характеристика	Значения коэффициентов относительной аварийности			
движения	жения автомобилей			канализированное пересечение		
Слияние потоков		Радиус поворота: $R < 15 \text{ м}$ $R = 15 \text{ м}$ $R = 15 \text{ м}$, переходные кривые $R = 15 \text{ м}$, переходно-скоростные полосы, переходные кривые		0,0200 0,0020 0,0008 0,0003		
	Левый поворот	R = 10 м 10.0 < R < 25 м 10.0 < R < 25 м, переходно- скоростные полосы	0,0320 ¹⁰ 0,0025 ¹⁰ 0,0005	0,0022 0,0017 ¹⁰ 0,0005		

¹⁰ Для определения K_i в этом случае данные таблицы нужно умножить на коэффициент K_{α} (таблица 5.2)

Продолжение таблицы 5.1

тродолжен	ие гаолицы э.т	Was assessed to	1	Y
		Угол пересечения: $0 < \alpha \le 30$	0,0080	0,0040
		$30 < \alpha \le 50$	0,0050	0,0025
Пересечение		$50 < \alpha \le 75$	0,0036	0,0018
потоков		$75 < \alpha \le 90$	0,0056	0,0018
		$90 < \alpha \le 120$	0,0120	0,0060
		$120 < \alpha \le 150$	0,0210	0,0105
		$150 < \alpha \le 180$	0,0350	0,0175
	На правом повороте	Радиус поворота:		
		R < 15 м	0,0200	0,0200
		R = 15 M	0,0060	0,0060
		$R \ge 15$ м, переходные кривые	0,0005	0,0005
Разделение потоков		R > 15 м, переходные кривые с переходной полосой	0,0001	0,0001
	На левом повороте	R < 10 M	0,0300	0,0300
		$10 \le R < 25 \text{ M}$	0,0040	0,0025
		10 < R ≤ 25 м, переходно- скоростные полосы	0,0010	0,0010
		Разделение двух потоков	0,0015	0,0010
Два повора- чивающих	7	Пересечение двух левоповоротных потоков	0,0020	0,0005
потока	\bigvee	Слияние двух поворачивающих потоков	0,0025	0,0012

Таблица 5.2 – Значение коэффициента Κα:

Угол пересечения дорог, град	до 30	40	50-75	90	120	150	180
K_{α}	1,8	1,2	1,0	1,2	1,9	2,1	3,4

Таблица 5.3 – Коэффициенты относительной аварийности конфликтных точек для кольцевых пересечений

	V			Радиус	внутрен	ней кр	омки ко	ольца, м	1		
Схема маневра	Характеристика ма-	15	20	25	30	40	50	60	80	100	
	невра	Коэффициент относительной авари						арийно	іности		
	Слияние потоков: на многополосном кольце при радиусе съезда более 15 м	0,0040	0,0030	0,0022	0,0018	0,0013	0,0010	0,0008	0,0005	0,0003	
	на однополосном кольце при радиусе съезда менее 15 м	0,0040			:						
	то же, более 15 м	0,0040	0,0025	0,0013	0,0010	0,0007	0,0005	0,0004	0,0003	0,0003	
	Разделение потоков: на многополосном кольце при радиусе съезда более 15 м	0,0028	0,0020	0,0014	0,0012	0,0009	0,0007	0,0005	0,0035	0,0002	
	на однополосном кольце при радиусе съезда менее 15 м				0,0010						
	то же, более 15 м	0,0016	0,0012	0,0010	0,0007	0,0005	0,0004	0,0003	0,0002	0,0002	
X	Переплетение пото- ков на многополос- ном кольце		_		0,0016	0,0013	0,0010	0,0008	0,0007	0,0006	

Опасность всего варианта оценивают так:

$$G = \sum_{i=1}^{i=n} g_i \,, \tag{5.2}$$

где G — теоретически вероятное количество ДТП на пересечении за один год; n -количество конфликтных точек.

Степень опасности пересечения оценивается показателем безопасности движения, характеризующим количество ДТП на 10 млн. автомобилей, прошедших через пересечение и

$$K_a = \frac{G \cdot 10^7 K_r}{(M+N)25},\tag{5.3}$$

где G — теоретически вероятное количество ДТП на пересечении за 1 год;

n — число конфликтных точек на пересечении;

M — интенсивность на главной дороге, авт./сут;

N — то же, для второстепенной дороги;

 K_r — коэффициент годовой неравномерности движения (таблица 5.4).

Таблица 5.4 – Коэффициент годовой неравномерности движения

Company of the Compan	TT	TIT TOPICOTORIE					
	Коэффициент K , при среднегодовой суточной						
Месяцы	интенсивности движения, авт./сут						
	до 1000	1000-2000	2000-6000	> 6000			
I	0,0885	0,0800	0,0510	0,0510			
II	0,0860	0,0660	0,0550	0,0585			
III	0,0860	0,0714	0,0550	0,0670			
IV	0,0800	0,0750	0,0690	0,0790			
V	0,0800	0,0850	0,0750	0,0850			
VI	0,0860	0,0714	0,0860	0,0855			
VII	0,0816	0,0784	0,1160	0,1000			
VIII	0,0875	0,0850	0,1230	0,1320			
IX	0,0900	0,1100	0,1130	0,1080			
X	0,0840	0,0960	0,0870	0,0890			
XI	0,0715	0,0850	0,0834	0,0800			
XII	0,0775	0,0790	0,0760	0,0780			

По значению K_a можно судить о степени опасности пересечения (таблица 5.5):

Таблица 5.5 – Степень опасности пересечения

K_a	< 3	3,0-8,0	8,1-12	> 12
Опасность пересечения	Неопасное	Мало опасное	Опасное	Очень опасное

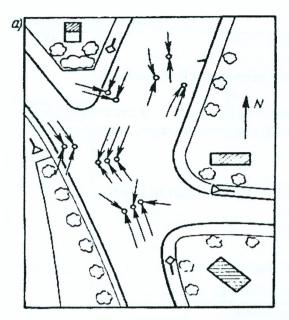
Для каждого из вариантов пересечений определяют значение K_a . Чем оно меньше, тем удачнее схема пересечения. Если на вновь проектируемом пересечении в одном уровне коэффициент аварийности превышает 8, должна быть разработана новая схема пересечения.

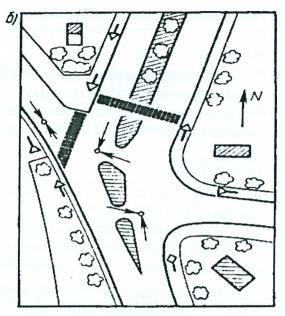
На существующих дорогах в процессе эксплуатации при K_a <8 предусматривают обеспечение видимости примыкающих дорог с пересечением, устанавливают дорожные знаки и указатели. При K_a =8-12 выполняют те же мероприятия, что и в предыдущем случае, а также наносят разметку проезжей части. При K_a = 12-16 устраивают островки на второстепенной дороге, наносят разметку проезжей части. При

 $K_a > 16$ строят полностью канализированное пересечение или заменяют крестообразное пересечение кольцевым.

При высокой интенсивности поворачивающих налево потоков автомобилей наиболее целесообразно устраивать кольцевые пересечения, опасность движения по которым в 2—2,5 раза меньше, чем по крестообразным, благодаря тому, что маневры пересечения транспортных потоков заменяются менее опасными маневрами слияния и разделения потоков.

Значения коэффициентов относительной аварийности для кольцевых пересечений приведены в таблице 5.3.

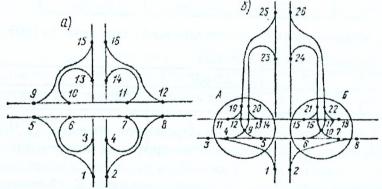




а — перекресток до реконструкции; б — после реконструкции
 Рисунок 5.2 Пример использования плана дорожно-транспортных происшествий для реконструкции перекрестка

5.2. Оценка обеспеченности безопасности движения на пересечениях в разных уровнях

Безопасность движения на пересечениях в разных уровнях зависит от интенсивности потоков автомобилей, проходящих через конфликтные точки, количество и степень опасности которых определяются схемой развязки (рисунок 5.3). На полных развязках в разных уровнях пересечения потоков движения исключаются, и в конфликтных точках происходят только маневры слияния и разделения. Схемы развязок неполного типа допускают пересечения потоков автомобилей и развороты на второстепенной дороге.



а — полная транспортная развязка (2, 3, 5, 7, 10, 14, 12, 15 — точки разделения потоков; 1, 8, 9, 16, 4, 6,11, 13 — точки слияния потоков); б — неполная транспортная развязка (А и Б — узлы, оцениваемые как пересечения в одном уровне по таблице 5.1; 1, 2, 3, 8, 23, 24, 25, 26 — точки, оцениваемые по таблице 5.7) Рисунок 5.3 Схема конфликтных точек на транспортных развязках

При сравнении степени обеспеченности безопасности движения на пересечениях в разных уровнях с неполной развязкой, когда допускается пересечение транспортных потоков на второстепенных направлениях, исходят из предпосылки, что вероятность ДТП пропорциональна суммарной интенсивности пересекающихся потоков.

В начале анализа для разных вариантов расположения съездов или путей поворота строят векторную диаграмму направлений движения, на которой стрелками указывают направления, а их толщиной и надписанными около них цифрами — интенсивность движения. Количество точек, в которых перекрещиваются потоки движения, в известной степени характеризует транспортно-эксплуатационные свойства пересечений и безопасность движения.

Для предварительной оценки относительной безопасности движения по пересечениям в разных уровнях неполного типа, на которых допускаются развороты на второстепенных дорогах, можно использовать показатель суммарного количества автомобилей, пересекающихся в конфликтных точках. В этом случае для каждой из сравниваемых схем пересечений должны быть составлены эпюры интенсивностей движения по каждому из направлений и съездов. Наиболее безопасной можно считать схему пересечения, для которой суммарная интенсивность пересекающихся потоков будет наименьшей.

На полных развязках в разных уровнях пересечения потоков движения исключаются и в конфликтных точках происходят только маневры слияния и разделения, происходящие при более высоких скоростях, чем на пересечениях в одном уровне.

Опасность развязки в разных уровнях оценивают по методике, принятой для оценки безопасности движения на пересечениях в одном уровне. При этом M_i и N_i — интенсивности движения в конфликтных точках. Величина M представляет собой интенсивность движения по основным полосам. Основной считается полоса, где происходит слияние или разделение потоков автомобилей. На многополосных дорогах ею является правая полоса проезжей части (при правостороннем расположении съездов) или левая полоса (при левостороннем расположении съездов). Величина N — интенсивность движения по съездам. Для определения интенсивности движения по основной полосе на четырехполосных автомобильных магистралях следует пользоваться графиком (рисунок 5.4), на шестиполосных — таблицей 5.6.

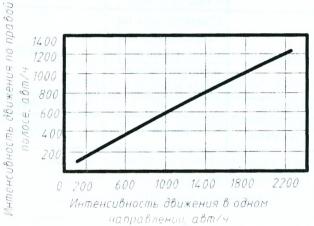


Рисунок 5.4 – Распределение интенсивности движения на автомагистрали с 4 полосами движения

Значения коэффициентов относительной аварийности конфликтных точек на развязках и разных уровнях полного типа приведены в таблице 5.7. Используя данные таблицы, необходимо учитывать, что при устройстве распределительной полосы значение коэффициента относительной аварийности составляет при въезде на нее с главной дороги 0,000065, при выезде на главную дорогу 0,00003.

При оценке безопасности движения развязок неполного типа (рисунок 5.3, б, неполный "клеверный лист", ромб и др.), а также полных развязок кольцевого типа коэффициенты относительной аварийности принимаются для конфликтных точек в местах пересечения или переплетения потоков автомобилей по таблицам 5.1 и 5.2, а для конфликтных точек слияния и разделения потоков на съездах развязок — по таблице 5.7.

Таблица 5.6 – Интенсивность лвижения по полосам автомагистрали проезжей части.

Интенсивность движения по ав-	Here move a recover Market	Шестиполосная магистраль		
томобильной магистрали в од- ном направлении, авт/ч	Четырехполосная магистраль, правая полоса, авт/ч	Правая полоса, авт/ч	Левая полоса, авт/ч	
200	200	-	-	
500	350	-	-	
1000	600	450	150	
1500	850	600	400	
2000	1100	700	700	
2500	1350	800	900	
3000	1600	900	1100	

Таблица 5.7 – Коэффициенты относительной аварийности для съездов пересечений в разных

VDOBHЯX

уровня	IX				
	Вид взаимодей-	Параметры	Относительная аварийность (количество ДТП на 10 млн. автомобилей)		
Тип съезда	ствия потоков в конфликтной точке	съездов на характер движения	Переходно- скоростные полосы отсутствуют	Переходно- скоростные полосы имеются	
Левоповоротные съезды	Слияние	R < 50 м R > 50 м	0,00065 0,00030	0,00035 0,00020	
Пересечения "кле- верный лист" 11	Разделение	R < 50 M R > 50 M	0,00190 0,00090	0,0001 0,00070	
Правоповоротные и полупрямые левоповоротные съезды	Разделение	$R = 45 \div 60 \text{ M}$ R > 60 M	0,00050 0,00035	0,00030 0,00020	
	Слияние	$R = 45 \div 60 \text{ M}$ R > 60 M	0,00025 0,00020	0,00015 0,00010	
Полупрямые левопо-	Разделение	Разделение двух поворачивающих потоков в процессе движения по съезду	0,00020	0,00015	
воротные съезды	Слияние	Слияние двух поворачивающих потоков в процессе движения по съезду	0,00015	0,00010	
Прямые	Слияние	R > 60 м	0,00040	0,00020	
левоповоротные съезды	Разделение	R > 60 м	0,00070	0,00040	

 $^{^{11}}$ При отсутствии переходной кривой относительная аварийность принимается в 1,5 раза большей.

6. РАСЧЕТ ПОТЕРЬ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА ОТ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ (ДТП)

В зависимости от исходных материалов потери народного хозяйства от ДТП можно рассчитывать: методом непосредственного суммирования потерь от происшествий (если имеются данные о происшествиях за 4—6 лет, предшествующих реконструкции и возможность прогнозирования количества происшествий); методом использования графиков коэффициентов аварийности.

Средние потери от одного дорожно-транспортного происшествия по годам приведены в таблице 6.1. Промежуточные значения потерь могут быть получены интерполяцией.

Таблица 6.1 – Расчет потерь от ДТП.

Расчетный	Потери от дорожно-транспортных происшествий, руб.				
год	отчетные происшествия	етные происшествия неотчетные происшествия			
2005	8850	165	5810		
2010	10250	165	6720		
2015	11850	165	77960		
2020	13500	165	8930		
2025	15150	165	9900		
2030	16750	165	10840		
2035	18350	165	11850		

Определение потерь по графикам коэффициентов аварийности наиболее эффективно применять на стадии выбора оптимального варианта реконструкции дороги или ее отдельных участков, при отсутствии данных о ДТП или невозможности прогнозирования количества происшествий.

Подсчет потерь от происшествий основан на зависимости их количества (на 1 млн. авт-км) от размера итогового коэффициента аварийности (рисунок 6.1). При этом рекомендуется подсчитывать потери для участков, где $K_{um} \ge 10$. При значении $K_{um} > 10$ принимают 0,27 происшествий на 1 млн. авт-км пробега.

Экономическую эффективность реконструкции дороги за счет уменьшения потерь народного хозяйства от происшествий определяют по двум вариантам: при неизменных дорожных условиях (за исключением роста интенсивности движения) и с учетом изменения дорожных условий после реконструкции дороги. Разница потерь от происшествий за 20 лет покажет эффективность реконструкции за счет снижения количества происшествий.

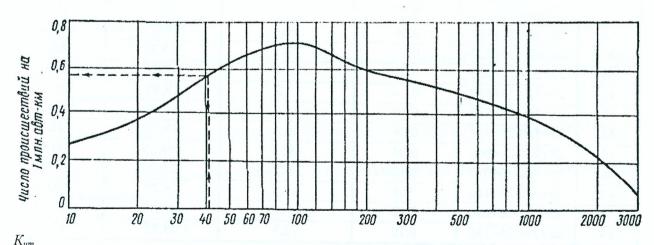


Рисунок 6.1 — Зависимость числа дорожно-транспортных происшествий (на 1 млн. авт-км) от итогового коэффициента аварийности

Вариант 1.

При подсчете потерь необходимо учесть рост интенсивности движения и изменение в связи с этим частного коэффициента аварийности K_{lT} .

После реконструкции, которая будет длиться 4 года, интенсивность движения возрастет до 2650 авт/сут и K_1 будет равен 0,75.

Через 7 лет после завершения реконструкции интенсивность движения увеличится до 4260 авт/сут и за расчетный срок достигнет 5940 авт/сут. За этот же период K_1 станет равным 1. Таким образом, в процессе расчетов необходимо учесть рост итоговых коэффициентов аварийности в первые 7 лет в 1,5 и остальные годы (13 лет) в 2 раза.

Пересчет коэффициентов проводим в табличной форме (таблица 6.2). Длина остальных участков, имеющих $K_{\mu\tau}$ <10, составляет 3,86 км.

Таблица 6.2 – Таблица пересчета $K_{\mu\tau}$

No		Протяжение,	Значение K_{um}				
участка Пикетаж	протяжение, км	до реконструкции	после реконструкции	через 7 лет			
1	2	3	4	5	6		
3	20+160-20+320	0,16	17	25,50	34,00		
7	20+900-20+940	0,04	13,2	19,80	26,40		
12	21+440-21+560	0,12	62,4	93,60	124,80		
13	21+560-21+600	0,04	20,8	31,20	41,60		
14	21+600-21+760	0,16	83,2	124,80	166,40		
15	21+760-21+840	0,08	59,4	89,10	118,80		
16	21+840-21+900	0,06	14,8	22,20	29,60		
17	21+900-21+950	0,05	69,3	103,95	138,60		
18	21+950-22+000	0,05	24,8	37,20	49,60		
25	22+920-23+280	0,36	12,4	18,60	24,80		
26	23+280-23+360	0,08	16,5	24,75	33,00		
27	23+360-23+480	0,12	29,6	44,40	59,20		
29	23+540-23+880	0,34	16,5	24,75	33,00		
30	23+880-24+060	0,18	20,6	30,90	41,20		
31	24+060-24+140	0,08	33	49,50	66,00		
32	24+140-24+240	0,10	75,9	113,85	151,80		
33	24+240-24+340	0,10	20,6	30,90	41,20		
34	24+340-24+400	0,06	66	99,00	132,00		
35	24+400-24+520	0,12	79,2	118,80	158,40		
36	24+520-24+600	0,08	26,4	39,60	52,80		
41	25+520-25+680	0,16	13,2	19,80	26,40		
43	25+780-25+880	0,10	26,4	39,60	52,80		
44	25+880-25+920	0,04	59,4	89,10	118,80		
45	25+920-25+960	0,04	445,5	668,25	891,00		
46	25+960-26+080	0,12	148,5	222,75	297,00		
47	26+080-26+160	0,08	49,5	74,25	99,00		
48	26+160-26+280	0,12	111,4	167,10	222,80		
49	26+280-26+380	0,10	22,3	33,45	44,60		

Потери для одного участка вычисляют полностью, а для остальных, исходя из соотношения их длин и количества происшествий, – на 1 млн. авт-км. Расчеты ведут в табличной форме.

Например, рассчитаем потери от ДТП на участке 33. $K_{n\tau}$ для этого участка существующей дороги равен 20,6, после реконструкции он окажется равным 30,9, а через 7 лет эксплуатации — 41,2, если на этом участке не будут выполнены работы по улучшению условий движения.

При K_{HT} =30,9 вероятное число происшествий Z_1 =0,47 на 1 млн. авт-км пробега, а при K_{HT} =41,2 Z_2 = 0,57. Эти данные берем по графику (рисунок 6.1).

Таким образом, за первые 7 лет ежегодные потери принимаем из расчета 0,47 происшествий на 1 млн. авт-км пробега, а в последующие 13 лет (2022—2035 гг.) - 0,57 происшествий на 1 млн. авт-км пробега. Протяжение участка 0,1 км.

Зная ежегодные пробеги (таблица 6.3, графа 4), определим вероятное число происшествий (Z_i) в каждом году (графа 5)

$$z = 365 NL_z. ag{6.1}$$

С учетом средних потерь от одного происшествия (Π) находим потери в каждом году (в рублях) на участке (графа 7)

$$\Pi_{y} = z\Pi. \tag{6.2}$$

При технико-экономических расчетах затраты на реконструкцию и ремонты приводят к определенному году (исходному году сдачи в эксплуатацию дороги)

$$\Pi_{vii} = \Pi_{v}/(1 + E_{H})^{t},$$
(6.3)

где $E_{\rm H}$ - нормативный коэффициент приведения затрат более поздних лет к исходному году $E_{\rm H}=0.08$ (за исходный принят 2005 г.).

Приведенные к 2005 г. потери от ДТП вписывают в графу 8

таблица 6.1. Затем подсчитывают суммарные приведенные потери.

Таким образом, если участок 33 не будет перестроен, возможный ущерб от ДТП на нем за 20 лет составит 7480 руб.

По этой последовательности можно подсчитать потери и на остальных участках. Для упрощения расчетов без существенной ошибки, приведенные потери по остальным участкам можно определить по зависимости

$$\Pi_{V\Pi_{i}} = \left(\frac{\sum_{i}^{7} \Pi_{V\Pi_{33}} z_{i}'}{z_{1}} + \frac{\sum_{8}^{20} II_{V\Pi_{33}} z_{i}''}{z_{2}}\right) \frac{L_{i}}{L}$$
(6.4)

где і – номер участка;

 $\sum_{1}^{7} \Pi_{y_{II}33}$ - приведенные потери от дорожно-транспортных происшествий на участке 33 за первые 7 лет (2434 руб.);

$$\sum_{8}^{20} \Pi_{y_{\Pi}33}$$
 - приведенные потери от происшествий за последующие 13 лет (5045 руб.);

 z_1 и z_2 - число происшествий на 1 млн. авт-км пробега на участке 33 соответственно на 7-й и 13-й годы;

 $z_1' \, u \, z_2''$ - то же, для і-го участка;

 L_i - длина і-го участка, км;

L – протяжение участка 33 (0,1км).

Таблица 6.3 – Расчетная таблица потерь (в ценах 1991г).

Число лет по- сле реконст- рукции	Календарный год	<i>N</i> , авт/сут	365 <i>NL</i> ,млн. авт-км	zi	П, руб.	<i>П</i> у, руб.	Пуц, руб
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2015	2650	0,097	0,046	7760	357	330
2	2016	2840	0,104	0,049	7990	392	335
3	2017	3040	0,111	0,052	8230	427	338
4	2018	3250	0,119	0,056	8460	473	348
5	2019	3480	0,127	0,060	8700	522	358
6	2020	3720	0,136	0,064	8930	572	362
7	2021	3980	0,145	0,068	9120	620	362
							$\Sigma = 2434$
8	2022	4260	0,155	0,088	9320	820	443
9	2023	4550	0,166	0,095	9570	903	452
10	2024	4870	0,178	0,101	9710	980	454
11	2025	4970	0,181	0,103	9900	1020	437
12	2026	5070	0,185	0,105	10090	1059	420
13	2027	5170	0,189	0,108	10280	1110	408
14	2028	5270	0,192	0,109	10460	1140	388
15	2019	5380	0,196	0,112	10650	1193	376
16	2030	5490	0,200	0,114	10840	1236	361
17	2031	5600	0,204	0,116	11040	1281	346
18	2032	5700	0,208	0,119	11240	1338	334
19	2033	5820	0,212	0,120	11450	1374	318
20	2034	5940	0,216	0,123	11650	1433	308
					1		$\Sigma = 5045$

Например, для участка 3 протяжением 0,16 км, имеющего K_{HT} , равный 25,5 и 34 (таблица 6.2), по графику (рисунок 6.1) определяем

$$z_3' = 0.41, z_3'' = 0.5$$

Приведенные потери

$$H_{y_{H3}} = \left(\frac{2432 \cdot 0.41}{0.47} + \frac{5045 \cdot 0.50}{0.57}\right) \frac{0.16}{0.10} = 10478 \ py6.$$

Расчет ведется в табличной форме (таблица 6.4). Суммарные приведенные потери для всех выделенных участков составляют 235 669 руб.

Как было отмечено, для упрощения расчетов при $K_{\it NT}$ <10 вероятное число происшествий принимают равным 0,27 на 1 млн. авт-км. Такие участки суммируют и выполняют расчеты последовательно, как и для участка 33. Суммарная длина таких участков в данном примере равна 3,86 км, а приведенные потери от дорожно-транспортных происшествий— 147433 руб. Суммарные приведенные потери по всему рассматриваемому участку длиной 7 км 235669+147 433 = 383 102 руб.

Таким образом, если участок не будет реконструирован, суммарные потери народного хозяйства от ДТП на нем за 20 лет составят 383 тыс. руб.

Вариант 2. После реконструкции на всем протяжении участка длиной 7 км итоговые коэффициенты аварийности стали меньше 10. Следовательно, число происшествий на 1 млн. авт-км равно 0,27. В прежней последовательности определяем потери народного хозяйства. Расчеты сводим в таблицу (таблица 6.4)

Таблица 6.4 – Расчет суммарных приведенных потерь

NO I HOLLMAN DET VIN TIPM		Суммарные приведенные	No	Число про на 1 млн. а	Суммарные приведенные		
участка	настка z'_i z''_i потери, руб	участка	z'_i	Z_i''	потери, руб		
3	0,41	0,50	10478	31	0,61	0,66	7204
7	0,35	0,42	2113	32	0,69	0,63	9241
12	0,70	0,68	11578	33	0,47	0,57	7480
13	0,46	0,56	2938	34	0,70	0,66	5682
14	0,68	0,62	14419	35	0,68	0,62	10874
15	0,70	0,69	7789	36	0,55	0,62	6713
16	0,40	0,46	3692	37	0,35	0,42	8453
17	0,70	0,65	4391	43	0,55	0,62	8391
18	0,52	0,61	4048	44	0,70	0,68	3859
25	0,33	0,41	17309	45	0,48	0,45	2482
26	0,41	0,49	5178	46	0,58	0,55	9450
27	0,65	0,69	11374	47	0,68	0,70	7777
29	0,41	0,49	22005	48	0,62	0,58	10016
30	0,47	0,57	13464	49	0,41	0,58	7271
30	5,11						$\Sigma = 235 669$

Экономический эффект за счет снижения потерь народного хозяйства от происшествий за расчетный период 383—267= 116 тыс. руб.

Таким образом, после реконструкции на дороге могут возникать происшествия, связанные только с нарушением водителями правил дорожного движения, их невнимательностью, стрессовым состоянием, а не с дорожными условиями.

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ДОРОГИ И КОЭФФИЦИЕНТА ЗАГРУЗКИ ДВИЖЕНИЕМ

Для определения пропускной способности автомобильных дорог, пересечений в одном и разных уровнях, железнодорожных переездов используется методика, приведенная в «Руководстве по оценке пропускной способности автомобильных дорог» [(1)].

Практическая пропускная способность — максимальное количество автомобилей, которое может пропустить участок с конкретными дорожными условиями в единицу времени:

$$P = \frac{P_{\text{max}} \beta_{umoz}}{\sum_{i=1}^{n} K_{npi} \psi_{i}},$$
(7.1)

где $P_{\text{пих}}$ — максимальная практическая пропускная способность эталонного участка: горизонтального, прямолинейного в плане, с проезжей частью, имеющей не менее двух полос движения шириной по 3,75 м, с сухим шероховатым покрытием, с расстоянием видимости не менее 800 м, для транспортного потока, состоящего только из легковых автомобилей;

n — количество типов автомобилей в составе транспортного потока;

 K_{npi} — коэффициент приведения автомобиля і-го типа к легковому автомобилю (значения K_{np} принимаются в соответствии с ТКП 45-3.03-19-2008 в зависимости от типа транспортных средств и их грузоподъемности (**Приложение A**);

 ψ_i — доля автомобилей і-го типа в составе транспортного потока;

 β_{uno} — итоговый коэффициент снижения пропускной способности, равный произведению частных коэффициентов, определяемых по таблицам 7.2-7.15 в зависимости от характеристик дорожных условий и состава транспортного потока.

