

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
**«МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)»  
ВОЛЖСКИЙ ФИЛИАЛ**

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЧАСТКА АВТОМАГИСТРАЛИ**

Методические указания к курсовому проектированию  
по дисциплине «Проектирование автомагистралей»  
для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство»  
по профилю «Автомобильные дороги»  
всех форм обучения

Чебоксары, 2025

## **ВВЕДЕНИЕ**

Методические указания составлены для систематизации работы студентов при выполнении курсового проекта. В них представлена необходимая последовательность выполнения проекта. Методические указания по своему объёму и содержанию соответствуют рабочей программе учебной дисциплины «Основы проектирования автомобильных дорог».

### **1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

#### **1.1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Проект преследует цель выбора варианта участка автомагистрали в характерных природных условиях как наиболее экономичного и удовлетворяющего требованиям удобства и безопасности движения.

Курсовой проект выполняется как заключительный по дисциплине «Основы проектирования автомобильных дорог» и предусматривает использование всего комплекса полученных студентом знаний.

#### **1.2. СОСТАВ И ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Курсовой проект должен содержать следующие материалы:

- задание на выполнение курсового проекта;
- пояснительную записку с описанием климатических, грунтово-гидрогеологических условий и рельефа местности, выбором технических нормативов на элементы трассы, подтверждаемыми соответствующими расчётами и пояснениями, технико-экономическим обоснованием выбора наиболее экономичного варианта трассы;
- графический материал, содержащий топографическую карту местности с вариантами трассы, продольный и поперечные профили автомобильной дороги, конструкции дорожной одежды, малого водопропускного сооружения, график коэффициентов аварийности или безопасности, эпюру скоростей движения, чертёж детали проекта.

Состав курсового проекта приведён в задании на проектирование.

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

Весь графический материал курсового проекта возможно выполнять в прикладном графическом редакторе типа Autodesk AutoCAD.

Требования к оформлению пояснительной записки и графических материалов курсового проекта приведены в [5]. При оформлении графических материалов необходимо учитывать требования [14, 15].

## 2. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ РАЙОНА ПРОЕКТИРУЕМОЙ АВТОМАГИСТРАЛИ

В этом разделе даётся краткое описание географического положения и природных условий района проектирования дороги (район проложения трассы назначается каждому студенту руководителем в задании к курсовому проекту).

*Климатические характеристики* выписываются из [9, 10]. К ним относятся: максимальная и минимальная температуры воздуха, глубина промерзания грунтов, приводятся розы ветров по повторяемости и скорости ветра для осенне-зимнего периодов, указывается среднегодовая высота снегового покрова, количество атмосферных осадков, устанавливается дорожно-климатическая зона.

На основании выписанных климатических характеристик строится дорожно-климатический график (пример графика приведён в [1, 3]). По графику определяются сроки выполнения подготовительных работ, строительства земляного полотна, искусственных сооружений, дорожной одежды.

*Рельеф местности.* После детального изучения выданной топографической карты местности, даётся краткая характеристика рельефа района проектирования дороги: устанавливаются высотные препятствия, низменности и другое с целью выбора наиболее целесообразного направления трассы дороги, обеспечивающего проложение проектной линии как можно ближе к «воздушной линии» с минимальными объёмами земляных работ и искусственных сооружений. В зависимости от рельефа определяется тип местности по характеру и степени увлажнения, определяющий конструкцию дорожной одежды и земляного полотна на проектируемом участке.

*Грунтово-геологическое строение местности.* На основании задания к курсовому проекту и топографической карты даётся описание типов грунтов, наличия оползней, устойчивости склонов и т.п.

*Гидрологические условия.* По карте устанавливаются наличие заболоченных участков, места постоянно действующих водотоков, участки с необеспеченным поверхностным стоком, глубина залегания грунтовых вод и т.п.

*Растительность.* По карте местности указывается наличие лесов, парков, земель, занятых ценными угодьями, даётся оценка их влияния с точки зрения обеспечения видимости, снегозащитной роли и охраны окружающей среды.

*Экономическая характеристика района проектирования дороги* включает оценку состояния развития народного хозяйства, перспективу образования и развития новых объектов народной экономики, развитие транспортной сети в районе проектирования автомагистрали.

*Дорожно-строительные материалы.* Даётся краткое описание района проектирования с точки зрения обеспеченности дорожно-строительными материалами, которые можно использовать при строительстве автомобильной дороги (устройстве земляного полотна, дорожной одежды, искусственных сооружений). При отсутствии таких материалов в районе строительства дороги необходимо указать наличие месторождений соответствующих материалов в соседних областях и способ доставки их к месту строительства.

### **3. ОБОСНОВАНИЕ РАСЧЁТОМ ТЕХНИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ ПРОЕКТИРУЕМОЙ АВТОМАГИСТРАЛИ**

#### **3.1. УСТАНОВЛЕНИЕ КЛАССА И ТЕХНИЧЕСКОЙ КАТЕГОРИИ ДОРОГИ**

Для приведённых в задании к курсовому проекту транспортных средств по [4, прил. 1] устанавливаются их транспортно-эксплуатационные показатели.

По исходным данным об интенсивности движения и составе транспортного потока, приведённым в задании к курсовому проекту, необходимо согласно [13] рассчитать по формуле (3.1) интенсивность движения, приведённую к легковому автомобилю:

$$N_p^{\text{прив}} = N_1 K_1 + N_2 K_2 + \dots + N_n K_n, \quad (3.1)$$

где  $N_1, N_2, \dots, N_n$  – заданная интенсивность движения отдельных типов транспортных средств, авт./сут;  $K_1, K_2, \dots, K_n$  – коэффициенты приведения этих транспортных средств к легковому автомобилю [8].

По значению  $N_p^{\text{прив}}$  [11 – 13] устанавливается класс и техническая категория проектируемой дороги.

