

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ**

**Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

**Кафедра землеустройства**

*А. В. Колмыков, Е. В. Горбачева*

# **ИНЖЕНЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ДОРОГИ МЕСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ**

*Методические указания по выполнению лабораторных  
заданий и курсовому проектированию  
для студентов стационарного и заочного отделений  
специальности 1-56 01 01 Землеустройство*

**Горки  
БГСХА  
2014**

## ВВЕДЕНИЕ

Рациональное использование земельных и производственных ресурсов, эффективное ведение сельскохозяйственного производства, создание благоприятных условий труда, жизни и быта людей, проживающих в населенных пунктах, неразрывно связано с инженерным оборудованием территории. Изучение ведется студентами землеустроительного факультета специальности 1-56 01 01 Землеустройство в курсе «Инженерное оборудование территории». В состав дисциплины наряду с лекциями входят и лабораторные занятия. Итогом изучения дисциплины является выполненный курсовой проект, который защищается студентом в комиссии, состоящей из преподавателей, ведущих занятия.

В представленных методических указаниях приведены подробные пояснения по выполнению шести лабораторных заданий раздела «Дороги местного значения» и курсового проекта по дисциплине «Инженерное оборудование территории».

Основными задачами лабораторных заданий являются развитие у студентов инженерного мышления, закрепление теоретических положений и отработка методических приемов технико-экономического обоснования проекта «Дороги местного значения». При этом студент должен овладеть методиками проектирования трассы дороги в плане, продольном и поперечном профилях; расчета параметров малых водопропускных сооружений; установления потребности в строительных материалах и ориентировочной стоимости строительства; определения объема земляных работ.

Для расчетов и обоснования принимаемых проектных решений рекомендуется наряду с традиционными методами использовать современную компьютерную технику и программное обеспечение.

Исходные данные по каждому заданию и необходимые нормативы выдаются преподавателем. По результатам выполнения необходимых работ студентом оформляются соответствующие задания, обобщением которых является курсовой проект.

При подготовке данного методического издания использованы многолетний опыт проведения лабораторных занятий по данной дисциплине на землеустроительном факультете УО «БГСХА» и других вузов СНГ, современные технологии, применяемые при проектировании автомобильных дорог на производстве.

Курсовой проект представляется в виде текстовой части – пояснительной записки и графических материалов (проект дороги в плане, продольного и поперечного профиля).

Перед выполнением лабораторных заданий и курсового проекта студенту необходимо изучить рекомендуемую литературу, нормативные материалы и данные методические указания, получить исходные материалы и необходимые консультации на кафедре.

## **1. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАДАНИЯ**

### **Задание 1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАССЫ ДОРОГИ МЕСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ В ПЛАНЕ**

**Цель задания:** изучить состояние существующих транспортных связей и технико-экономического обоснования проектирования сети автомобильных дорог в плане.

**Содержание задания:**

1.1. Изучение природно-климатических условий района и планируемого грузооборота.

1.2. Построение схемы транспортных связей.

1.3. Разработка вариантов размещения трассы дороги в плане.

1.4. Оценка вариантов размещения трассы дороги в плане и выбор лучшего решения.

1.5. Определение параметров круговых кривых в плане и их вписывание.

1.6. Разбивка пикетажа по лучшему варианту трассы дороги и графическое оформление проекта.

**Исходные данные:** 1) сведения о природно-климатических условиях и наличии местных строительных материалов; 2) характеристика существующих дорог; 3) наименование грузооборотных пунктов и объемы грузоперевозок; 4) план местности с горизонталями масштаба 1:10000; 5) методические указания и нормативные материалы; 6) рабочая тетрадь.

**В результате выполнения задания студент представляет:**

1. Оформленный проект трассы дороги в плане.

2. Расчеты по технико-экономическому обоснованию выбора лучшего варианта размещения трассы дороги в плане.

3. Оформленные графические материалы.

4. Расчетно-пояснительную записку.

## 1.1. Изучение природно-климатических условий района и планируемого грузооборота

Исходные материалы и задание для выполнения лабораторного задания выдается студенту преподавателем. По имеющимся данным (топографическая карта, задание) изучается район проектирования: местные природно-климатические условия, плано-топографическая ситуация, наличие и состояние существующей дорожной сети, размещение залежей дорожно-строительных материалов. Рассматривается положение на карте указанных в задании грузооборотных пунктов, перечисленных в задании, определяется их роль и значение в районе и в транспортных связях, выявляются среди них главные (по объему грузоперевозок), устанавливается общий объем и характер перевозок между ними. Годовой объем перевозимого груза по каждому грузооборотному пункту анализируется по ведомости годового грузооборота.

## 1.2. Построение схемы транспортных связей

Транспортные взаимосвязи всех грузооборотных пунктов, их направления и объемы наглядно отображаются в виде схемы транспортных связей, которая строится на плане или карте. Для этого транспортно взаимосвязанные грузооборотные пункты соединяются прямыми линиями (внемасштабное отображение) с надписями или полосами (масштабное) различной ширины, показывающими объемы перевозимых грузов между данными пунктами (рис. 1.1).

Ширина полос зависит от объема грузооборота между пунктами и принятого масштаба его отображения, например, 1 мм – 5 тыс. тонн.

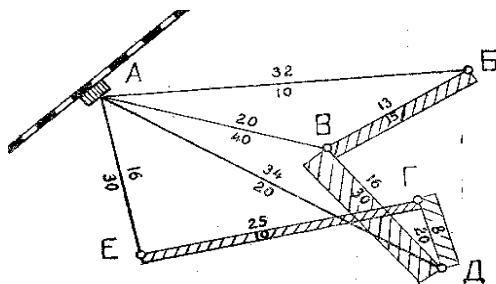


Рис. 1.1. Схема транспортных связей:  
А, Б, В, Г, Д, Е – грузооборотные пункты; 32, 20, 16 – расстояния, км;  
10, 40, 30 – объемы грузоперевозок, тыс. т

Объем грузоперевозок между пунктами определяется по ведомости годового грузооборота как сумма ввоза и вывоза. Вычерченные на карте полосы различной толщины слегка иллюминируются цветным карандашом для наглядности отображения и более удобного анализа степени интенсивности транспортных взаимосвязей. Вдоль направлений транспортных связей выписывается суммарный объем грузоперевозок по ввозу и вывозу.

Схема транспортных связей позволяет наглядно установить транспортные взаимосвязи между грузооборотными пунктами, степень интенсивности (по толщине полос, соединяющих пункты) и наиболее важные направления грузоперевозок.

### **1.3. Разработка вариантов размещения трассы дороги в плане**

Проектирование трассы дороги в плане начинается с изучения возможности использования существующих дорог или их отдельных участков, направления и техническое состояние которых удовлетворяют требованиям обеспечения кратчайшего проезда между пунктами и перспективных перевозок. При отсутствии или несоответствии существующих дорог требованиям бесперебойного автомобильного движения с планируемым объемом грузоперевозок необходимо запроектировать новые дороги.

Исходя из взаимного расположения заданных грузооборотных пунктов и схемы транспортных связей, выбирают наиболее выгодные направления проектируемых трасс дорог в плане. При этом для узловых точек с несколькими направлениями грузоперевозок наиболее выгодное направление основной магистрали может быть определено графическим методом отыскания равнодействующей многоугольника сил. Далее по ним на карте размещают трассы основной и подъездных дорог, учитывая при этом местные природные условия (рельеф местности, гидрографию, размещение сельскохозяйственных земель, населенных пунктов и существующих дорог, технико-эксплуатационные и экономические требования, предъявляемые к строительству дорог.

Трассы дорог необходимо стремиться проектировать по кратчайшим расстояниям между заданными пунктами, совмещать с существующими дорогами (сохраняемыми на перспективу), границами землепользований, севооборотов, располагать в сухих, незатопляемых местах с равнинным рельефом и прочными грунтами, правильно вписывать в ландшафт местности, по возможности обходить водотоки или пересекать их в наиболее узких местах с удобными подходами. Пересечения проектируемых трасс дорог с существующими должны выполняться

под углом не менее 45°, располагаться на прямых участках пересекающихся дорог. Пересечения с водотоками, болотами и другими водными препятствиями необходимо предусматривать в наиболее узких местах. Не следует совмещать трассы дорог с жилыми улицами, занимать под ними ценные земли, прокладывать через государственные заповедники и заказники, зоны, отнесенные к памятникам природы и культуры. При проектировании трасс дорог должны учитываться вопросы охраны природной среды.

Разработанные варианты показывают на карте в виде прямых отрезков, сопряженных между собой. Проектные решения размещения трасс дороги сопоставляются с природоохранными, эксплуатационно-техническими и экономическими требованиями.

По природоохранным требованиям лучшим будет вариант при меньшей длине трассы и площади занимаемых земель под дорогой, которая хорошо вписывается в ландшафт местности, не расчленяет массивы сельхозземель и лесов, сохраняет местный природный ландшафт.

#### **1.4. Оценка вариантов размещения трассы дороги в плане и выбор лучшего решения**

Наметив положение трасс дорог на плане, производят их разбивку на отдельные отрезки (титулы). При этом примыкания или пересечения дорог (вне населенных пунктов) обозначаются на карте цифрами или буквами (они будут служить наименованиями отдельных участков дорог).

По запроектированным вариантам дороги (титулам) определяют основные показатели: протяженность, объем перевозимых грузов, интенсивность движения и др. (табл. 1.1).