При оценке практической пропускной способности в конкретных дорожных условиях рекомендуется использовать уравнение:

$$P = \beta_{\text{umo}} \cdot P_{\text{max}} \,, \tag{7.2}$$

 P_{\max} - максимальная практическая пропускная способность легковых авт/ч (таблица 7.1).

$$\beta_{umoz} = \prod_{i=1}^{15} \beta_i . \tag{7.3}$$

Таблица 7.1 – Практическая пропускная способность P_{\max}

Однополосные дороги, имеющие разъезды	800	в оба направления
Двухполосные дороги	2000	и и
Трехполосные	4000	11 11 11
Автомобильные магистрали, имеющие 4 полосы	2000	по одной полосе
То же, 6 полос	2200	11 11 11
" 8 "	2300	11 11 11

Таблица 7.2 – Коэффициент β_1

A PERCENT HOR HONORS	Ши	R	
Автомобильная дорога	полосы	проезжей части	ρ_1
	≤3,0	-	0,9
Многополосная	3,5	-	0,96
	≥3,75	-	1,0
	-	6,0	0,85/0,54*
Двухполосная	-	7,0	0,9/0,71*
	-	7,5	1,0/0,87*

Таблица 7.3 – Коэффициент β_2

Ширина обочины, м	3,75	3,0	2,50	2,0	1,5
eta_2	1,0	0,97	0,92	0,8	0,7

Таблица 7.4 – Коэффициент β_3

Расстояние от кромки	eta_3 при ширине полосы движения, м						
проезжей части до препятствия, м	Боковые помехи с одной стороны			Боковые помехи с обеих сторон			
2,5	1,0	1,0	0,98	1,0	0,98	0,96	
2,0	0,99	0,99	0,95	0,98	0,97	0,93	
1,5	0,97	0,95	0,94	0,96	0,93	0,91	
1,0	0,95	0,90	0,87	0,91	0,88	0,85	
0,5	0,92	0,83	0,80	0,88	0,78	0,75	
0	0,85	0,78	0,75	0,82	0,73	0,70	

Таблица 7.5 – Коэффициент $oldsymbol{eta}_4$

Количество автопо-	eta_4 при числе легких и средних грузовых автомобилей, $\%$							
ездов в потоке, %	10	20	50	60	70			
1	0,99	0,98	0,94	0,90	0,80			
5	0,97	0,96	0,91	0,88	0,84			
10	0,95	0,93	0,88	0,85	0,81			
15	0,92	0,90	0,85	0,82	0,78			
20	0,90	0,87	0,82	0,79	0,76			
25	0,87	0,84	0,79	0,76	0,73			
30	0,84	0,81	0,76	0,72	0,70			

Примечание. Коэффициент β_4 на подъемах не учитывают, так как состав движения учтен при определении коэффициента. β_5

Таблица 7.6 – Коэффициент eta_5

Продольный	Длина	$oldsymbol{eta}_5$ при коли	честве автомоб	ильных поездо	в в потоке, %
уклон, ‰	подъема, м	2	5	10	15
	200	0,98	0,97	0,94	0,89
20	500	0,97	0,94	0,92	0,87
	800	0,96	0,92	0,90	0,84
	200	0,96	0,95	0,93	0,86
30	500	0,95	0,93	0,91	0,83
	800	0,93	0,90	0,88	0,80
	200	0,93	0,90	0,86	0,80
40	500	0,91	0,88	0,83	0,76
	800	0,88	0,85	0,80	0,72
	200	0,90	0,85	0,80	0,74
50	500	0,86	0,80	0,75	0,70
	800	0,82	0,76	0,71	0,64
	200	0,83	0,77	0,70	0,63
60	500	0,77	0,71	0,64	0,55
	800	0,70	0,63	0,53	0,47
70	200	0,75	0,68	0,60	0,55
70	300	0,63	0,55	0,48	0,41

Таблица 7.7 – Коэффициент $oldsymbol{eta_6}$

Расстояние видимости, м	<50	50-100	100-150	150-250	250-350	>350
$oldsymbol{eta_6}$	0,68	0,73	0,84	0,80	0,98	1,0

Таблица 7.8 – Коэффициент eta_7

Радиус кривой в плане, м	< 100	100-250	250-450	450-600	>600
eta_7	0,85	0,90	0,96	0,99	1,0

Таблица 7.9 – Коэффициент $oldsymbol{eta}_8$

Ограничение скорости знаком, км/ч	10	20	30	40	50	60
eta_8	0,44	0,76	0,88	0,96	0,98	1,0

Таблица 7.10 – Коэффициент $oldsymbol{eta_9}$

Число			Тип пере	сечения			
автомобилей,		Т-образн	ioe	четырехстороннее			
поворачивающих	β9 прі	и ширине	проезжей	насти осн	овной до	роги, м	
налево, %	7,0	7,5	10,5	7,0	7,5	10,5	
	Необо	рудованн	ное пересеч	ение			
0	0,97	0,98	1,00	0,94	0,95	0,98	
20	0,85	0,87	0,92	0,82	0,83	0,91	
40	0,73	0,75	0,83	0,70	0,71	0,82	
60	0,60	0,62	0,75	0,57	0,58	0,73	
80	0,45	0,47	0,72	0,41	0,41	0,70	
Частично обору	дованно		ение с остр	овками б	ез перехо	одно-	
0	1,0	1,0	1,0	0,98	0,99	1,0	
20	0,97	0,98	1,0	0,98	0,97	0,99	
40	0,93	0,94	0,97	0,91	0,92	0,97	
60	0,87	0,88	0,93	0,84	0,85	0,93	
80	0,87	0,88	0,92	0,84	0,85	0,92	
Пол	іностью і	канализи	рованное пе	ересечени	1е		
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
20	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
40	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
60	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
80	0,97	0,98	0,99	0,95	0,97	0,98	

Таблица 7.11 – Коэффициент $oldsymbol{eta}_{10}$

Тип укрепления и состояния обочин	Значение $oldsymbol{eta}_{\!\scriptscriptstyle 10}$
Обочины имеют то же покрытие, что и проезжая часть	1,0
Обочины укреплены: щебнем с краевой полосой из бетонных плит; щебнем без краевой полосы	0,99
засевом трав	0,95
Неукрепленные обочины в сухом состоянии	0,90
Скользкие, покрытые грязью обочины	0,45

Таблица 7.12 – Коэффициент $oldsymbol{eta}_{11}$

Тип покрытия	Значение $oldsymbol{eta_{\!$
Шероховатое асфальто- или цементобетонное, черное щебе- ночное покрытие	1,0
Асфальтобетонное покрытие без поверхностной обработки	0,91
Сборное бетонное покрытие	0,86
Булыжная мостовая	0,42
Грунтовая дорога без пыли, сухая	0,90
То же, размокшая	0,1-0,3

Таблица 7.13 – Коэффициент $oldsymbol{eta}_{12}$

Способ отделения площадок отдыха, бензозаправочных станций, площадок для стоянки от основной проезжей части дороги	Значение $oldsymbol{eta_{\!12}}$
Площадка отдыха, бензозаправочные станции или остановочные площадки с полным отделением от основной дороги и наличием специальной полосы для въезда	1,0
То же, при наличии только отгона ширины	0,98
", при отсутствии полосы и отгона	0,80
", без отделения от основной проезжей части	0,64

Таблица 7.14 – Коэффициент eta_{13}

Средства организации движения	Значение $oldsymbol{eta_{13}}$
Осевая разметка	1,02
Краевая и осевая разметки	1,05
Разметка полос на подъемах с дополнительной полосой	1,50
То же, на четырехполосной дороге	1,23
", на трехполосной дороге	1,30
Двойная осевая разметка	1,12
Знак ограничения скорости	β ₁₄ ≈ β ₈ , β ₁₄
Указатели полос движения	1,10

Таблица 7.15 – Коэффициент $oldsymbol{eta}_{14}$

Число автобусов	$oldsymbol{eta_{14}}$ при числе легковых автомобилей в потоке, %					
в потоке, %	70	50	40	30	20	10
1	0,82	0,76	0,74	0,72	0,70	0,68
5	0,80	0,75	0,72	0,71	0,69	0,66
10	0,77	0,73	0,71	0,69	0,67	0,65
15	0,75	0,71	0,69	0,67	0,66	0,64
20	0,73	0,69	0,68	0,66	0,64	0,62
30	0,70	0,66	0,64	0,63	0,61	0,60

Для многополосных автомобильных дорог, у которых движение по полосам распределяется неравномерно, P_{\max} определяют как сумму пропускных способностей отдельных полос:

$$P_{\max} = 2(P_1 + P_2 + \dots + P_n), \qquad (7.4)$$

где $P_1, P_2,, P_n$ - пропускная способность первой, второй и т.д. полос, авт/ч, определяемая по формуле (7.5).

$$P_n = k \cdot \beta_k \cdot \beta_n \cdot (1700 + 66, 6 \cdot b - 9, 54 \cdot p - 6, 84 \cdot i), \tag{7.5}$$

где $_k$ - коэффициент приведения смешанного потока автомобилей к потоку легковых автомобилей;

$$\dot{k} = \frac{1}{\sum_{j=1}^{n} K_{npj} \cdot n_j},\tag{7.6}$$

 β_k - коэффициент, учитывающий влияние радиусов кривых в плане, который рекомендуется принимать равным 0,85 при радиусах менее 1000 м и 1,0 — при больших значениях радиусов (вводится в формулу только при определении Р левой полосы движения на кривой);

 β_n - коэффициент, учитывающий влияние пересечений в разных уровнях (таблица 7.16);

b - ширина полосы, м (3,00 - 3,75 м);

р - количество тяжелых автомобилей и автобусов, %;

i - продольный уклон, %;

 n_i - количество (в долях единицы) транспортных средств различных типов;

 K_{npi} - коэффициент приведения к легковому автомобилю отдельных типов транспортных средств (Приложение A).

Таблица 7.16 – Коэффициент β_n

Вид сопряжения съезда с автомобильной магист-	Интенсивность движения на съезде, % от	$eta_{\!\scriptscriptstyle n}$ полосы	
ралью	интенсивности по магистрали	правой	левой
Переходно-скоростные полосы, отделенные от ос-	10-25	0,95	1,0
новной проезжей части разделительной полосой	25-40	0,90	0,95
T	10-25	0,88	0,95
Только переходно-скоростные полосы	25-40	0,83	0,90
	10-25	0,80	0,90
Съезды без переходно-скоростных полос	25-40	0,75	0,80

Коэффициент β_k в формуле (7.5) следует учитывать только при определении пропускной способности левой полосы на кривой.

Определяя пропускную способность полосы и используя коэффициенты K_{npi} и n_j (формула(7.6)), необходимо учитывать особенности распределения автомобилей разного типа по полосам при интенсивности движения, близкой к пропускной способности. Данные о распределении автомобилей на четырехполосной магистрали, полученные из наблюдений, приведены в таблице 7.17. При ином, чем указано в таблице, составе следует прибегать к интерполяции. Необходимо также учитывать, что тяжелые автомобили и автомобильные поезда движутся, как правило, по правой полосе.

Таблица 7.17 – Распределение автомобилей на четырехполосной магистрали

Число легковых	Состав пото	ка на правой	Состав потока на левой		
автомобилей, % от	поло	ce, %	полосе, %		
общей интенсивности	Легковые	Грузовые	Легковые	Грузовые	
движения	автомобили автомобили		автомобили	автомобили	
20	7-10	90-93	30-35	65-70	
40	24-30	70-76	50-55	45-50	
60	38-45	55-62	65-70	30-35	
80	74- 84	16-26	80-85	15-20	

Коэффициент загрузки дороги движением:

$$z = \frac{N_u}{P},\tag{7.7}$$

где N_{u} —расчетная часовая интенсивности движения, авт/ч;

$$N_{y} = 0.076 \text{N};$$
 (7.8)

N — среднегодовая суточная интенсивность движения, авт/сут.

При разработке проектов автомобильных дорог целесообразно, чтобы значения коэффициента загрузки находились в пределах 0,2 - 0,65 при новом строительстве и 0,5—0,7. 1 - при реконструкции существующих дорог.

Вследствие изменения дорожных условий по длине дороги происходит также изменение пропускной способности дороги. Для ее характеристики целесообразно строить линейный график изменения пропускной способности дороги и коэффициента загрузки движением (рисунок 7.1).

Для решения вопросов о целесообразных способах корректировки проектного решения на участках с недостаточной пропускной способностью рекомендуется анализировать график изменения пропускной способности совместно с графиками коэффициентов аварийности и безопасности.

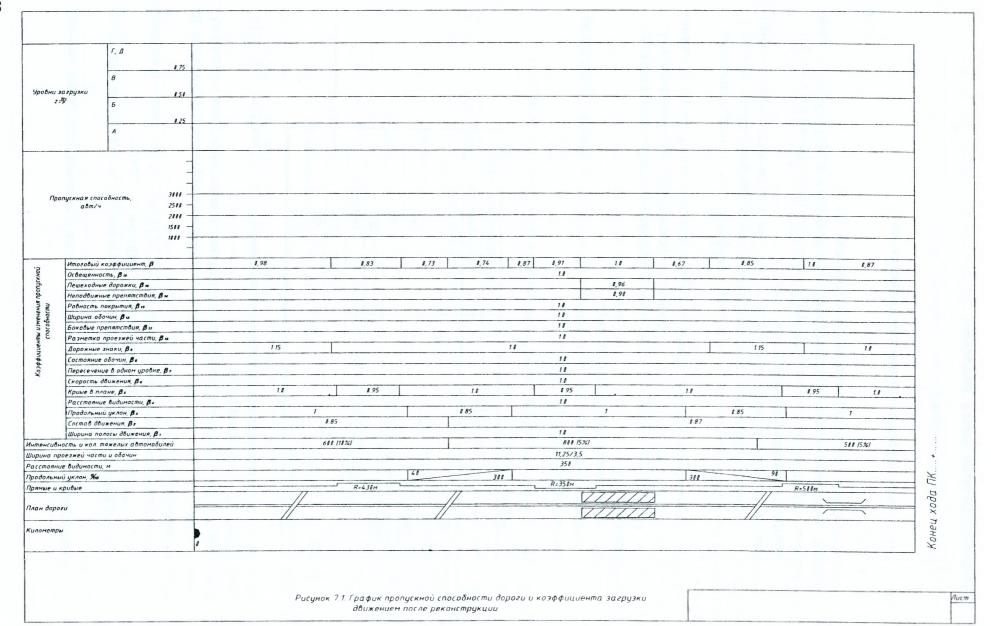
При этом рекомендуется следующий порядок:

• - выделяют отдельные элементы дороги с учетом зоны их влияния, протяжение которой принимают по таблице 7.18;

Таблица 7.18 – Влияние элементов дороги	и окружающей обстановки на пропускную
способность	

Элементы, оказывающие влияние на	Протяженность зоны влияния, м
Населенные пункты	300
Участки подъемов длиной до 200 м	350
То же длиной более 200 м	650
Кривые в плане радиусом более 600м	100
То же меньше 600 м	250
Участки с видимостью меньше 100 м	150
То же 100-350 м	100
То же 350-600 м	50
Пересечения в одном уровне	600

- выписывают значения частных коэффициентов снижения пропускной способности β_1 ,..., β_{15} (таблица 7.2 7.15) или β_{κ} , β_{n} ;
- разбивают всю протяженность дороги на однородные участки, в пределах каждого из которых сохраняются постоянными значения всех частных коэффициентов снижения пропускной способности;
- для каждого из однородных участков по формуле (7.1) или (7.4) вычисляют пропускную способность, а по формуле (7.7) коэффициент загрузки движением;
- строят график изменения пропускной способности и коэффициента загрузки движением дороги;
- на графике выделяют участки, где коэффициент загрузки превышает допустимые значения.



8. ОЦЕНКА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ДОРОГИ

8.1 Расчет пропускной способности участков дороги и скорости движения в пределах населенных пунктов

Участки дороги в пределах населенных пунктов характеризуются пониженной пропускной способностью, низкими скоростями движения вследствие влияния неорганизованного движения пешеходов, стоящих на обочинах автобусов и автомобилей и других факторов.

Пропускная способность автомобильной дороги в пределах малого населенного пункта

$$P_{u,n} = (1968, 8 - 487, 5L + 11.2l + 7.5Ll)K_1K_2K_3, \tag{8.1}$$

где L — длина участка в пределах населенного пункта, км (0.5 \leq L \leq 2.5);

l — расстояние от кромки проезжей части до линии застройки, м (25м);

 K_I — коэффициент, учитывающий влияние пешеходного перехода (таблица 8.1);

 K_2 — коэффициент, учитывающий влияние стоянки у пункта обслуживания (таблица 8.2);

 K_3 — коэффициент, учитывающий влияние кривой в плане (таблица 8.3).

Таблица 8.1 – Значения К1

Интенсивность движения	Значения K_i при доле легковых автомобилей, %				
пешеходов в час пик, чел/ч	100	70	50		
<100	1,00	1,00	0,90		
100-200	0,95	0,90	0,80		
200-300	0,90	0,80	0,70		
300-400	0,80	0,70	0,60		

Таблица 8.2 – Значения К2

Учитываемые факторы	K_2
Стоянка удалена от кромки проезжей части, имеются переходно-скоростные полосы	1,00
Стоянка оборудована за счет уширения обочины	0,80
Стоянка необорудована	0,60

Таблица 8.3 – Значения К3

Длина населенного	K_3 при радиусе кривой в плане, м				
пункта, км	100	100-250	250-450	450-600	600
0,3-0,7	0,81	0,89	0,95	0,96	0,97
0,7-1,25	0,84	0,92	0,97	0,98	0,98
1,25-1,75	0,96	0,94	0,97	1	1
1,75-2,25	0,98	0,95	0,98	1	1
2,25-2,75	0,90	0,96	1	1	1

Пропускная способность участка в пределах малого населенного пункта сельского типа может быть определена в первом приближении по графику (рисунок 8.1).

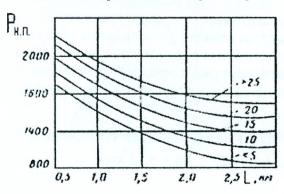


Рисунок 8.1 – Зависимость пропускной способности дороги от длины населенного пункта и расстояния края проезжей части до линии застройки (цифры на кривых – расстояние до застройки, м)

В пределах населенных пунктов скорости движения:

- для дорог с проезжей частью шириной 7-7,5 м и обочинами не уже 3 м свободная скорость автомобилей U_0 в населенных пунктах, расположенных на прямолинейных горизонтальных участках, может быть получена расчетным путем:

$$U_0 = 57,28 - 8,1 L + 2,3l - 0,38Ll, \tag{8.2}$$

где L - длина участка в пределах населенного пункта (0.5 \leq L \leq 2.5 км);

l - расстояние от кромки проезжей части до линии застройки м (5-25 м);

- на снижение пропускной способности и скоростей автомобилей большое влияние оказывают пешеходы, переходящие проезжую часть. Пешеходный переход является "узким" местом дороги в пределах населенного пункта. Скорость автомобилей на пешеходном переходе —

$$\nu_{\Pi} = 25, 4 - 0,06N_{\Pi} - 0,008N + 0.38\nu_{0}, \tag{8.3}$$

где N_{π} - интенсивность движения пешеходов в часы пик, чел-ч;

N - интенсивность движения автомобилей, авт/ч;

 U_0 - свободная скорость движения в населенном пункте, км/ч.

Зависимость (7.3) применима для наиболее характерного пешеходного потока (18-20% детей, 50-60% взрослых, 20-35% пожилых людей).

Для пешеходных переходов, где наблюдается изменение процентного соотношения пешеходов по группам, необходимо пользоваться зависимостью

$$\nu_{II} = 14,95 - 0.031 \cdot N_{\partial em} - 0,041 \cdot N_{esp} - 0,029 \cdot N_{cm} - 0,008 \cdot N + 0,62 \cdot \nu_{0},$$
(8.4)

где N_{dem} - интенсивность движения детей через дорогу, чел-ч;

 $N_{\!\scriptscriptstyle \it BSD}$ - то же, взрослых людей, чел-ч;

 N_{cm} - то же, пожилых людей, чел-ч.

На снижение скорости автомобилей в населенных пунктах оказывают влияние стоянки автомобилей и их планировочные решения (таблица 8.4):

Таблица 8.4 – Влияние стоянок на скорость автомобилей

Положение стоянки	Снижение скорости, км/ч
Стоянка удалена от кромки проезжей части, подъезды к ней оборудованы переходно-скоростными полосами	практически нет
Стоянка удалена от кромки проезжей части, подъезды к ней не оборудованы переходно-скоростными полосами	10-20
Стоянка отсутствует, автомобили стоят на обочине	20-40

Пример 2

Исходные данные:

Населенный пункт Грибки (км 25+000 — км 25+700) расположен на прямом горизонтальном участке, длина застройки L=0.7км, расстояние от кромки проезжей части до линии застройки 1=6 м, сооружения обслуживания отсутствуют, интенсивность движения на пешеходном переходе $N_n=80$ чел/ч пик. Ширина проезжей части дороги 7,5 м, ширина обочины 2.5—3 м, интенсивность движения автомобилей N=1500 авт/ч.

Населенный пункт Хлебниково (км 22 + 500 — км 24 + 150) расположен на прямом горизонтальном участке, длина застройки L = 1,65 км, расстояние от кромки проезжей части до линии застройки l = 12 м. В населенном пункте имеется стоянка у сооружения обслуживания, оборудованная за счет уширения обочин и расположенная с двух сторон дороги. Интенсивность движения пешеходов через дорогу на первом переходе составляет $N_n = 150$ чел/ч, а на втором $N_n = 240$ чел/ч. Второй пешеходный переход расположен у стоянки автомобилей.

Решение:

Свободную скорость автомобилей в населенном пункте Грибки вычисляем по формуле (8.2):

$$v_0 = 57,28 - 8,1 \cdot L + 2,3 - 0,38 \cdot L \cdot l = 57,28 - 8,1 \cdot 0,7 + 2,3 \cdot 6 - 0,38 \cdot 0,7 \cdot 6 = 63,8 \text{ km/y}.$$

Для определения скорости движения автомобилей в зоне пешеходного перехода используем формулу (8.3):

$$v_n = 25,4-0,6\cdot80-0,008\cdot1500+0,38\cdot63,8=32,8 \text{ km/y}.$$

Пропускная способность участка в пределах населенного пункта Грибки в первом приближении может быть найдена по графику (рисунок 8.1): $P_{\!\scriptscriptstyle H.R.}=1750$ авт/ч. В целях уточнения пропускную способность определим по формуле (8.1)

$$P_{\mu n} = (1968.8 - 487.5 \cdot 0.7 + 11.2 \cdot 6 + 7.5 \cdot 0.7 \cdot 6) 1 = 1730 \text{ abt/y}.$$

Коэффициент $K_I = 1$ принимаем по таблице 8.1.

Пропускную способность участка в пределах населенного пункта Хлебниково определяем в три этапа. Рассматриваем участок вне зоны пешеходного перехода и стоянки у сооружения обслуживания, анализируем участок первого пешеходного перехода, затем второго пешеходного перехода в зоне стоянки.

Для первого этапа

$$P_{n.n} = (1968, 8 - 487, 5 \cdot 1, 65 + 11, 4 \cdot 12 + 7, 5 \cdot 16, 5 \cdot 12 = 1447, 32 \text{ abt/y}.$$

Для второго этапа ($K_I = 0.8$)

$$P_{\!\scriptscriptstyle B,R.} =$$
 (1968,8—487,5 · 1,65+11,2 · 12 + 7,5-1,65 · 12)0,8= 1157,86 авт/ч.

Для третьего этапа ($K_1 = 0.8$ и $K_2 = 0.8$)

$$P_{HR} = (1968.8 - 487.5 \cdot 1.65 + 11.2 \cdot 12 + 7.5 \cdot 1.65 \cdot 12)0.8 \cdot 0.8 = 810.5 \text{ abt/q}.$$

8.2 Расчет пропускной способности пересечения в одном уровне

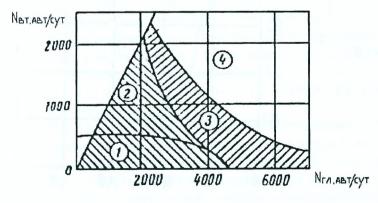
При выборе планировки пересечения в одном уровне необходимо обеспечивать такой же уровень удобства движения, как и на всей дороге. Величины предельных загрузок движением пересечений приведены в таблице 8.5.

Таблица 8.5 – Предельные уровни загрузки

Уровень удобства движения на	Коэффициент	Загрузка второстепенной дороги		
главной дороге	загрузки	предельно допустимая	оптимальная	
A	<0,2	0,11 P _{rπ}	0,09 Р _{гл}	
Б	0,2-0,45	0,22 Р _{гл}	0,17 P _{rπ}	
В	0,45-0,7	0,37 Ргл	0,28 Р _{гл}	
Г-а	0,7-1	0,56 Ргл	0,42 Ргл	
Г-б	≤ 1	0,56 Р _{гл}	0,42 Р _{гл}	

Примечания. 1. P_{rn} - практическая пропускная способность главной дороги в рассматриваемых дорожных условиях.

Планировку пересечений в одном уровне с учетом обеспечения наименьшей загрузки основной дороги следует принимать с учетом рекомендаций расчетной номограммы (рисунок 8.2).



- 1 простое пересечение;
- 2 направляющие островки на второстепенной дороге;
- 3 направляющие островки на обеих дорогах с разметкой проезжей части;
 - 4 пересечение в разных уровнях

Рисунок 8.2 Номограмма для определения пропускной способности пересечений Пропускная способность пересечений в одном уровне в конкретных условиях

$$P_{II} = N_{III} \left(A \frac{e^{-\beta_1 \lambda \Delta t_{ep}}}{1 - e^{-\beta_1 \lambda \delta t}} + B \frac{e^{-\beta_2 \lambda \Delta t_{ep}}}{1 - e^{-\beta_2 \lambda \delta t}} + C \frac{e^{-\beta_3 \lambda \Delta t_{ep}}}{1 - e^{-\beta_3 \lambda \delta t}} \right), \tag{8.5}$$

при А+В+С=1,

где $N_{\!\scriptscriptstyle I\!\!\: I\!\!\: I}$ - интенсивность движения по главной дороге, авт/ч;

 λ — коэффициент, равный $N_{\!I\!I\!I}/3600$;

A, B, C - коэффициенты, характеризующие различные части потока (A - свободно движущиеся автомобили (рисунок 8.3); B - частично связанные B = f(A) (рисунок 8.4); C - связанная часть потока автомобилей);

$$A = \xi_M \cdot e^{-\xi_H}$$
 - для участков подъемов;

 $\xi_{\!\scriptscriptstyle M}$ - коэффициент, учитывающий количество медленно движущихся автомобилей в потоке (таблица 8.7);

 $\xi_{\it П}$ - коэффициент, учитывающий крутизну уклона и длину подъема (таблица 8.8);

 Δt_{sp} - граничный интервал, принимаемый водителем и определяемый по графику (рисунок 8.6);

 δt - интервал между выходами автомобилей из очереди на второстепенной дороге определяют в зависимости от состава движения (таблица 8.6):

Таблица 8.6 – Расчетный интервал выхода из очереди

Доля легковых автомобилей в потоке, %	0	20	50	100
δt, c	2,4	3,2	3,7	4,2

 β_1 , β_2 , β_3 - коэффициенты, характеризующие плотность потока автомобилей; $\beta_1 = \phi(A)$ определяют по графику (рисунок 8.5), $\beta_2 = 3,5$ и $\beta_3 = 5,7$ (для двухполосных дорог).

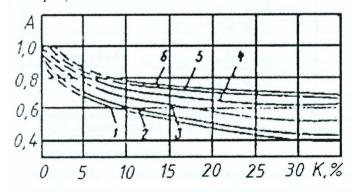
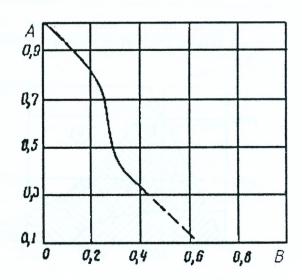


Рисунок 8.4 – Зависимость между коэффициентами A и B

Рисунок 8.3 – Влияние населенного пункта на распределение интервалов в потоке в зависимости от состава движения при расстоянии от населенного пункта:

1 - 0 м; 2 - 200 м; 3 - 400 м; 4 - 600 м; 5 - 1000 м; 6 - 1500 м; К - доля медленно движущихся автомобилей в потоке



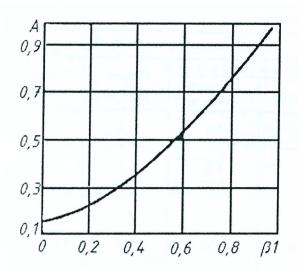


Рисунок 8.6 — Изменение граничного промежутка времени для левого поворота в зависимости от интенсивности движения по главной дороге

Рисунок 8.5 – Зависимость между коэффициентами A и β₁

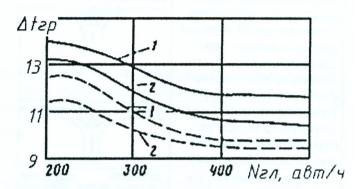


Таблица 8.7 – Значение ξ_{M}

Доля медленно	ξ _м при расстоянии от подъема, м						
движущихся автомобилей в потоке, %	≤ 100	500	1000	1500	2000	3000	4000 и более
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
10	0,64	0,72	0,78	0,82	0,85	0,88	0,88
20	0,46	0,54	0,61	0,68	0,71	0,75	0,77
30	0,36	0,43	0,50	0,58	0,62	0,68	0,70
40	0,27	0,34	0,43	0,51	0,55	0,61	0,65

Примечание. К медленно движущимся относят автомобили, скорость которых на 10-15 км/ч меньше средней для всего потока.