#### **3.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРИНЫ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ С ОБОСНОВАНИЕМ НЕОБХОДИМОГО ЧИСЛА ПОЛОС ДВИЖЕНИЯ**

В соответствии с установленной категорией дороги и заданной интенсивностью движения определяем необходимое число полос движения по формуле

$$n = \frac{\alpha K_n N_p \varepsilon}{z P \gamma}, \quad (3.2)$$

где  $\alpha$  – коэффициент перехода от суточной интенсивности движения к часовой ( $\alpha = 0,1$ );  $K_n N_p$  – приведённая интенсивность движения, прив. ед./сут ( $K_n N_p = N_p^{\text{прив}}$ );  $\varepsilon$  – коэффициент сезонной неравномер-

ности изменения интенсивности движения ( $\epsilon = 1$ );  $z$  – расчётный коэффициент загрузки дороги движением, зависящий от уровня удобства движения ( $z = 0,3 \dots 0,5$ );  $\gamma$  – коэффициент, зависящий от рельефа местности (для равнинного рельефа – 1,0; пересечённого – 0,8; сильно пересечённого – 0,6);  $P$  – пропускная способность одной полосы движения определяется по формуле

$$P = BP_{\max}, \text{ авт./ч}, \quad (3.3)$$

где  $B$  – итоговый коэффициент снижения пропускной способности, равный произведению частных коэффициентов  $\beta_1 \dots \beta_{15}$ , отражающих влияние различных элементов дороги на пропускную способность их значения, приведены в [3];  $P_{\max}$  – максимальная пропускная способность полосы движения, авт./ч (для двухполосных дорог – 2000 авт./ч в оба направления; трёхполосных – 4000 авт./ч в оба направления; четырёхполосных – 2000 авт./ч по одной полосе движения).

Для автомагистрали ширина каждой полосы движения определяется из условия попутного движения двух колонн автомобилей, движущихся с расчётной скоростью (рис. 3.1).

Ширина полосы движения зависит от ширины кузова автомобиля  $a$ , его колеи  $c$ , величины предохранительной полосы между колесом автомобиля и кромкой проезжей части  $y$ , величины зазора безопасности между кузовом автомобиля и границей полосы  $x$ . Значения  $y$  и  $x$  определяются по формулам:

$$\begin{aligned} y &= 0,5 + 0,05V_p - \text{предохранительная полоса;} \\ x &= 0,35 + 0,05V_p - \text{зазор безопасности.} \end{aligned} \quad (3.4)$$

где  $V_p$  – расчётная скорость автомобиля (приведена в задании).

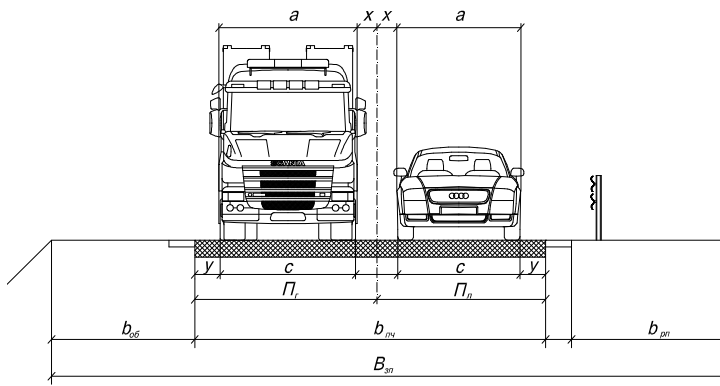


Рис. 3.1. Расчётная схема для определения геометрических элементов проезжей части земляного полотна автомобильной дороги

Ширина полосы определяется отдельно для грузовых и легковых автомобилей, преобладающих в составе транспортного потока по формуле

$$\Pi_{г,л} = \frac{a+c}{2} + 0,85 + 0,01V_{г,л}, \text{ м.} \quad (3.5)$$

Общая ширина проезжей части определяется по формуле

$$B_{п,л} = \Pi_{г} + \Pi_{л}, \text{ м.} \quad (3.6)$$

### 3.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРИНЫ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА С ОБОСНОВАНИЕМ ШИРИНЫ ОБОЧИН

При определении общей ширины земляного полотна ( $B_{з,п}$ ) учитывают устройство краевых укрепительных полос ( $b_{к,п}$ ), устройство раздельной полосы ( $b_{р,п}$ ) и ширину обочин ( $b_{об}$ ) по формуле

$$B_{з,п} = 2B_{п,ч} + 2b_{к,п} + b_{р,п} + 2b_{об}, \text{ м.} \quad (3.7)$$

Значения  $B_{з,п}$ ,  $b_{к,п}$  и  $b_{р,п}$  определяются по [12, 13].

### 3.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ ПРОДОЛЬНЫХ УКЛОНОВ

Предельные продольные уклоны, преодолеваемые автомобилями, определяются графоаналитическим методом по динамическому фактору автомобиля Д [3, 4] по формуле

$$Д = f \pm i \pm \delta j, \text{ Н/м,} \quad (3.8)$$

где  $f$  – коэффициент сопротивления качению (формула 3.11, [4]);  $i$  – продольный уклон дороги;  $\delta$  – коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся масс автомобиля;  $j$  – относительное ускорение.

Расчёт продольного уклона ведётся для равномерного движения автомобиля с постоянной скоростью ( $\delta j = 0$ ).

### 3.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАССТОЯНИЯ ВИДИМОСТИ

Для автомагистрали с раздельной полосой расчётное расстояние видимости определяется из условия остановки автомобиля перед препятствием (расстояние видимости поверхности дороги). Расчёт ведётся для горизонтального участка дороги по формуле

$$S = \frac{V_p}{3,6} + \frac{K_3 V_p}{254\phi} + l_{3,6}, \text{ м,} \quad (3.9)$$

где  $V_p$  – расчётная скорость движения наиболее быстрого автомобиля (см. задание), км/ч;  $K_3$  – коэффициент учитывающий эффективность действия тормозов (1,3 – для легкового автомобиля; 1,85 – для грузовых автомобилей, автобусов и автопоездов);  $\varphi$  – коэффициент продольного сцепления, при торможении на чистых покрытиях  $\varphi = 0,5$ ;  $l_{3,6}$  – зазор безопасности ( $l_{3,6} = 5 \dots 10$  м).