Таблица 1.1. Основные показатели запроектированных дорог (по вариантам)

| Порядковый номер | Наименование титула | Протяженность, км | Объем грузов, т/год | Интенсивность движения, авт/сут | Категория дороги | Ширина, м         |                |               | Проектируемое покрытие | Мост (тип, длина) | Труба (тип, длина) |
|------------------|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------------------|------------------|-------------------|----------------|---------------|------------------------|-------------------|--------------------|
|                  |                     |                   |                     |                                 |                  | земляного полотна | проезжей части | полосы отвода |                        |                   |                    |
|                  |                     |                   |                     |                                 |                  |                   |                |               |                        |                   |                    |

Для установления технической категории и технико-экономических параметров проектируемой дороги по вариантам определяют среднесуточную перспективную интенсивность движения автомобилей по каждому титулу дороги за наиболее напряженный период по формуле

$$N = \frac{Qfk}{t\beta\varphi P}, \quad (1.1)$$

(табл. 1.2) устанавливают техническую категорию каждого где  $N$  – расчетная интенсивность движения по дороге, авт/сут;

$Q$  – перспективная грузонапряженность дороги (титула), т/год;

$f$  – коэффициент неравномерности перевозок по сезонам (месяцам), 2–3;

$k$  – коэффициент, определяющий повторные, безобъемные и неучтенные перевозки и переезды, 1,2–1,4;

$t$  – число дней сельскохозяйственных перевозок в году (200 дней);

$\beta$  – коэффициент использования пробега автомобиля, 0,6;

$\varphi$  – коэффициент использования грузоподъемности автомобиля, 0,8–0,9;

$P$  – средняя грузоподъемность автомобиля, 3–5 т.

На основании полученной интенсивности движения, основных нормативных показателей титула и в целом запроектированной дороги. Они отражаются в табл. 1.1.

Таблица 1.2. Основные технические нормативы для местных дорог (ТКП 45-3.03-96–2008 (02250) и ТКП 45-3.03-19–2006 (02250)) [1, 2, 5]

| Нормативы                                    | Обычные автомобильные дороги |           |          |        | Автомобильные дороги низших категорий |         |
|--|------------------------------|-----------|----------|--------|---------------------------------------|---------|
|  | Дороги общего назначения     |           |          |        |                                       |         |
|  | Категория дороги             |           |          |        |                                       |         |
|  | II                           | III       | IV       | V      | VI-a                                  | VI-b    |
| 1  | 2                            | 3         | 4        | 5      | 6                                     | 7       |
| Расчетная интенсивность движения, ед/сут     | Свыше 7000                   | 3000–7000 | 400–3000 | До 400 | 25–50                                 | До 25   |
| Расчетная скорость движения, км/ч (основная) | 120                          | 100       | 80       | 60     | 40–70                                 | 30–60   |
| Ширина земляного полотна по верху, м         | 13                           | 12        | 10       | 8      | 10                                    | 8       |
| Ширина проезжей части, м                     | 7                            | 7         | 6        | 5,5    | 6,0–4,5                               | 4,5–3,5 |
| Ширина обочин, м                             | 3                            | 2,5       | 2        | 1,25   | 2                                     | 1,75    |
| Средняя ширина полосы отвода, м              |                              | 28        | 26       | 24     | 12                                    | 12      |
| Наибольший продольный уклон, тыс. (‰)        | 40                           | 50        | 60       | 70     | 60–80                                 | 70–90   |
| Наименьший радиус кривых в плане, м          | 500                          | 400       | 250      | 125    | 80–200                                | 80–150  |

Окончание табл. 1.2

| 1   | 2     | 3    | 4    | 5     | 6     | 7     |
|---|-------|------|------|-------|-------|-------|
| Наименьший радиус вертикальных кривых, м:<br>а) выпуклых<br>б) вогнутых                     | 15000 | 8000 | 4000 | 1500  | 1000  | 1000  |
|   | 600   | 4000 | 2500 | 1500  | 1000  | 1000  |
| Наименьшее расстояние видимости для остановки, м  | 250   | 150  | 100  | 60    | 40    | 40    |
| Габариты мостов<br>Рекомендуемые покрытия:  | Г-11  | Г-10 | Г-8  | Г-6,5 | Г-6,5 | Г-6,5 |
| а) монолитные цементобетонные   | +     | +    | +    | +     | -     | -     |
| б) асфальтобетонные   | +     | +    | +    | -     | -     | -     |
| в) черные щебеночные и гравийные; мостовые из камня, щебеночные, гравийные                  | -     | -    | +    | +     | +     | +     |
| в) грунтовые, укрепленные добавками, грунтовые оптимальной смеси, грунтовые профилированные | -     | -    | -    | +     | +     | +     |

Для оценки размещения вариантов трассы дороги в плане определяют и анализируют их эксплуатационно-технические и экономические показатели, рассчитывают экономическую эффективность строительства.

Оценка запроектированных вариантов трассы дороги по эксплуатационно-техническим показателям включает установление их протяженности и извилистости в плане (коэффициент развития трассы), общей площади земель под дорогой, в том числе пахотных и луговых, проектируемого минимального радиуса горизонтальных кривых в плане, максимального продольного уклона местности по трассе, числа пересечений (примыканий) с существующими и проектируемыми дорогами, пересечений водотоков, количества мостов и труб, их длины, условий движения и др.

Эксплуатационно-технические показатели оценки вариантов размещения трассы дорог отражаются в табл. 1.3.

Таблица 1.3. Оценка вариантов по эксплуатационно-техническим показателям

| Показатели       | Данные по вариантам |   |                      |   |
|------------------|---------------------|---|----------------------|---|
|                  | 1                   | 2 | Оценка вариантов (±) |   |
|                  |                     |   | 1                    | 2 |
| 1                | 2                   | 3 | 4                    | 5 |
| Длина трассы, км |                     |   |                      |   |

Окончание табл. 1.3

| 1   | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| Площадь земель под дорогой, га  |   |   |   |   |
| Площадь пахотных земель под дорогой, га   |   |   |   |   |
| Площадь луговых земель под дорогой, га  |   |   |   |   |
| Количество углов поворота   |   |   |   |   |
| Количество углов на 1 км трассы   |   |   |   |   |
| Коэффициент развития трассы   |   |   |   |   |
| Проектируемый минимальный радиус кривой в плане, м  |   |   |   |   |
| Наименьшее расстояние видимости поверхности дороги, м   |   |   |   |   |
| Максимальный продольный уклон местности по трассе, ‰  |   |   |   |   |
| Количество пересечений (примыканий) дорог   |   |   |   |   |
| Количество пересечений водотоков и их общая ширина, м   |   |   |   |   |
| Количество мостов и их общая длина, м   |   |   |   |   |
| Количество труб и их общая длина, м   |   |   |   |   |
| Протяженность участков трассы с неблагоприятными условиями (овраги, болота, поймы рек, крутые склоны и др.), км |   |   |   |   |
| Протяженность трассы в границах населенных пунктов, км  |   |   |   |   |
| <b>Принятый вариант</b>   |   |   |   |   |

В состав определяемых экономических показателей входят капитальные затраты, ежегодные затраты и сбережения, приведенные затраты и срок окупаемости капиталовложений.

Капитальные затраты включают: стоимость строительства дороги, инженерных сооружений (мостов и труб), расходы, связанные с отводом земель под дорогу.

Стоимость строительства дороги определяется по формуле

$$K_1 = L_d c_1, \quad (1.2)$$

где  $L_d$  – протяженность запроектированной дороги, км;  
 $c_1$  – стоимость строительства 1 км дороги, руб. (у.е).

Стоимость строительства инженерных сооружений рассчитывается по формуле

$$K_2 = L_c c_2, \quad (1.3)$$

где  $L_c$  – длина инженерного сооружения (моста, трубы), пог. м;  
 $c_2$  – стоимость строительства 1 погонного метра инженерного сооружения, руб. (у.е.).

Затраты, связанные с отводом земель под дорогу (потери сельскохозяйственного производства), находятся по формуле

$$K_3 = S_d c_3 k_n, \quad (1.4)$$

где  $S_d$  – площадь сельскохозяйственных земель, отводимая под дорогу, га;

$c_3$  – нормативная стоимость освоения новых земель взамен изымаемых сельскохозяйственных для несельскохозяйственных нужд, руб/га, (у.е/га);

$k_n$  – повышающий коэффициент.

Исходные данные ( $c_1, c_2$ ) принимаются из табл. 1.4, а показатели  $c_3$  и  $k_n$  задаются преподавателем.

Таблица 1.4. Дорожно-транспортные затраты, у.е.

| Техническая категория дороги | Наименование покрытий и сооружений                        | Стоимость строительства за 1 км, тыс. | Годовые затраты на содержание и ремонт 1 км дороги г, тыс. | Амортизационные отчисления, % от стоимости | Стоимость перевозок 1 т·км |
|------------------------------|---|---------------------------------------|--|--|----------------------------|
| II – III – IV – V            | Асфальтобетонное  | 90 – 120                              | 2 – 4  | 5,0  | 0,2 – 0,3                  |
| III – IV – V – VI-a          | Черные щебеночные и гравийные                             | 90 – 110                              | 2 – 4  | 7,0  | 0,2 – 0,3                  |
| IV – V                       | Щебеночные  | 70 – 50                               | 2 – 4  | 2,5  | 0,3 – 0,5                  |
| VI-a – VI-б                  | Гравийные   | 70 – 50                               | 2 – 4  | 9,5  | 0,3 – 0,5                  |
| V – VI-a – VI-б              | Грунтовые, укрепленные добавками                          | 20 – 30                               | 1 – 2  | 3,5  | 0,3 – 0,5                  |
| VI-a – VI-б                  | Грунтовые оптимальной смеси                               | 10 – 15                               | 1 – 2  | 13,0                                       | 0,5 – 0,8                  |
| VI-a – VI-б                  | Грунтовые профилированные                                 | 2 – 5                                 | 1 – 2  | 13,0                                       | 0,5 – 0,9                  |
|                              | Мосты железобетонные (до 20 м), за 1 пог. м               | 1,0 – 1,5                             | –  | 1,5  | –                          |
|                              | Трубы железобетонные круглые (диам. 1–1,5 м), за 1 пог. м | 0,2 – 0,3                             | –  | 1,5  | –                          |

Значения определяемых показателей приводятся в табл. 1.5.