Таблица 8.8 — Значение ξ_{Π}

Уклон, +	$\xi_{\it \Pi}$ при длине подъема, м				
, , , , ,	50	100	200	300	
≤ 20	0	0	0	0	
30	0	0	0,02	0,04	
40	0	0,02	0,05	0,12	
50	0,02	0,06	0,11	0,19	
60	0,05	0,10	0,17	0,30	
70	0,09	0,12	0,19	0,34	
80	0,11	0,15	0,24	0,42	

Расчет по уравнению (8.5) позволяет определить пропускную способность не всего пересечения, а лишь одного направления движения со второстепенной дороги, пересекающего или вливающегося в главный поток.

Полная пропускная способность определится как сумма пропускных способностей по всем направлениям.

Для упрощения расчета все поворачивающие потоки на пересечении приводят к одному условному потоку. Ввиду того, что основным параметром, определяющим пропускную способность пересечения, является граничный промежуток времени, приведение осуществляется путем сопоставления этого показателя для разных направлений. Значения коэффициентов приведения ψ_{np} при разных планировочных решениях даны в таблице 8.9.

Таблица 8.9 – Коэффициент приведения упр

		Коэффициент приведения $\psi_{\pi p}$					
Тип пересечения	Схема планировки	Левый пов	орот с дороги	Примор	П-ап ж		
		главной	второсте- пенной	Прямое пересечение	Правый поворот		
Простое необорудованное пересечение; $R = 10 \text{ м}$	$R \rightarrow CR$	1,1	1,1	1,0	0,62		
Необорудованное пересечение; $10 \text{ м} < R < 25 \text{ м}$	$R \rightarrow R$	1,0	1,0	1,0	0,45		
Разделительный и направляющие островки на второстепенной дороге, правоповоротные съезды с переходными кривыми или коробовые кривые; главная дорога не оборудована	VIDE -	1,0	0,85	0,9	0,27		
То же, переходно- скоростные полосы на главной дороге (не пол- нос, канализированное)	700	1,0	0,85	0,9	0,1		
-	707	0,9	0,65	0,7	0,1		
То же, левоповоротные островки на главной дороге с переходно-скоростными полосами (канализированное пересечение)	NOD-	0,60	0,65	0,70	0,1		
То же, переходно-скоростные полосы для левого поворота на главной дороге	Note	0,60	0,6	0,2			

Интенсивность движения приведенного потока на второстепенной дороге:

$$N_{np,ne,sm} = N_{sm}(\psi_{np,n}\eta_{n} + \psi_{np,m}\eta_{m} + \psi_{np,np}\eta_{np}) + \psi_{np,n(2\pi)}N_{2\pi,n}.$$
(8.6)

Предельное значение приведенной интенсивности движения, т.е. суммарная интенсивность на второстепенной дороге:

для необорудованных пересечений

$$N_{\max} = \frac{N_{np.8m} - \psi_{np.n} N_{en}}{\psi_{np.n} \eta_{n} + \psi_{np.nn} \eta_{nn} + \psi_{np.np} \eta_{np}};$$
(8.7)

для канализированных пересечений

$$N_{\max} = \frac{N_{np.sm} - \psi_{np.n(zn)} N_{zn}}{\psi_{np.n} \eta_{n} + \psi_{np.nn} \eta_{nn}} + P_{n};$$
 (8.8)

где $N_{\it np.sm}$, $N_{\it en}$ - интенсивность движения на второстепенной и главной дороге;

 $\psi_{\it np.n}$ - коэффициент приведения (таблица 8.9);

 η - доля поворачивающего движения;

 P_n - пропускная способность правого поворота с второстепенной дороги(авт/ч), определяемая по формуле (8.5) при значении Δt_{rp} для правого поворота, принимаемом по рисунку 8.7;

 $N_{\rm max}$ - пропускная способность пересечения в одном уровне, авт/ч.

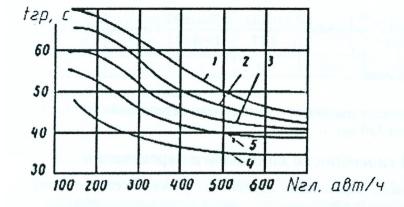


Рисунок 8.7 – Изменение граничного промежутка времени для правого поворота при различных радиусах съездов:

1-10-12 м; 2-15 м; 3-35 м; 4-50 м; 5-50 м и имеются переходно-скоростные полосы

Пример 3 Исходные данные

Пересечение необорудованное, суммарная интенсивность движения по главной дороге $N_{20}=240~a6m/4$, радиусы съездов равны 10 м, продольный уклон главной дороги 25+, длина подъема 200 м. Доля медленно движущихся автомобилей составляет 15%. Распределение интенсивности по направлениям: $n_1 = 15\%$; $n_{nv} = 35\%$.

Решение

Параметры функции распределения автомобилей в транспортном потоке по главной дороге определяют по формуле(8.7).

По таблице 8.7: $\xi_M = 0,55$, так как расстояние от подъема равно 0;

По таблице 8.8: ξ_{π} =0,01 при длине подъема 200 м и уклоне 25+.

$$A = 0.55 \cdot e^{-0.01} = 0.55 \cdot 1.01005 = 0.56$$

Параметр В определяют по рисунку 8.4;

B=0,27; A+B+C=1;

C=1-0.56-0.27=0.17.

Коэффициент β_1 определяют по рисунку 8.5 с учетом A:

$$\beta_1 = 0.68$$

Параметр t_p определяют по рисунку 8.6. При заданной интенсивности движения – $\Delta t_{xy} = 1,38 c$.

Пропускная способность пересечения в приведенных единицах —
$$N_{\textit{BTMAX}} = 240 \left(\frac{0.56 \cdot e^{-0.68}}{1 - e^{-0.18}} + \frac{0.27 \cdot e^{-3.2}}{1 - e^{-0.93}} + \frac{0.17 \cdot e^{-5.8}}{1 - e^{-1.5}} \right) = 240 \left(\frac{0.56 \cdot 0.53}{1 - 0.83} + \frac{0.27 \cdot 0.04}{1 - 0.37} + \frac{0.17 \cdot 0.05}{1 - 0.22} \right) = 785 \textit{ asm / y}.$$

Предельная интенсивность движения по второстепенной дороге (формула (8.1))

$$N_{MAX} = \frac{785 - 1.1 \cdot 210 \cdot 0.15}{1.1 \cdot 0.15 + 1.0 \cdot 0.5 + 0.67 \cdot 0.35} = 830 a \text{gm/u}.$$

Следовательно, при заданной интенсивности движения по главной дороге наибольшая суммарная интенсивность движения по второстепенной дороге составляет 830 авт/ч.

Пример 4

Исходные данные для расчета пропускной способности канализированного пересечения в одном уровне: Nzn=540авт/ч, продольный уклон главной дороги 5+, расстояние до подъема протяжением 200 м и уклоном 40+ составляет 750 м, доля медленно движущихся автомо-A=0,55;B=0,24; C=0,21; $\beta_1 = 0.67$; $\Delta t_P = 11.6c$

$$\begin{split} N_{BTMAX} &= 540 \bigg(\frac{0.55 \cdot e^{-1.17}}{1 - e^{-0.4}} + \frac{0.24 \cdot e^{-6.1}}{1 - e^{-2.1}} + \frac{0.21 \cdot e^{-10}}{1 - e^{23.4}} \bigg) = 540 \bigg(\frac{0.55 \cdot 0.31}{1 - 0.67} + \frac{0.24 \cdot 0.02}{1 - 0.12} + 0 \bigg) = 307 a \epsilon m / v. \\ N_{MAX} &= \frac{307 - 180 \cdot 0.6}{0.65 \cdot 0.4 + 0.7 \cdot 0.45 + 0.1 \cdot 0.15} = 330 a \epsilon m / v. \end{split}$$

Следовательно, при заданных условиях движения и планировке пересечения на главную дорогу со второстепенной может выйти 330 авт/ч.

8.3 Оценка пропускной способности кольцевого пересечения

Пропускная способность кольцевого пересечения зависит от размера геометрических элементов плана пересечения, параметров транспортного потока и организации движения на въезле на кольцо.

Для одной и той же планировки кольцевого пересечения более высокая пропускная способность достигается при организации движения с преимущественным правом проезда по кольцу.

Пропускная способность кольцевого пересечения - предельная интенсивность движения на всех его въездах.

Пропускная способность въезда на кольцевое пересечение - максимальное число автомобилей, которое может въехать на пересечение за единицу времени при заданной интенсивности движения на кольце и наличии постоянной очереди автомобилей на въезде.

Для оценки пропускной способности кольцевых пересечений необходимы данные об интенсивности и составе движения, о распределении потоков по направлениям в часы пик.

8.3.1 Пропускная способность въезда на кольцевое пересечение

Пропускная способность въезда на кольцевое пересечение зависит, главным образом, от числа полос движения на въезде, формы въезда, интенсивности движения на кольце, состава движения.

Пропускная способность въезда на кольцевое пересечение с учетом реальных дорожных условий (авт/ч):

$$P_{B} = \frac{c}{k} (A - B \cdot N_{K}), \tag{8.9}$$

$$k_c = \sum_{i=1}^{k} \lambda_i m_i, , \qquad (8.10)$$

где k - коэффициент, учитывающий состав движения;

 λ_i — коэффициент приведения i-го типа транспортного средства к легковому автомобилю для кольцевых пересечений;

 m_i — количество (в долях единицы) транспортных средств разных типов;

n - число типов транспортных средств;

 $N_{\it K}\,$ - интенсивность движения на кольце, легковых авт/ч,

А и \overline{b} - коэффициенты, характеризующие планировку въезда, зависят от числа полос движения на подходе n_1 и на въезде n_1 (таблица 8.10);

Таблица 8.10 – Расчетные коэффициенты А и Б.

n_1	n_2	$N_{ m K}$, легковых авт/ч	А	Б
1	1	≤ 2240	1500	. 0,67
2	2	≤ 2530	2630	1,01
1	2	≤ 1400	1800	0,45
1	2	>1400	2630	1,01
1001	2	≤ 1600	1800	0,31
1	3	≥ 1600	3200	1,18
2	2	≤ 1100	2900	0,91
2	3	>1100	3200	0,18

C - коэффициент, учитывающий влияние диаметра центрального островка $D_{\mathcal{U},\mathcal{O}}$ на пропускную способность въезда на кольцевое пересечение (таблица 8.11):

Таблица 8.11 – Значение коэффициента С

$D_{\mathtt{u.o.}}$, M	15-20	40-50	80	125	160	200
C	0,94	1	0,9	0,84	0,79	0,75

Число полос движения на въезде

$$n_2 = \frac{B}{b_1}$$
, (8.11)

где B - ширина въезда, м;

 b_1 - ширина полосы движения на въезде, м ($b_1 = 3,75 - 4_M$).

Коэффициенты приведения λ_i к легковому автомобилю для кольцевых пересечений с учетом типа автомобиля приведены в таблице 8.12:

Таблица 8.12 – Значения коэффициентов приведения λ_i

Легковые	1,0
Грузовые малой грузоподъемности	1,4
" средней	1,7
" большой	2,3
Автобусы	2,9
Автомобильные поезда	3,5

По формуле (8.9) определяют максимальную пропускную способность въезда, которая может быть достигнута при наличии постоянной очереди автомобилей, ожидающих въезда в зону слияния. Такой режим работы кольцевого пересечения приводит к большим народнохозяйственным потерям из-за простоев автомобилей и грузов и поэтому экономически нецелесообразен. Следовательно, необходимо определить экономически эффективную загрузку движением кольцевых пересечений.

Коэффициентом загрузки въезда называют отношение фактической интенсивности движения автомобилей на въезде к пропускной способности данного въезда в конкретных дорожных условиях

$$z = \frac{N_B}{P_B} \,, \tag{8.12}$$

где $N_{\scriptscriptstyle R}$ - фактическая или перспективная интенсивность движения на въезде, авт/ч;

 $P_{B_{c}}$ - максимальная пропускная способность въезда в реальных дорожных условиях, определяемая по формуле (8.9), авт/ч.

Исходя из условий эффективной работы автомобильной дороги в целом, оптимальный коэффициент загрузки движением на въездах кольцевых пересечений $z_{onm} = 0,65$.

Коэффициент загрузки движением, соответствующий режиму практической пропускной способности въезда, $z_{np}=0,85$.

Практическая пропускная способность въезда на кольцевое пересечение -

$$P_{\rm B}^{\rm (mp)} = P_{\rm B} z_{\rm mp} \tag{8.13}$$

8.3.2 Пропускная способность всего кольцевого пересечения

При проектировании дороги необходимо оценивать пропускную способность не только отдельного въезда, но и кольцевого пересечения в целом. Пропускную способность каждого въезда на кольцевое пересечение определяют при фиксированной интенсивности движения на кольце.

Увеличение интенсивности движения на одном из въездов до его пропускной способности ($N_B = P_B$) приведет к росту интенсивности на кольце перед другими въездами, и пропускная способность других въездов уменьшится. Поэтому пропускная способность всего кольцевого пересечения будет меньше пропускных способностей въездов.

Пропускную способность всего кольцевого пересечения определяют при следующих допущениях: прирост интенсивности на всех въездах одинаков; состав движения и распределение потока по направлениям на всех въездах остаются постоянными.

Если хотя бы на одном въезде $z \ge 0.65$, кольцевое пересечение достигло (или превысило при z > 0.65) экономически эффективную загрузку движением и на данном въезде следует провести мероприятия по повышению пропускной способности.

Если на всех въездах z<0,65, то можно оценить запас пропускной способности каждого въезда.

Запас пропускной способности въезда определяют из условия возрастания интенсивности движения на данном въезде (N_B) до ее пропускной способности (P_B) при равномерном увеличении интенсивности движения на всем кольцевом пересечении:

$$N_{B} = \frac{c \cdot z}{k_{c}} (A - B \cdot N_{K} \cdot \chi), \qquad (8.14)$$

$$\chi = \frac{z \cdot c \cdot A}{k_c \cdot N_B + z \cdot c \cdot E \cdot N_K},$$
(8.15)

где χ - коэффициент запаса пропускной способности въезда, который показывает, во сколько раз может увеличиться интенсивность движения на въезде до достижения пропускной способности. Остальные обозначения прежние.

Коэффициент χ рассчитывают для каждого въезда при $z_{onm}=0,65$. Из всех χ выбирают наименьший χ_{min} (соответствует наиболее загруженному въезду).

Полная пропускная способность кольцевого пересечения, соответствующая экономически эффективной загрузке движением $z_{\tiny onm}=0,65$,

$$P_{\kappa n} = \chi_{\min} \sum_{i=1}^{n} N_{Bi}, \tag{8.16}$$

где $N_{\it Bi}$ - фактическая интенсивность движения на въезде, авт/ч;

і- номер въезда;

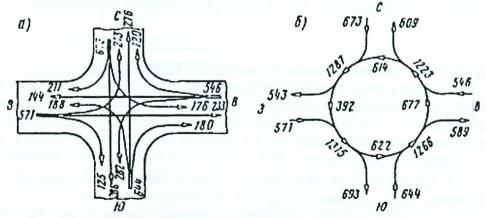
п - число въездов.

Аналогично можно определить пропускную способность кольцевого пересечения, соответствующую режиму практической пропускной способности въезда (при $z_{np}=0.85$).

8.3.3 Последовательность расчета пропускной способности кольцевых пересечений

Расчет пропускной способности кольцевых пересечений выполняют в такой последовательности:

- 1) на основе данных об интенсивности, о составе движения, распределении потоков по направлениям в часы пик составляют сводную таблицу интенсивностей на кольцевом пересечении (см. пример расчета 5);
 - 2) составляют картограмму интенсивности на кольцевом пересечении (рисунок 8.8);
- 3) для каждого въезда определяют коэффициенты k_c , с, A и Б и вычисляют пропускную способность въезда на кольцевое пересечение по формуле (8.9);



а - распределение по направлениям; б - распределение по кольцу
 Рисунок 8.8 — Картограмма интенсивности движения

4) определяют коэффициент загрузки движением каждого въезда по формуле (8.12).

Полученные коэффициенты загрузки движением сравнивают с коэффициентом $z_{orm} = 0.65$. Если хотя бы на одном въезде $z \ge 0.65$, необходимы мероприятия по повышению пропускной способности въезда, если на всех въездах z < 0.65, рассчитывают пропускную способность всего кольцевого пересечения.

Пример 5

Исходные данные

Оценить пропускную способность кольцевого пересечения, по которому получены данные по интенсивности движения и распределению потоков по направлениям (картограмму интенсивностей движения см. на

рисунок 8.8). Состав движения: легковые автомобили - 22%; грузовые малой грузоподъемности - 18%; средней грузоподъемности - 30%; большой грузоподъемности - 16%; автобусы - 6%, автопоезда - 8%. Диаметр центрального островка $D_{U,O} = 46 M$. Пересекающиеся дороги - двухполосные II категории. Все въезды на кольцевом пересечении однополосные $(n_1 = n_2 = 1)$.

Решение

Для всех въездов определяют коэффициенты состава движения k_c по формуле (8.10):

$$k_c = 1.0,22+1,4.0,18+1,7.0,3+2,3.0,16+2,9.0,06+3,5.0,08=1,8.$$

Для всех въездов $n_1 = n_2 = 1$; по таблице 8.10 находим: A=1500; Б=0,67.

При
$$D_{UO} = 46M$$
; C=1.

Пропускная способность въезда на кольцевое пересечение

$$P_{B} = \frac{c}{k_{c}} (A - E \cdot N_{K}) \tag{8.17}$$

Расчет ведется в табличной форме (таблица 8.13).

Сравнение коэффициентов загрузки движением на въездах с $z_{onm} = 0,65$ показывает, что на въездах 1 и 3 загрузка движением превышает экономически эффективный уровень, а на въезде 1 близка к режиму практической пропускной способности.

Таблица 8.13 - К расчету коэффициентов загрузки z

N въезда	k_c	С	A	Б	N _{к. прив.} легковых авт/ч	Р _в , авт/ч	$N_{_{ m B}}$,	z
1	1,80	1,00	1500	0,67	706	570	456	0,80
2	1,80	1,00	1500	0,67	738	559	352	0,63
3	1,80	1,00	1500	0,67	661	587	396	0,67
4	1,80	1,00	1500	0,67	698	574	358	0,62

Примечание. Значения $N_{K,\Pi P UB}$, получены по картограмме интенсивностей движения (см.

рисунок 8.8) с учетом коэффициентов k_c .

Для повышения пропускной способности данного кольцевого пересечения въезды 1 и 2 необходимо уширить до двухполосного.

При уширении наиболее загруженного въезда 1 до двухполосного будем иметь $n_1 = 1$; $n_2 = 2$; C = 1; A = 1800; E = 0.45. Отсюда:

$$P_B = \frac{1}{1.8}(1.8 - 0.45 \cdot 703) = 824 aem / u;$$

$$z = \frac{456}{824} = 0,55 < 0,65.$$

Выводы.

1. Данное кольцевое пересечение работает в режиме, близком к практической пропускной способности, что приводит к большим потерям времени автотранспортом.

Для улучшения условий движения необходимо уширить въезды 1 и 3 до двух полос.

2. При дальнейшем росте интенсивности движения для обеспечения высокой пропускной способности и эффективной работы кольцевого пересечения необходимо уширение до двух полос движения и въездов 2 и 4.

Пример 6.

Исходные данные

Определить пропускную способность проектируемого кольцевого пересечения. Пересекающиеся дороги II и III категорий. Диаметр центрального островка $D_{\mathcal{U},O}=25 M$. Перспективная интенсивность движения на въездах: N_I =320, N_2 =180; N_3 =260; N_4 =240 авт/ч. На всех въездах распределение потоков по направлениям "право", "прямо" и "лево" соответственно 0,25; 0,5; 0,25. Коэффициент состава движения k_c =1,8. Число полос движения на всех подходах n=1, на въездах 1 и 3 (дорога II категории) n=2, на въездах 2 и 4 (дорога III категории) n=1.

Решение

Выполним расчет N_K перед каждым въездом:

$$N_{\kappa 1} = N_1 \cdot (0.5 + 0.25) + 0.25 \cdot N_3 = 240 \cdot 0.75 + 260 \cdot 0.25 = 245 \text{ aem/u};$$

$$N_{\rm Kl.npus} = 245 \cdot 1,80 = 441$$
 легковых авт/ч;

$$N_{\kappa 2} = N_1 \cdot (0.5 + 0.25) + 0.25 \cdot N_4 = 320 \cdot 0.75 + 240 \cdot 0.25 = 300 \text{ asm/u}$$

$$N_{\kappa 2 \, npus} = 300 \cdot 1, 8 = 540 \,$$
 легковых авт/ч;

$$N_{x3} = N_2(0.5 + 0.25) + 0.25 \cdot N_1 = 180 \cdot 0.75 + 320 \cdot 0.25 = 215 \ aem/u;$$

$$N_{\kappa 3$$
прив = 215·1,8=387 легковых авт/ч;

$$N_{\kappa 4} = N_3(0.5 + 0.25) + N_2 \cdot 0.25 = 260 \cdot 0.75 + 180 \cdot 0.25 = 240 \text{ asm/u};$$

$$N_{\kappa 3 npus} = 240 \cdot 1, 8 = 432$$
 дегковых авт/ч.

Строим картограмму интенсивности движения (аналогично примеру 5).

Для въездов 1 и 3 n_1 =1; n_2 =2; ; для въездов 2 и 4 n_1 = n_2 =2.

Значения А и Б принимаем по таблице 8.10.

Для въездов 1 и 3 А=1800, Б=0,45. Для въездов 2 и 4 (при n_1 = n_2 =1) А=1500; Б=0,67.

При $D_{\mu,o} = 25 M$ с учетом интерполяции C=0,95.

Пропускную способность въездов определяем по формуле (8.16).

Расчет ведется в табличной форме (таблица 8.14).

Таблица 8.14 – Расчет пропускной способности въездов

N въезда	кC	С	n_1	n ₂	A	Б	$N_{ m K.mpив.},$ легковых авт/ч	$P_{\mathtt{B}}$,	<i>№</i> , авт/ч	z
1	1,8	0,95	1	2	1800	0,45	441	845	320	0,38
2	1,8	0,95	1	1	1500	0,67	540	601	180	0,30
3	1,8	0,95	1	2	1800	0,45	577	858	260	0,30
4	1,8	0,95	1	1	1500	0,67	432	639	240	0,38

Затем для каждого въезда определяем коэффициент загрузки движением z. Согласно расчётам, на всех въездах z<0,65.

Отсюда коэффициент запаса пропускной способности каждого въезда до достижения оптимальной загрузки движением $z_{onm}=0,65\,$ получим по формуле (8.15):

$$\chi_{1} = \frac{0,65 \cdot 0,95 \cdot 1800}{1,8 \cdot 320 + 0,65 \cdot 0,95 \cdot 0,45 \cdot 441} = 1,59;$$

$$\chi_{2} = \frac{0,65 \cdot 0,95 \cdot 1500}{1,8 \cdot 180 + 0,65 \cdot 0,95 \cdot 0,67 \cdot 540} = 1,69;$$

$$\chi_{3} = \frac{0,65 \cdot 0,95 \cdot 1800}{1,8 \cdot 260 + 0,65 \cdot 0,95 \cdot 0,45 \cdot 387} = 1,93;$$

$$\chi_{4} = \frac{0,65 \cdot 0,95 \cdot 1500}{1,8 \cdot 240 + 0,65 \cdot 0,95 \cdot 0,67 \cdot 432} = 1,51.$$

Следовательно, $\chi_{\min} = 1.51$.

Коэффициент запаса пропускной способности до достижения режима практической пропускной способности въезда при z=0,85 составляет $\chi_{\min}=1.82$.

Пропускная способность всего кольцевого пересечения определяется по формуле (8.16) и для рассматриваемого подъемного пересечения составит:

при
$$z_{orm} = 0.65$$
; $P_{\kappa n} = 1.51 \cdot (320 + 180 + 260 + 240) = 1510$ авт/ч; при $z = 0.85$; $P_{\kappa n} = 1.82 \cdot (320 + 180 + 260 + 240) = 1820$ авт/ч.

8.4 Пропускная способность мостовых переходов на двухполосных дорогах

Пропускная способность мостовых переходов зависит от конструкции и состояния проезжей части мостов и подходов к ним.

На мостовых переходах изменяется режим движения автомобилей, что вызывает снижение средней скорости движения, увеличение плотности потока и в итоге приводит к снижению пропускной способности таких участков дорог.

Пропускная способность полосы движения на мостовом переходе зависит от дорожных условий: длины моста (для больших мостов), состояния дорожного покрытия; продольного уклона и радиусов кривых в плане на подходах к мосту; продольного профиля моста; расстояния видимости; присутствия придорожных строений на подходах к мосту. В значительной степени на фактическую пропускную способность влияют: состав транспортного потока; наличие средств регулирования дорожного движения; наличие пересечений в одном уровне на подходах к мосту и т.д.

Пропускную способность мостов и подходов к ним следует определять раздельно. Пропускную способность подходов к мостам необходимо оценивать как для участков автомобильных дорог.

Пропускная способность полосы движения моста, расположенного на прямой в плане и при продольном уклоне менее 10% определяется по зависимости -

$$P_{\mu} = 420 + 43\Gamma - 2,285L + 0.257\Gamma L, \qquad (8.18)$$

где Γ — габарит моста, м; (Γ =7 - Γ =13);

L — длина моста, м (100≤L≤300 м),

а пропускная способность мостов, расположенных на кривых в плане и имеющих продольные уклоны более 10%-

$$P_{M} = Pk_{M}, (8.19)$$

где P — пропускная способность полосы движения с учетом влияния кривых в плане, продольного уклона и состава движения, легк.авт/ч;

 k_i — коэффициент снижения пропускной способности полосы движения моста (таблица 8.15).

Таблица 8.15 — Значение коэффициента $k_{_{\rm M}}$

<i>L</i> , м		$k_{_{M}}$	при габарите мо	оста	
2,11	Γ-7	Γ-8	Γ-9	Γ-11,5	Γ-13
100	0,562	0,625	0,75	0,812	0,937
200	0,475	0,60	0,72	0,812	0,937
300	0,375	0,562	0,68	0,812	0,937

Коэффициенты снижения пропускной способности для промежуточных значений длины мостов определяют по номограмме (рисунок 8.9).

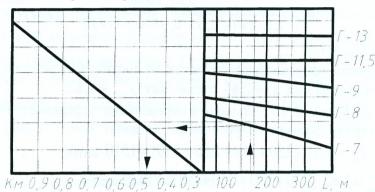


Рисунок 8.9 — Номограмма для определения коэффициентов снижения пропускной способности полосы движения на больших автодорожных мостах

Пропускная способность полосы движения на подходе к мосту $P_{n_N} = 413 + 27b - 4.07i + 0.0653R + 434.6\eta_{_A}, \tag{8.20}$

где b — ширина проезжей части, м;

i — продольный уклон, ‰ (0-50‰);

R — радиус кривых в плане, (400м $\leq R \leq 1000$ м);

 η — количество легковых автомобилей в потоке, доли единицы.

Пример 7.

Исходные данные

Рассчитать пропускную способность большого мостового перехода. Исходные данные: ширина проезжей части на подходе к мосту 7,5 м, ширина проезжей части моста 7 м; длина моста 100 м. Подходы к мосту горизонтальные и прямолинейные; мост горизонтальный и прямолинейный. Загрузка встречной полосы движения более 0,8.