При невозможности обойти населённый пункт необходимо определить минимальное расстояние боковой видимости по формуле

$$S_{\text{бок}} = \left( \frac{V_p}{V_a} \right) S, \text{ м}, \quad (3.10)$$

где  $V_p$  – скорость бегущего пешехода ( $V_p \approx 10$  км/ч);  $V_a$  – скорость движения автомобиля ( $V_a = 60$  км/ч);  $S$  – см. формулу 3.9.

### 3.6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНЫХ РАДИУСОВ КРИВЫХ В ПЛАНЕ

Минимальный радиус кривой в плане определяется из условия движения автомобиля по слегка увлажнённому чистому покрытию.

Радиус кривой в плане без виража определяется по формуле

$$R_{\text{min}}^{\text{б.в}} = \frac{V_p^2}{127(\varphi - i_{\text{п.ч}})}, \text{ м}, \quad (3.11)$$

где  $V_p$  – расчётная скорость движения автомобиля, км/ч;  $\varphi$  – коэффициент поперечного сцепления (0,05...0,10);  $i_{\text{п.ч}}$  – поперечный уклон проезжей части, доли единиц, принимается по [13] в зависимости от категории дороги, дорожно-климатической зоны и типа покрытия дорожной одежды.

Радиус кривой в плане с устройством виража определяется по формуле

$$R_{\text{min}}^{\text{в}} = \frac{V_p^2}{127(\varphi + i_{\text{п.ч}})}, \text{ м}, \quad (3.12)$$

где  $\varphi = 0,15 \dots 0,20$ .

Длина отгона виража определяется по формуле

$$L_{\text{отг}} = \frac{B_{\text{п.ч}} i_{\text{в}}}{i_3}, \text{ м}, \quad (3.13)$$

где  $B_{п.ч}$  – ширина проезжей части;  $i_b$  – поперечный уклон виража, принимается по [13];  $i_3$  – дополнительный уклон, возникающий при подъёме наружной кромки проезжей части над проектным уклоном (5‰ – для дороги I категории и 20‰ – в горной местности).

Минимальная длина переходной кривой определяется по формуле

$$L_{\min}^{п.к} = \frac{V_p^3}{47IR_{\min}^B}, \text{ м}, \quad (3.14)$$

где  $I$  – нарастание центробежного ускорения при движении автомобиля по участку переходной кривой ( $0,5 \text{ м/с}^3$ ).

Радиус кривой, при котором видимость поверхности дороги будет соответствовать расчётному расстоянию видимости в ночное время определяется по формуле

$$R_{\min}^H \cong \frac{30S}{\alpha}, \text{ м}, \quad (3.15)$$

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

### 3.7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНЫХ РАДИУСОВ КРИВЫХ В ПРОДОЛЬНОМ ПРОФИЛЕ

Минимальный радиус вертикальной выпуклой кривой определяется из условия обеспечения видимости поверхности дорожного покрытия по формуле

$$R_{\min}^{\text{вып}} = \frac{S^2}{2d}, \text{ м}, \quad (3.16)$$

где  $d$  – высота глаз водителя легкового автомобиля над поверхностью дороги ( $d = 1,2 \text{ м}$ ).

Минимальный радиус вертикальной вогнутой кривой определяется из условия обеспечения видимости поверхности проезжей части дороги в ночное время при свете фар по формуле

$$R_{\min}^{\text{вогн}} = \frac{S^2}{2(h_{\phi} + S \sin \frac{\alpha}{2})}, \text{ м}, \quad (3.17)$$

где  $h_{\phi}$  – высота света фар легкового автомобиля над поверхностью проезжей части ( $h_{\phi} = 0,75 \text{ м}$ ).

### 3.8. ТЕХНИЧЕСКИЕ НОРМАТИВЫ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАССЫ

Полученные расчётом значения технических нормативов проектируемой автомобильной дороги записываются в табл. 3.1 и сравниваются с нормативными значениями, выписанными из [11 – 13].

#### 3.1. Технические нормативы элементов трассы

| № п/п | Технические нормативы | Ед. изм. | По расчёту | По [11 – 13] | Приняты для проектирования |
|-------|-----------------------|----------|------------|--------------|----------------------------|
|       |                       |          |            |              |                            |

## 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАССЫ

### 4.1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ДОРОГИ В ПЛАНЕ

Перед началом проектирования дороги в плане необходимо тщательно изучить прилагаемую к заданию топографическую карту (рельеф местности, наличие контурных и высотных препятствий). Выбор направления трассы определяется категорией дороги, особенностью рельефа местности, грунтово-гидрологическими и иными условиями. Трассу дороги следует проектировать как плавную линию в пространстве, взаимно увязывая элементы плана, продольного и поперечного профилей между собой и с прилегающей местностью. Трасса должна удовлетворять условиям наименьшего ограничения и изменения скорости, обеспечения требований удобства и безопасности движения, хорошо вписываться в окружающий ландшафт местности и отвечать требованиям охраны окружающей среды. Углы поворота в плане следует совмещать с основными переломами элементов рельефа (водоразделами, пересечением водотоков). Направление дороги должно быть ясно видно на расстоянии, значительно превышающем нормативное расстояние видимости. Элементы дороги (в плане и продольном профиле) следует проектировать таким образом, чтобы отсутствовали оптические искажения вида отдельных участков в перспективе. Необходимо избегать резких переходов от кривых большого радиуса в плане к кривым малого радиуса. Радиусы сопрягающихся кривых или расположенных неподалеку друг от друга не должны отличаться более чем в 1,3 – 2 раза. При проектировании плана трассы необходимо соблюдать требования [13, 16].