Таблица 1.5. Оценка вариантов по экономическим показателям, руб. (у.е.)

| Показатели  | Данные по вариантам |   |                      |   |
|---|---------------------|---|----------------------|---|
|   | 1                   | 2 | Оценка вариантов (±) |   |
|   |                     |   | 1                    | 2 |
| <b>Капитальные затраты</b>  |                     |   |                      |   |
| Стоимость строительства дорог ( $K_1$ )   |                     |   |                      |   |
| Стоимость строительства мостов ( $K_2$ )  |                     |   |                      |   |
| Стоимость строительства труб ( $K_3$ )  |                     |   |                      |   |
| Затраты, связанные с отводом земель под дороги ( $K_4$ )  |                     |   |                      |   |
| <i>Итого капитальных затрат...</i>  |                     |   |                      |   |
| <b>Ежегодные затраты</b>  |                     |   |                      |   |
| Затраты на эксплуатацию дорог ( $R$ )   |                     |   |                      |   |
| Затраты на перевозки грузов ( $P$ )   |                     |   |                      |   |
| Амортизационные отчисления от $K_1, K_2, K_3$ ( $A$ ), %  |                     |   |                      |   |
| Земельный налог ( $Z$ )   |                     |   |                      |   |
| <i>Итого ежегодных затрат...</i>  |                     |   |                      |   |
| <b>Приведенные затраты (<math>\Pi_3</math>)</b>   |                     |   |                      |   |
| <b>Ежегодные сбережения</b>   |                     |   |                      |   |
| Сбережения на перевозках грузов ( $\mathcal{E}_1$ ), ±  |                     |   |                      |   |
| Сбережения на эксплуатацию дорог ( $\mathcal{E}_2$ ), ±   |                     |   |                      |   |
| Сбережения вследствие уменьшения (увеличения) площади сельхозземель под дорогами ( $\mathcal{E}_3$ ), ± |                     |   |                      |   |
| Сбережения за счет улучшения качества дорог ( $\mathcal{E}_4$ ), ±                                      |                     |   |                      |   |
| <i>Итого ежегодных сбережений...</i>  |                     |   |                      |   |
| <b>Срок окупаемости капитальных затрат, лет</b>   |                     |   |                      |   |
| <b>Принятый вариант</b>   |                     |   |                      |   |

Суммарные капитальные затраты ( $K_c$ ) рассчитываются по формуле

$$K_c = K_1 + K_2 + K_3. \quad (1.5)$$

Ежегодные затраты включают затраты на эксплуатацию дорог ( $R$ ), затраты на перевозки грузов ( $P$ ), амортизационные отчисления ( $A$ ) в связи с эксплуатацией автомобильной дороги и инженерных сооружений (мостов, труб), земельный налог ( $Z_n$ ).

Затраты на эксплуатацию дорог можно определить по формуле

$$R = \sum_{i=1}^n L'_i r_i, \quad (1.6)$$

где  $L'_i$  – протяженность  $i$ -й запроектированной дороги, км;

$r_i$  – годовые затраты на содержание и ремонт  $i$ -й дороги, руб. (у.е.)/км.

Затраты на перевозки грузов ( $P$ ) рассчитываются по формуле

$$P = \sum_{i=1}^n Q_i l_i c_i , \quad (1.7)$$

где  $Q_i$  – вес перевозимых грузов по  $i$ -й дороге, титулу, т;

$l_i$  – расстояние перевозки грузов по  $i$ -й дороге, титулу, км;

$c_i$  – стоимость перевозки 1 т груза по  $i$ -му титулу, руб. (у.е.)/т·км.

Амортизационные отчисления в связи с эксплуатацией дороги находятся по формуле

$$A = \alpha_1 K_1 + \alpha_2 K_2 , \quad (1.8)$$

где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – норма амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов;

$K_1$  и  $K_2$  – то же, что и в формулах (1.2) и (1.3).

Земельный налог, ежегодно взимаемый с дорожных организаций за земли, занятые под дорогой, определяется по нормативным ставкам за 1 га по формуле

$$З_n = \sum_{i=1}^n S_{д_i} n_i , \quad (1.9)$$

где  $S_{д_i}$  – площадь земель под дорогой, га;

$n_i$  – нормативная ставка земельного налога за 1 га земель, руб. (у.е.).

Суммарные ежегодные затраты находятся по формуле

$$C_c = R + P + A + З_n . \quad (1.10)$$

Суммарные приведенные затраты ( $З_n$ ) определяются по формуле

$$З_n = E_n K_c + C_c \Rightarrow \min , \quad (1.11)$$

где  $E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений. Для внутрихозяйственных дорог он принимается равным 0,05, для дорог общего пользования – 0,10;

$K_c$  – суммарные капитальные затраты, руб. (у.е.);

$C_c$  – суммарные ежегодные затраты, руб. (у.е.).

При использовании запроектированной автомобильной дороги будут иметь место ежегодные сбережения, включающие сбережения на перевозки грузов ( $\mathcal{E}_1$ ), эксплуатацию автомобильных дорог ( $\mathcal{E}_2$ ), дополнительный доход (убытки) вследствие уменьшения (увеличения) площадей сельскохозяйственных земель из-под дорог ( $\mathcal{E}_3$ ) и сбережения в результате более полного использования автотранспорта в течение года, улучшения культурно-бытовых и административных связей, активизации хозяйственной деятельности ( $\mathcal{E}_4$ ). Значения перечисленных сбережений можно найти по соответствующей формуле.

Сбережения на перевозку грузов можно рассчитать следующим образом:

$$\mathcal{E}_1 = \sum_{i=1}^n Q_i l'_i c_i - \sum_{i=1}^n Q_i l_i c_i, \quad (1.12)$$

где  $Q_i$  – вес перевозимых грузов по  $i$ -й дороге, перегону, т;

$l'_i$  и  $l_i$  – расстояние перевозки грузов по  $i$ -й существующей и запроектированной дороге, перегону, км;

$c_i$  – стоимость перевозки 1 т груза по  $i$ -й дороге, руб. (у.е.)/т·км.

Экономия (перерасход) на эксплуатацию дорог ( $\mathcal{E}_2$ ) можно определить по формуле

$$\mathcal{E}_2 = \sum_{i=1}^n L'_i r_i - \sum_{i=1}^n L_i r_i, \quad (1.13)$$

где  $L'_i$  и  $L_i$  – соответственно протяженность существующих и запроектированных  $i$ -х дорог, км;

$r_i$  – то же, что и в формуле (1.6).

Величину экономии (убытка) вследствие уменьшения (увеличения) площадей сельскохозяйственных земель под дорогами ( $\mathcal{E}_3$ ) определяют как доход (убыток), получаемый как разность площадей под существующими и проектируемыми дорогами по вариантам:

$$\mathcal{E}_3 = (S_c - S_n)D, \quad (1.14)$$

где  $S_c$  и  $S_n$  – площади сельскохозяйственных земель под существующими и проектируемыми дорогами, га;

проектное решение, является срок окупаемости капиталовложений  $D$  – доход с 1 га сельскохозяйственных земель, руб. (у.е.).

Сбережения, получаемые в результате более полного использования автотранспорта в периоды распутиц, улучшения культурно-бытовых и административных связей, активизации хозяйственной деятельности  $\mathcal{E}_4$ , можно условно принять в размере 20–30 % от общей экономии ( $\mathcal{E}_1$ ) и ( $\mathcal{E}_2$ ).

Общая годовая экономия на транспортных и других расходах ( $\mathcal{E}_{\text{общ}}$ ), получаемая в результате использования запроектированной дороги, выражается формулой

$$\mathcal{E}_{\text{общ}} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 + \mathcal{E}_4. \quad (1.15)$$

Окончательным показателем, характеризующим в строительство дорог (лет):

$$t = \frac{K_c}{\mathcal{E}_{\text{общ}}}, \quad (1.16)$$

где  $K_c$  – то же, что и в формуле (1.11);

$\mathcal{E}_{\text{общ}}$  – то же, что и в формуле (1.15).

Лучшим вариантом размещения трассы дороги является тот, который имеет меньший срок окупаемости капитальных затрат.

Для внутрихозяйственных дорог срок окупаемости капиталовложений не должен превышать 20 лет, для дорог общего пользования – 10 лет.

Оценку разработанных вариантов размещения трассы дороги по экономическим показателям с использованием изложенной методики можно выполнить на компьютере по разработанной на кафедре программе.

### **1.5. Определение параметров круговых кривых в плане и их вписывание**

На изломах трассы дороги устанавливают положение углов поворота ( $\alpha$ ) между продолжением предыдущей и последующей прямой. Величину углов поворота определяют по карте с помощью транспорта (рис. 1.2).

Далее устанавливаются элементы круговой кривой:  $K$  – длина кривой,  $T$  – тангенс,  $B$  – биссектриса,  $D$  – домер. Для этого необходимо задаться радиусом. Радиусы круговых кривых назначают в зависимо-

сти от категории дороги и местных условий. Малые радиусы ухудшают эксплуатационные показатели дороги, поэтому их проектируют только в исключительных случаях: при сложном рельефе, обходе ценных земель, в пределах населенных пунктов и др.

Минимальное значение радиуса вписываемой кривой ( $R$ ) принимается с учетом категории проектируемой дороги в соответствии с ТКП 45-3.03-19 – 2006 (02250) (табл. 1.2). Однако если позволяют топографические и другие условия, необходимо вписывать круговые кривые с наибольшими радиусами. После уточнения положения трассы на карте, используя специальные таблицы [10] или формулы (1.17–1.20), определяют элементы кривых (рис. 1.2).

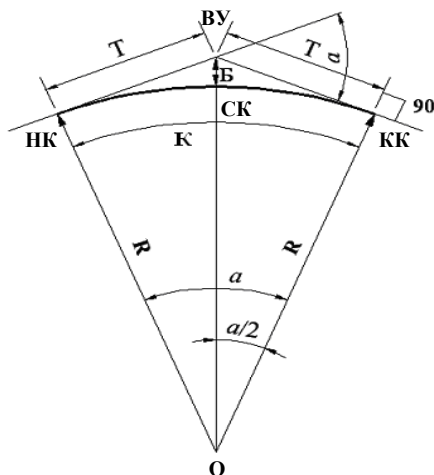


Рис. 1.2. Элементы горизонтальной круговой кривой

Длина круговой кривой ( $K$ ) рассчитывается по формуле

$$K = \frac{\pi R \alpha}{180^\circ}, \quad (1.17)$$

где  $R$  – радиус круговой кривой, м;

$\alpha$  – угол поворота, град;

$\pi$  – число, приблизительно равное 3,14.