Решение

Пропускную способность полосы движения моста рассчитывают по формуле (8.18):

$$P_M = 420 + 43 \cdot 7 - 2,285 \cdot 100 + 0,257 \cdot 7 \cdot 100 = 680 \ asm / u;$$

Пропускную способность полосы движения на подходе к мосту определяют по формуле (8.20):

$$P = 413 + 27 \cdot 7, 5 - 4,07 \cdot 00 + 434, 6 \cdot 1 = 1050 \ asm / 4;$$

Ввиду того, что полученное значение пропускной способности моста (680 авт/ч) меньше пропускной способности на подходе (1050 авт/ч), пропускную способность мостового перехода принимают равной пропускной способности моста (680 авт/ч).

Пример 8.

Исходные данные

Определить пропускную способность мостового перехода. Исходные данные: ширина проезжей части моста 8 м, длина моста 200 м. Мост имеет продольный уклон 20%, расположен на кривой в плане с R=800м, ширина проезжей части на подходе 8 м, продольный уклон 30+ и на подходе к мосту имеется кривая в плане R=600 м. Загрузка встречной полосы более 0,8.

Решение

Пропускную способность полосы движения моста определяют по формуле (8.18):

$$P = 413 + 27 \cdot 8 - 4,07 \cdot 20 + 0,065 \cdot 800 + 434,6 \cdot 1 = 818,4 \ aem/y;$$

По таблице 8.15 для данного моста коэффициент снижения пропускной способности $k_{\rm M}$ =0,6.

Затем по формуле (8.19) рассчитывают пропускную способность моста $P=818.4\cdot0.6=419$ легковых авт/ч.

Пропускную способность полосы движения на подходе к мосту определяют по формуле (8.20):

$$P = 413 + 27 \cdot 8 - 4,07 \cdot 30 + 0,065 \cdot 600 + 434,6 \cdot 1 = 980 \ aem / \psi;$$

Полученное значение пропускной способности моста (P_M =491 легк.авт/ч) меньше пропускной способности подхода, поэтому пропускную способность мостового перехода принимают равной пропускной способности моста (491 легковых авт/ч).

Пример 9.

Исходные данные

Определить пропускную способность моста, находящегося в эксплуатации. Исходные данные: ширина проезжей части моста 9 м; длина моста 150 м. Состав потока: легковые автомобили - 50%; грузовые - 28%; автопоезда - 22%.

Для решения поставленной задачи измеряем скорости автомобилей на мосту. Результаты измерения в свободных условиях движения автомобилей на мосту показали, что средние скорости легковых автомобилей 58 км/ч, грузовых 42 км/ч, автопоездов 40 км/ч.

Решение

Среднюю скорость автомобилей (\overline{U}_0) с учетом состава движения определяют по формуле:

$$\overline{\mathcal{Q}}_0 = \overline{\mathcal{Q}}_{\pi} \cdot n_{\pi} + \overline{\mathcal{Q}}_{ep} \cdot n_{ep} + \overline{\mathcal{Q}}_{as} \cdot n_{as}$$

$$\overline{\mathcal{Q}}_0 = 58 \cdot 0,50 + 42 \cdot 0,28 + 40 \cdot 0,22 = 50 \kappa M / V$$
(8.21)

Определяют максимальную плотность потока автомобилей. Для этого рассчитывают средний интервал $l_{\text{пасч}}$ для наблюдаемого на мосту состава движения

$$l_{pacy} = p_n^2 \cdot l_{xn} + p_n \cdot p_e \cdot l_{xe} + p_n \cdot p_a \cdot l_{xa} + p_e \cdot p_n \cdot l_{en} + p_e^2 \cdot l_{ee} + p_e \cdot p_a \cdot l_{ea} + p_e \cdot p_a \cdot l_{ea} + p_e \cdot p_a \cdot l_{ea} + p_e^2 \cdot l_{ee} + p_e$$

Затем вычисляем максимальную плотность транспортного потока

$$q_{\text{max}} = L / l_{pac4} = 1000 / 10,608 = 94,26 \text{ abt/km}.$$

Рассчитываем пропускную способность полосы движения на мосту

$$P = 0.101 v_c q_{\text{max}} = 0.101 \cdot 49.56 \cdot 94.26 = 470 \text{ aBT/y}.$$

8.5 Пропускная способность пересечения в разных уровнях

Пропускная способность пересечений в разных уровнях определяется пропускной способностью съездов. Основными факторами, влияющими на пропускную способность съездов транспортных развязок, являются: возможность влияния автомобилей в основной поток при выходе со съезда и размеры геометрических элементов съезда.

Пропускную способность съездов, имеющих различные планировочные решения участков слияния, оценивают по таблице 8.16, составленной для случая, когда количество тяжелых автомобилей в транспортном потоке не превышает 10-15%.

Таблица 8.16 – Пропускная способность съезда

Уровень удобства	Иптенсивность движения на	Пропускная способн	ость съезда, авт/ч
на главной дороге	правой полосе главной дороги,	при наличии переходно-	без переходно-
на главной дороге	авт/ч	скоростной полосы	скоростной полосы
Λ	100	900	850
Λ _	300	350	650
Г	500	800	500
D	700	750	450
В	900	700	350
Γ	1000	600	250

На многополосных дорогах основным считается поток автомобилей на правой внешней полосе. Интенсивность движения в местах слияния следует определять, учитывая следующие факторы: распределение интенсивности движения по съездам в соответствии с картограммой; распределение интенсивности движения по полосам проезжей части многополосной дороги. Для четырехполосных автомобильных магистралей это распределение следующее (таблица 8.17):

Таблица 8.17 – Распреление интенсивности движения

тавлина в тавиреденение				12-7-7-1							
Общая интенсивность движения в одном направлении, авт/ч	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
Интенсивность по внешней правой полосе, авт/ч	180	310	410	510	600	700	800	900	1000	1010	1190

Промежуточные значения определяют интерполяцией.

Назначая уровень удобства движения на пересечениях, следует учитывать, что с ростом интенсивности на съезде и приближении ее к пропускной способности съезда условия движения на главной дороге и пересечении ухудшаются (таблица 8.18).

Таблица 8.18 – Условия движения на пересечениях

1 иолици 0.10	словия движен	ma na nepece ionnan	
Уровень удоб-		Скорость на правой полосе четы съезда, % от скорос	· _
ства движения	2	съезды с переходно-	съезды без переходно-
на съезде		скоростными полосами	скоростных съездов
A	<0,2	90-100	80-90
Б	0,2-0,45	85-90	60-70
В	0,45-0,7	70-80	40-50*
Г-а	0,7-1,0	45-55	30-40**
Г-б	0; 1,0	35-40	15-25***

^{*} Наблюдаются остановки отдельных автомобилей на внешней полосе, обгоны затруднены.

Увеличения пропускной способности участков примыкания съездов можно достигнуть, применяя переходно-скоростные полосы или выделяя отдельные полосы на главной дороге.

Устройство дополнительных полос на съездах существенного эффекта не дает, так как в зоне слияния они работают как однополосные. Однако на съездах длиннее 300 м, расположенных на подъеме с уклоном более 30‰, дополнительная полоса целесообразна для повышения пропускной способности и удобства движения быстроходных автомобилей.

Пропускная способность съездов пересечений в разных уровнях, выходные участки которых имеют зоны слияния потоков автомобилей, определяется в такой последовательности:

- устанавливают по формуле (8.5) максимальную интенсивность движения на съезде $N_{\max}^{(c)}$ из условий возможности вливания в основной поток интенсивностью N_0^{-12} ;

^{**} Наблюдаются кратковременные заторы на внешней полосе и остановки отдельных автомобилей на внутренней полосе.

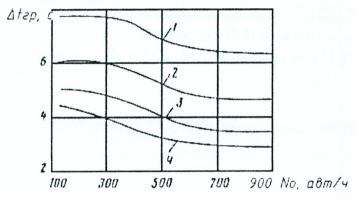
^{***} Наблюдаются заторы на обеих полосах движения.

 $^{^{\}mbox{\tiny 12}}$ В формуле (8.5) обозначение P_{n} соответствует $N_{\max}^{(c)}$, а $N_{\mbox{\tiny 2n}}$ соответствует $N_{\mbox{\tiny 0}}$.

- устанавливают пропускную способность съезда P_C по формуле (7.2), используя соответствующие планировке съезда размеры частных коэффициентов, учитывая влияние геометрических элементов съезда и состава потока автомобилей на съезде. При этом в формуле (7.2) за P_{\max} принимают значение по таблице 7.1; для одной полосы четырехполосной автомагистрали сравнивают N_{\max} и P_C . Если P_C оказалось больше $N_{\max}^{(c)}$, за пропускную способность съезда принимают $N_{\max}^{(c)}$. Когда P_C меньше $N_{\max}^{(c)}$, за пропускную способность съезда принимают P_C , так как в этих случаях пропускная способность съезда ограничивается не участком слияния потоков, а участками с кривыми, подъемами и т.д.

Пропускная способность съездов, выходные участки которых не являются зонами слияния потоков, а представляют собой участки перехода к дополнительной полосе проезжей части главной дороги, определяется как пропускная способность одной полосы движения ($P_{\rm max}=2000\,$ легковых авт/ч) с учетом значений четных коэффициентов снижения пропускной способности.

Граничный промежуток времени Δt_{ep} при вливании определяют по графикам (рисунок 8.10 и рисунок 8.11).



1 - вливание в основной поток после предварительной остановки, $N_{_0}=1\,5\,0\,$ авт/ч; 2 - то же, без остановки, $N_{_0}=1\,5\,0\,$

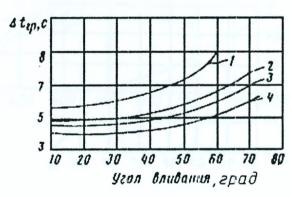
авт/ч; 3 - то же, $N_0 = 300$ авт/ч;

4 - то же, $N_0 = 450$ авт/ч

Рисунок 8.11 — Влияние угла вливания на граничный промежуток времени

1 - вливание после остановки, 85% обеспеченности; 2 - то же, 50%; 3 - скорость вливающихся автомобилей 25-35 км/ч, 85% обеспеченности; 4 - вливание с полосы ускорения, 85% обеспеченности

Рисунок 8.10 – Зависимость граничного интервала времени от интенсивности движения по основной полосе



Для левоповоротных съездов пересечений типа «полный клеверный лист», не имеющих переходно-скоростных полос, коэффициент А определяют в зависимости от интенсивности движения $N_{cm}^{(q)}$ на смежном левоповоротном съезде, по которому едут автомобили, уходящие с главной дороги (таблица 8.19).

Таблица 8.19 – Значение коэффициента А

Интенсивность	Коэффициент A г	три наличии на осн	новной полосе тяжел	ых автомобилей, %
движения, авт/ч	10-15	15-20	20-25	25-30
100	0,70	0,67	0,62	0,60
150	0,63	0,59	0,55	0,52
200	0,59	0,55	0,48	0,45
250	0,57	0,51	0,45	0,40
≥300	0,53	0,48	0,42	0,38

Для левоповоротных съездов пересечений типа «полный клеверный лист», имеющих переходно-скоростные полосы, коэффициент А принимают равным:

Тяжелые автомобили в основном потоке, %	10-15	20-25	30-35
A	0,60	0,55	0,48

В таблице 8.20 приведены данные о размере коэффициента А для следующих случаев: левоповоротные съезды пересечений всех типов, за исключением пересечений типа полный клеверный лист; правоповоротные съезды пересечений всех типов.

Таблица 8.20 – Значения коэффициентов А*

Ресолодина од преди	Коэффициент $A*$ при					
Расстояние от предыдущего съезда, м	отсутствии переходно- скоростных полос	наличии переходно- скоростных полос				
200	0,57-0,63	0,77-0,88				
400	0,63-0,70	0,82-0,92				
600	0,72-0,82	0,87-0,96				
800	0,83-0,91	0,90-0,96				
1000	0,87-0,92	0,90-0,96				
1200	0,88-0,93	0,90-0,96				

^{*} Меньшее значение коэффициента соответствует присутствию в потоке на основной полосе 20-25% тяжелых автомобилей, большая - 10-15%.

Другие коэффициенты и параметры, входящие в формулу (8.5), определяют:

коэффициент B - по графику (рисунок 8.12); коэффициент C=1-(A+B); β_1 - по графику (рисунок 8.13);

$$\beta_2 = 1.8; \beta_3 = 3.0;$$

 δt принимают равной 3,2 с, когда легковых автомобилей в потоке на съезде более 50%, и 3,6 с, если их менее 50%.

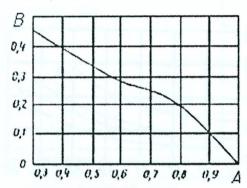
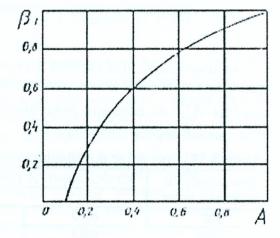
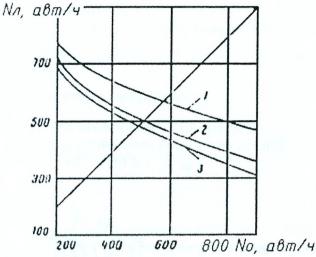


Рисунок 8.12 – Зависимость между коэффициентами A и B для дорог с четырьмя полосами движения

Рисунок 8.13 – Зависимость коэффициента $oldsymbol{eta}_{\rm l}$ от коэффициента А



Для оценки пропускной способности петель левоповоротных съездов пересечений типа «полный клеверный лист» из условий возможности вливания используют график (рисунок 8.14).

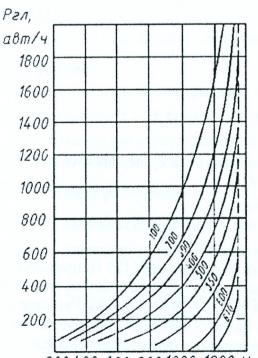


- 1 теоретическая пропускная способность, А=1;
- 2 практическая пропускная способность, А=0,4;
- 3 практическая пропускная способность, А=1

Рисунок 8.14 — Пропускная способность петель левоповоротных съездов пересечения «клеверный лист»

Если радиусы кривых в плане на съездах пересечений в разных уровнях меньше 30 м, пропускную способность определяют с учетом кривизны с помощью номограмм (рисунок 8.15-8.18).

Рисунок 8.15 — Номограмма для определения пропускной способности съездов без переходно-скоростных полос при $P_R=0.06-0.08$



200400 600 800 1000 1200 Nc, a8m/4

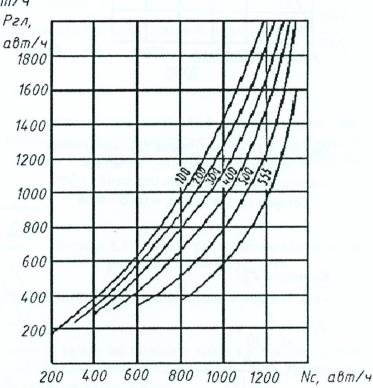


Рисунок 8.16 — Номограмма для определения пропускной способности съездов с переходно-скоростной полосой перед съездом при $P_R = 0.06 - 0.08$

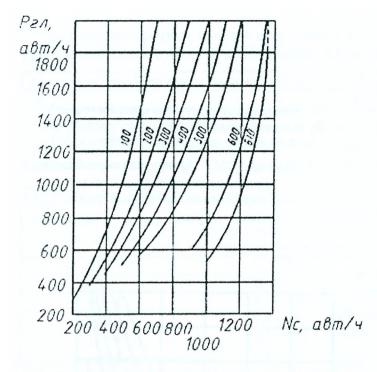
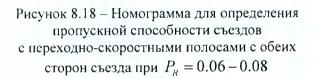
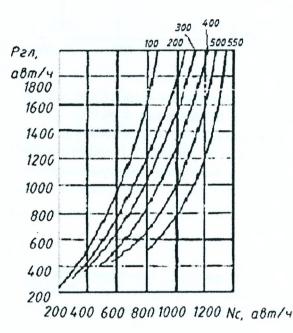


Рисунок 8.17 — Номограмма для определения пропускной способности за съездом при $P_{\scriptscriptstyle R}=0.06-0.08$





Кривизна P_R :

- для съездов с постоянными радиусами в плане

$$P_{R} = \frac{R}{\alpha \cdot 100}; \tag{8.23}$$

или
$$P_{R} = \frac{R^2}{L \cdot 100}$$
; (8.24)

- для съездов любой конфигурации

$$P_{R} = \frac{L}{\alpha^2 \cdot 100}, \tag{8.25}$$

где R - радиус съезда, м;

 α - угол поворота, радианы;

L - длина съезда, м.

Пропускную способность пересечения в целом определяют как сумму пропускных способностей отдельных съездов.

Пример 10.

Исходные данные

Определить пропускную способность правоповоротного съезда пересечения по типу полного клеверного листа, имеющего полосу ускорения. Радиус съезда 125 м, продольный уклон на подъеме съезда 30+, длина подъема 200 м, расстояние видимости 200 м; легковых автомобилей - 20%, тяжелых (автопоездов) в потоке на съезде - 10%. Дорожные условия на главной дороге: интенсивность движения по основной полосе - 600 авт/ч, тяжелых автомобилей - 12%, расстояние от предыдущего съезда, на котором нет переходно-скоростной полосы, - 600 м.

Решение

Для этих условий коэффициент A равен 0,82 (таблица 8.19); по графику (рисунок 8.12) коэффициент B=0,18; D=1-(A+B)=0, по графику (рисунок 8.13) коэффициент β_1 =0,91; Δt_{ep} =3 c, δt =3,6 c.

Параметр распределения

$$\lambda = \frac{N_0}{3600} \cdot \Delta t_{sp} = \frac{600}{3600} \cdot 3 = 0.5.$$

Максимальная интенсивность движения на съезде из условия вливания в основной поток

$$N_{c} = N_{6} \left(\frac{0.82 e^{-0.91 \cdot 0.5}}{1 - e^{-0.91 \cdot 0.6}} + \frac{0.18 e^{-1.8 \cdot 0.5}}{1 - e^{-1.8 \cdot 0.5}} \right) = 600 \left(\frac{0.82 \cdot 0.64}{1 - 0.57} + \frac{0.18 \cdot 0.407}{1 - 0.34} \right) = 795 \ asm \ / \ u.$$

Устанавливают пропускную способность съезда:

$$P_c = P_{\text{max}} \beta_4 \beta_5 \beta_6 = 1800 \cdot 0.93 \cdot 0.9 \cdot 0.9 = 1355 \text{ aBT/4}.$$

Пропускная способность съезда определяется условиями вливания в основной поток $P_C > N_C$ и составляет 795 авт/ч.

Пример 11.

Исходные данные

Определить пропускную способность левоповоротного съезда N 1 пересечения по типу полного клеверного листа, не имеющего переходно-скоростных полос. Схема распределения интенсивности движения по основным полосам и смежному левоповоротному съезду N2 представлена на рисунке 8.19.

Разделительная полоса

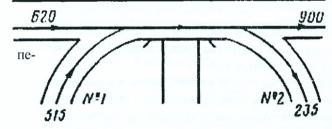


Рисунок 8.19 – Схема распределения потоков на ресечении в разных уровнях

Радиус въезда N 1 равен 75 м, продольный уклон на подъеме этого съезда 20+, длина подъема 200 м и в потоке на съезде легковых автомобилей - 20%; тяжелых - 10%; расстояние видимости - 175 м. В основном потоке 18% тяжелых автомобилей.

Решение

Из таблицы 8.19 коэффициент А для приведенных условий равен 0,51, Δt_{ep} , согласно графику (рисунок 8.10, кривая 1), равен 6,4 с; δt = 3,6 с.

В соответствии с графиками (рисунок 8.12, рисунок 8.13) коэффициенты B=0,33; β_1 =0,71; D=1-(A+B)=0,16.

Параметр распределения
$$\lambda = \frac{N_0}{3600} \Delta t_{zp} = \frac{620}{3600} 6,4 = 1,1$$
.

Максимальная интенсивность движения на съезде из условия вливания в основной поток:

$$N_c = N_0 \left(\frac{0.57 e^{-0.71 \cdot 1.1}}{1 - e^{-0.71 \cdot 0.62}} + \frac{0.33 e^{-1.8 \cdot 1.1}}{1 - e^{-1.8 \cdot 0.62}} + \frac{0.16 e^{-3.0 \cdot 1.1}}{1 - e^{-3.0 \cdot 0.62}} \right) = 515 \ asm \ / \ u.$$

Устанавливаем пропускную способность съезда:

$$P_c = P_{\text{max}} \beta_4 \beta_5 \beta_6 = 1800 \cdot 0.94 \cdot 0.9 \cdot 0.85 = 1260 \ aem/v$$

Пропускная способность съезда определяется условиями вливания в основной поток (Pc>Nc) и составляет 515 авт/ч.

9. ВЫБОР ИНЖЕНЕРНЫХ РЕШЕНИЙ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ ДОРОГИ

Согласно рекомендациям, выбор инженерных решений по реконструкции дороги обосновывается тремя параметрами:

- коэффициентом безопасности (k₆);
- коэффициентом снижения пропускной способности (k_n);
- коэффициентом загрузки дороги (z), определяемые по следующим зависимостям:

$$k_{\bar{6}} = \frac{V_{\max}^{i}}{V_{\max}^{i_{0}}}; \qquad k_{n} = \frac{P_{i}}{P_{\max}}; \qquad z = \frac{N_{\phi}}{P_{\min}},$$
 (9.1)

где V_{\max}^i - критическая (минимальная) скорость на участке, км/ч;

 $V_{
m max}^{i_0}$ - максимальная скорость въезда на участок, км/ч;

 P_i - пропускная способность участка, авт/ч;

 P_{\min} - типичная пропускная способность для дороги, авт/ч;

 N_{ϕ} - фактическая интенсивность движения на дороге, авт/ч.

В зависимости от их значений по таблицам 9.1 и 9.2 осуществляют выбор работ и мероприятий, позволяющих в комплексе решить проблемы реконструкции автомобильной дороги.

Таблица 9.1 - Коэффициент снижения пропускной способности

Отношение пропускной	
способности данного участка к типичной для	Работы по улучшению дороги
дороги	
0,9-1,0	Выборочное улучшение видимости. Устройство виражей и уширение проезжей части на кривых
0,75-0,90	Уширение узких мостов, укрепление обочин и удаление предметов, зрительно сужающих дорогу. Устройство срезок видимости и увеличение радиусов кривых в плане и профиле. Устройство переходно-скоростных полос на пересечениях в одном уровне.
0,5-0,75	Дополнительно к перечисленным мероприятиям устройство канализированных пересечений и дополнительных полос на подъемах
0,3-0,5	Перетрассировка участка со спрямлением трассы и увеличение радиусов. На остальных участках — перечисленные выше мероприятия.

Таблица 9.2 - Коэффициент загрузки дороги

Отношение фактической интенсивности движения к типичной пропускной способности	Возможные мероприятия
<0,30	Нанесение разметки, устройство краевых полос.
0,30-0,50	Укрепление обочин. Выборочное увеличение видимости в местах, где это необходимо для обеспечения возможности обгонов.
0,50-0,75	Перестройка наиболее загруженных пересечений в одном уровне с заменой на кольцевые или канализированные. Устройство дополнительных полос на подъемах.
0,75-0,90	Перечисленные мероприятия, а также уширение проезжей части с доведением ширины полосы движения до 3,75м.
0,90-1,00	Снятие части движения на параллельную дорогу или перестройка существующей под более высокую категорию.

10. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ И ВЫБОР ПРОЕКТНОГО ВАРИАНТА

Оценка эффективности реконструкции автомобильной дороги базируется на соизмерении единовременных и текущих затрат. В состав единовременных затрат входят капиталовложения, необходимые для реконструкции объекта, затраты на капитальные ремонты, проводимые в течение срока службы дороги, дополнительные ежегодные капиталовложения в автомобильный транспорт для освоения возрастающих объемов перевозок, затраты на возмещение потерь, связанных с изъятием сельскохозяйственных угодий из хозяйственного пользования в результате реконструкции, и пр.

Текущие затраты включают расходы на проведение среднего, текущего ремонтов и содержание дороги, на перевозку грузов и пассажиров автомобильным транспортом по дороге, народнохозяйственные потери, связанные с ликвидацией последствий дорожно-транспортных происшествий.

Чтобы определить единовременные и текущие затраты по объекту реконструкции, следует установить ряд экономических и технических показателей на основе прогнозирования условий эксплуатации дороги за срок сравнения, обычно принимаемый равным периоду до следующей реконструкции. Единовременные затраты по капиталовложениям в объект и по стоимости его капитального ремонта определяют на основе сметных расчетов по известным объемам работ, необходимых для выполнения реконструкции. Дополнительные капиталовложения в автомобильный транспорт устанавливают в соответствии с ожидаемым приростом интенсивности движения. Текущие затраты можно установить только на базе оценки таких характеризующих дорогу технических показателей, как скорость транспортного потока и степень обеспеченности безопасности движения.

В качестве объекта реконструкции принимаем участок дороги А—Б с км 20 по км 27. По техническим параметрам дорога соответствует требованиям IV категории. По интенсивности движения на расчетную перспективу 5950 авт/сут участок необходимо реконструировать и перевести во II категорию.

Предлагается рассмотреть два варианта реконструкции участка:

вариант 1 — улучшение технических параметров дороги без изменения трассы. Предусматривается уширение проезжей части до нормативов II категории, увеличение радиусов кривых в плане, улучшение дорожных условий в населенных пунктах путем устройства тротуаров, оборудования автобусных остановок, освещения; предусматривается также строительство нового моста на км 26 (участок 46) и дополнительной полосы для движения на подъем на участке с продольным уклоном 60‰;

вариант 2 — наряду с рассмотренными мероприятиями предусматривает устройство обходов населенных пунктов и спрямления на участках с извилистым планом.

Стоимость реконструкции по вариантам определяется по укрупненным сметным показателям, приведенным в таблице 10.1.

Объемы работ по вариантам, послужившие основой для определения сметной стоимости реконструкции, приведены в таблице 10.2.

В соответствии со сводной сметой стоимость реконструкции по вариантам определена в сумме: вариант 1 — 2022,9 тыс. руб., вариант 2 — 2884,4 тыс. руб.

При технико-экономических расчетах вычисление итоговых показателей единовременных и текущих затрат можно выполнить двумя способами:

- 1) путем непосредственного суммирования составляющих затрат по годам за весь период сравнения (этот способ применяется, когда функцию ежегодного роста единовременных и текущих затрат нельзя описать каким-либо одним законом);
- 2) по сумме годовых приведенных затрат расчетного года при условии, что единовременные затраты одноэтапные, а текущие затраты постоянны или возрастают согласно прогнозу в течение всего периода сравнения по какому-либо одному закону. В рассматриваемом примере единовременные затраты одноэтапные, а интенсивность движения и вместе с ней текущие затраты изменяется по закону сложных процентов при коэффициенте ежегодного прироста интенсивности q = 1,07.

Следовательно, при расчетах эффективности реконструкции целесообразно воспользоваться вторым способом и все вычисления проводить, основываясь на понятии расчетного года.

Таблица 10.1 – Укрупненные сметные показатели по видам работ (в базисных ценах 1991г).

Наименование работ	Ед. изм.	Новое строительство, тыс. руб.	Реконструкция, тыс.руб.
1	2	3	4
Автомобильные мосты на дорогах категорий: - I -II	1 м.п. -//-	28,2 21,4	29,3 19,3
-III	-//-	17,3	15,6
-IV	-//-	15,2	13,4
Водопропускные трубы на дорогах категорий:			
- I -II -III	1 м.п. -//- -//-	7,5 6,3 4,8	6,3 5,4 3,9
-IV	-//-	3,9	3,3
Отвод внетрассовых земель: - сады и огороды - лес	га -//-	29,4 18,9	
- луг	-//-	12,3	
- пашня	-//-	15,0	
Восстановление трассы и разбивка основных осей сооружения	1 км	52,6	
Открытые автопавильоны:	ШТ	39,3	16,8
Обустройство дороги (знаки, тумбы, тротуары, разметка)	1км	26,8	19,3
Земляные работы	100 м³	8,9	6,3
Дорожная одежда для дорог категорий: I II	1км -//-	1000 917,3	840,4 726,3
III	-// -	602,7	580,5
IV	-//-	124,5	39,4
Укрепление откосов земляного полотна	100м²	1,2	0,9
Комплекс сооружений дорожно-ремонтного пункта	шт	96,7	41,2
Непредвиденные затраты и зимнее удорожание	% от сметной стоимо- сти	6,3	8,4

Таблица 10.2 – Виды и объемы работ.