На выданной для проектирования карте с горизонталями необходимо запроектировать не менее двух вариантов трассы дороги между заданными пунктами. Определённые расчётом технические нормативы элементов трассы, принятые в табл. 3.1, следует рассматривать как минимально допустимые. Рекомендуемые значения радиусов кривых в

плане и продольном профиле, расстояния видимости и продольные уклоны приведены в [13, п. 4.20\*]. При этом варианты трассы должны быть запроектированы как можно ближе к «воздушной линии», чтобы трасса была проложена по кратчайшему расстоянию. По каждому из вариантов прокладывается ось трассы в виде ломаной линии, последовательно нумеруются углы поворота вдоль трассы и измеряются углы поворота, в точках перелома трассы дороги вписываются кривые максимального по возможности радиуса, производится разбивка трассы на пикеты и километры, составляется ведомость углов поворота, прямых и кривых. Форма ведомости, её размеры и пример заполнения приведены в [5, 14].

Для каждого варианта даётся детальное описание, в котором подробно описываются принятые технические решения (приводятся сообщения по выбору радиусов закруглений, мест перехода через овраги, водные препятствия, пересечения железных и автомобильных дорог, обхода населённых пунктов и т.д.).

Основные требования, предъявляемые к плану трассы и его оформлению, подробно рассмотрены в [3, 4].

#### 4.2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ДОРОГИ В ПРОДОЛЬНОМ ПРОФИЛЕ

Для каждого варианта автомагистрали строится продольный профиль. Исходными данными для проектирования продольного профиля автомобильной дороги являются: значения предельных продольных уклонов и радиусов вертикальных кривых (причём вертикальные кривые устраивают при алгебраической разности смежных участков более 5‰ с учётом размещения тангенсов на элементах между точками перелома рельефа), определённые в табл. 3.1; если условия местности позволяют, то рекомендуется использовать значения, приведённые в [13, п. 4.20\*]; высота снежного покрова; грунтовые и гидрогеологические условия; розы ветров.

Минимальное возвышение бровки земляного полотна над поверхностью земли (руководящая отметка) определяется согласно [4], исходя из условия обеспечения устойчивости и прочности верхней части земляного полотна и дорожной одежды возвышением поверхности покрытия над расчётным уровнем грунтовых вод, верховодки или длительно (более 30 суток) стоящих поверхностных вод и из условия снегонезаносимости.

Все пересечения автомагистрали с существующими железными и автомобильными дорогами выполняются в разных уровнях [11, 13]. Минимально допустимая рабочая отметка насыпи у путепроводов, мостов и водопропускных труб вычисляется согласно [4].

Требования к водоотводу от земляного полотна приведены в [3, 4, 13].

При нанесении проектной линии следует руководствоваться нормативными требованиями, изложенными в [13] и требованиями ландшафтного проектирования, приведёнными в [16]. Последовательность проектирования продольного профиля приведена в [4], правила оформления [5, 14, 15].

#### 4.3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОПЕРЕЧНЫХ ПРОФИЛЕЙ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Исходными данными для проектирования поперечных профилей являются: размеры земляного полотна, установленные в табл. 3.1; климатические условия района проектирования, грунтовые и гидрогеологические условия, приведённые в задании к курсовому проекту; рельеф местности; продольный профиль.

Конструкция земляного полотна принимается с учётом типовых поперечных профилей [17] и требований СНиП [13]. В зависимости от высоты насыпи или глубины выемки на продольном профиле (в таблице-сетке) указывается тип поперечного профиля из серии [17].

В пояснительной записке даётся краткая характеристика каждого применяемого типа поперечного профиля земляного полотна, его местоположение на продольном профиле. Каждый из принятых типов поперечного профиля привязывается на продольном профиле к конкретным пикетам и вычерчивается согласно [5, 14, 15, 17].

#### 4.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЁМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Исходными данными для определения объёмов земляных работ являются рабочие отметки продольного профиля и поперечные профили земляного полотна.

Объём земляных работ определяется в зависимости от типа поперечного профиля, высоты рабочих отметок насыпи или выемки, с учётом крутизны заложения откосов, глубины кюветов и наличия растительного слоя грунта. Объёмы подсчитываются для всего протяжения продольного профиля для двух вариантов трассы с точностью до 1 м<sup>3</sup> в табличной форме.

Пример определения объёмов земляных работ и форма таблицы приведены в [4], объёмы работ можно определять по таблицам [8].

Проектирование вариантов плана, продольных и поперечных профилей, а также подсчёт объёмов земляных работ можно выполнять в специализированном программном комплексе Topomatic Robur «Автомобильные дороги».

## 5. ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ТРАССЫ

Выбор оптимального варианта трассы производится в следующей последовательности. Для каждого из вариантов определяется:

– величина автотранспортных расходов по формуле

$$A_T = 3,6LS0,01 \sum_0^T N, \text{ р.}, \quad (5.1)$$

где  $\sum_0^T N = \frac{N}{q^{(T-1)}}$ , авт./сут – суммарная интенсивность движения автомобилей за срок службы  $T$ , лет ( $T = 15 \dots 20$  лет, принимается в зависимости от типа дорожной одежды по [19, 20]);  $N$  – интенсивность движения, авт./сут (см. п. 3.1);  $q$  – прирост интенсивности движения по годам ( $q = 1,03 \dots 1,09$ );  $L$  – длина дороги, км (см. план трассы);  $S$  – автотранспортные расходы ( $S = 0,1 \text{ р./авт.км}$ );

– величина дорожно-эксплуатационных расходов по формуле

$$C = C_3 L, \text{ р.}, \quad (5.2)$$

где  $C_3 = 2600 \text{ р./км}$ ;

– текущие затраты по формуле

$$\Theta_T = A_T + C, \text{ р.}, \quad (5.3)$$

где  $A_T$  – формула (5.1), р.;  $C$  – формула (5.2), р.;

– приведённые затраты по формуле

$$P_{\text{пр}} = K + \Theta_T / E_n, \text{ р.}, \quad (5.4)$$

где  $K$  – приведённая стоимость элементов автомагистралей (см. табл. 5.1), р.;  $\Theta_T$  – формула (5.3), р.;  $E_n$  – нормативный коэффициент эффективности ( $E_n = 0,10 \dots 0,15$ ).