Значение тангенса ( $T$ ) находится по формуле

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad (1.18)$$

где  $R$  и  $\alpha$  – то же, что и в формуле (1.17).

Биссектриса (Б) определяется из выражения

$$Б = \sqrt{R^2 + T^2} - R. \quad (1.19)$$

Значение домера (Д)

$$Д = 2T - К. \quad (1.20)$$

Последовательность вписывания горизонтальной кривой состоит в следующем (рис. 1.2):

1. От вершины угла ( $ВУ$ ) поворота по трассе дороги откладывают вперед и назад величины тангенсов ( $T$ ) и определяют положение начала и конца кривой ( $НК$  и  $КК$ ).

2. Строят биссектрису угла, смежного с углом  $\alpha$ . Отложив от вершины угла по биссектрисе значение  $Б$ , находят середину кривой ( $СК$ ).

3. Отложив от центра кривой по биссектрисе кривой значение  $R$ , получают центр вписываемой горизонтальной кривой  $O$ .

4. Принятым радиусом ( $R$ ) через точки начала ( $НК$ ), середины ( $СК$ ) и конца кривой ( $КК$ ) вписывают горизонтальную кривую.

Определение параметров горизонтальных кривых в плане возможно выполнять с использованием специального программного обеспечения и ПЭВМ. Так, программа «СигРго» (Расчет автодорожных закруглений) предназначена для расчетов основных элементов и детальной разбивки различных типов автомобильно-дорожных закруглений. Модуль программы работает в среде операционной системы Windows 95 и выше.

### **1.6. Разбивка пикетажа по лучшему варианту трассы дороги и графическое оформление проекта**

Запроектированную трассу дороги (лучший вариант) на карте показывают в виде отрезков прямых сплошных линий красного цвета, соединенных между собой кривыми (рис. 1.3). Кривые вписываются в трассу принятым радиусом через точки начала, середины и конца кривой, тангенсы вычерчиваются тонким пунктиром. Параметры элементов кривых выписывают на карте у каждого угла поворота или в виде общей таблицы (рис. 1.3).

По всей трассе, включая кривые, через 100 м разбивается пикетаж в виде коротких штрихов (3 мм) справа по ходу. Пикеты нумеруют арабскими цифрами от 1 до 9 и полностью выписывают номер каждого десятого пикета. Цифры (номера пикетов) подписываются вертикально. На каждом десятом пикете показывают километры в виде круга диаметром 5 мм (прил. 1).

Разбивка пикетажа на кривой производится в приведенной ниже последовательности.

1. Разбивается пикетаж через 100 м от начала трассы дороги (ПК0) до вершины первого угла поворота и определяется пикетажное значение ВУ (например, при расстоянии до ВУ<sub>1</sub> 960 м пикетажное значение ВУ<sub>1</sub> = ПК9 + 60,0).

2. Пикетажи положения НК и КК находятся с учетом элементов кривой по следующим формулам:

$$\text{ПК НК} = \text{ПК ВУ} - T, \quad (1.21)$$

$$\text{ПК КК} = \text{ПК ВУ} + T - Д \text{ или } \text{ПК КК} = \text{ПК НК} + К. \quad (1.22)$$

Устанавливается целое число пикетов, которые должны быть вынесены на кривую.

Например: на вычерченной в плане горизонтальной кривой откладывают 10,69 м по ходу разбивки пикетажа от НК<sub>1</sub> (графически) до ПК6, а от КК<sub>1</sub> в направлении, противоположном разбивке пикетажа, – 8,39 м до ПК13. Путем деления кривой на равные части раствором циркуля-измерителя, примерно чуть меньшим 100 м (взятых в масштабе), между ПК6 и ПК13 находят положения ПК7 – ПК12:

$$\text{ВУ}_1 - \text{ПК9} + 60,00 - \frac{T_1 - 3 + 70,69}{\text{НК}_1 - \text{ПК5} + 89,31} + \frac{К_1 - 7 + 19,08}{\text{КК}_1 - \text{ПК13} + 08,39}.$$

3. От пикета конца кривой откладывают расстояние до последующего пикета и продолжают дальнейшую разбивку пикетажа через 100 м.

Вдоль прямых участков подписываются их направления (румбы) и длины: от начала трассы до НК и от КК до конца следующего прямолинейного отрезка и т. д. (рис. 1.3).

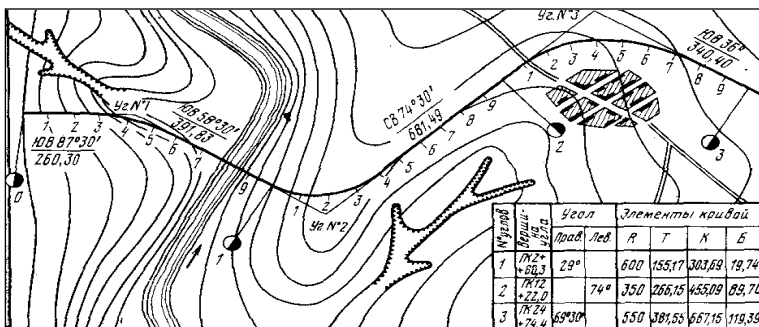


Рис. 1.3. Фрагмент оформления плана трассы дороги

Направление первого отрезка (румб) определяют по карте (рис. 1.4) с помощью транспорта, а последующих – вычисляют с учетом углов поворота трассы дороги. Для данного примера можно использовать следующую формулу:

$$r_{n+1} = 180^\circ - r_n - \alpha_1, \quad (1.23)$$

где  $r_n$  – румб первого прямолинейного отрезка трассы, град;

$\alpha_1$  – значение первого угла поворота, град.

На плане могут отмечаться съезды и пересечения дорог, а также места установки дорожных знаков.

Все оформление производится тушью красного цвета в соответствии с прил. 1.

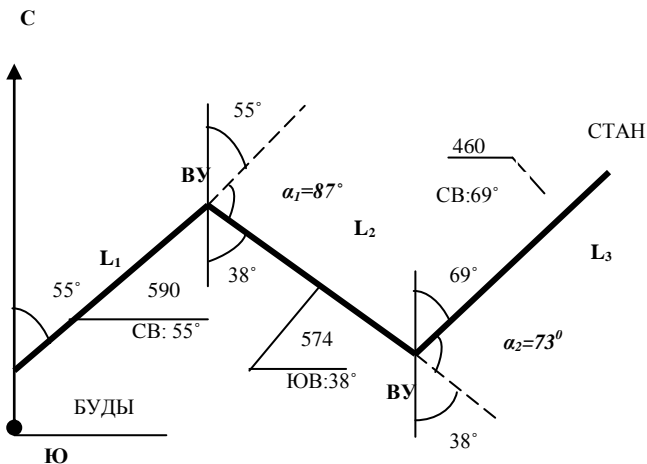


Рис. 1.4. Схема к расчету румбов прямых трассы

Значения элементов горизонтальных кривых, расстояния между их вершинами, длины прямолинейных отрезков трассы дороги и их румбы отражают в табл. 1.6.

Таблица 1.6. Ведомость углов поворота, прямых и кривых участков дороги

| Номер угла поворота | Угол              |   |                     |                                   |   |   |   |   |                |    |              |  |  |
|---------------------|-------------------|---|---------------------|-----------------------------------|---|---|---|---|----------------|----|--------------|--|--|
|                     | Положение вершины |   | Величина угла, град | Элементы горизонтальной кривой, м |   |   |   |   | Местоположение |    |              |  |  |
|                     | ПК                | + |                     | R                                 | Т | К | Б | Д | Начало кривой  |    | Конец кривой |  |  |
|                     |                   |   | ПК                  |                                   |   |   |   |   | +              | ПК | +            |  |  |
|                     |                   |   |                     |                                   |   |   |   |   |                |    |              |  |  |

| 1                                    | 2 | 3 | 4 | 5                      | 6 | 7 | 8 | 9 | 10                | 11 | 12 | 13 |
|--------------------------------------|---|---|---|------------------------|---|---|---|---|-------------------|----|----|----|
| Прямые                               |   |   |   |                        |   |   |   |   | Румбы линий, град |    |    |    |
| Расстояние между вершинами $L_M$ , м |   |   |   | Длины прямых $L_M$ , м |   |   |   |   |                   |    |    |    |
| 14                                   |   |   |   | 15                     |   |   |   |   | 16                |    |    |    |

Расчеты по заданию выполняются в соответствующих таблицах, приведенных в рабочей тетради, а при наличии программного обеспечения – на ПЭВМ.

## Задание 2. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ МАЛЫХ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ

**Цель задания:** освоить методики расчета основных параметров малых водопропускных сооружений (мостов, труб).

### Содержание задания:

2.1. Изучение условий поверхностного стока, установление на плане границы и площади водосбора. Определение уклона главного лога водотока.

2.2. Расчет объема ливневого и полного стоков, расхода воды. Выбор типа водопропускного сооружения.

2.3. Определение модуля расхода воды, геометрической характеристики створа водотока. Расчет бытовой глубины, ширины потока по верху, площади живого сечения и средней скорости течения.

2.4. Расчет отверстия, высоты и длины моста.

2.5. Расчет параметров трубы.

2.6. Подготовка исходных данных для расчета параметров водопропускного сооружения на ПЭВМ (табл. 2.10).

**Исходные данные:** 1) проект размещения трассы дороги в плане (задание 1); 2) методические указания; 3) нормативные материалы.

### В результате выполнения задания студент представляет:

1. Расчет параметров водопропускных сооружений (моста, трубы).
2. Оформленное задание.
3. Расчетно-пояснительную записку.

### 2.1. Изучение условий поверхностного стока, установление на плане границы и площади водосбора. Определение уклона главного лога водотока

Параметры малых водопропускных сооружений определяют до проектирования дороги в продольном профиле. К основным видам

водопроектных сооружений дорог местного значения относят малые мосты и трубы.

Данные сооружения устраивают в местах пересечения автомобильной дороги с малыми реками и ручьями, периодически действующими водотоками, оврагами или балками, по которым происходит поверхностный сток воды после выпадения осадков и снеготаяния.