Have you and a make a	Единица	Объемы работ	по вариантам
Наименование работ	измерения	I	· II
1	2	3	4
Отвод внетрассовых земель:			
- сады	20	2	2,5
- огороды	га	0,3	1,9
- выгон		-	2,0
Восстановление трассы и разбивка основных осей сооружений	КМ	7	10
Укрепление земляного полотна:			
- камнем	M^2	5040	7200
- дерном		1190	1700

Продолжение таблицы 10.2

Открытые автопавильоны на 15 человек из сборного железобетона	шт	6	3
Комплекс сооружений дорожно-ремонтного пункта	ШТ	1	1
Элементы обустройства дороги:			
- дорожные знаки	ШТ	42	28
- ж/б оградительные тумбы	шт/км	250	250
- тротуары	КМ	2,4	-
Оплачиваемые земляные работы	1000 м ³	77	181,8
Устройство дорожной одежды	100м ²	525	750
Укрепление обочин щебнем	100м ²	260	370
Искусственные сооружения			
- трубы	М	52	120
- мосты	М	45	45

Расчетный год для определения показателей текущих расходов определяем по формуле

$$t_p = \frac{1}{\lg q} \left[-0.301 + \lg \left(1 + q^{t_{cr}} \right) \right] = \frac{1}{\lg 1.07} \left[-0.301 + \lg \left(1 + 1.07^{20} \right) \right] = 13.$$

Таким образом, расчетным годом, на который следует определять все техникоэкономические показатели, в данном примере является 13-й год с момента завершения реконструкции. Интенсивность движения расчетного года $t_p = t_{13} = 5940$ авт/сут. Расчетные скорости транспортных потоков на этот год, равные: при отказе от реконструкции - 18,1 км/ч; при реконструкции по варианту 1 - 32,7км/ч; по варианту 2 - 39,7км/ч.

Рассматриваемый период суммирования затрат принят в данном примере tcл = 20 годам, т. е. сроку, в течение которого не возникает необходимость в последующем улучшении условий движения на дороге путем еще одной реконструкции. Принято во внимание, что через 20 лет после реконструкции потребуется перевести автомобильную дорогу в более высокую категорию в связи с ростом интенсивности движения. Удельные единовременные затраты

$$K_i = \frac{K_{\rho e \kappa i} + K_{\kappa p i} t_{c i} L_i r + K_{\alpha i}}{10 P_{\tau_i}}, \tag{10.1}$$

где K_{pext} — затраты на реконструкцию по каждому из рассматриваемых вариантов, тыс. руб.; $K_{\kappa p}$ - затраты на капитальные ремонты по вариантам, приведенные к одному году, тыс. руб/км в год (определяем в соответствии с «Руководством по технико-экономическому обоснованию и выбору вариантов трасс автомобильных дорог»: при существующем положении— 1,98 тыс. руб/км; при реконструкции по вариантам 1 или 2 — 1,72 тыс. руб/км);

 t_{cr} — срок сравнения вариантов (20 лет);

 L_i — протяжение каждого из рассматриваемых вариантов (при существующем положении — 7 км, при реконструкции по варианту 1 — 7 км, при реконструкции по варианту 2—10 км);

 r_{tp} — коэффициент приведения разновременных затрат для расчетного года ${\sf t}_{\sf p}$;

$$r_{\nu p} = \frac{1}{(1 + E_{HII})^{\ell_p}} = \frac{1}{(1 + 0.08)^{13}} = 0.368,$$
(10.2)

 $K_{a\,i}$ - затраты на приобретение подвижного состава для освоения возрастающих объемов перевозок по каждому варианту:

$$K_{ai} = 1.4 L_i \frac{N_4}{v_{cp,i}} f(t_{pi}) r_{ip} \sum_{j} \frac{C_j \eta_j}{T_{H_j} d_j},$$
 (10.3)

 P_{ti} — суммарная за срок службы (срок сравнения) транспортная работа по каждому варианту, млн. авт-км:

$$P_{eu} = 365 \cdot 10^{-8} N_{tp} L_i t_{ca} ag{10.4}$$

 C_j — норматив удельных капиталовложений в предприятия автомобильного транспорта на среднесписочный автомобиль и капиталовложения в подвижной состав, тыс. руб.;

 $T_{\mathit{нj}}$ — среднее время нахождения автомобиля в наряде, ч;

 d_j — среднее значение коэффициента выпуска подвижного состава на линию;

 η_{j} — количество автомобилей /-го типа в потоке, доли единицы.

Транспортная работа:

- при существующем положении

$$P_{T,CML} = 365 \cdot 10^{-6} \cdot 5940 \cdot 7 \cdot 20 = 303.5$$
 млн. авт-км;

- для реконструкции по варианту 1

$$P_{\phi,1} = 365 \cdot 10^{-6} \cdot 5940 \cdot 7 \cdot 20 = 303,5$$
 МЛН. авт-км;

- для реконструкции по варианту 2

$$P_{\phi 2} = 365 \cdot 10^{-6} \cdot 5940 \cdot 10 \cdot 20 = 433.6$$
 МЛН. авт-км.

Значения показателей C_j , T_{hj} , d_j при принятом на дороге составе движения определяем на основании нормативов, приведенных в «Руководстве по технико-экономическому обоснованию и выбору вариантов трасс автомобильных дорог» (таблица 10.3).

Таблица 10.3 – Расчетные значения показателей

Состав потока движения	C_j	$T_{\rm Hj}$	d_j	$\eta_{_{j}}$
Легковые автомобили	9,54	10,6	0,794	0,16
Автобусы	22,02	12,1	0,734	0,06
Легкие грузовые	10,59	9,2	0,603	0,20
Средние//	11,15	9,2	0,603	0,49
Тяжелые//	13,70	9,2	0,603	0,09

Используя значения $f(t_{pi})$, получаем:

при существующем положении

$$K_{a.cyu} = 1, 4 \cdot 7 \frac{2650}{18,1} 2, 25 \cdot 0, 368 \cdot (\frac{9,54 \cdot 0,16 + 199.16}{10,6 \cdot 0,794} + \frac{22,2 \cdot 0,06}{12,1 \cdot 0,734} + \frac{10,59 \cdot 0,2 + 11,15 \cdot 0,49 + 13,7 \cdot 0,09}{9,2 \cdot 0,603}) = 2285 \, mac. \, py6;$$

для реконструкции по варианту 1 K_{a1} = 1265 тыс. руб;

для реконструкции по варианту 2 K_{a2} = 1491 тыс. руб.

На основе полученных показателей определяем удельные единовременные затраты: при существующем положении

$$K_{cyn_q} = \frac{1}{10 \cdot 303.5} (1.98 \cdot 20 \cdot 7 \cdot 0.368 + 2285) = 0.786 \, \text{km} \cdot \text{km},$$

для реконструкции по варианту 1

$$K_1 = \frac{1}{10.3035} (2022.9 + 1.72 \cdot 20 \cdot 7 \cdot 0.368 + 2285) = 1.112 \, \text{km} / \text{abm} \cdot \text{km},$$

для реконструкции по варианту 2

$$K_2 = \frac{1}{10 \cdot 433.6} (2884.4 + 1.72 \cdot 20 \cdot 10 \cdot 0.368 + 1491) = 1,038 \kappa on/aem \cdot \kappa m.$$

По аналогии с единовременными затратами удельные текущие затраты (себестоимость) определим как сумму нескольких составляющих на расчетный год t_p :

$$C_{i} = C_{\bar{A}i} + C_{ai} + C_{ni} + C_{Bi}, \tag{10.5}$$

где $C_{\pi i}$ — удельные затраты на содержание, текущий и средние ремонты дороги (дорожная составляющая себестоимости перевозки), коп/авт-км;

 C_{ai} — удельные затраты автомобильного транспорта на перевозку грузов и пассажиров (автотранспортная составляющая себестоимости перевозок), коп/авт-км;

 C_{ni} — удельные потери от дорожно-транспортных происшествий (составляющая себестоимости от ДТП), коп/авт-км;

 $C_{\it Bi}$ — удельные расходы, связанные с затратами времени пассажиров в пути, коп/авт-км.

Дорожная составляющая себестоимости перевозок

$$C_{\mathcal{I}i} = K_{Ni} \left(\sum \left[P_{\mathcal{I}, \mathit{IPP}, j} \cdot \beta_j + P_{\mathcal{I}, \mathit{IIOP}, j} \cdot (1 - \beta_j) \right] \cdot \eta_j \right), \tag{10.6}$$

где K_{Ni} – коэффициент, учитывающий изменение дорожно-эксплуатационных затрат при различной интенсивности движения;

 $P_{\mathcal{I},\mathit{IP},j}, P_{\mathcal{I},\mathit{IIOP},j}$ - расходные ставки по дорожно-эксплуатационным затратам соответственно при груженом и порожнем пробеге автомобилей, коп/авт-км;

 β_j – коэффициент использования пробега автомобилей.

Расчетные показатели для определения дорожной составляющей себестоимости перевозки сведены в таблицу 10.4

Таблица 10.4 – Расчетные значения показателей.

Состав потока движения	K _{Ni}	$oldsymbol{eta}_{j}$	η_{j}	$P_{\mathcal{J}.\mathit{IP}.\mathit{j}}$	$P_{\mathcal{A}. extit{IIOP.}j}$
П	0,46	1,00	0,16	0,22	
Легковые автомобили	0,32	-	-	0,19	-
A 5	0,46	1,00	0,06	1,43	
Автобусы	0,32	-	-	1,23	-
TV	0,46	0,50	0,20	0,77	0,44
Легкие грузовые	0,32	-	-	0,66	0,38
	0,46	0,55	0,49	0,99	0,55
Средние//	0,32	-	-	0,85	0,47
T //	0,46	0,65	0,09	1,65	0,88
Тяжелые//	0,32	-	-	1,43	0,76

Примечание. Расчетные показатели приведены: в числителе для существующего на дороге положения, в знаменателе для реконструкции.

Согласно полученным данным осуществляем расчеты дорожной составляющей себестоимости:

- при существующем положении

$$C_{\text{\mathcal{I}, cym.}} = 0,46 \cdot (0,22 \cdot 1 \cdot 0,16 + 1,43 \cdot 1 \cdot 0,06 + [0,77 \cdot 0,5 + 0,44 \cdot (1 - 0,5)] \cdot 0,10 + [0,99 \cdot 0,55 + 0,44 \cdot (1 - 0,5)] \cdot 0,10 + [0,99$$

$$0.55(1-0.55)] \cdot 0.49 + [1.65 \cdot 0.65 + 0.88 \cdot (1-0.65)] \cdot 0.09) = 0.346 \text{ kom / abt } \cdot \text{km};$$

- для вариантов реконструкции

$$C_{\mathcal{A}.1.2} = 0.32 \cdot (0.19 \cdot 1 \cdot 0.16 + 1.23 \cdot 1 \cdot 0.06 + [0.66 \cdot 0.5 + 0.38 \cdot (1 - 0.5)] \cdot 0.20 + [0.85 \cdot 0.55 + 0.38 \cdot 0.55] \cdot 0.20 + [0.85 \cdot 0.55] \cdot 0.20$$

$$[0.47(1-0.55)] \cdot [0.49 + [1.43 \cdot 0.65 + 0.76 \cdot (1-0.65)] \cdot [0.09] = 0.207 \ \kappa on \ / \ asm \cdot \kappa M;$$

Автотранспортная составляющая себестоимости перевозок -

$$C_{a.i} = P_{nep.p.i} + \frac{P_{nocm.p} + P_{3n.p}}{v_{cp.i}}, \tag{10.7}$$

где $P_{\mathit{nep.p.i}}$ — расчетный размер переменных расходов по каждому варианту, коп/авт-км

$$P_{nep,p,i} = K_{\partial,i} \sum_{j} P_{nep,j} \eta_{j} ; \qquad (10.8)$$

 $K_{\partial i}$ - коэффициент, учитывающий влияние дорожных условий на величину зависящих от проекта автотранспортных затрат;

 $P_{norm,p}$ - расчетные постоянные расходы (не зависящие от пробега), коп/авт·ч;

$$P_{nocm,p} = \sum P_{3n,j} \eta_j; \tag{10.9}$$

 $P_{_{\mathfrak{I}n_{+}p_{+}}}$ - средняя часовая для транспортного потока тарифная ставка водителей, коп/авт·ч;

$$P_{\mathfrak{s}n,p} = \Sigma P_{\mathfrak{s}n,j} \eta_{j} \tag{10.10}$$

Таблица 10.5 – Значения расчетных показателей.

Состав потока движения	$K_{\partial i}$	$P_{nep,p,i}$	P _{nocm.p.}	$P_{sn,p}$
Легковые автомобили	1,08	3,30	27,0	51,2
THE ROBBIE ABTOMOOPER	1,00			31,2
Автобусы	1,08	8,25	52,0	75,4
ABTOOYESI	1,00	0,23		
Легкие грузовые	1,08_	5,78	39,0	53,9
легине грузовые	1,00			
Средние грузовые	1,08	7,29	39,0	53,9
Средние грузовые	1,00	,,,,,,		
Тяжелые грузовые	1,08	7,99	45,0	59,6
1 Amenbie 1 py 30bbie	1,00	.,,-,	,0	

Воспользуемся приведенными в таблице 10.5 данными для расчетов автотранспортной составляющей себестоимости перевозки:

$$\begin{split} P_{\substack{nep.p.cynu.\\ nep.p.l.2.}} &= 1,08 \cdot (3,3 \cdot 0,16 + 8,25 \cdot 0,06 + 5,78 \cdot 0,2 + 7,29 \cdot 0,49 + 7,99 \cdot 0,09) = 7 \, \kappa on / \, a \varepsilon m \cdot \kappa m; \\ P_{\substack{nep.p.l.2.\\ nep.p.l.2.}} &= 1,0 \cdot (3,3 \cdot 0,16 + 8,25 \cdot 0,06 + 5,78 \cdot 0,2 + 7,29 \cdot 0,499 + 7,99 \cdot 0,09) = 6,49 \, \kappa on / \, a \varepsilon m \cdot \kappa m; \\ P_{\substack{nocmp.\\ nocmp.}} &= 27 \cdot 0,16 + 52 \cdot 0,06 + 39 \cdot 0,2 + 39 \cdot 0,49 + 45 \cdot 0,09 = 38,39 \, \kappa on / \, a \varepsilon m \cdot v; \end{split}$$

$$P_{nocm,p} = 51,2 \cdot 0,16 + 75,4 \cdot 0,06 + 53,9 \cdot 0,2 + 53,9 \cdot 0,2 + 59,6 \cdot 0,09 = 54,22 \ y.e./$$
 asm·km;

- при существующем положении

$$C_{a \text{ cyu}} = 7 + \frac{38,39 + 55,29}{18.1} = 12,17 \text{ kon / asm} \cdot \text{km};$$

для реконструкции по варианту 1

$$C_{a.1.} = 6,47 + \frac{38,39 + 55,29}{32,7} = 9,33 \text{ kon / asm } \cdot \text{km};$$

для реконструкции по варианту 2

$$C_{a.2.} = 6.47 + \frac{38.39 + 55.29}{39.7} = 8.83 \text{ kon / aem} \cdot \text{km}.$$

Потери от дорожно-транспортных происшествий на рассматриваемом участке, вычисленные способом суммирования по годам, составили: при существующем положении $\Pi_{\text{суч}_l} = 1359,7$ тыс. руб.; при реконструкции по варианту 1 Π_I =633,6 тыс. руб.; при реконструкции по варианту 2 $\Pi_2 = 506,2$ тыс. руб.

Для удобства технико-экономических расчетов, основываясь на полученных значениях, определим удельные потери от происшествий, отнеся их на себестоимость перевозки (составляющая себестоимости от дорожно-транспортных происшествий):

$$C_{\pi_i} = \frac{R_i}{10 \cdot P_{T_i}}$$
.

Тогда $C_{n,cyu_i} = \frac{1359,7}{10 \cdot 303,5} = 0,448 \, \kappa on / a \epsilon m \cdot \kappa M$

$$C_{n,1} = \frac{633,6}{10\cdot 303.5} = 0,209 \text{ kon / asm } \cdot \text{km},$$

$$C_{n.2} = \frac{506,2}{10\cdot 433,6} = 0,117 \text{ kon / asm } \cdot \text{km}.$$

Удельные показатели связанные с затратами времени пассажиров в пути следования, по вариантам:

$$C_{g,i} = 100S_B \cdot N_{tp} \cdot \eta_a \cdot B \cdot \alpha \left(\frac{L_i}{v_{cp,i}} + t_{ni}\right) P_{T.cym}^{-1}, \tag{10.12}$$

где S_B – средний размер потерь народного хозяйства, приходящихся на 1 ч пребывания пассажира в пути, равен 0,25 руб/чел-ч;

 N_{tp} – интенсивность движения транспортного потока, авт/сут;

 η_a – количество автобусов в транспортном потоке, дол.ед;

B – средняя вместимость автобуса, 62 чел.;

 α - коэффициент использования вместимости автобуса, равен 0,8;

 t_{ni} – среднесуточные потери времени от простоя автобусов на несовершенных участках, ч (в нашем случае простои автобусов отсутствуют).

При принятых показателях расчетные значения удельных затрат составят:

$$C_{B \text{ cyriq}} = 100 \cdot 0,25 \cdot 5940 \cdot 0,06 \cdot 62 \cdot 0,8 \cdot \frac{7}{18,1} \cdot \frac{1}{5940 \cdot 7} = 4,13 \text{ kon/abm} \cdot \text{km},$$

$$C_{B \text{ L}} = 100 \cdot 0,25 \cdot 5940 \cdot 0,06 \cdot 62 \cdot 0,8 \cdot \frac{7}{32,7} \cdot \frac{1}{5940 \cdot 7} = 2,28 \text{ kon/abm} \cdot \text{km},$$

$$C_{B \text{ L}} = 100 \cdot 0,25 \cdot 5940 \cdot 0,06 \cdot 62 \cdot 0,8 \cdot \frac{10}{39,7} \cdot \frac{1}{5940 \cdot 10} = 1,874 \text{ kon/abm} \cdot \text{km}.$$

С целью окончательной оценки эффективности реконструкции участка сведем результаты расчетов в таблицу 10.6

Таблица 10.6 - Сводная таблица показателей

Вариант дороги	Пон	сазатели	текущи	х затрат,	, коп/авт-	-км	Показатель
Вариант дороги	$C_{\pi i}$	C_{ai}	Спі	Сві	Ci	C_{pi}	капиталоемкости К _і
Существующее положение	0,346	12,17	0,448	4,13	17,084	3,98	0,786
Вариант 1	0,207	9,33	0,209	2,28	12,026	3,10	1,112
Вариант 1	0,207	8,83	0,117	1,874	11,028	3,68	1,038

Приведенные в таблице значения расчетных показателей текущих затрат получены с использованием формул

$$C_{pi} = C_i \cdot r_{ip} \cdot \Delta_i; \Delta_i = 1 - \frac{L_{\text{max}} - L_i}{L_{\text{max}}},$$

где L_{mx} - вариант с наибольшей длиной, км.

Оценку выполняем на основе показателей сравнительной эффективности, позволяющих выявить, насколько один вариант эффективнее другого (базового). За базовый принимаем вариант с наибольшими удельными текущими затратами, т. е. вариант с существующим положением. Показатели эффективности вычисляем с использованием формулы:

$$\mathfrak{I}_{pi} = \frac{C_{p.6a3} - C_{pi}}{(K_i - K_{6a3}) \sum_{1}^{l_{ca}} \frac{1}{(1 + E_{nn})}}.$$
(10.13)

Тогда для реконструкции по варианту 1
$$\Im_{p1} = \frac{3,98-3,1}{\left(1,112-0,786\right)\cdot 9,813} = 0,275,$$

для реконструкции по варианту 2

$$\Theta_{p2} = \frac{3,98 - 3,68}{(1,038 - 0,786) \cdot 9,813} = 0,117.$$

Наиболее эффективный вариант выбирают по максимальному значению Θ_{pi} . Таким образом, для строительства целесообразно принять реконструкцию по варианту 1.

При небольшом числе сравниваемых решений выбор оптимального варианта может быть осуществлен по минимуму суммарных приведенных затрат. На основе показателей, рассчитанных в данном примере, суммарные приведенные затраты определяют на расчетный год

$$S_i = \frac{1}{T_{cr}} \left(K_{npi} + 10 \cdot C_i \cdot r_t \cdot P_{ti} \right) \tag{10.14}$$

Тогда:

$$\begin{split} & \mathcal{B}_{\text{суиц}} = \frac{1}{20} \big(2387 + 10 \cdot 17,084 \cdot 0,368 \cdot 303,5 \big) = 1073,4 \, \textit{тыс.руб.}; \\ & \mathcal{B}_{1} = \frac{1}{20} \big(3376,7 + 10 \cdot 12,026 \cdot 0,368 \cdot 303,5 \big) = 840,4 \, \textit{тыс.руб.}; \\ & \mathcal{B}_{2} = \frac{1}{20} \big(4501,7 + 10 \cdot 11,028 \cdot 0,368 \cdot 433,6 \big) = 1104,9 \, \textit{тыс.руб.}. \end{split}$$

По приведенным затратам также наиболее эффективным оказался вариант 1.

11. УСТАНОВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ И ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Последовательность установления параметров: определяется пропускная способность одной полосы движения; вычисляется необходимое число полос движения и их взаимное расположение; устанавливается ширина каждой полосы движения, проезжей части и земляного полотна.

Определение пропускной способности одной полосы движения. Пропускную способность полосы движения определяем в соответствии с «Руководством по оценке пропускной способности автомобильных дорог» (1).

1. Вычисляем приведенную интенсивность движения

$$N_{np} = N_1 \kappa_1 + N_2 \kappa_2 + \dots + N_n \kappa_n, \tag{11.1}$$

где N_1 ,..., N_n — заданная интенсивность отдельных типов автомобилей, авт/сут;

 κ_1 ..., κ_n — коэффициенты приведения отдельных типов автомобилей к легковому (Приложение A).

Промежуточные значения коэффициентов приведения определяем путем интерполяции:

$$N_{np}=7972\cdot 1,0+2434\cdot 1,5+1550\cdot 1,8+4000\cdot 2,0+1300\cdot 2,5+242\cdot 1,5+700\cdot 1,6+1050\cdot 2,0+425\cdot 3,0+145\cdot 4,0+110\cdot 5,0=31$$
 495 легк. авт/сут или $N_{np}=0,10\cdot 31495=3150$ легк. авт/ч.

2. Пропускная способность одной полосы движения

$$P = B P_{\text{max}}, (11.2)$$

где В — итоговый коэффициент снижения пропускной способности, равный произведению частных коэффициентов β_1 ... β_{15} , отражающих влияние различных элементов дороги на пропускную способность (см.табл. в п.7);

Р_{тах} — максимальная пропускная способность полосы движения, авт/ч.

При расчетах следует исходить из следующих значений максимальной пропускной способности дорог различных категорий (в легковых автомобилях в час): для двухполосных дорог — 2000 авт/ч в оба направления; для трехполосных — 4000 авт/ч в оба направления; для дорог, имеющих 4 полосы движения, - 2000 авт/ч по одной полосе.

Для рассматриваемого примера:

 P_{max} =2000 легковых авт/ч для одной полосы многополосной дороги.

 $B = \beta_3 = 0.92$ — берется только коэффициент, учитывающий состав движения. В примере доля автопоездов — 3,4%, доля грузовых автомобилей средней и малой грузоподъемности — 40%. При этих условиях $\beta_3 = 0.92$.

Находим P: $P = 0.92 \cdot 2000 = 1960$ авт/ч (по одной полосе).

Определение необходимого числа полос движения и их взаимного расположения. Число полос движения

$$n = \frac{\alpha k_n N \varepsilon}{z p \gamma},\tag{11.3}$$

где α - коэффициент перехода от суточной интенсивности к часовой (α = 0.1);

 $k_n \cdot N$ - приведенная интенсивность движения, легк. авт/сут;

 $(k_n \cdot N = 31495 \, \text{легк. aвт / cym});$

 ${\cal E}$ - коэффициент сезонной неравномерности изменения интенсивности движения (${\it \varepsilon}=1$);

z – расчетный коэффициент загрузки дороги движением (z=0,3 и z=0,5);

Р – пропускная способность полосы движения (Р=1960 авт/ч);

 γ - коэффициент, зависящий от рельефа местности (при равнинном рельефе γ =1, при пересеченном - γ =0,8, при сильно пересеченном - γ =0,6).

На участке до развязки движения с подъездом к аэропорту расчетным является уровень удобства A, поэтому принимаем z=0,3, соответствующий рациональной загрузке дороги движением:

$$n = \frac{0.1 \cdot 31495 \cdot 1.0}{0.3 \cdot 1960 \cdot 1.0} = 5.35 \approx 6$$
 полос движения.

На участке от подъезда к аэропорту и далее расчетным является уровень удобства Б, поэтому принимаем коэффициент загрузки 0,5, соответствующий рациональной загрузке дороги движением:

$$n = \frac{0.1 \cdot 31495 \cdot 1.0}{0.5 \cdot 1960 \cdot 1.0} = 3.2 \approx 4$$
 полосы движения.

Таким образом, принимаем на участке до подъезда к аэропорту 6 полос движения; далее 4 полосы движения.

Определение ширины полосы движения. Ширину каждой полосы определяем из условия попутного движения двух или трех колонн автомобилей, двигающихся с расчетной скоростью. Расчет ведем на типы автомобилей, преобладающих в составе движения — ВАЗ-2101 для легкового движения; ЗИЛ-130 для грузового:

Автомобили	BA3-2101	ЗИЛ-130
Ширина кузова <i>а</i> , мм	1611	2500
Ширина колеи с, мм	1305	1790

Ширина крайней полосы при попутном движении на соседней полосе для четырехполосной дороги:

$$\Pi = \frac{a+c}{2} + y + x = \frac{a+c}{2} + 0.85 + 0.01v,$$

где $y=0.5+0.005\upsilon$ — предохранительная полоса, м; $x=0.35+0.005\upsilon$ — зазор безопасности, м.

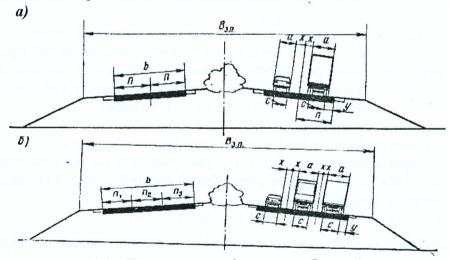


Рисунок 11.1 – Поперечные профили автомобильной магистрали

Ширина промежуточной полосы при попутном движении на соседних полосах для шестиполосной дороги

$$II_6 = a + 2x = a + 0.7 + 0.01\upsilon.$$

Ширина полосы для грузового движения

$$\Pi = \frac{a+c}{2} + 0.85 + 0.01\nu = \frac{2.5+1.79}{2} + 0.85 + 0.01 \cdot 60 = 3.60 \,\text{M}.$$

Ширина полосы для легкового движения

$$\Pi_n = \frac{a+c}{2} + 0.85 + 0.01\upsilon = \frac{1,61+1.31}{2} + 0.85 + 0.01 \cdot 100 = 3.31 \,\mathrm{m}.$$

Ширина промежуточной полосы для трехполосной проезжей части:

для грузового движения: $\Pi_{\Gamma} = 2.5 + 0.7 + 0.01 \cdot 60 = 3.8 \text{ м}$;

для легкового движения: Π_{Π} = 1,61+0,7 + 0,01·100 = 3,31 м.

Принимаем большее значение: $\Pi_{\Gamma} = 3.80$ м.

Определение ширины проезжей части для одного направления. Ширину проезжей части находим как сумму полос движения:

для дороги с четырехполосной проезжей частью (Рисунок 11.1, а)

$$b_{ny} = 3,60 + 3,31 = 6,91 \approx 7,0 \text{ M};$$

для дороги с шестиполосной проезжей частью (Рисунок 11.1, б)

 $b_{ny} = 3,60 + 3,80 + 3.31 = 10,71 \approx 10,75 \text{M}.$

Установление ширины земляного полотна. При определении общей ширины земляного полотна учитывают устройство краевых укрепительных полос шириной 0,75 м:

для дороги с четырехполосной проезжей частью

 $B_{3\Pi} = 2 \cdot 7,00 + 5,00 + 2 \cdot 3,75 = 26,5 \text{ M};$

для дороги с шестиполосной проезжей частью

 $B_{3\Pi} = 2 \cdot 10,75 + 5,00 + 2 \cdot 3,75 = 31,0 \text{ M}.$

Результаты расчетов сведены в таблицу 11.1.