**5.1. Приведённая стоимость строительства элементов автомагистралей**

| Наименование операции                  | Ед. изм.       | Приведённые затраты, р. |               |            |               |
|----------------------------------------|----------------|-------------------------|---------------|------------|---------------|
|                                        |                | I вариант               |               | II вариант |               |
|                                        |                | на ед.                  | на всю дорогу | на ед.     | на всю дорогу |
| Возведение земляного полотна           | м <sup>3</sup> |                         |               |            |               |
| Устройство подстилающих слоёв из песка | м <sup>3</sup> |                         |               |            |               |

Продолжение табл. 5.1

| Наименование операции                                                          | Ед. изм.           | Приведённые затраты, р. |               |            |               |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------|---------------|------------|---------------|
|                                                                                |                    | I вариант               |               | II вариант |               |
|                                                                                |                    | на ед.                  | на всю дорогу | на ед.     | на всю дорогу |
| Устройство дорожной одежды (слои основания, слои покрытия)*                    | 100 м <sup>2</sup> |                         |               |            |               |
| Укрепление обочин щебнем*                                                      | 100 м <sup>2</sup> |                         |               |            |               |
| Устройство искусственных сооружений (водопропускные трубы, мосты, путепроводы) | 1 п/м              |                         |               |            |               |
| Итого К (формула 5.4)                                                          | р.                 |                         |               |            |               |

\* Согласно [18] предварительно принимается конструкция дорожной одежды жёсткого или нежёсткого типа, окончательный подбор и расчёт конструкции дорожной одежды выполняется в п. 6.

Для выбора оптимального варианта трассы составляется технико-экономическое сравнение вариантов, см. табл. 5.2.

## 5.2. Технико-экономическое сравнение вариантов трассы

| Наименование показателя                             | Ед. изм.       | Вариант |    |
|-----------------------------------------------------|----------------|---------|----|
|                                                     |                | I       | II |
| Длина трассы                                        | км             |         |    |
| Коэффициент удлинения                               |                |         |    |
| Количество мостов (путепроводов)                    | шт.            |         |    |
| Общая длина мостов (путепроводов)                   | м              |         |    |
| Количество водопропускных труб                      | шт.            |         |    |
| Общая длина водопропускных труб                     | м              |         |    |
| Пересечения с автомобильными и железными дорогами   | шт.            |         |    |
| Объёмы земляных работ                               | м <sup>3</sup> |         |    |
| Устройство песчаного подстилающего слоя основания   |                |         |    |
| Площадь дорожной одежды и краевых укреплённых полос | м <sup>2</sup> |         |    |
| Площадь обочин                                      | м <sup>2</sup> |         |    |
| Приведённая стоимость строительства (табл. 5.1)     | тыс. р.        |         |    |

| Наименование показателя                                         | Ед. изм. | Вариант |    |
|-----------------------------------------------------------------|----------|---------|----|
|                                                                 |          | I       | II |
| Автотранспортные расходы, $A_t$ (формула 5.1)                   | тыс. р.  |         |    |
| Дорожно-эксплуатационные расходы, $C$ (формула 5.2)             | тыс. р.  |         |    |
| Текущие затраты на расчётный год, $\mathcal{E}_t$ (формула 5.3) | тыс. р.  |         |    |
| Приведённые затраты, $P_{пр}$ (формула 5.4)                     | тыс. р.  |         |    |

На основании данных табл. 5.2 выбирается наиболее оптимальный вариант, принимаемый для окончательного проектирования.

Для принятого варианта трассы необходимо: сконструировать и рассчитать дорожную одежду (п. 6), малые водопропускные сооружения (п. 7), произвести оценку принятых проектных решений (п. 8).

## 6. КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЁТ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

Проектирование дорожной одежды представляет собой единый процесс конструирования и расчёта дорожной конструкции на прочность, морозоустойчивость и осушение с технико-экономическим обоснованием вариантов с целью выбора наиболее оптимального варианта конструкции для существующих проектных условий.

Конструкцию и расчёт дорожной одежды назначают и проектируют с таким расчётом, чтобы за межремонтный срок не возникло разрушений и недопустимых деформаций. Конструкцию дорожной одежды назначают на основании следующих исходных данных: категории дороги, климатических характеристик района проектирования, грунтовых и гидрогеологических условий, продольного профиля автомобильной дороги, наличия соответствующих дорожно-строительных материалов в районе строительства.

Согласно [13, п. 7] и [18] по величине приведённой интенсивности движения на последний год срока службы дороги, которая определяется согласно [4, 18, 19], назначаем тип дорожной одежды по виду покрытия, минимальную толщину слоёв и вид материала.

В курсовом проекте предлагается запроектировать два варианта дорожной одежды (жёсткого и нежёсткого типа). Принятые конструкции дорожной одежды необходимо рассчитать согласно [18, 19].

Спроектированная и рассчитанная дорожная одежда вычерчивается на поперечном профиле земляного полотна. Пример оформления дорожной одежды приведён в [18]. Конструирование и расчёт дорожной одежды допускается выполнять в специализированном программном комплексе Toromatic Robur «Дорожная одежда».

## 7. РАСЧЁТ МАЛЫХ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Трасса любой автомобильной дороги неизбежно пересекает пониженные места рельефа местности, по которым стекает вода. Водотоки на этих участках могут быть как постоянными, так и периодическими. Постоянными водотоками являются реки и ручьи, в которых всегда происходит сток воды. В периодических водотоках вода стекает только лишь в периоды дождей, ливней или снеготаяния.