Для расчета параметров водопроектных сооружений определяется объем водостока. С этой целью на топографической карте устанавливают границу и площадь ( $F$ , км<sup>2</sup>) водосбора. Граница водосборного бассейна проходит по водоразделу и ограничивается проектируемой дорогой. Площадь бассейна стока определяют по карте графическим или механическим способом.

Уклон главного лога ( $i_{л}$ ) находится по следующей формуле:

$$i_{л} = \frac{H_{в} - H_{д}}{L_{л}}, \quad (2.1)$$

где  $H_{в}$  – отметка самой удаленной от сооружения точки водораздела по тальвегу, м;

$H_{д}$  – отметка дна водотока у водопроектного сооружения, м;

$L_{л}$  – расстояние между отметками по тальвегу, м.

Условия поверхностного стока характеризуют уклоны поперечных склонов поймы водотока ( $i_1$  и  $i_2$ ) в створе сооружения. Определяются уклоны отрезков поймы, примыкающие с обеих сторон к водотоку (рис. 2.1).

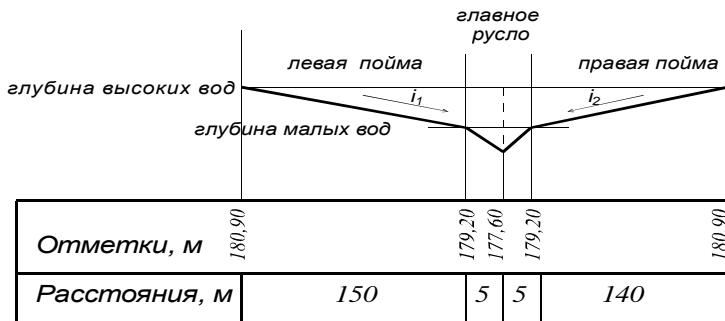


Рис. 2.1. Поперечное сечение лога русла реки в месте пересечения трассой дороги

Продольный уклон тальвега ( $i_o$ ) у сооружения (рис. 2.2) определяют по формуле

$$i_o = \frac{H_{200} - H_{100}}{L}, \quad (2.2)$$

где  $H_{200}$  – отметка точки, расположенной выше на 200 м от сооружения по течению водотока, м;

$H_{100}$  – отметка точки, расположенной на 100 м ниже сооружения по течению водотока, м;

$L$  – расстояние между отметками по водотоку, м.

Отметки точек и расстояния снимаются с топографического плана.

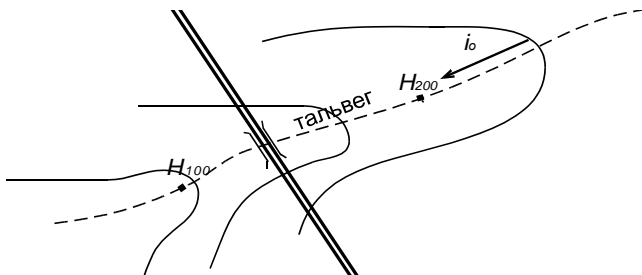


Рис. 2.2. Схема к определению продольного уклона тальвега

## 2.2. Расчет объема ливневого и полного стоков, расхода воды. Выбор типа водопропускного сооружения

Размеры и конструкция водопропускных сооружений зависят от величины расчетного расхода воды в пересекаемом водотоке, наличия местных строительных материалов и других факторов.

Для условий Республики Беларусь максимальный расход воды по малым бассейнам (с площадью водосбора до 100 км<sup>2</sup>) происходит, как правило, в результате ливневого стока.

Максимальный расход ливневых вод определяется по упрощенному методу, разработанному под руководством профессора Е. В. Болдакова [11]:

$$Q_{л} = \Psi(h - z)^m F^n k \delta, \quad (2.3)$$

где  $Q_{л}$  – максимальный расход ливневых вод, м<sup>3</sup>/с;

- $\Psi$  – морфологический коэффициент (табл. 2.1), зависящий от уклона главного лога  $i_{л}$ , который установлен по формуле (2.1);  
 $h$  – слой ливневого стока, который доходит до сооружения, мм (табл. 2.2);  
 $z$  – величина потерь ливневого стока на смачивание растительности, заполнения впадин микрорельефа (табл. 2.3), мм;  
 $F$  – площадь водосборного бассейна, км<sup>2</sup>;  
 $k$  – коэффициент, учитывающий шероховатость лога ( $m_{л}$ ) и склонов ( $m_{с}$ ), (табл. 2.4, 2.5, 2.6);  
 $\delta$  – коэффициент, учитывающий озерность и заболоченность бассейна (табл. 2.7);  
 $m$  и  $n$  – степенные показатели,  $m \approx 1,5$ ,  $n \approx 0,67$ .

Т а б л и ц а 2.1. Значения морфологического коэффициента  $\Psi$  в зависимости от уклона главного лога  $i_{л}$

| $i_{л}$ , тыс. | $\Psi$ | $i_{л}$ , тыс. | $\Psi$ | $i_{л}$ , тыс. | $\Psi$ | $i_{л}$ , тыс. | $\Psi$ |
|----------------|--------|----------------|--------|----------------|--------|----------------|--------|
| 2              | 0,015  | 11             | 0,030  | 20             | 0,035  | 50             | 0,043  |
| 3              | 0,020  | 12             | 0,031  | 22             | 0,036  | 60             | 0,045  |
| 4              | 0,022  | 13             | 0,031  | 24             | 0,037  | 70             | 0,047  |
| 5              | 0,024  | 14             | 0,032  | 26             | 0,037  | 80             | 0,049  |
| 6              | 0,026  | 15             | 0,032  | 28             | 0,038  | 90             | 0,051  |
| 7              | 0,027  | 16             | 0,033  | 30             | 0,038  | 100            | 0,053  |
| 8              | 0,028  | 17             | 0,033  | 35             | 0,040  | 110            | 0,055  |
| 9              | 0,029  | 18             | 0,034  | 40             | 0,041  | 120            | 0,056  |
| 10             | 0,030  | 19             | 0,034  | 45             | 0,042  | 130            | 0,057  |

Таблица 2.2. Величина слоя ливневого стока  $h$  в зависимости от грунтов (при времени стока  $t = 30$  мин)

| Грунты бассейна                                   | Слой ливневого стока ( $h$ , мм) при вероятности паводка, % |    |    |
|---|---|----|----|
|   | 4   | 3  | 2  |
| Глины, глинистые грунты                           | 37  | 35 | 39 |
| Суглинки, суглинистые черноземы, болотные почвы   | 30  | 30 | 36 |
| Чернозем, карбонатные почвы, задернованная супесь | 17  | 17 | 25 |
| Супеси, сероземы песчаные и супесчаные            | 3   | 9  | 12 |
| Пески, гравий, рыхлые почвы                       | –   | –  | –  |

Т а б л и ц а 2.3. Величина слоя потерь  $z$  на смачивание растительности и др.

| Характер растительности бассейна | Величина слоя потерь $z$ , мм |
|----------------------------------|-------------------------------|
| Густая трава, редкий кустарник   | 5                             |
| Средний лес, кустарник           | 10                            |
| Густой лес                       | 15                            |
| Растительность отсутствует       | 0                             |

Т а б л и ц а 2.4. Коэффициент гидравлической шероховатости русла  $m_d$

| Характеристика русла реки | Шероховатость русла $m_d$ |
|---------------------------|---------------------------|
| Ровное земляное ложе      | 25                        |
| Извилистое заросшее ложе  | 20                        |
| Сильно заросшее русло     | 15                        |

Т а б л и ц а 2.5. Коэффициент гидравлической шероховатости склонов  $m_c$

| Характеристика поверхности склонов  | Растительный покров    |         |        |
|---|------------------------|---------|--------|
|   | отсутствует или редкий | средний | густой |
| Укатанная спланированная поверхность  | 50                     | 30      | 20     |
| Поверхность, хорошо обработанная вспашкой неспаханная, без кочек; в населенном пункте застройкой менее 20 % | 30                     | 20      | 10     |
| Поверхность грубо обработанная, кочковатая; населенных мест с застройкой более 20 %                         | 20                     | 10      | 5      |

Т а б л и ц а 2.6. Коэффициент  $k$ , учитывающий шероховатость лога и склонов бассейна

| Шероховатость русла $m_s$ | Шероховатость склонов $m_c$ |     |     |     |     |      |
|---------------------------|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|------|
|                           | 50                          | 30  | 20  | 15  | 10  | 5    |
| 25                        | 2,2                         | 1,7 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 0,75 |
| 20                        | 1,9                         | 1,6 | 1,4 | 1,2 | 1,0 | 0,7  |
| 15                        | 1,7                         | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 0,9 | 0,65 |
| 10                        | 1,5                         | 1,2 | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,6  |

Т а б л и ц а 2.7. Коэффициент  $\delta$ , учитывающий озерность и заболоченность

| Заболоченность бассейна, % | Озерность бассейна, % |      |      |      |      |            |
|----------------------------|-----------------------|------|------|------|------|------------|
|                            | 0                     | 2    | 6    | 10   | 15   | 20 и более |
| 0                          | 1,00                  | 0,79 | 0,59 | 0,48 | 0,38 | 0,32       |
| 3                          | 0,95                  | 0,77 | 0,58 | 0,47 | 0,38 | 0,31       |
| 10                         | 0,87                  | 0,72 | 0,56 | 0,45 | 0,37 | 0,30       |
| 30                         | 0,71                  | 0,62 | 0,50 | 0,41 | 0,34 | 0,28       |
| 60                         | 0,58                  | 0,52 | 0,43 | 0,36 | 0,30 | 0,26       |
| 100                        | 0,47                  | 0,43 | 0,36 | 0,31 | 0,25 | 0,21       |

Расход, вычисленный по формуле (2.3), не должен превышать объема полного стока ( $Q_{nc}$ ):

$$Q_{nc} = 0,56(h-z) F, \text{ м}^3/\text{с} \cdot \quad (2.4)$$

Определив максимально возможный расход воды, выбирают тип водопропускного сооружения. Правильный выбор типа позволяет снизить стоимость строительства дороги.