Таблица 11.1 – Технические параметры автомобильной дороги

Элементы автомобильной доро-	Уровень загрузки д	дороги движением
ги	z=0,30	z=0,50
Число полос движения, шт	4	6
	1) 3,60	1) 3,60
Ширина, м	2) 3,30	2) 3,80
Ширина проезжей части, м	14,00	21,50
Ширина обочины, м	3,75	3,75
Наименьшая ширина разделительной полосы, м	5,00	5,00
Ширина земляного полотна, м	29,50	37,00

12. ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСИЛЕНИЯ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

Решение об усилении дорожной одежды принимают в том случае, когда коэффициент запаса прочности $K_{\Pi P}$, который представляет собой отношение фактического модуля упругости дорожной конструкции K_{Φ} , определенного по результатам натуральных испытаний, к требуемому по условиям движения в процессе эксплуатации E_{TP} , меньше значений, указанных таблицах 12.10-12.13

$$K_{TP} = E_{\phi} / E_{TP}, \tag{12.1}$$

где E_{Φ} – фактический модуль упругости дорожной конструкции, МПа;

Етр – требуемый модуль упругости, МПа.

Фактический модуль упругости при отсутствии данных измерений упругого прогиба дорожной одежды можно предварительно определить по одной из следующих зависимостей.

$$E_{\phi} = K \cdot A_E \cdot + B_E \cdot (\lg N - 1) \cdot r_1, \tag{12.2}$$

где К – коэффициент, зависящий от грунтово-гидрологических условий, равный 0,8 – 1,2;

 A_E — параметр, зависящий от типа покрытия и соответственно равный для: капитального усовершенствованного — 1220, капитального облегченного — 91 и переходного 60МПа;

 B_E – параметр, зависящий от особенностей воздействия нагрузок (B_E =52-60MПа);

N – среднегодовая суточная интенсивность движения по одной полосе в предреконструкционный период, авт/сут;

 r_1 – коэффициент учета износа дорожной одежды, равный: 0.9 – при сроке эксплуатации до 3 лет; 0.7 – до 5 лет; 0.5 – до 8 лет и 0.4 – более 10 лет.

$$E_{\phi} = \frac{E_{P}}{(1+0,05)'},\tag{12.3}$$

где ЕР – проектный модуль упругости, МПа;

t - длительность периода эксплуатации, лет.

Для расчета усиления дорожной одежды необходимо определить следующие параметры:

- расчетную интенсивность движения;
- характеристику существующей дорожной одежды;
- показатели морозоустойчивости и осущения.

Оценка состояния земляного полотна и дорожной одежды проводится следующим признакам:

- конструкция дорожной одежды;
- грунт земляного полотна;
- технология устройства дорожной одежды и качество применяемых материалов;
- интенсивность движения, приведенная к расчетному автомобилю;
- состояние покрытия по видам разрушения.

При конструировании усиления дорожной одежды необходимо руководствоваться следующими принципами:

- тип покрытия, конструкции дорожной одежды должны удовлетворять транспортноэксплуатацион-ным требованиям;
- при назначении конструкции и материалов слоев усиления необходимо учитывать предыдущий опыт службы дорожной одежды за период эксплуатации дороги, которая будет подвергаться воздействию практически тех же природно-климатических условий и нагрузки;
- конструкция должна быть технологичной и обеспечивать возможность максимальной механизации и индустриализации работ;
- при назначении усиления следует учитывать региональный опыт строительства и эксплуатации дорог, работы конкретных материалов в рассматриваемом районе;
 - необходимо стремиться к снижению материалоемкости дорожной одежды;
- следует отдавать предпочтение современным способам производства работ и материалам (регенерация, фрезерование, армирование, геотекстиль, сетки, гидрофобизаторы и др.);

– при назначении конструкции усиления следует стремиться устранить причины возникновения разрушений на существующем покрытии.

Следует рассматривать следующие основные способы усиления дорожной одежды:

- 1) укладка нового слоя из асфальтобетонной смеси поверх старой дорожной одежды:
 - а) без выравнивания существующего покрытия;
 - б) с устройством выравнивающего слоя;
 - в) с выравниванием существующего покрытия способом термопрофилирования;
 - г) с выравниванием существующего покрытия способом фрезерования;
- 2) улучшение свойств существующего покрытия или замена асфальтобетонных слоев с сохранением основания:
 - а) улучшение свойств асфальтобетонного покрытия по полосам наката и другим местам разрушений способом регенерации и армирования;
 - б) улучшение свойств асфальтобетонного покрытия способом регенерации и армирования по всей ширине покрытия;
 - в) замена асфальтобетонных слоев.
- 3) полная замена всей конструкции:
 - а) замена дорожной одежды и верхних слоев земляного полотна;
 - б) замена дорожной одежды.

Первый способ по сравнению с другими требует меньших первоначальных затрат, однако применять его следует, как правило, когда недостаточная прочность дорожной одежды или ровность покрытия связаны с частичной потерей прочности материалов и слоев покрытия и коэффициент запаса прочности $K_{\Pi P} > 0.80$.

Наиболее экономичной технологией ремонта асфальтобетонных покрытий является технология, основанная на принципах регенерации (восстановления утраченных свойств).

Второй способ, основанный на на улучшении свойств существующего покрытия или замена асфальтобетонных слоев с сохранением основания применяют в случаях, когда еа существующем покрытии имеется большое количество разрушений виде сетки трещин, выбочи и проломов, связанных со значительной потерей несущей способности конструкции (0,80 \times $K_{\text{IIP}} > 0,70$). Кроме того, этот способ целесообразно применять в тех местах, где нельзя увеличить толщину дорожной одежды. Для обеспечения требуемой несущей способности конструкции при минимальных затратах следует применять армирующие прослойки из специальных сеток.

Замена всей дорожной одежды, а также верхних слосв земляного полотна осуществляется, при низкой несущей способности существующей конструкции ($K_{\Pi P} < 0.70$), обусловленной переувлажнением земляного полотна и неукрепленных слоев оснований. Этот способ применяют обычно в случаях, когда не удается устранить источники увлажнения без снятия дорожной одежды, когда дорожная одежда полностью разрушена и ее использование неэффективно или увеличение толщины конструкции нецелесообразно.

В неблагоприятных дорожно-климатических условиях, когда основное увлажнение происходит от уровня грунтовых вод, целесообразно старую конструкцию оставлять в теле насыпи, что будет способствовать улучшению водно-теплового режима верхних слоев земляного полотна и дорожной одежды.

Расчет усиления производят по номограмме (рисунок 12.2). Назначают модуль упругости слоев усиления E_1 , затем рассчитывают соотношение E_{Φ}/E_1 на оси ординат и проводят горизонталь до пересечения с наклонной линией, характеризуемой соотношением $E_{\tau p}/E_1$. Из точки пересечения опускают вертикаль до пересечения с ось абсцисс и находят отношение h/D. Приняв расчетный диаметр определяем толщину слоя усиления.

Если по расчету необходимо устройство однослойного покрытия и толщина слоя усиления, полученная расчетом меньше половины минимально допустимых толщин, то достаточно провести после ямочного ремонта поверхностную обработку существующего покрытия.

По результатам анализа материалов обследования составляется график дорожной одежды (рисунок 12.1).

			пашня
План дорог	20		пашня
Килонетры	і, пикеты		
Коэффицие одежды	ент прочности существующей дор		t,n
Эпюра про дорожной с			266,83
	E == 240		E
Tun u cocme	ояние существующей дорожной одежды		
		нет	Асфальтоветон, састояние неудовлетворительное, инеются трещины, шелушение, ямочность 10%
Пучинисть	не участки	нет	
Гад паслед ремонтов	днего капитального и среднего дороги	2002	
4 во рийные	е участки		
Конструкц	ция существующей дорожной одежды	777677677777777777777777777777777777777	1777(1)17174317171717171717
Конструкц Конструкц	ия проектируеной дорожной одежды	TATOTALIA MATARATA ANTARATA ANTARATA NO 100 100 100 100 100 100 100 100 100 10	(3)
Конструкц	им проектируемей дарожной одежды им проектируемей дарожной одежды	(30)	(6) / / /
Конструкц Ширина су Модуль уп	ция проектируемой дорожной одежды пшествующей дор. одежды пругости грунта	(30) 8 0 74	(6) / / /
Конструкц Ширина су Модуль уп Тип местн	ия праектируеной дорожной одежды уществующей дор. одежды уругости грунта ости	(30)	(6) / / /
Конструкц Ширина су Модуль уп	ия проектируеной дорожной одежды шествующей дор одежды ругости грунта ости унта	30) 80 24 2	(6) / / /
Конструкц Ширина су Модуль уп Тип местн Группа гр	ия проектируеной дорожной одежды уществующей дор одежды уругости грунта ости унта Насыпь	(30) 8.0 24 2 -1,76	(6) / / /
Жонструки Ширина су Модуль уп Тип местн Группа гр	ия проектируеной дорожной одежды уществующей дор одежды уругости грунта ности унта Насыпь Выенка	30) 80 24 2	(3)
Конструкц Ширина су Модуль уп Тип местн Группа гр	ия проектируеной дорожной одежды уществующей дор. одежды уругости грунта ости Инта Насыпь Выенка Ширина (сущ/проектная)	(38) 80 74 7 -1.76 -4.92	(6) / / /
Ширина су Модуль уп Тип местн Группа гр	ия проектируеной дорожной одежды уществующей дор одежды уругости грунта ности унта Насыпь Выенка	(38) 80 74 7 -1.76 -4.92	(3). (2). (2). (3). (4). (6). (7). (7). (8).
Ширина су Модуль уп Тип нестн Группа гр	им проектируеной дорожной одежды уществующей дор. одежды ругости грунта тости Насыпь Выенка Ширина (сущ/проектная) Состояние обочин Намечаеные работы Покрытие	38) 8 0 24 21 -1,76 -4,92 -713.0 Укрепление обочин гравийно - песчаной снесью С2 толщиной 9 СМ Устройство двухслойного асфальтобетомного покрытия	(25). (25). (27).
Ширина су Модуль ул Гип местн Группа гр Оческа Намеча работ дорож	им проектируеной дорожной одежды уществующей дор одежды рругости грунта ости Инасыпь Выемка Ширина (суш/проектная) Состояние обочин Намечаеные работы Посготовка основания ной	38) 8 0 24 27 -1.26 -4.92 -/13.0 Укрепление обочин графийно - песчаной смесью С2 толишной 9 см Устройство двухслойного асфальтоветомного покрытия Устройство двухслойного асфальтоветомного покрытия из шебня, обработанного битуном, устройство нижнего слоя аснования из шебня канана нетования из шебня нетования из шебня нетования из шебня	(23). (23). (23). (23). (23). (23). (23). (23). (23). (23). (24). (24). (25). (26). (27). (27). (28).
Ширина су Модуль уп Тип нестн Группа гр Намеча работ	им проектируеной дорожной одежды приествующей дор одежды пругости грунта ости унта Насипь Выенка Ширина (суш/проектная) Состояние обочин Намечаеные работы Покрытие Подгатовка основания най де	(38) 8 0 24 27 -1,26 -4,92 -/13,0 Укрепление обочин грабийно - песчаной снесью (2 толишной 9 см Устройство двухслойного асральтобетомного покрытия Устройство беринего слоя основания из щебия обработамого битуном, устройство михнего слоя основания из щебия мебия Нетабам расклинцовки Устройство подстилающего слоя из песка средней крупности	12,0/13,0 неудовлетварительнае Уширение землянога полотна Устройство слоя износа совместно с выравнивающим слоен Устройство равиков уширения, укрепление обочин
Ширина су Мадуль уп Тип местн Группа гр 100000000000000000000000000000000000	им проектируеной дорожной одежды приествующей дор одежды пругости грунта ости унта Насипь Выенка Ширина (суш/проектная) Состояние обочин Намечаеные работы Покрытие Подгатовка основания най де	(38) 8 0 24 27 -1,26 -4,92 -/13,0 Укрепление обочин грабийно - песчаной снесью (2 толишной 9 см Устройство двухслойного асральтобетомного покрытия Устройство беринего слоя основания из щебия обработамого битуном, устройство михнего слоя основания из щебия мебия Нетабам расклинцовки Устройство подстилающего слоя из песка средней крупности	17, 0/13, 0 меудавлетварительное Уширение землянога полотна Чктрайство слоя изнаса совнестно с выравнивающим слоем Чктрайство ровихов уширения.
Ширина су Модуль у Тип нестн Группа гр Оберова В В В В В В В В В В В В В В В В В В В	им проектируеной дорожной одежды уществующей дор одежды гругости грунта асти Насыпь Выемна Ширина (суш/проектная) Состояние обочин Намечаемые работы Подготовка основания ной де	38) 8 0 24 27 -1.26 -4.92 -/13.0 Укрепление обочин графийно - песчаной смесью С2 толишной 9 см Устройство двухслойного асфальтоветомного покрытия Устройство двухслойного асфальтоветомного покрытия из шебня, обработанного битуном, устройство нижнего слоя аснования из шебня канана нетования из шебня нетования из шебня нетования из шебня	12, 0/13, 0 неудовлетварительнае Уширение землянога полотна Устройство слоя износа совнестно с выравнивающим слоем Устройство равиков уширения, укрепление обочин
Ширина су Мадуль уп Тип нестн Группа гр На меча ра боты дарож одеж	им проектируеной дорожной одежды приествующей дор одежды пругости грунта ости унта Насипь Выенка Ширина (суш/проектная) Состояние обочин Намечаеные работы Покрытие Подгатовка основания най де	80 24 21 21 21 21 26 21 27 28 21,26 21,30 39 39 39 39 39 39 39 39 39 39 39 39 39	12, 0/13, 0 неудовлетворительнае Уширение землянога полотна Устройство слоя износа совнестно с быравнивающим слоем Устройство равиков уширения, укрепление обочин

Пример №1

Запроектировать дорожную одежду во 2-м дорожно-климатическом районе для III категории дорог с заданным сроком службы 12 лет на действие группы нагрузок A₂. Расчетная интенсивность движения приведенных автомобилей на последний год службы — 400 автомобилей в сутки на 1 полосу движения. Прирост интенсивности движения — 5 % в год. Грунт рабочего слоя земляного полотна — супесь легкая. Средняя высота насыпи — 1,5 м. Дорога проходит по I типу местности.

Число накопленных осей за расчетный срок службы \sum_{N_n} шт.

$$\sum N_p = 0,7N_p \cdot \frac{K_c}{q^{(T_{ex}-1)}} T_{p\partial z} K_n, \qquad (12.4)$$

где K_C — коэффициент суммирования (таблица 12.2) определяют по формуле

$$K_c = \frac{q^{T_{cs}} - 1}{q - 1},\tag{12.5}$$

здесь T_{CA} — расчетный срок службы дорожной одежды (таблица 12.1);

q – показатель изменения интенсивности движения данного типа автомобиля по годам; $T_{PJ\!I\Gamma}$ – расчетное число расчетных дней в году, соответствующих определенному состоянию деформируемости дорожной конструкции (таблица 12.3);

 K_n – коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого (таблица 12.4).

Таблица 12.1 – Рекомендуемый расчетный срок службы дорожной одежды

Категория ав-	Tr. v		Коэффициент надежности $K_{\scriptscriptstyle \rm H}$									
томобильной	Тип дорожной	0,98	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70				
дороги	одежды	Срок службы $T_{\rm cn}$, лет										
I	Капитальный	19	14					—				
П	Капитальный	17	13				_					
III	Капитальный	15	12	11 ·		_		_				
111	Облегченный	_	11	10								
	Капитальный	12	10	9	8	_						
IV	Облегченный			8	7	6		_				
	Переходный	_			6	5						
	Облегченный	_			_	6	5	4				
V	Переходный	_		_	_	5	4	3				
	Низший	_		_	-	-	4	3				
171	Переходный					5	4	3				
VI	Низший						3	2				

Таблица 12.2 – Значение коэффициента суммирования

Показатель изменения интенсивно-	Значение K_c	при сроке служ	бы дорожной од	ежды $T_{ m c.r.}$, лет
сти движения по годам q	8	10	15	19
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 12.3 – Значение ТРДГ в зависимости от расположения дороги

Дорожно-климатический район	$T_{\rm p,pr}$ при расчете на прочность дорожной одежды, сут
I Северный, влажный	125
2 Центральный	130
3 Южный, неустойчиво-влажный	135

Таблица 12.4 – Значение коэффициента K_n, учитывающего вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого

T	Значение коэффициента K_n при категориях дорог									
Тип дорожной одежды	I	II	III	IV	V, VI					
Капитальный	1,49	1,49	1,38	1,31	_					
Облегченный		1,47	1,32	1,26	1,06					
Переходный, низший		_	1,19	1,16	1,04					

Вычисляем число накопленных осей за срок службы при K_C =17,71; $T_{PД\!\Gamma}$ = 130сут (); K_n = 1,38.

Тогда
$$\sum N_p = 0,7 \cdot 400 \cdot \frac{17,71}{1,05^{11}} \cdot 130 \cdot 1,38 = 520 404$$
 шт.

Определяем расчетную влажность и расчетные характеристики грунта земляного полотна: расчетное значение влажности грунта W_p , %, определяют по формуле:

$$W_{\rm p} = W_{\rm Tab}(1+0,1t),$$
 (12.6)

где W_{mao} — среднее многолетнее значение относительной (доли от границы текучести) влажности грунта в наиболее неблагоприятный (весенний) период года в рабочем слое земляного полотна в зависимости от дорожно-климатического района, схемы увлажнения земляного полотна и типа грунта (таблица 12.5);

t — коэффициент нормированного отклонения, принимаемый по таблице 12.6 в зависимости от требуемого уровня надежности.

Таблица 12.5 – Среднее значение влажности грунта W_{таб}

По	Схема увлажне-	Среднее з	начение влажн	ости грунта W	$_{таб}$,в долях от W_T
Дорожно- климатический район	ния рабочего слоя земляного полотна	Супесь лег- кая	Песок пылеватый	Суглинок легкий	Супесь пылеватая и суглинок пылеватый
	1	0,63	0,65	0,68	0,73
1	2	0,66	0,68	0,71	0,76
	3	0,68	0,70	0,73	0,78
	1	0,60	0,62	0,65	0,70
2	2	0,63	0,65	0,68	0,73
	3	0,65	0,67	0,70	0,75
	1	0,65	0,67	0,70	0,75
3	2	0,68	0,70	0,73	0,78
	3	0,70	0,72	0,75	0,80

Таблица 12.6 – Коэффициент нормированного отклонения t

$K_{\scriptscriptstyle \rm H}$	0,85	0,90	0,95	0,98
t	1,06	1,32	1,71	2,19

Расчетная влажность:

$$W_p = W_{ma6}(1+0,1t);$$
 (12.7)
 $W_{TAB} = 0,60;$

t = 1.71.

Тогда $W_P = 0.60 \cdot (1 + 0.1 \cdot 1.71) = 0.8 \%$.

Тогда по таблице 12.7 принимаем: Ey= 62 МПа; ϕ = 25°; C = 0,007 МПа. Таблица 12.7 – Расчетные значения характеристик грунтов

Вид	Число плас-	Содержание песчание песчание	Показа-							истик: сти $W_{\rm p}$	грунта. , %	,
грунта	тичности $J_p, \%$	ных зерен (2-0,5 мм), % по массе	тели	0,5	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90
				Пес	сок							
			$E_{\rm y}$, МПа					130,	0			
Крупный			φ					35°	- 4			
			C, MПа					0,004	4			
Средней			$E_{\rm v}$, M Π a					120,0)			
крупно-			φ									
сти			C, Ma					0,004	1			
			$E_{\rm v}$, МПа					100,0)			
Мелкий			φ					31°				
			C, МПа					0,003	3			
Одно-			$E_{\rm v}$, МПа					75,0				
родный			φ									
родпын			С, МПа				1	0,003				
Пылева-			$E_{\rm v}$, МПа	96,0	90,0	84,0	78,0	72,0	60,0	60,0	54,0	48,0
тый			φ	38°	38°	37°	37°	36°	35°	34°	33°	32°
			C , M Π a	<u> </u>	0,024	0,022	0,018	0,014	0,012	0,011	0,01	0,009
			E MIT-	Суп		100.0	100.0	70.0	69,0	62.0	54,0	50,0
Крупная	1 7	Более 50	$E_{\rm v}$, M Π a	32°	108,0 30°	100,0 29°	100,0 28°	79,0 27°	26°	62,0 25°	23°	22°
легкая	17	волее зо	φ <i>C</i> , МПа		0,016			0,011	0,010	0,007	0,005	
			$E_{\rm v}$, MIIa	108,0		100,0		79,0	69,0	62,0	54,0	50,0
Пылева-	1–7	Более 50	φ	32°	30°	29°	28°	27°	26°	25°	23°	22°
тая	1 /	Bosice 50	C , M Π a		0,020		0,013	0,011	0,010	0,007	0,005	
			L	Суглі		0,011	0,010		1,0,010	-		
Легкий			$E_{\rm v}$, МПа	· ·	100,0	77,0	64,0	52,0	42,0	34,0	27,0	23,0
непыле-	7–12	Более 40	φ	27°	25°	23°	21°	19°	18°	16°	13°	11°
ватый			С, МПа					0,014	0,011	0,009	0,006	0,004
Легкий			$E_{\rm y}$, МПа	108,0	100,0	77,0	64,0	52,0	42,0	34,0	27,0	23,0
пылева-	7–12	Менее 40	φ	28°	25°	24°	22°	20°	18°	16°	14°	11°
тый	_		C, МПа	0,040		0,030	0,019	0,015	0,012	0,009	0,007	0,005
Тяжелый		_	$E_{\rm v}$, МПа	100,0		62,0	49,0	38,0	29,0	21,0	13,0	10,0
непыле-	12–17	Более 40	φ	25°	22°	20°	18°	15°	13°	10°	7°	
ватый			С, МПа	0,050		0,030	0,022	0,016	0,013	0,010	0,008	0,007
Тяжелый	10 17	N 40	$E_{\rm v}$, M Π a			62,0	49,0	38,0	29,0	21,0	13,0	10,0
пылева-	12-17	Менее 40	Ф	25°	22°	20°	18°	15°	13°	10°	7°	0.007
тый			C , M Π a			0,030	0,022	0,016	0,013	0,010	0,008	0,007
77			Е МПо	Гли 82,0	62,0	51.0	24.0	24.0	17.0	10,0	5,0	
Легкая	17–27	Более 40	$E_{\rm v}$, M Π a	82.0 23°	20°	51,0 17°	34,0 15°	24,0 12°	17,0 8°	3°	5,0	
непыле- ватая	1/-2/	DONCE 40	φ <i>C</i> , МПа	0,060		0,032	0,024	0,020	0,020	0,010	0,008	0,010
Легкая			$E_{\rm v}$, M Π a	82,0	62,0	51,0	34,0	24,0	17,0	10,0	5,0	
пылева-	17–27	Менее 40	φ	23°	20°	17°	15°	12°	8°	3°		
тая	1/2/	1111100 40			0,040		0,024				0,008	0.010
. 60/1			$E_{\rm v}$, M Π a	70,0	48,0	34,0	24,0	16,0	10,0	5,0	4,0	
Тяжелая	Св. 27	Не норми-	Φ	22°	19°	16°	13°	10,0 10°	5°			
KBILDAN	CB. 41	руется	C , M Π a							_	0,006	
			C, IVII Ia	0,000	0,044	0,034	0,023	0,020	0,013	0,010	0,000	

Назначается расчетная конструкция дорожной одежды (таблица 12.8).

Таблица 12.8 – Параметры конструкции дорожной одежды

Номер слоя	Материал	<i>h</i> , м	E_{10} , МПа	E ₂₀ , МПа	E_0 , МПа	$R_{\scriptscriptstyle \rm H}$, МПа	φ	С, МПа
1	Асфальтобетон плотный м/з на би- туме БНД 90/130	0,06	2400	1200	3600	$R_{\text{H}} = 9.5$ m = 5.0 $\alpha = 4.8$		_
2	Асфальтобетон пористый к/з на битуме БНД 90/130	0,08	1400	800	2200	$R_{\text{H}} = 7.8$ m = 4.0 $\alpha = 8.6$	_	_
3	Щебень по способу заклинки	0,30	300				42°	0,04
4	Песок к/з	0,30	130		_		35°	0,004
5	Супесь легкая		62				25°	0,007

По таблице 12.9 определяем для группы нагрузок A_2 расчетный диаметр и давление: $D=0.37~\mathrm{M};~p=0.6\mathrm{M}\Pi a.$

Таблица 12.9 - Предельные нагрузки на ось расчетного двухосного автомобиля

Группа	Нормативная статическая нагрузка на покрытие	Расчетные параметры нагрузки				
расчетной нагрузки	от колеса расчетного автомобиля $Q_{\text{расч}}$, кН		<i>D</i> , м			
A ₁	50,0		$\frac{0,37}{0,33}$			
A_2	57,5	0,60	$\frac{0,39}{0,37}$			
A_3	65,0		$\frac{0,41}{0,39}$			

Примечания

Расчет по допускаемому упругому прогибу.

Расчет по допускаемому упругому прогибу выполняется послойно, начиная с подстилающего грунта, по номограмме (рисунок 12.2).

Слой основания из к/з песка (слой 4):

$$\frac{E_2^{IV}}{E_1^{IV}} = \frac{62}{130} = 0,48;$$

$$\frac{h_{IV}}{D} = \frac{0,30}{0,37} = 0,81.$$

По номограмме (рисунок 12.2):

$$\frac{E_{abu}^{IV}}{E_{a}^{IV}} = 0,725;$$

$$E_{obig}^{IV} = 130 \cdot 0,725 = 94,25 \ M\Pi a.$$

Слой основания из щебня по способу заклинки (слой 3):

$$\frac{E_2^{\text{III}}}{E_1^{\text{III}}} = \frac{94,25}{300} = 0,31;$$

$$\frac{h_{\text{III}}}{D} = \frac{0,30}{0,37} = 0,81.$$

Тогда
$$\frac{E_{o \delta u_l}^{III}}{E_1^{III}} = 0,58; \;\; E_{o \delta u_l}^{III} = 174 \; M \Pi a.$$

I В числителе приведены значения для движущегося колеса, в знаменателе — для неподвижного колеса.

² Данные о нагрузках, передаваемых на дорожное покрытие серийно выпускаемыми автотранспортными средствами, принимают по специальным справочникам.

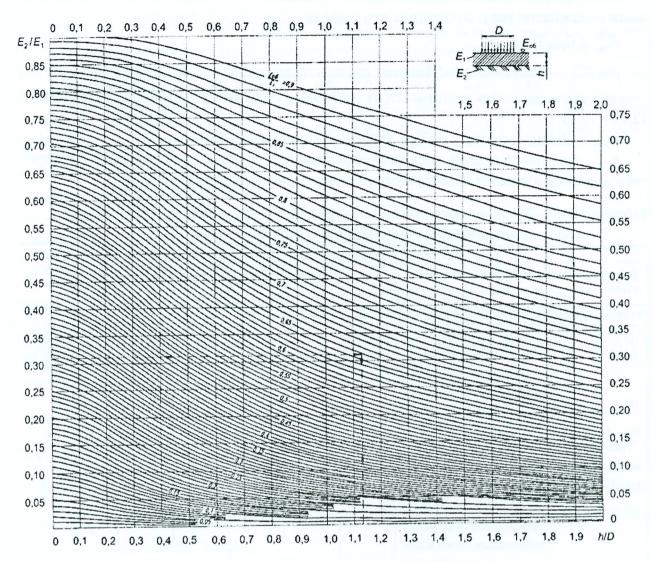


Рисунок 12.2 — Номограмма для определения общего модуля упругости двухслойной системы $E_{\text{обш}}$, МПа

Нижний слой покрытия из пористого асфальтобетона (слой 2):

$$\frac{E_2^{II}}{E_1^{II}} = \frac{174}{1400} = 0,12;$$

$$\frac{h_{y}}{D} = \frac{0.08}{0.37} = 0.21.$$

Тогда
$$\frac{E_{\text{общ}}^{II}}{E_{\text{I}}^{II}} = 0,15; \quad E_{oбщ}^{II} = 210 \ M\Pi a.$$

Верхний слой покрытия из плотного асфальтобетона (слой 1):

$$\frac{E_2^1}{E_1^1} = \frac{210}{2400} = 0,09;$$

$$\frac{h_1}{D} = \frac{0,06}{0,37} = 0,16.$$

Тогда
$$\frac{E_{
m ofm}^1}{E_1^1}=0,11;\;\;E_{
m ofm}^1=274\;{
m M}\,\Pi\,{
m a}.$$

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

$$K_{\mathsf{np}}^{\mathsf{Tp}} \leq \mathrm{E}_{\mathsf{o}\mathsf{Gitt}}/\mathrm{E}_{\mathsf{Tp}},$$
 (12.8)

где K_{np}^{Tp} – требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба, принимаемый в зависимости от требуемого коэффициента надежности по таблицам 12.10 - 12.13;

 $E_{oбщ}$ – общий расчетный модуль упругости конструкции, МПа;

 E_{mp} — требуемый модуль упругости дорожной конструкции с учетом категории дороги, типа дорожной одежды и интенсивности воздействия группы нагрузок, МПа.