Земляное полотно автомобильной дороги, сооружаемое на пересечении водотока, нарушает естественный режим его работы. Для пропуска воды через земляное полотно проектируют малые водопропускные сооружения (МВС) – трубы или мосты.

В курсовом проекте по заданию преподавателя необходимо рассчитать и запроектировать водопропускную трубу или малый мост.

Для расчёта водопропускной трубы необходимо определить следующие исходные данные:

- расположение ПК;
- категория дороги;
- расчётная вероятность превышения  $P$  [6, прил. 4];
- номер ливневого района [1, с. 159] или [6, прил. 3];
- площадь водосборного бассейна (территория, с которой вода стекает к сооружению)  $F$ , км<sup>2</sup> – определяется по топографической карте. Для определения площади бассейна возможно использовать «метод сетки» (площадь бассейна разбивается на равные квадраты, умножив количество квадратов на площадь одного, получится общая площадь водосборного бассейна), пример приведён в [3, рис. 2.2] или [6, п. 3];

– длина главного лога (овраг с пологими задернованными склонами и плоским днищем) бассейна  $L$ , км – определяется по топографической карте от места расположения водопропускного сооружения на трассе до водораздельной линии (граница между смежными бассейнами) по наименьшим точкам рельефа;

– средний уклон лога бассейна  $i_{\text{л}} = \frac{H_{\text{в}} - H_{\text{с}}}{L}$ , доли единиц ( $H_{\text{в}}$  – отметка верхней точки главного лога на водоразделе, м;  $H_{\text{с}}$  – отметка лога у сооружения, м;  $L$  – длина главного лога бассейна, м);

– уклон лога у сооружения  $i_{\text{соор}} = \frac{H_{200} - H_{100}}{300}$ , доли единиц ( $H_{200}$  – отметка лога на расстоянии 200 м выше сооружения, м;  $H_{100}$  – отметка лога на расстоянии 100 м ниже сооружения, м);

– заложение склонов лога у сооружения  $m_1, m_2$  – определяются по топографической карте и продольному профилю;

– залесённость бассейна  $A_{\text{л}}$ , %; озёрность и заболоченность бассейна  $A_{\text{б}}$ , % – принимаются самостоятельно;

- тип почв – приведён в задании к курсовому проекту.

Для расчёта малого моста необходимо определить следующие исходные данные:

- расположение ПК;
- расчётный расход  $Q_{\text{расч}}$ , м<sup>3</sup>/с [1, формулы (9.24), (9.25)];
- уклон реки у сооружения  $i_{\text{соор}}$ , доли единиц;
- сечение потока считается треугольным с заложением откосов  $m_1$  и  $m_2$  [1, рис. 9.11];
- коэффициент шероховатости русла  $n$ , который зависит от типа водотока и поверхности русла (по заданию).

Методика расчёта малых искусственных сооружений подробно описана в [3, 6], примеры оформления чертежей труб и малых мостов приведены в [6, 21, 22].

## 8. ОЦЕНКА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

Для детальной оценки принятых проектных решений с точки зрения безопасности движения в данном курсовом проекте предусмотрено построение графиков коэффициентов аварийности и безопасности.

### 8.1. ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА КОЭФФИЦИЕНТОВ АВАРИЙНОСТИ

Метод коэффициентов аварийности основан на определении итогового коэффициента аварийности  $K_{\text{ав}}$  [23, п. 1.4], см. формулу (8.1):

$$K_{\text{ав}} = \prod_{i=1}^{i=n} K_i, \quad (8.1)$$

где  $K_i$  – частные коэффициенты аварийности, основанные на результатах анализа статистических данных о ДТП и характеризующих влияние на безопасность движения параметров дорог и улиц в плане, поперечном и продольном профиле, элементов обустройства, интенсивности движения, состояния покрытия;  $n$  – число частных коэффициентов аварийности, учитываемых при оценке безопасности движения на дорогах.

Для оценки безопасности движения методом коэффициентов аварийности участок автомагистрали разбивают на однотипные (по условиям движения) участки и согласно [23, табл. П1.5] для каждого участка назначают частные коэффициенты аварийности. Итоговый коэффициент аварийности устанавливают на основе анализа плана и профиля исследуемого участка дороги путём перемножения частных коэффициентов. По значениям итоговых коэффициентов аварийности строят линейный график (рис. 8.1). На него наносят план и профиль

дороги, выделив все элементы, от которых зависит безопасность движения (продольные уклоны, вертикальные кривые, кривые в плане, мосты, населённые пункты, пересекаемые дороги). На графике фиксируют по отдельным участкам 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 необходимо учитывать, что влияние опасного места распространяется на прилегающие участки, где возникают ощутимые помехи для движения. В случае если для рассматриваемого участка итоговый коэффициент аварийности превышает значение 15...20, такой участок следует спроектировать заново.