При проектировании малых сооружений следует отдавать предпочтение трубам. Они не ухудшают условий движения автомобилей, так как могут размещаться при любых сочетаниях пересечения местности и дороги. Трубы не требуют изменения дорожного покрытия, не стесняют проезжую часть и обочины.

Мосты проектируют при пересечении постоянных водотоков, имеющих постоянный расход в зимнее время; при большом расходе воды по тальвегу, для пропуска которого требуется устройство многоочковых труб; при пересечении узких и глубоких тальвегов, в которых при незначительном расходе воды требуется устройство высоких насыпей; при пересечении оросительных и осушительных каналов.

Кроме этого при выборе сооружения учитывают его водопропускную способность, долговечность работы, стоимость и сроки строительства, наличие необходимых ресурсов.

После установления типа сооружения приступают к гидротехническим расчетам.

### **2.3. Определение модуля расхода воды и геометрической характеристики створа водотока. Расчет бытовой глубины, ширины потока по верху, площади живого сечения и средней скорости течения**

При установлении параметров малого моста или трубы предварительно определяют модуль расхода воды и геометрическую характеристику створа. Упрощенный расчет выполняют в следующем порядке. Устанавливают модуль расхода воды ( $K$ ) по формуле

$$K = \frac{Q_{\text{л}}}{\sqrt{i_o}}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.5)$$

где  $Q_{\text{л}}$  – расчетный расход воды,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$i_o$  – продольный уклон тальвега у сооружения, тыс. Определяют как частное от деления разности отметок на 200 м выше и 100 м ниже сооружения по течению водотока на расстояние между ними (2.2).

Определяют геометрическую характеристику створа ( $I$ ) по формуле

$$I = \frac{1}{i_1} + \frac{1}{i_2}, \quad (2.6)$$

где  $i_1, i_2$  – уклоны склонов поперечного сечения лога в месте его пересечения с дорогой. Рассчитаны в п. 2.1.

Далее устанавливают бытовые условия протекания водного потока. Для этого рассчитывают бытовую глубину ( $h_6$ ) и среднюю скорость течения ( $v$ ) потока воды в месте пересечения дороги с водотоком.

Бытовую глубину потока в месте пересечения водотока дорогой определяют по формуле

$$h_6 = m^3 \sqrt{\frac{K}{I}}, \quad (2.7)$$

где  $m$  – параметр, учитывающий состояние русла водотока (табл. 2.8).

Таблица 2.8. Значения параметра  $m$

| Характеристика русла реки                     | Параметр $m$ |
|---|--------------|
| Чистые, прямые, незасоренные русла            | 0,42         |
| Частично заросшие слабоизвилистые русла       | 0,46         |
| Засоренные, заросшие и извилистые русла       | 0,49         |
| Сильно засоренные и заросшие извилистые русла | 0,60         |

Затем рассчитывают ширину потока по верху ( $x$ ), площадь живого сечения потока ( $\omega_6$ ) и среднюю скорость течения ( $v_{cp}$ ) по следующим формулам:

$$x = h_6 I, \text{ м}; \quad (2.8)$$

$$\omega_6 = \frac{1}{2} h_6^2 I, \text{ м}^2; \quad (2.9)$$

$$v_{cp} = \frac{Q_{\text{п}}}{\omega_6}, \text{ м/с}. \quad (2.10)$$

#### 2.4. Расчет отверстия, высоты и длины моста

Величину отверстия моста устанавливают в зависимости от режима протекания потока воды под ним, который вследствие стеснения

потока дамбами может происходить по схемам свободного или несвободного истечения.

Определение схемы производят путем сравнения бытовой глубины нестесненного потока ( $h_6$ ) с критической глубиной потока ( $h_k$ ) в подмостовом русле:

$$h_k \approx 0,1v_d^2, \text{ м}, \quad (2.11)$$

где  $v_d$  – допустимая скорость протекания воды под мостом при критической глубине, принятая в зависимости от рода грунта или укрепления подмостового русла. В данных расчетах  $v_d$  принимается равной средней скорости течения  $v_{cp}$ .

При  $h_6 \geq 1,3h_k$  истечение потока воды будет несвободное (затопленный водослив). Тогда отверстие моста ( $B$ ) определяют по формуле

$$B = \frac{Q_n}{\varepsilon h_d v_d}, \quad (2.12)$$

где  $B$  – отверстие моста (длина пролета под мостом между береговыми устоями на уровне поверхности воды), м;

$\varepsilon$  – коэффициент сжатия потока воды у входа в сооружение (0,80 – 0,90).

Полученное значение отверстия округляют до ближайшего типового (2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 20 м).

При  $h_6 \leq 1,3h_k$  истечение потока воды свободное (незатопленный водослив). Величину отверстия моста при протекании воды по схеме незатопленного водослива устанавливают по формуле

$$B = \frac{Q_n g}{\varepsilon v_d^3}, \quad (2.13)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения (9,81 м/с<sup>2</sup>).

Высоту моста ( $H_m$ ) рассчитывают по формуле

$$H_m = H + p + k, \text{ м}, \quad (2.14)$$

где  $H$  – подпор воды у входа в сооружение, рассчитываемый по формуле

$$H = h_6 + \frac{v_d^2}{15}, \quad (2.15)$$

где  $p$  – просвет между подпором воды и низом пролетного строения (не менее 0,5 м, а на водотоках с ледоходом – не менее 1 м);

$k$  – конструктивная высота пролетного строения (устанавливается по типовому проекту в зависимости от размеров и конструкции моста), 0,9–1,5 м.

Длину моста ( $L$ ) определяют по формуле

$$L = B + nd + 2mH + 0,5, \quad (2.16)$$

где  $n$  – количество промежуточных опор моста, зависящее от величины  $B$ , принимается по типовому проекту. В малых мостах опоры устраивают через 6, 12 и 18 м;

$d$  – толщина опор, 0,3–0,5 м;

$m$  – коэффициент заложения откосов конусов насыпи на стыке с мостом, 1:1– 1:1,5.

Расчетную высоту моста можно увеличить, если это необходимо по условиям рельефа местности (узкая пойма, крутые спуски, глубокие выемки). При изменении расчетной высоты моста необходимо уточнить его длину по формуле (2.16).

## 2.5. Расчет параметров трубы

Параметры трубы рассчитывают при их устройстве на временных водотоках при площади водосбора более 0,5 км<sup>2</sup>. При меньшей площади водосбора ее диаметр принимают без расчета равным 1 м.

При расчетном расходе воды менее 0,4 м<sup>3</sup>/с принимают трубу диаметром 0,5 м при ее длине до 10 м; 0,75 – при длине менее 15 м и диаметром 1,0 м при длине 15–20 м.

Отверстия водопропускных дорожных труб рассчитывают на пропуск расходов воды с вероятностью превышения паводка на дорогах II–III категорий, равной 1:50 (2%-ная обеспеченность), IV–V категорий – 1:33 (3%-ная обеспеченность), на сельских дорогах – 1:25 (4%-ная обеспеченность).

Установление типа необходимых труб начинают с назначения режима протекания в них воды (безнапорный, полунапорный, напорный).

Трубы с безнапорным режимом работы проектируют при пологих склонах водотоков, когда повышение уровня воды перед трубой мо-

жет привести к затоплению сельскохозяйственных земель, населенных пунктов и т. п.

Отверстия безнапорных прямоугольных труб рассчитывают по формулам (2.12, 2.13).

Диаметр круглой безнапорной трубы определяют по формуле

$$d = \sqrt[5]{\frac{1}{2}Q_{л}^2}. \quad (2.17)$$

Диаметр круглой безнапорной трубы можно установить по табл. 2.9.

Расчитанный диаметр трубы округляют до типового – (1; 1,25; 1,5; 2 м).

Трубы с напорным режимом работы проектируют на водотоках с крутыми склонами, при образовании пруда и подпора воды у входа в нее.

Т а б л и ц а 2.9. Диаметр круглых безнапорных труб

| $Q_{л}$ ,<br>м <sup>3</sup> /с | Диаметр трубы $d$ , м   |      |      |     |      |     |      |     |
|--------------------------------|---|------|------|-----|------|-----|------|-----|
|                                | 1,0   |      | 1,25 |     | 1,5  |     | 2,0  |     |
|                                | Глубина потока ( $H$ , м) у входа в трубу и скорость течения ( $v$ , м <sup>3</sup> /с) |      |      |     |      |     |      |     |
|                                | $H$   | $v$  | $H$  | $v$ | $H$  | $v$ | $H$  | $v$ |
| 1,0                            | 0,93  | 2,40 | 0,77 | 2,2 | 0,78 | 1,9 | 0,73 | 1,8 |
| 2,0                            | 1,30  | 3,30 | 1,13 | 2,7 | 1,15 | 2,3 | 1,05 | 2,2 |
| 3,0                            |   |      | 1,86 | 3,8 | 1,46 | 3,3 | 1,30 | 2,4 |
| 4,0                            |   |      |      |     | 1,75 | 3,8 | 1,53 | 2,7 |
| 5,0                            |   |      |      |     | 2,38 | 4,6 | 1,55 | 3,3 |
| 6,0                            |   |      |      |     | 3,00 | 5,5 | 1,73 | 3,5 |

Диаметр круглой трубы с напорным режимом протекания потока воды устанавливают по формуле

$$d = \sqrt{\frac{4Q_{л}}{\pi v_{\max}}}, \quad (2.18)$$

где  $v_{\max}$  – наибольшая допустимая скорость в трубе, м/с.  
 $\pi \approx 3,14$ .

Отверстия труб определяют в зависимости от их пропускной способности (прил. 2). В приложении приведены пропускные способности круглых труб типовых диаметров ( $d$ ), величина подпоров ( $H$ ) (глубин воды) перед сооружением и скорости протекания воды в

сооружении ( $v$ ). Параметры  $H$  и  $v$  устанавливают по формулам (2.10) и (2.15). Приведенные типы оголовков труб (необтекаемые – I тип и обтекаемые – II тип) выбирают исходя из диаметра труб: при  $d = 0,5-0,75$  – порталные, при  $d = 1,0$  м и более – раструбные, воротниковые или обтекаемые оголовки.