Таблица 12.10 – Значения минимальных коэффициентов прочности дорожных одежд, предназначенных для движения группы нагрузок A₃

		Значени	ия коэфф	ициентов	для кате	гории ав	томобиль	ных до-		
Дорожная оде	жда капитального типа	por, n	редназна	ченных д	енных для движения группы нагрузок А3					
		I]	II		III, IV			
Заданный коэф	фициент надежности $K_{\scriptscriptstyle \rm H}$	0,98	0,95	0,98	0,95	0,98	0,95	0,90		
	упругого прогиба	1,40	1,20	1,28	1,10	1,18	1,05	1,00		
	сдвигоустойчивости неукрепленных слоев	1,25	1,15	1,20	1,10	1,15	1,05	1,00		
Требуемый	усталостного разрушения монолитных слоев при растяжении при изгибе	1,20	1,15	1,10	1,03	1,05	1,00	0,95		
коэффициент прочности K_{np}^{np} по критерию	сдвигоустойчивости асфальтобетонных сло- ев дорожной одежды	1,30	1,25	1,30	1,25	1,20	1,15	1,10		
	устойчивости асфальтобетонных слоев к совместному воздействию транспортной нагрузки и природно-климатических факторов	1,30	1,25	1,30	1,25	1,20	1,15	1,10		

Таблица 12.11 – Значения минимальных коэффициентов прочности дорожных одежд, предназначенных для движения групп нагрузок A₁ и A₂

		Значения коэффициентов для категории автомобильных до-									
Дорожная оде	жда капитального типа	рог,	рог, предназначенных для движения групп нагрузок \mathbf{A}_1								и А2
			I	I		III			IV		
Заданный коэс $K_{\rm H}$	фициент надежности	0,98	98 0,95 0,98 0,95 0,98		0,98	0,95	0,90	0,95	0,90	0,85	
	упругого прогиба	1,25	1,15	1,20	1,10	1,20	1,10	1,00	1,05	0,95	0,85
Требуемый коэффициент прочности $K_{np}^{\tau p}$ по критерию	сдвигоустойчивости неукрепленных слоев	1,10	1,00	1,10	1,00	1,10	1,00	0,94	1,00	0,94	0,90
	усталостного разру- шения монолитных слоев при растяжении при изгибе	1,10	1,00	1,10	1,00	1,10	1,00	0,94	1,00	0,94	0,90

Таблица 12.12 - Значения минимальных коэффициентов прочности дорожных одежд, пред-

назначенных для движения группы нагрузок А₁

Дорожная оде	Дорожная одежда облегченного типа		Значения коэффициентов для категории автомобильных рог, предназначенных для движения группы нагрузок							
	1	11	1	IV			V			
Заданный коэф	Заданный коэффициент надежности $K_{\scriptscriptstyle m H}$		0,90	0,90	0,85	0,80	0,80	0,75	0,70	
	упругого прогиба	1,17	1,10	1,06	1,02	1,00	0,98	0,94	0,90	
Требуемый коэффициент прочности $K_{np}^{\tau p}$ по критерию	сдвигоустойчивости неукрепленных слоев	1,00	0,94	0,90	0,87	0,94	0,87	0,84	0,80	
	усталостного разру- шения монолитных слоев при растяжении при изгибе	0,98	0,93	0,85	0,80	0,78	0,77	0,76	0,75	

Таблица 12.13 – Значения минимальных коэффициентов прочности дорожных одежд,

предназначенных для движения группы нагрузок A₁

Дорожная одежда переходного и низшего типов		Значения коэффициентов для категории автомобильных дорог, предназначенных для движения группы нагрузок A ₁					
		IV			V, VI		
Заданный коэффициент надежности К _н		0,85	0,80	0,75	0,80	0,75	0,70
Требуемый коэф-	упругого прогиба	1,06	1,02	1,00	1,06	0,98	0,90
фициент прочности	сдвигоустойчивости не-						
$K_{np}^{тp}$ по критерию	укрепленных слоев	0,90	0,87	0,85	0,94	0,87	0,80

Значение требуемого модуля упругости дорожной конструкции $E_{\tau p}$, МПа, при $\sum N_p > 4 \cdot 104$, шт., вычисляют по формуле:

$$E_{rp} = 98,65 \cdot \left\lceil \lg\left(\sum N_{p}\right) - c\right\rceil,\tag{12.9}$$

где $\sum N_{p}$ — число накопленных осей за расчетный срок службы дорожной одежды (12.4);

с — коэффициент, равный:

для группы нагрузок A_1 — 3,55; для группы нагрузок A_2 — 3,23;

для группы нагрузок A₃ — 3,05.

Независимо от результата расчета по формуле (12.9), требуемый модуль упругости дорожной конструкции E_{TD} должен быть не менее указанного в таблице 12.14.

Таблица 12.14 – Требуемый модуль упругости дорожной одежды $E_{\tau p}$

Категория	Требуемый модуль упругости дорожной одежды $E_{ ext{\tiny TD}},$ МПа				
автомобильной	капитальног	капитального типа при группе нагрузок		облегченного	переходного
дороги	A_1	A_2	A ₃	типа	и низшего типов
I	230	270	310	_	
II	220	250	280		
III	200	230	260	180	
IV	180	200	220	150	100
V		_		110	90
VI			_		70

Определяем значение минимально требуемого модуля упругости:

$$E_{TP} = 98,65 \cdot [\lg(\sum N_p) - c] = 98,65 \cdot [\lg(520\ 404) - 3,23)] = 245\ \text{M}\Pi a.$$

Требуемый коэффициент прочности $K_{np}^{Tp} = 1,1$.

Проверяется соблюдение условия (12.8)

 $274 > 245 \cdot 1,1 = 269,5$ МПа, т. е. условие выполнено.

Выполняем расчет конструкции монолитных слоев на сопротивление усталостному разрушению при растяжении при изгибе:

1 Определяем полное растягивающее напряжение при изгибе σ_r .

$$\sigma_r = \overline{\sigma}_r \cdot p \cdot K_6$$
,

где
$$p = 0.6 \,\mathrm{M}\Pi a$$
; $K_6 = 1.0$.

Для определения $\overline{\sigma}_r$ используют номограмму (рисунок 12.3). Для этого необходимо знать отношение значений $\frac{E_{_{\rm B}}}{E_{_{\rm OCH}}}$ и $\frac{h}{D}$. Расчетная температура 0 °C. Толщина монолитного

слоя h = 0.14 м.

Рисунок 12.3 — Номограмма для определения растягивающего напряжения $\overline{\sigma}_{r}$ при изгибе от одиночного нагружения в верхнем монолитном слое дорожной одежды

Приводим пакет асфальтобетонных слоев к средневзвешенному.

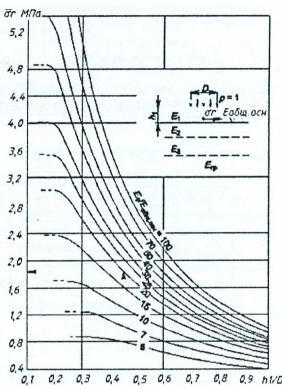
$$E_{\text{H}} = \frac{3600 \cdot 0,06 + 2200 \cdot 0,08}{0,14} = 2800 \text{ M}\Pi\text{a};$$

$$\frac{E_{\rm B}}{E_{\rm CCH}} = \frac{2800}{174} = 16,1;$$

$$\frac{h}{D} = \frac{0.14}{0.37} = 0.38;$$

$$\bar{\sigma}_{-} = 1.84 \text{ M}\Pi a.$$

Тогла $\sigma = 1.84 \cdot 0.6 \cdot 1 = 1.1$ МПа.



2 Определяют предельно допустимое растягивающее напряжение при изгибе.

$$R_{\text{\tiny AOII}} = R_{\text{\tiny M}} \cdot (1 - 0, 1t) \cdot K_{\text{\tiny M}} \cdot K_{\text{\tiny KH}} \cdot K_{\text{\tiny T}},$$

где $K_{M} = 0.85$;

 $K_{\rm T} = 0.90$;

$$K_{\text{\tiny KH}} = 8,6.520404^{-\frac{1}{4}} = 0,32.$$

Тогда
$$R_{\text{доп}}=7,8\cdot(1-0,1\cdot1,71)\cdot0,85\cdot0,90\cdot0,32=1,59$$
 .

В монолитных слоях дорожной одежды напряжения, возникающие при прогибе дорожной одежды под действием кратковременных повторных нагружений, не должны вызывать нарушения структуры материала и приводить к образованию трещин. Для этого должно выполняться условие

$$K_{np}^{mp} \le R_{\text{доп}}/\sigma r,$$
 (12.10)

где $K_{\eta p}^{mp}$ — требуемый коэффициент прочности дорожной одежды с учетом заданного коэффициента надежности, принимаемый по таблицам 12.10 - 12.13;

 $R_{\partial on}$ – предельно допустимое напряжение изгиба материала слоя с учетом усталости, определяемое расчетом, МПа;

 σ_r — полное растягивающее напряжение при изгибе, определяемое расчетом, МПа. Определяем выполнение условия (12.10):

$$K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 1, 1 < R_{\text{доп}} = 1,59$$
, т. е. условие выполняется.

Расчет сдвигоустойчивости слоев дорожной одежды

Прочность конструкции количественно оценивается величиной коэффициента прочности, определяемого по формуле:

$$K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = \frac{(\pi h_{_{3KB}})^2}{15Q_{\text{расч}}} \cdot \frac{(0.1\gamma z + Cctg\,\phi)}{K_{_{\text{дин}}}(ctg\,\phi + (\phi - \pi/2))},$$
(12.11)

где С— внутреннее сцепление в грунте или малосвязанном материале конструктивного слоя дорожной одежды, МПа;

ф — угол внутреннего трения грунта или материала дорожной одежды, рад;

 γ — средняя плотность материала монолитных слоев дорожной одежды, кг/см³;

Орасч — расчетная нагрузка на колесо автомобиля, кН;

 $K_{\text{дин}}$ — коэффициент динамичности, $K_{\text{дин}} = 1,3$;

z — расстояние от верха покрытия до верха рассчитываемого на прочность грунта или слоя основания из несвязных материалов, м;

 $h_{\text{экв}}$ — эквивалентная толщина слоев дорожной одежды, лежащих выше слоя, устойчивость которого учитывается при определении коэффициента прочности, м.

Эквивалентную толщину слоев дорожной одежды $h_{ж\dot{s}}$, м, вычисляют по формуле:

$$h_{DKB} = z - H_1 + H_1 (E_B/E_{HOBIII})1/3,$$
 (12.12)

где Н₁ — толщина верхнего слоя модели (толщина монолитных слоев), м.

Получаем:

- для шебня:

$$E_s = \frac{2400 \cdot 0,06 + 1400 \cdot 0,08}{0,14} = 1828,6 \text{ M}\Pi a;$$

$$E_{\text{нобш}} = 174 \text{ МПа}.$$

Тогда
$$h_{366} = 0.14 - 0.14 + 0.14 \cdot \sqrt[3]{\frac{1828.6}{174}} = 0.31 \text{ M};$$

$$\gamma = 0.0022 \text{ kg/cm}^3$$
;

$$Z = 0.14 \text{ M};$$

$$C = 0.04 \text{ M}\Pi a;$$

$$\varphi = 0,7$$
 рад;

$$Q_{pac4} = 50.0 \text{ kH};$$

$$K_{\text{лин}} = 1,3.$$

Тогда
$$K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = \frac{(3,14\cdot0,31)^2}{15\cdot50,0} \cdot \frac{(0,1\cdot0,0022\cdot0,14+0,04\cdot\text{ctg }0,7)}{1,3\cdot(\text{ctg }0,7+(0,7-1,57))} = 1,54\cdot$$

- для песка:

$$E_{\rm B} = \frac{2400 \cdot 0,06 + 1400 \cdot 0,08}{0,14} = 1828,6 \text{ MHz};$$

$$E_{\text{нобш}} = 94,25 \text{ МПа.}$$

Тогда
$$h_{\text{экв}} = 0.49 - 0.14 + 0.14 \cdot \sqrt[3]{\frac{1828,6}{94.25}} = 0.73 \text{ M};$$

$$\gamma = 0.0022 \text{ kg/cm}^3$$
;

$$Z = 0.49 \text{ m};$$

$$C = 0.004 \text{ M}\Pi a;$$

$$\varphi = 0,61$$
 рад;

$$Q_{pacy} = 50.0 \text{ kH};$$

$$K_{\text{лин}} = 1,3.$$

Тогда
$$K_{\rm np}^{\rm Tp} = \frac{(3,14\cdot0.73)^2}{15\cdot50,0} \cdot \frac{(0,1\cdot0.0022\cdot0.49+0.004\cdot{\rm ctg}~0.61)}{1.3\cdot({\rm ctg}~0.61+(0.61-1.57))} = 1.87 \cdot$$
- для грунта:
$$E_{\rm B} = \frac{2400\cdot0.06+1400\cdot0.08}{0.14} = 1828.6 \ {\rm M}\Pi{\rm a};$$

$$E_{\rm HoGiii} = 62 \ {\rm M}\Pi{\rm a}.$$
Тогда $h_{_{3{\rm KB}}} = 0.79-0.14+0.14\cdot\sqrt[3]{\frac{1828.6}{62}} = 1.08 \ {\rm M};$

$$\gamma = 0.0022 \ {\rm KF/cm}^3;$$

$$Z = 0.79 \ {\rm M};$$

$$C = 0.007 \ {\rm M}\Pi{\rm a};$$

$$\varphi = 0.44 \ {\rm pag};$$

$$Q_{\rm pac4} = 50.0 \ {\rm KH};$$

$$K_{\rm Дин} = 1.3.$$
Тогда $K_{\rm np}^{\rm Tp} = \frac{(3.14\cdot1.08)^2}{15\cdot50.0} \cdot \frac{(0.1\cdot0.0022\cdot0.79+0.007\cdot{\rm ctg}~0.44)}{1.3\cdot({\rm ctg}~0.44+(0.44-1.57))} = 3.86 \cdot$

Все условия выполняются, конструкция является прочной.

Пример №2

Требуется запроектировать дорожную одежду при проведении капитального ремонта городской улицы при следующих исходных данных:

- улица располагается во II дорожно-климатической зоне в г. Брест;
- категория улицы Ж;
- срок службы старой дорожной одежды до капитального ремонта T = 16 лет;
- требуемый срок службы дорожной одежды после капитального ремонта $T_{CЛ} = 8$ лет;
- конструкция старой дорожной одежды (толщина слоя, м) (по результатам обследований):
 - 1 слой (асфальтобетон) ≈ 0.051 ;
 - 2 слой (асфальтобетон) ≈ 0.086;
 - ≈ 0.15 : 3 слой (щебень)
 - ≈ 0.20 ; 4 слой (песок)
- грунт земляного полотна супесь легкая непылеватая;
- расчетная суточная интенсивность движения транспортных средств на наиболее загруженную полосу, приведенная к нормативной статической нагрузке Qn = 115 кH, составляет 368 ед/сут (по результатам замеров);
 - по результатам визуальных обследований покрытия получены следующие данные:

общая площадь покрытия

 -4193 m^2 ;

площадь покрытия со сдвиговыми деформациями — отсутствует;

площадь покрытия с температурными трещинами — 103 м²;

площадь покрытия с усталостными трещинами — 272 м^2 ;

площадь покрытия с коррозионными разрушениями — 1745 м².

Проверяем прочность существующей дорожной одежды.

Вычисляем суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки за срок службы при $T_{PД\Gamma} = 145$ дней, $k_n = 1,2$.

Откуда
$$\sum N_p = 368 \cdot 145 \cdot 8 \cdot 1,02 \cdot 1,2 = 522501.$$

Требуемый общий модуль упругости:

$$E_{ob}^{mp} = 1,3 \cdot 115 + 5,5 \cdot (\lg \sum 522501)^2 - 95 = 234 M\Pi a.$$

Рассмотрим расчетную схему конструкции существующей дорожной одежды с учетом уровня повреждаемости материалов слоев (рисунок 12.4).

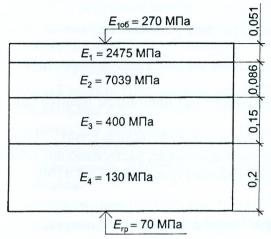


Рисунок 12.4 — Расчетная схема

Коэффициент запаса прочности составляет: $K_{\Pi P} = E_{OBIII} / E_{ob}^{mp} = 270/234 = 1,15$.

Требуемый минимальный коэффициент запаса прочности составляет 1,17 для уровня надежности P = 0.91 и срока службы $T_{\rm C,I} = 8$ лет.

Следовательно, существующая дорожная конструкция не удовлетворяет условию прочности по допускаемому упругому прогибу и требуется ее усиление. Учитывая неудовлетворительное состояние материалов покрытия, общий уровень надежности верхнего слоя, равный 0,34, ниже требуемого уровня надежности (для улиц с расчетным уровнем движения 5), равного 0,55, необходим капитальный ремонт дорожной одежды.

Так как объем дефектных мест с температурными трещинами составляет 6,5% от общей площади покрытия, то для предотвращения копирования дефектов новым покрытием, необходима массовая разделка трещин. Во избежание этой трудоемкой технологической операции необходимо выполнить фрезерование на глубину не менее 6 см.

Исходя из вышеизложенного, можно принять следующий ремонт существующей дорожной одежды:

- фрезерование на глубину 6 см;
- устройство нижнего несущего (выравнивающего) слоя из асфальтобетона типа АПДУ $\mathbf{3}_{i}^{c}$ III по минимальной толщиной 5 см;
 - устройство слоя покрытия из асфальтобетона типа АПДУ $\mathbf{4}_{\mathfrak{g}}^{\mathfrak{c}}$ III толщиной 5 см.

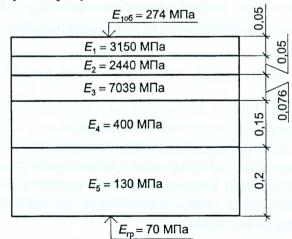
Проверяем прочность новой дорожной одежды.

Требуемый модуль упругости:

$$E_{of}^{np} = 1,3 \cdot 115 + 5,5 \cdot (\lg \sum 522501)^2 - 95 = 234 M\Pi a.$$

Рассмотрим расчетную схему конструкции дорожной одежды с учетом уровня повреждаемости материалов слоев, представленную на рисунке 12.5.

Рисунок 12.5 — Расчетная схема



Коэффициент запаса прочности составляет: $K_{np} = E_{obs} / E_{ob}^{np} = 274 / 234 = 1,17$.

Требуемый минимальный коэффициент запаса прочности составляет 1,17 для уровня надежности P = 0.91 и срока службы $T_{CJ} = 8$ лет.

Следовательно, новая дорожная конструкция удовлетворяет условию прочности по допускаемому упругому прогибу.

Определяем устойчивость материала монолитных слоев на действие транспортной нагрузки и погодно-климатических факторов.

Значение предельно допустимого уровня повреждаемости [ψ] принимаем равным 0,6 — для улиц с расчетным уровнем движения 5.

Определяем уровень повреждаемости слоя № 1 (новый асфальтобетонный слой).

Учитывая, что между слоем № 1 и слоем № 2 обеспечено сцепление, растягивающие напряжения в верхней и нижней частях слоя определяем по номограммам (рисунки 8.4 и 8.6 [6]).

Модуль упругости верхнего слоя E_{cp}^{s} = 6040 МПа.

Общий модуль упругости нижних слоев $E_{\infty}^{"}$ = 248 МПа (рис. 8.3 [6]).

Отношение модуля упругости верхнего слоя к модулю упругости нижнего слоя $n_1 = 6040/248 = 24$.

Максимальное растягивающее напряжение в слое $\sigma = 0,193$ МПа (рис. 8.6[6]).

Уровень повреждаемости материала слоя $\psi = 0,1$.

Следовательно, материал слоя удовлетворяет условию устойчивости по данному критерию.

Определяем уровень повреждаемости слоя № 2 (новый асфальтобетонный слой).

Учитывая, что между слоем № 2 и слоем № 3 обеспечено сцепление, растягивающие напряжения в верхней и нижней частях слоя определяем по номограммам (рисунки 8.4 и 8.6 [6]).

Средневзвешенный модуль упругости верхних слоев с учетом рассматриваемого слоя $E_{\rm co}^{\rm B1} = 5360~{\rm M}\Pi {\rm a}.$

Общий модуль упругости нижних слоев $E_{06}^{H} = 206$ МПа (рис. 8.3[6]).

Отношение модуля упругости верхнего слоя к модулю упругости нижнего слоя $n_1 = 5360/206 = 26$.

Максимальное растягивающее напряжение в слое $\sigma = 0.350$ МПа (рис. 8.4[6]).

Уровень повреждаемости материала слоя $\psi = 0.06$.

Следовательно, материал слоя удовлетворяет условию устойчивости по данному критерию.

Определяем уровень повреждаемости слоя № 3 (существующий асфальтобетонный слой).

Учитывая, что между слоем № 3 и слоем № 4 отсутствует сцепление, растягивающие напряжения в нижней части слоя определяем по номограмме (рис. 8.5[6]).

Средневзвешенный модуль упругости верхних слоев с учетом рассматриваемого слоя $E_{\rm cp}^{\rm B\,I} = 6115{\rm M}\Pi{\rm a}.$

Расчетный модуль упругости материалов монолитного слоя при температуре 0 °C $E_0 = 7108 \ \mathrm{MHz}$.

Общий модуль упругости нижних слоев $E_{\rm o6}^{\rm H} = 138$ МПа (рис. 8.3[6]).

Средневзвешенный модуль упругости верхних слоев без учета рассматриваемого слоя $E_{\rm cp}^{\rm B2}$ = 5360МПа.

Отношение модуля упругости верхнего слоя к модулю упругости нижнего слоя $n_1 = \frac{6115 \cdot 7108}{138 \cdot 5360} = 59.$

Максимальное растягивающее напряжение в слое $\sigma = 1,380$ МПа (рис. 8.5[6]).

Уровень повреждаемости материала слоя $\psi = 0.39$.

Следовательно, материал слоя удовлетворяет условию устойчивости по данному критерию.

Таким образом, запроектированная конструкция дорожной одежды обеспечивает устойчивость материала монолитных слоев на действие транспортной нагрузки и погодно-климатических факторов.

Рассчитываем конструкцию по условию сдвигоустойчивости.

Расчетные характеристики материалов конструктивных слоев принимаем при температуре 50 °C. Требуемый минимальный коэффициент запаса прочности K_i (рис. 8.1 [6]) составляет 1,17 для уровня надежности P = 0,91 и срока службы $T_{CJ} = 8$ лет.

Проверяем сдвигоустойчивость материала слоя № 1.

Модуль упругости верхнего слоя $E_{co}^{B} = 190 \text{ M}\Pi a$.

Общий модуль упругости нижних слоев $E_H = 152 \text{ M}\Pi \text{a}$ (рис. 8.3[6]).

Касательные напряжения $\tau = 0,189$ МПа (рис. 8.9[6]).

Нормальные напряжения σ = 0,116 МПа (рис. 8.11[6]).

Коэффициент запаса прочности $K_{\Pi P} = 1,46$.

Следовательно, материал слоя удовлетворяет условию прочности по критерию сдвигоустойчивости.

Проверяем сдвигоустойчивость материала слоя № 2.

Средневзвешенный модуль упругости верхних слоев $E_{cp}^{B} = 190 \text{ M}\Pi a$.

Общий модуль упругости нижних слоев $E_H = 152$ МПа (рис. 8.3[6]).

Касательные напряжения $\tau = 0,224$ МПа (рис. 8.10[6]).

Нормальные напряжения $\sigma = -0.039$ МПа (рис. 8.12[6]).

Коэффициент запаса прочности $K_{\Pi P} = 1,23$.

Следовательно, материал слоя удовлетворяет условию прочности по критерию сдвиго-устойчивости.

Проверяем сдвигоустойчивость материала слоя № 3.

Средневзвещенный модуль упругости верхних слоев $E_{\rm cp}^{\rm B}=170~{\rm M}\Pi{\rm a}.$

Общий модуль упругости нижних слоев E_H = 155 МПа (рис. 8.3[6]).

Касательные напряжения $\tau = 0.203$ МПа (рис. 8.10[6]).

Нормальные напряжения σ = -0,041 МПа (рис. 8.12[6]).

Коэффициент запаса прочности $K_{\Pi P} = 2.8$.

Следовательно, материал слоя удовлетворяет условию прочности по критерию сдвиго-устойчивости.

Проверяем сдвигоустойчивость материала слоя № 4.

Средневзвешенный модуль упругости верхних слоев $E_{cp}^{B} = 236 \text{ M}\Pi a$.

Общий модуль упругости нижних слоев $E_H = 138$ МПа (рис. 8.3[6]).

Касательные напряжения $\tau = 0.139$ МПа (рис. 8.10[6]).

Нормальные напряжения $\sigma = -0.03$ МПа (рис. 8.12[6]).

Коэффициент запаса прочности $K_{\Pi P} = 1,28$.

Следовательно, материал слоя удовлетворяет условию прочности по критерию сдвигоустойчивости.

Проверяем сдвигоустойчивость материала слоя № 5.

Средневзвешенный модуль упругости верхних слоев $E_{cp}^{B} = 312 \text{ M}\Pi a$.

Общий модуль упругости нижних слоев $E_H = 90 \text{ M}\Pi \text{a}$ (рис. 8.3[6]).

Касательные напряжения $\tau = 0.072$ МПа (рис. 8.10[6]).

Нормальные напряжения $\sigma = 0.028$ МПа (рис. 8.12[6]).

Коэффициент запаса прочности $K_{\Pi P} = 1,25$.

Следовательно, материал слоя удовлетворяет условию прочности по критерию сдвиго-устойчивости.

Для обеспечения надежности материала покрытия и требуемого срока службы подрядчик на стадии подбора состава должен обеспечить уровень надежности P = 0.91.

Рассмотренная конструкция дорожной одежды удовлетворяют всем критериям прочности и обеспечивают заданный срок службы и уровень надежности.

13. РАЗРАБОТКА РАБОЧИХ ЧЕРТЕЖЕЙ.

Исходным материалом для разработки чертежей являются копии рабочих чертежей (графическая часть) курсового проекта (план дороги, продольные и поперечные профиля), чертежи пересечений (в случае их переустройства), на которые и наносятся все необходимые изменения и дополнения, согласно требованиям СТ БрГТУ-2002.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1. Руководство по оценке пропускной способности автомобильных дорог. М: Транспорт, 1974.
- 2. «Автомобильные дороги. Нормы проектирования: ТКП 45-3.03-19-2006 Минск : Министерство архитектуры и строительства РБ, 2006.
- 3. Указания но обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах: ВСН 25-86.
- 4. Автомобильные дороги. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования: ТКП 45-3.03-112-2008. Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2009.
- 5. Бобков. Реконструкция автомобильных дорог. М.: Высшая школа, 1973.
- 6. Проектирование дорожных одежд улиц и дорог населенных пунктов: ТКП 3.03-3-2004. Минск: Министерство архитектуры и строительства РБ, 2005.
- 7. Шведовский, П.В. Реконструкция мостов, дорог и транспортных сооружений / П.В. Шведовский, В.Н. Дедок Брест : БрГТУ, 2001.