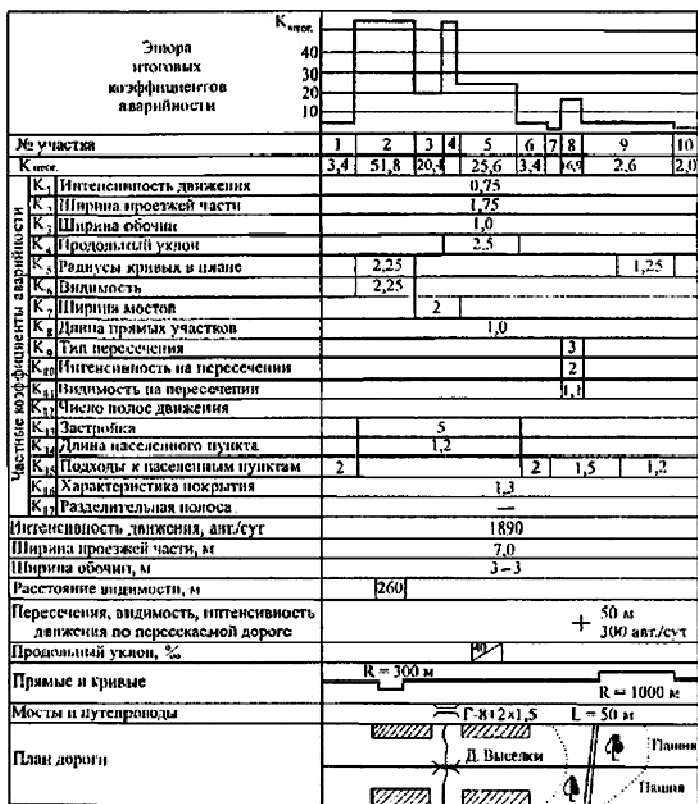


Рис. 8.1. Пример графика коэффициентов аварийности

## 8.2. ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА КОЭФФИЦИЕНТОВ БЕЗОПАСНОСТИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

Отношение максимальной скорости движения по участку к максимальной скорости въезда автомобиля на этот участок (начальная скорость движения автомобиля по рассматриваемому участку) называют коэффициентом безопасности.

В данном курсовом проекте оценку безопасности движения предлагается оценивать с помощью метода коэффициентов безопасности. Данный метод учитывает движение одиночного автомобиля.

Для определения коэффициентов безопасности и построения соответствующего графика в конце каждого участка определяют максимальную скорость, которую можно развить без учёта условий движения на последующих участках, рис. 8.2, [23, п. 1.3].

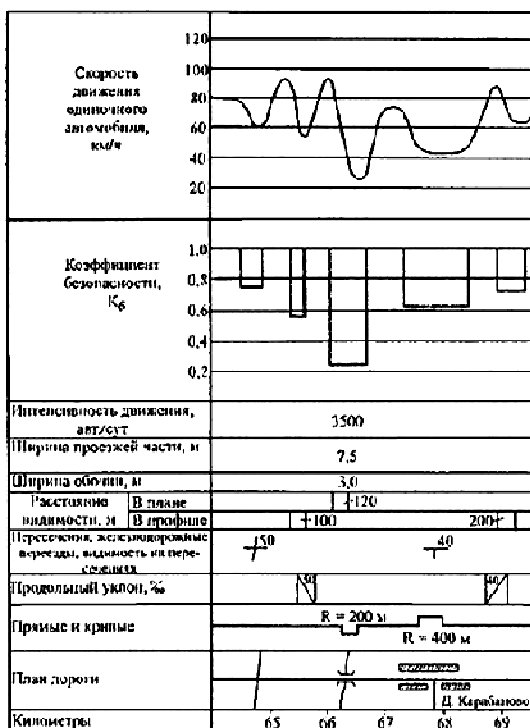


Рис. 8.2. Пример линейного графика скорости движения одиночного автомобиля и графика коэффициентов безопасности

Скорость движения транспортного потока меняется в зависимости от параметров элементов магистрали, интенсивности и состава движения, распределения автомобилей по полосам проезжей части. Для построения эпюры скоростей движения для каждого направления необходимо определить скорость транспортного потока.

Средняя скорость движения потока автомобилей в каждом направлении может быть определена по формуле [7, 23 (п. 13.5)]:

$$V_{1,2} = (V_0' k_1 q_1 + V_0'' k_2 q_2) A - \varphi N, \text{ км/ч}, \quad (8.2)$$

где  $V_0$  – свободная скорость движения автомобиля по правой полосе, км/ч;  $V_0''$  – свободная скорость движения по левой полосе, км/ч;  $k_{1,2}$  – коэффициенты, зависящие от количества легковых автомобилей на каждой полосе проезжей части;  $q_{1,2}$  – число автомобилей, движущихся по левой и правой полосе, доли единиц;  $A$  – обобщающий коэффициент, учитывающий влияние на скорость движения элементов дороги;  $\varphi$  – коэффициент, зависящий от числа грузовых автомобилей в транспортном потоке данного направления движения;  $N$  – интенсивность движения в одном направлении, авт./ч.

Для оценки изменения скорости потока автомобилей по длине дороги с изменяющимися условиями движения необходимо построение эпюры скоростей. При построении такой эпюры необходимо учитывать, что постепенное снижение и последующее увеличение скорости на сложных участках происходит в зоне их влияния (200 м – на подъезде к сложному участку – зона торможения; 300 м – на выезде – зона ускорения).

Скорости движения автомобилей разных типов, входящих в транспортный поток, определяются по формуле

$$V_{\Gamma} = V_{1,2} - \Delta V \alpha_{1,2}; \quad V_{\text{л}} = V_{\Gamma} + \Delta V; \quad V_{\text{а}} = 0,6 V_{\Gamma}, \text{ км/ч}, \quad (8.3)$$

где  $V_{\Gamma}$  – скорость движения грузовых автомобилей, км/ч;  $V_{\text{л}}$  – скорость движения легковых автомобилей, км/ч;  $V_{\text{а}}$  – скорость движения автобусов, км/ч;  $\alpha_{1,2}$  – число легковых автомобилей в транспортном потоке заданного направления движения, доли единиц;  $\Delta V_{\text{л}}$  – разность скоростей движения легковых и грузовых автомобилей, зависящая от интенсивности движения, км/ч [23, табл. 13.7].

## 9. ДЕТАЛЬ ПРОЕКТА

Деталь проекта задаётся руководителем курсового проекта.

Возможные варианты детали проекта: расчёт и проектирование транспортной развязки в разных уровнях; построение перспективной

проекции участка дороги по плану и продольному профилю; построение изображения в перспективе участка подъездной дороги и оценка плавности трассы; определение графоаналитическим методом устойчивость откосов насыпи и определение осадки насыпи на одном из пикетов; разработка мероприятий по снижению шума в районе жилой застройки; организация движения на перекрестке.