Приложение А

Таблица А.1 — Коэффициент приведения автомобиля і-го типа к легковому автомобилю

Типы транспортных средств	Коэффициент приведения	
Легковые автомобили и мотоциклы, микроавтобусы	1,0	
Грузовые автомобили грузоподъемностью, т:		
до 2 включ.	1,3	
св. 2 " 6 "	1,4	
" 6 " 8 "	1,6	
" 8 " 14 "	1,8	
" 14	2,0	
Автопоезда грузоподъемностью, т:		
до 12 включ.	1,8	
св. 12 " 20 "	2,2	
" 20 " 30 "	2,7	
" 30	3,2	
Автобусы малой вместимости	1,4	
То же, средней	2,5	
" большой	3,0	
" сочлененные и троллейбусы	4,6	

Таблица А.2 — Значения суммарных коэффициентов приведения $S_{mсум}$ для различных транспортных средств для расчета дорожной одежды

портных средств для расчета дорожной одежды	Коэффициенты приведения $S_{mсум}$			
Вид транспортного средства	к расчетной нагрузке			
	$K_{\text{rm}}(A_1)$	$K_{\text{mp}}(A_2)$	$K_{\text{tup}}\left(\mathbf{A}_{3}\right)$	
1 Легковой автомобиль	0,002	0,0015	0,0012	
2 Микроавтобус	0,0037	0,0027	0,002	
3 Грузовые автомобили	0.20	0.10	0.05	
3.1 Легкие (грузоподъемность 2–5 т)	0,20	0,10	0,05	
3.2 Средние (грузоподъемность 5-8 т)	0,60	0,30	0,27	
3.3 Тяжелые грузовые автомобили		· · · · · ·		
3.3.1 (задняя ось 10,0 т)	1,00	0,87	0,65	
3.3.2 (задняя ось 11,5 т)	1,35	1,00	0,87	
3.3.3 (задняя ось 13,0 т)	2,90	1,50	1,00	
3.3.4 (тележка 20,0 т)	3,60	1,60	1,10	
3.3.5 (тележка 26,0 т)	4,80	3,50	2,00	
4 Автопоезда с полуприцепом				
4.1 (задняя ось тягача 11,5 т)	2,50	1,50	0,90	
4.2 (задняя ось тягача 13,0 т)	4,20	2,50	1,70	
4.3 (задняя ось тягача 11,5 т)	3,00	1,90	1,10	
4.4 (задняя ось тягача 13,0 т)	6,20	3,50	2,20	

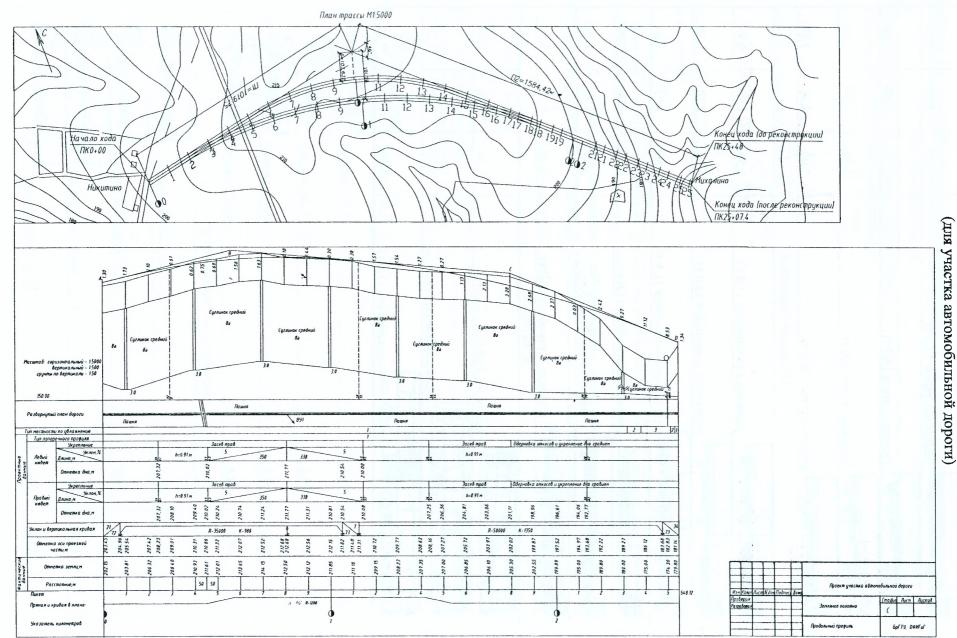
Продолжение таблицы А 2			
4.5 (задняя ось тягача 11,5 т)	7,00	4,10	2,50
4.6 (тележка тягача 18,0 т)	3,00	1,90	1,10_
4.7 (тележка тягача 20,0 т)	5,50	3,50	2,20
4.8 (тележка тягача 20,0 т)	7,00	4,00	2,80
5 Автопоезда с прицепом			
5.1 (задняя ось автомобиля 11,5 т)	2,50	1,20	0,95
5.2 (задняя ось автомобиля 13,0 т)	4,00	2,20	1,30
5.3 (задняя ось автомобиля 11,5 т)	3,50	2,00	1,20
5.4 (задняя ось автомобиля 13,0 т)	6,40	4,00	2,80
5.5 (тележка автомобиля 20,0 т)	4,00	2,50	1,70
5.6 (тележка автомобиля 26,0 т)	8,10	5,00	3,50
6 Автобусы			
6.1 (задняя ось 11,5 т)	1,50	1,00	0,60
6.2 (средняя ось 11,5 т)	3,76	1,90	1,20
(средим осы 11,5 1)	3,70	1,50	1,20

(средняя ось 11,5 т)

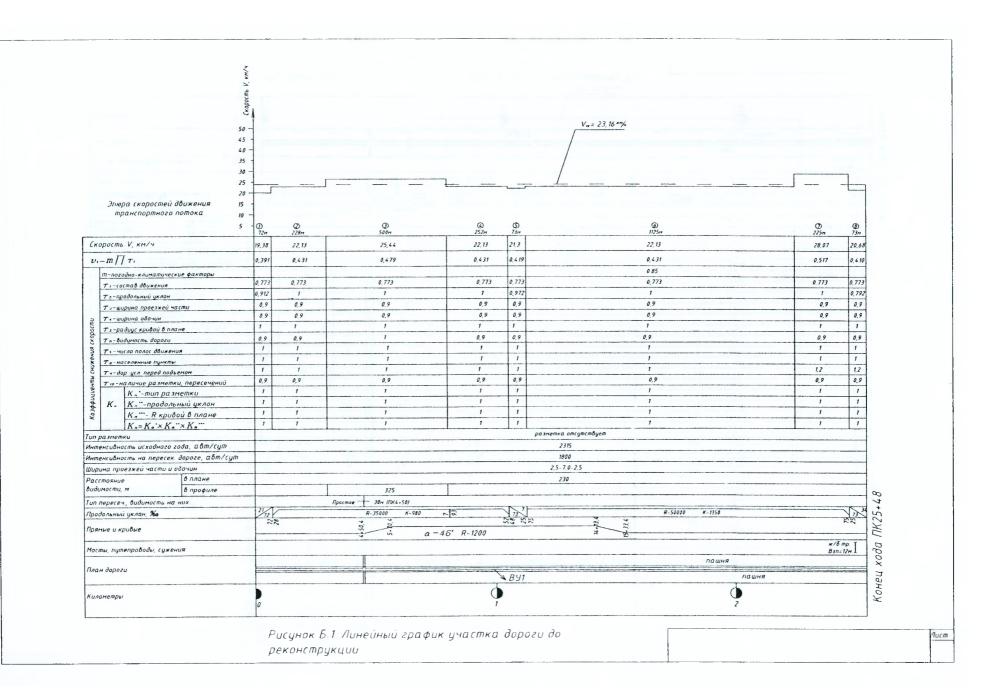
2,00

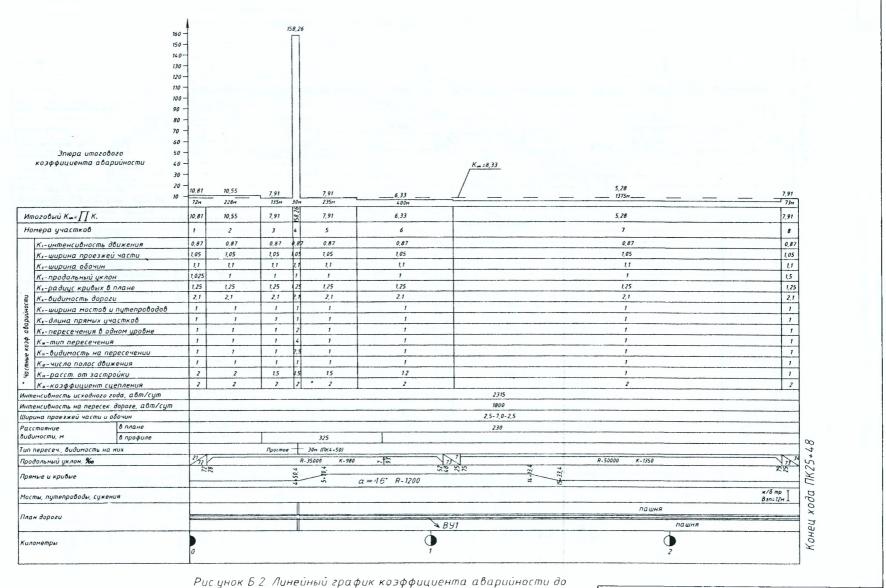
1,20

0,80



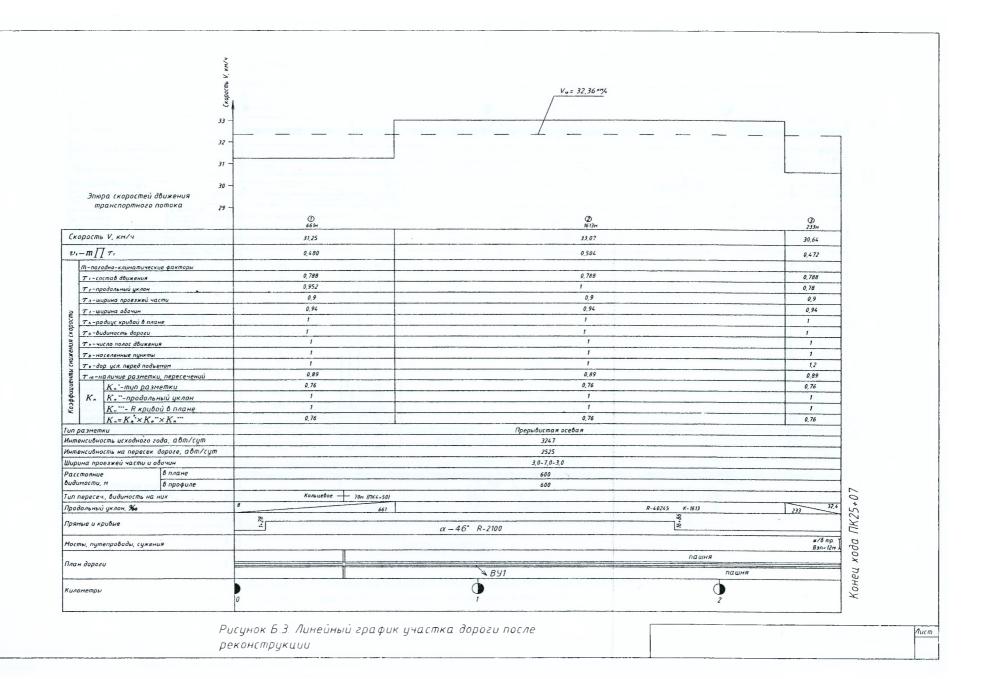
Приложение Б





Aucm

Рисунок Б.2 Линейный график коэффициента аварийности до реконструкции



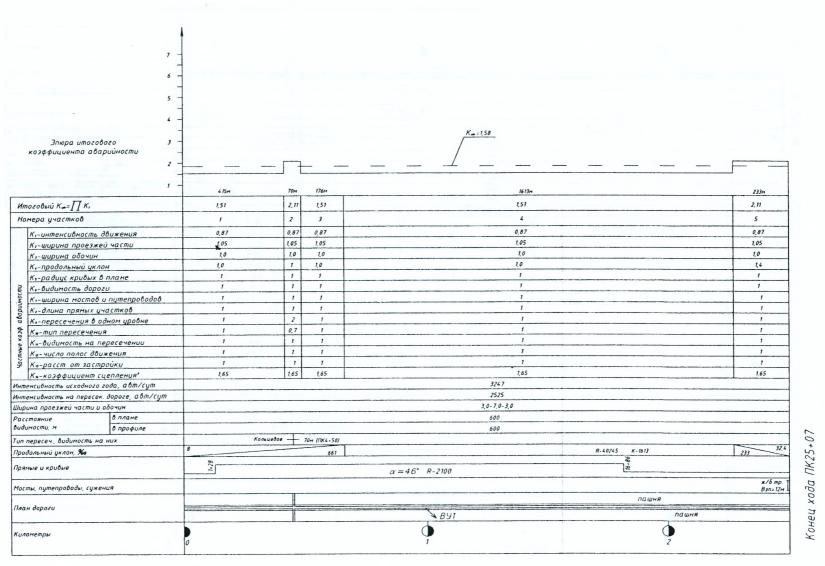


Рисунок Б.4. Линейный график коэффициента аварийности после реконструкции

Nucm

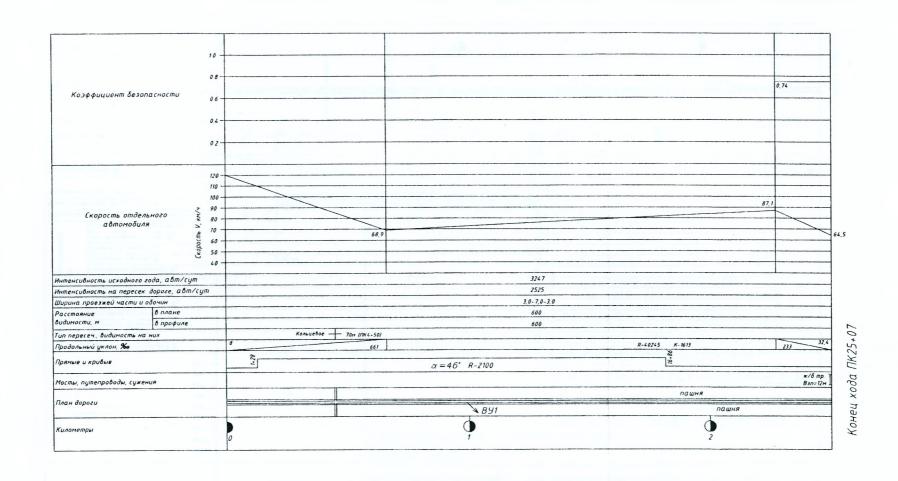


Рисунок Б.5 Линейный график скорости одиночного автомобиля и коэффициентов безопасности после реконструкции

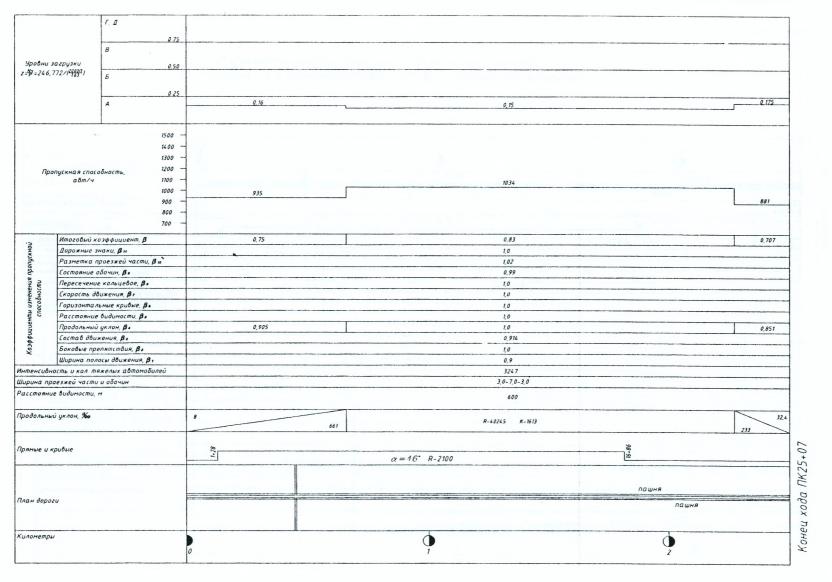
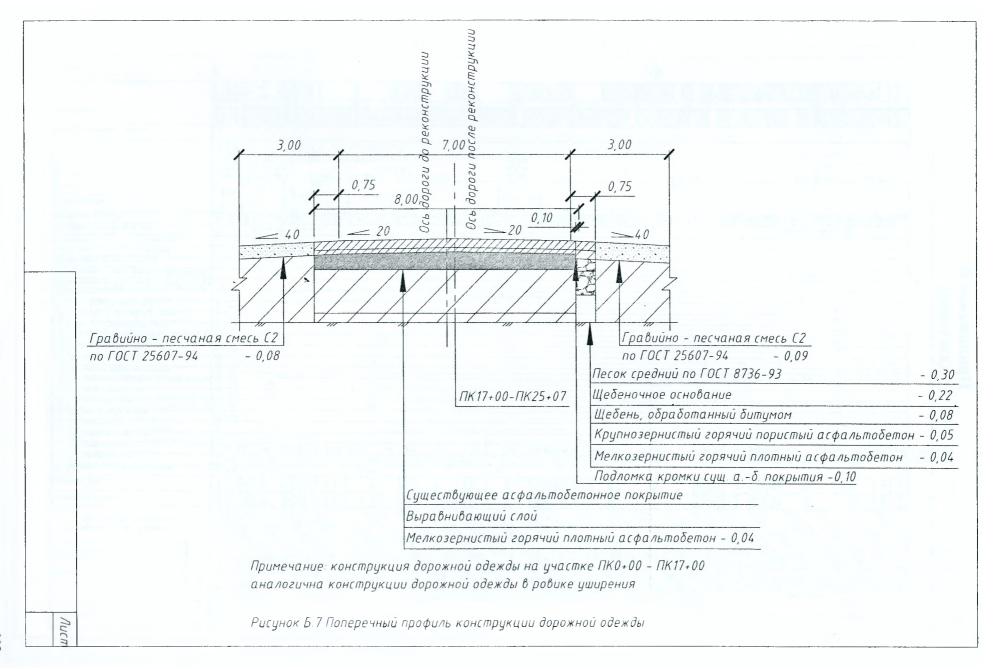
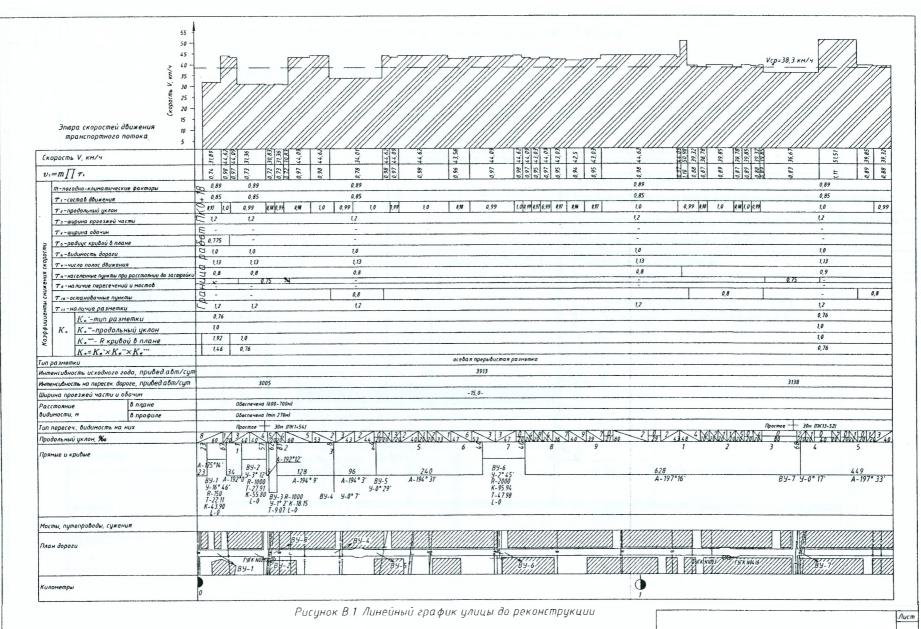
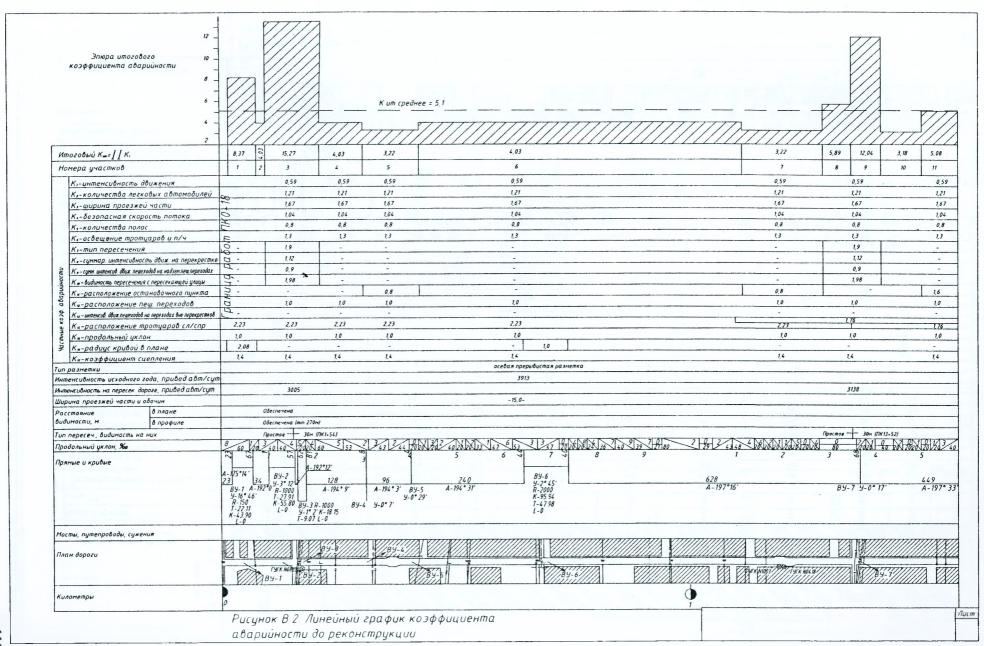


Рисунок Б.6. График пропускной способности дороги и коэффициента загрузки движением после реконструкции







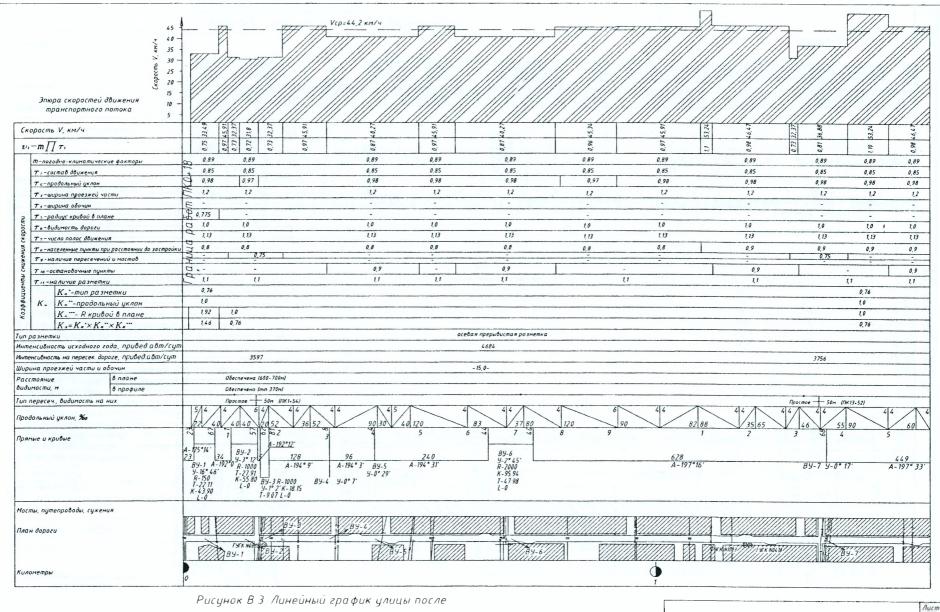


Рисунок В 3 Линейный график улицы после реконструкции

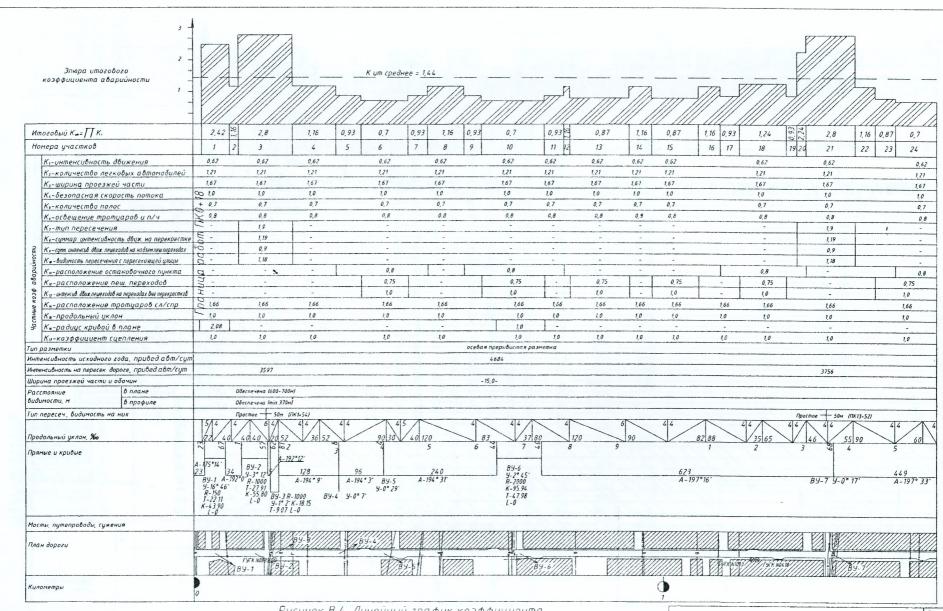
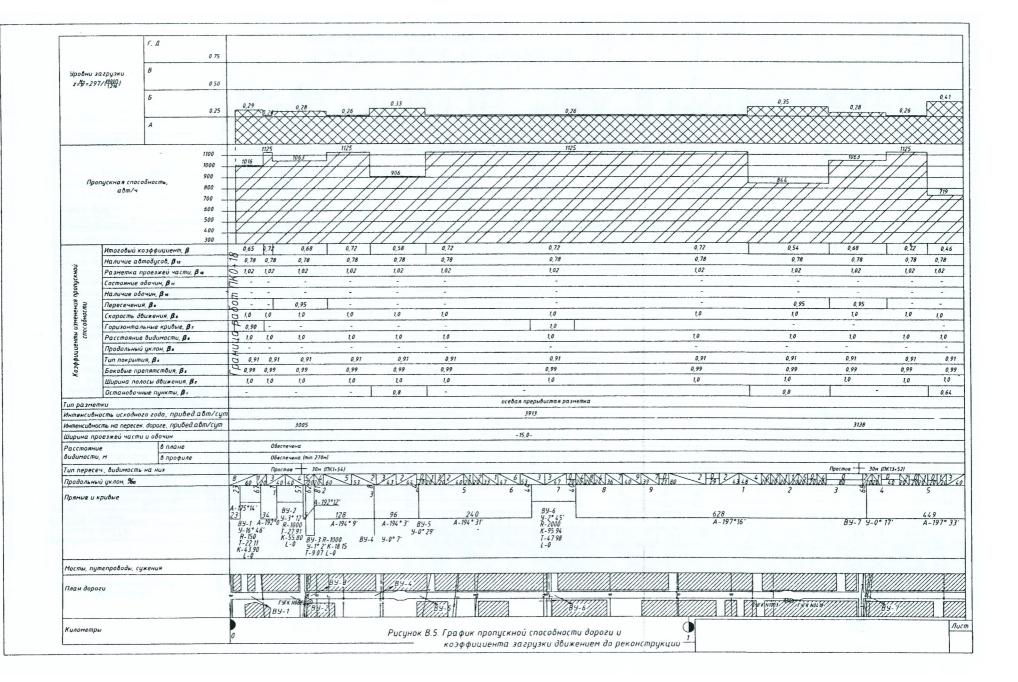


Рисунок В.4 Линейный график коэффициента аварийности после реконструкции



Слесарчик Вадим Михайлович Шведовский Петр Владимирович

Реконструкция дорог и дорожных сооружений

(справочно-методическое пособие, часть I)

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом Учреждения образования «Брестский государственный технический университет» в качестве учебного пособия к разработке курсовой работы по дисциплине «Реконструкция автомобильных дорог и дорожных сооружений» и раздела «Обоснование проектных решений» дипломных проектов по тематике «Реконструкция и капитальный ремонт автомобильных дорог и городских улиц» для студентов дневной и заочной форм обучения по специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги»

Ответственный за выпуск: П.В. Шведовский Редактор: Т.В. Строкач Компьютерная верстка: Е.А. Боровикова Корректор: Е.В. Никитчик

Лицензия № 02330/0549435 от 8.04.2009 г. Подписано к печати 23.08.2010 г. Бумага «Снегурочка». Формат 60х84 ¹/₈. Гарнитура «Тітев New Roman». Усл. п. л. 14,0. Уч.-изд. л. 15,0. Тираж 90 экз. Заказ № 823. Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