Примеры проектирования детали проекта приведены в [3].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная литература

1. Бабков, В.Ф. Проектирование автомобильных дорог / В.Ф. Бабков, О.В. Андреев. – М. : Транспорт, 1987. – Ч. 1. – 368 с.
2. Бабков, В.Ф. Проектирование автомобильных дорог / В.Ф. Бабков, О.В. Андреев. – М. : Транспорт, 1987. – Ч. 2. – 408 с.
3. Автомобильные дороги (примеры проектирования) / под ред. В.С. Прожнякова. – М. : Транспорт, 1983. – 303 с.
4. Проектирование участка автомобильной дороги : метод. указ. / сост. : К.А. Андрианов, А.Г. Воронков. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2007. – 32 с.
5. Автомобильные дороги и аэродромы правила и порядок оформления дипломных (курсовых) проектов и работ : метод. указания / К.А. Андрианов, А.Ф. Зубков. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 28 с.
6. Проектирование малых водопропускных сооружений на автомобильных дорогах / Ю.А. Фортуна, В.М. Телятников, Т.И. Овчаренко, В.В. Корневский. – Краснодар : 2000. – 27 с.
7. Шевяков, А.П. Оценка транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных магистралей : метод. указ. к курсовому и дипломному проектированию. – М. : МАДИ (ТУ), 1999. – 15 с.
8. Митин, Н.А. Таблицы для подсчёта объёмов земляного полотна на автомобильных дорог. – М. : Транспорт, 1977. – 544 с.

### Нормативная литература

9. СНиП 2.01.01–82. Строительная климатология и геофизика. – ЦИТП Госстроя СССР, 1983.
10. СНиП 23-01–99. Строительная климатология. – М. : ФГУП ЦПП, 2000.
11. ГОСТ Р 52398–2005. Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования. – М. : Стандартинформ, 2006.
12. ГОСТ Р 52399–2005. Геометрические элементы автомобильных дорог. – М. : Стандартинформ, 2006.
13. СНиП 2.05.02–85\*. Автомобильные дороги. – М. : ФГУП ЦПП, 2005. – 54 с.
14. ГОСТ Р 21.1701–97. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автомобильных дорог. – М. : Госстрой России, 1997.
15. ГОСТ 21.1207–97. Система проектной документации для строительства. Условные графические обозначения на чертежах автомобильных дорог. – М. : Госстрой России, 1997.
16. ВСН 18–84. Указания по архитектурно-ландшафтному проектированию автомобильных дорог. – М., 1986.

17. Земляное полотно автомобильных дорог общего пользования. Типовые материалы для проектирования. Серия 503-0-48.87. – М. : Союздорпроект, 1987.

18. Дорожные одежды автомобильных дорог общего пользования. Материалы для проектирования. Серия 3.503-71/88.0. – М. : Союздорпроект, 1988.

19. ОДН 218.046-2001. Проектирование нежестких дорожных одежд. – М. : ФГУП «Информавтодор», 2001.

20. Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд. – М. : ФГУП «Информавтодор», 2004.

21. Серия 3.501.1-144. Трубы водопропускные круглые железобетонные сборные для железных и автомобильных дорог.

22. Серия 3.501.1-177.93. Трубы водопропускные железобетонные прямоугольные сборные для железных и автомобильных дорог.

23. ОДМ. Методические указания по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах, 2002.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....                                                                                                             | 3  |
| 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....                                                                                                   | 3  |
| 1.1. Цель и задачи курсового проекта .....                                                                                 | 3  |
| 1.2. Состав и оформление курсового проекта .....                                                                           | 3  |
| 2. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ<br>РАЙОНА ПРОЕКТИРУЕМОЙ АВТОМАГИСТРАЛИ .....                                   | 4  |
| 3. ОБОСНОВАНИЕ РАСЧЁТОМ ТЕХНИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ<br>ПРОЕКТИРУЕМОЙ АВТОМАГИСТРАЛИ .....                                       | 5  |
| 3.1. Установление класса и технической категории дороги .....                                                              | 5  |
| 3.2. Определение ширины проезжей части с обоснованием необ-<br>ходимого числа полос движения .....                         | 5  |
| 3.3. Определение ширины земляного полотна с обоснованием<br>ширины обочин .....                                            | 7  |
| 3.4. Определение предельных продольных уклонов .....                                                                       | 7  |
| 3.5. Определение расстояния видимости .....                                                                                | 7  |
| 3.6. Определение минимальных радиусов кривых в плане .....                                                                 | 8  |
| 3.7. Определение минимальных радиусов кривых в продольном<br>профиле .....                                                 | 9  |
| 3.8. Технические нормативы элементов трассы .....                                                                          | 10 |
| 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАССЫ.....                                                                                              | 10 |
| 4.1. Проектирование вариантов дороги в плане .....                                                                         | 10 |
| 4.2. Проектирование вариантов дороги в продольном профиле ...                                                              | 11 |
| 4.3. Проектирование поперечных профилей земляного полотна ...                                                              | 12 |
| 4.4. Определение объёмов земляных работ .....                                                                              | 12 |
| 5. ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ТРАССЫ .....                                                                                | 13 |
| 6. КОСНТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ .....                                                                          | 15 |
| 7. РАСЧЁТ МАЛЫХ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ .....                                                                            | 16 |
| 8. ОЦЕНКА ПРОЕКТНЫХ РЕЕШЕНИЙ .....                                                                                         | 17 |
| 8.1. Построение графика коэффициентов аварийности .....                                                                    | 17 |
| 8.2. Построение графика коэффициентов безопасности и<br>определение средней скорости движения транспортного<br>поток ..... | 19 |
| 9. ДЕТАЛЬ ПРОЕКТА .....                                                                                                    | 20 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....                                                                                                    | 22 |