При расходе воды более  $15 \text{ м}^3/\text{с}$  экономически целесообразнее проектировать прямоугольные трубы или мосты.

Минимальную отметку бровки насыпи над трубой (контрольную отметку) при безнапорном режиме ее работы рассчитывают по формуле

$$H_{\text{бр}} = H_{\text{м}} + d_{\text{тр}} + \delta + \Delta. \quad (2.19)$$

При напорном и полунпорном режимах работы трубы.

$$H_{\text{бр}} = H_{\text{тм}} + \Delta + 1,0, \quad (2.20)$$

где  $H_{\text{м}}$  – отметка тальвега у входа в сооружение, м;

$H_{\text{п}}$  – высота подпора воды перед трубой, м;

$d_{\text{тр}}$  – диаметр трубы, м;

$\delta$  – толщина стенки трубы (0,10–0,20 м);

$\Delta$  – минимальная толщина земляной насыпи над трубой (0,5–0,6 м).

Длину трубы определяют по формуле

$$L_{\text{тр}} = B + 2mh, \quad (2.21)$$

где  $B$  – ширина земляного полотна по верху, м;

$m$  – коэффициент заложения откосов насыпи;

$h$  – высота насыпи в месте заложения трубы, м.

В целом высота насыпи должна быть не менее 0,5 м для безнапорных труб и не менее 1 м над уровнем воды для полунпорных и напорных труб.

После выполнения всех необходимых расчетов на продольном профиле условными обозначениями показывают запроектированные водопропускные сооружения и их основные параметры (диаметр и длина труб, длина мостов, их пикетажное значение). Высоту моста откладывают от дна водотока, длину – по его ширине.

## 2.6. Подготовка исходных данных для расчета параметров водопропускного сооружения на ПЭВМ

Расчеты параметров малого моста можно произвести на ПЭВМ с помощью программы VODS или другого программного обеспечения. Для этого в табл. 2.10 подготавливают необходимые исходные данные.

Таблица 2.10. Исходные данные для расчета параметров водопропускного сооружения на ПЭВМ

| Показатели  | Значение показателей |
|---|----------------------|
| 1   | 2                    |
| Площадь бассейна стока ( $F$ ), км <sup>2</sup>   |                      |
| Отметка самой удаленной точки водораздела по главному тальвегу ( $H_0$ ), м                               |                      |
| Отметка дна водотока у водопропускного сооружения ( $H_1$ ), м  |                      |
| Расстояние между точками по главному тальвегу ( $L_1$ ), м  |                      |
| Геоморфологический коэффициент ( $\Psi$ )   |                      |
| Слой стока воды в зависимости от грунта ( $h$ ), мм   |                      |
| Потери стока на смачивание растительности и др. ( $z$ ), мм   |                      |
| Отметка тальвега на 200 м выше моста ( $H_1$ ), м   |                      |
| Отметка тальвега на 100 м ниже моста ( $H_2$ ), м   |                      |
| Отметка левого берега водотока у сооружения ( $H_{л.б.}$ ), м   |                      |
| Отметка правого берега водотока у сооружения ( $H_{п.б.}$ ), м  |                      |
| Отметка земли в точке пересечения трассой дороги границы поймы водотока слева от сооружения ( $H_3$ ), м  |                      |
| Отметка земли в точке пересечения трассой дороги границы поймы водотока справа от сооружения ( $H_4$ ), м |                      |
| Расстояние между отметками ( $L_3$ ), м   |                      |
| Расстояние между отметками ( $L_4$ ), м   |                      |
| Параметр, учитывающий состояние русла, $m$  |                      |
| Коэффициент сжатия потока в сооружении ( $\epsilon$ )   |                      |
| Просвет между подпором воды и низом пролета ( $p$ ), м  |                      |
| Толщина пролетного строения ( $\kappa$ ), м   |                      |
| Количество промежуточных опор ( $n$ )   |                      |
| Толщина опор ( $d$ ), м   |                      |
| Коэффициент заложения откосов конусов ( $m$ )   |                      |
| <b>Расчитанные значения</b>   |                      |
| Отверстие моста ( $B$ ), м  |                      |
| Высота моста ( $H_M$ ), м   |                      |
| Длина моста ( $L_M$ ), м  |                      |

### **Задание 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОРОГИ В ПРОДОЛЬНОМ ПРОФИЛЕ**

**Цель задания:** овладеть методикой проектирования дороги в продольном профиле.

**Содержание задания:**

- 3.1. Построение сетки продольного профиля.
- 3.2. Построение профиля земной поверхности участка трассы дороги.
- 3.3. Проектирование дороги в продольном профиле.
- 3.4. Вычисление уклонов проектной линии, отметок бровки земляного полотна и рабочих отметок.
- 3.5. Расчет параметров вертикальных кривых и их вписывание. Определение поправок в рабочие отметки и местоположения точек «нулевых» работ.
- 3.6. Определение местоположения кюветов и типа их укрепления.
- 3.7. Оформление продольного профиля дороги.
- 3.8. Подготовка исходных данных для автоматизированного проектирования продольного профиля на ПЭВМ.

**Исходные данные:** 1) материалы задания 1 и 2; 2) методические указания и нормативные данные.

**В результате выполнения задания студент представляет:**

1. Вычерченный продольный профиль дороги.
2. Оформленную работу.
3. Расчетно-пояснительную записку.

#### **3.1. Построение сетки продольного профиля**

Продольный профиль автомобильной дороги является одним из графических документов рабочего проекта ее строительства. Построение продольного профиля производится на листе миллиметровой бумаги размером 40–50 × 70–80 см.

Отступив 1–2 см от левого и 5–6 см от нижнего края листа, вычерчивают сетку профиля. Следует стремиться, чтобы вертикальная линия штампа сетки профиля справа и верхняя горизонтальная линия совпадали с «жирной» линией сетки миллиметровой бумаги. Наименование строк сетки и их ширина в сантиметрах приведены на рис. 3.1.

### 3.2. Построение профиля земной поверхности участка трассы дороги

Построение продольного профиля поверхности земли по запроектированной дороге, как правило, производят по данным продольного нивелирования закрепленных на местности пикетов трассы дороги. Для небольших и несложных объектов профиль может быть составлен по высотным отметкам, снятым графически с крупномасштабной топографической карты или плана. При выполнении лабораторного задания используют второй способ.

Для наиболее точного отображения продольного профиля земной поверхности кроме пикетов назначают плюсовые точки. В качестве их принимают точки пересечения трассой дороги горизонталей, границ контуров земель, берегов и дна водотоков, а также контрольные точки (пересечения с существующими дорогами, примыкания к улицам, подходы к мостам и другим инженерным сооружениям), начало и конец горизонтальных кривых и др.

Отметки пикетов определяют путем интерполяции или экстраполяции отметок горизонталей плана. Интерполяцию используют в том случае, если пикет или плюсовая точка расположена между горизонталями, а экстраполяцию – если точка находится в пределах замкнутой горизонтали.

Отметки поверхности земли в пикетах (плюсовых точках) определяют методом интерполяции исходя из свойств подобия треугольников (рис. 3.2).

Для этого устанавливают кратчайшее расстояние ( $D$ ) между горизонталями, которое проходит через пикет или плюсовую точку  $A$  и расстояние ( $d$ ) от горизонтали с меньшей отметкой до этой точки. Пользуясь свойством подобия треугольников, составляют следующую пропорцию:

$$\frac{x}{h} = \frac{d}{D}, \quad (3.1)$$

где  $d$  – расстояние от горизонтали с меньшей отметкой до точки  $A$ , м;

$h$  – высота сечения рельефа, м;

$D$  – кратчайшее расстояние между горизонталями, которое проходит через точку  $A$ , м.

Превышение точки  $A$  над горизонталью с меньшей отметкой определяется следующим образом:

$$x = d \cdot \frac{h}{D}. \quad (3.2)$$

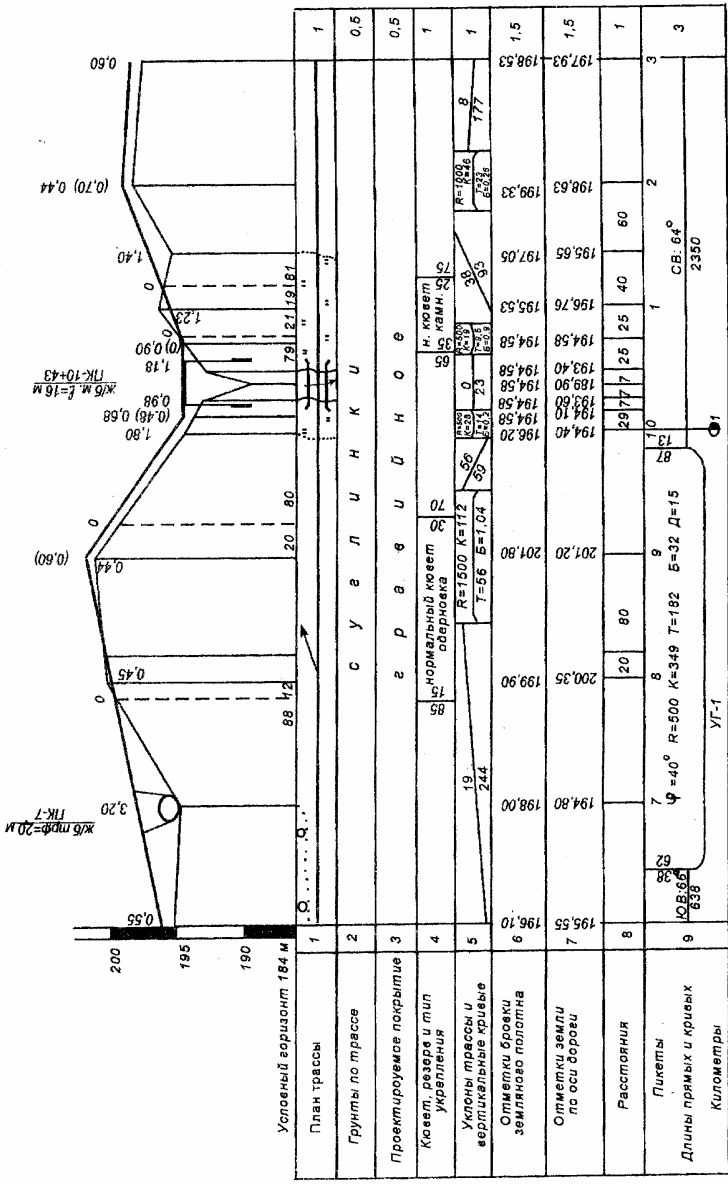


Рис. 3.1. Продольный профиль дороги

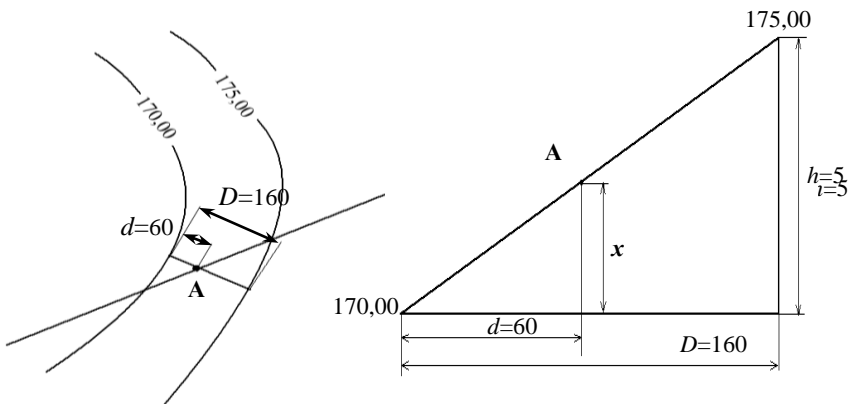


Рис. 3.2. Схема к определению отметки точки методом интерполяции

Например, требуется найти отметку точки А, расположенную между горизонталями с отметками 170,00 и 175,00 м. Кратчайшее расстояние между горизонталями  $D = 160$  м, расстояние от пикета до горизонтали с наименьшей отметкой  $d = 60$  м. Сечение рельефа  $h = 5$  м. Тогда отметка точки

$$H_A = 170,00 + \frac{60 \cdot 5}{160} = 171,88 \text{ м.}$$

Отметку точки путем экстраполяции рассчитывают также исходя из свойств подобия треугольников (рис. 3.3).

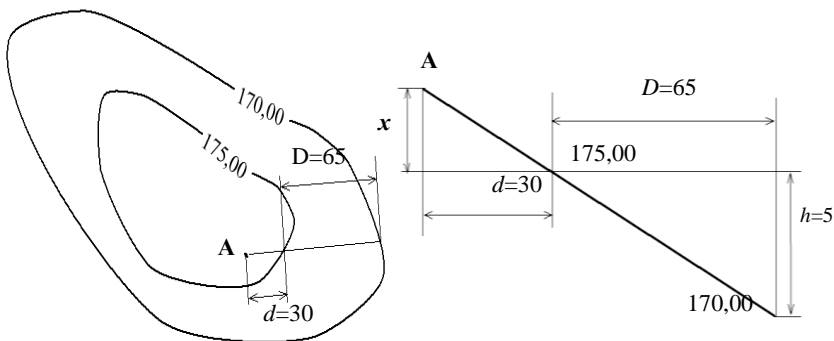


Рис. 3.3. Схема к определению отметки точки методом экстраполяции

При кратчайшем расстоянии между ближайшими горизонталями ( $D$ ) и расстоянии ( $d$ ) от точки  $A$  до ближайшей горизонтали превышение (или понижение) по отношению к отметке ближайшей горизонтали определяется по формуле (3.2).

Если ближайшая горизонталь имеет меньшую отметку, чем смежная, то превышение вычитают от отметки ближайшей горизонтали, если большую – прибавляют.

Например, точка  $A$  расположена в пределах замкнутой горизонтали с отметкой 175,00 м. Расстояние от точки до ближайшей горизонтали  $d = 30$  м, кратчайшее от горизонтали с отметкой 175,00 м до соседней с отметкой 170,00 м  $D = 65$  м. Сечение рельефа  $h = 5$  м. Тогда отметка точки

$$H_A = 175,00 + 30 \frac{5}{65} = 177,31 \text{ м.}$$

Все определенные высотные отметки пикетов и плюсовых точек вычисляются с точностью до 0,01 м и заносятся в табл. 3.1.

Таблица 3.1. **Ведомость отметок пикетов и плюсовых точек поверхности земли по трассе дороги**

| Номера пикетов и плюсовых точек | Отметка земли (до 0,01), м | Примечание (расположение кривых, контуров земель, контрольных точек и др.) |
|---------------------------------|----------------------------|--|
|                                 |                            |  |

Для построения продольного профиля принимают масштабы: горизонтальный – 1:5000, вертикальный – 1:500. Условный горизонт задается на 15–20 м ниже минимальной отметки земной поверхности.

Используя отметки пикетов и плюсовых точек (табл. 3.1), расстояния между ними, заполняют строки 7, 8 сетки продольного профиля и строят профиль земной поверхности по трассе дороги (см. рис. 3.1).

### 3.3. Проектирование дороги в продольном профиле

Продольным профилем автомобильной дороги называется графическое изображение вертикальной проекции бровки земляного полотна дороги на плоскость.

При проектировании дороги в продольном профиле необходимо соблюдение следующих основных условий: безопасности и плавности движения транспортных средств с расчетными скоростями, устойчиво-

сти земляного полотна и дорожной одежды, а также минимума земляных работ. Проектная линия дороги должна согласовываться с рельефом местности, проходить через отметки контрольных точек. Безопасность и плавность движения достигается правильным подбором радиуса вертикальных кривых, величин уклонов спусков и подъемов участков дороги и их последовательного размещения, соблюдением шага проектирования. Устойчивость и долговечность земляного полотна обеспечивается необходимым возвышением бровки земляного полотна над поверхностью земли с учетом местных условий, обеспечением дорожного водоотвода и соблюдением других эксплуатационных требований. Минимум земляных работ достигается оптимальными параметрами высоты насыпи и глубины выемки, а также их смежным размещением. В процессе проектирования следует увязывать элементы плана, продольного и поперечного профилей дороги между собой и с окружающим ландшафтом.

Таким образом, при проектировании дороги в продольном профиле необходимо учитывать приведенные ниже требования.

1. *Допустимые величины продольных уклонов.* Они зависят от рельефа местности, характера движения автомобилей по дороге. Наибольший уклон не должен превышать допустимого для данной категории дороги исходя из технических условий и эксплуатационных требований ТКП 45-3.03-19–2006 (02250) (см. табл. 1.2).

В сложных условиях местности допустимые уклоны могут увеличиваться на 10 %. Для обеспечения плавности пути дорогу проектируют с возможно минимальными уклонами, если это не приведет к значительному увеличению объема земляных работ. Наименьшие продольные уклоны на участках, проходящих в выемке, должны быть для глинистых грунтов не менее 5 ‰, для песчаных – 3 ‰ [5]. Минимальный уклон задается для обеспечения водоотвода с земляного полотна.

2. *Рекомендуемая рабочая отметка бровки земляного полотна (высота насыпи).* Дорога должна проходить по возможности в невысокой насыпи (0,5–1,0 м), высота которой принимается в зависимости от климатической зоны, типа местности, характера и степени увлажнения поверхностными и грунтовыми водами, вида грунтов и др. (табл. 3.2).

Для дорог низших категорий, исходя из опыта эксплуатации существующих, нормы могут быть уменьшены наполовину. По возможно-

сти необходимо избегать устройства высоких насыпей и глубоких выемок, особенно для дорог низших технических категорий.

Таблица 3.2. Рекомендуемое возвышение основания дорожной одежды II климатической зоны для условий Республики Беларусь [5]

| Грунты земляного полотна                              | Наименьшее возвышение низа дорожной одежды, м |                           |
|---|---|---------------------------|
|   | над поверхностью земли                        | над уровнем грунтовых вод |
| Пески средние, мелкие, супеси легкие и крупные        | 0,5   | 0,7                       |
| Пески пылеватые, супеси легкие                        | 0,6   | 1,2                       |
| Супеси пылеватые, суглинки легкие и тяжелые пылеватые | 0,8   | 1,9                       |
| Суглинки тяжелые, глины                               | 0,8   | 1,9                       |

Низ дорожной одежды определяют по границе последнего по глубине конструктивного слоя одежды.

3. *Наименьшие радиусы вертикальных выпуклых и вогнутых кривых.* Минимальные радиусы выпуклых кривых для дорог IV категории должны составлять 4000 м, V – 1500 м; вогнутых – соответственно 2500 и 1500 м [5]. В благоприятных условиях местности радиусы выпуклых кривых рекомендуется принимать не менее 5000 м.

4. *Расстояние между вершинами переломов проектной линии дороги* (шаг проектирования). Минимальное расстояние между соседними переломами трассы для дорог III категории составляет 200 м, IV – 150, V, VI-а, VI-б – 100 м. При нанесении проектной линии для обеспечения плавности следует избегать ее частых переломов, проектировать дорогу с наибольшим шагом.

5. *Отметки контрольных точек.* Контрольными точками являются: отметки бровок дорог равной или более высокой технической категории, которые должны пересекаться проектируемой дорогой в одном уровне; отметки насыпей над трубами, высота моста и др. Прохождение проектной линии увязывают с указанными отметками.

Подходы к мостам размещают на прямых отрезках длиной не менее 10 м с учетом вставки вертикальных кривых. Точка перелома проектной линии на подходах к мосту должна быть на расстоянии (считая от моста), не меньшем длине тангенса вертикальной кривой плюс минимальное расстояние от моста до конца вертикальной кривой. Отметки проезжей части моста и над трубой являются контрольными для проведения проектной линии на профиле в этих точках. Высота насыпи на подходах к мосту должна возвышаться над расчетным горизонтом воды с учетом подпо-

ра не менее чем на 0,5 м при безнапорном режиме, не менее чем 1 м – при напорном и полунанпорном режимах.

Проектирование дороги в продольном профиле относительно земной поверхности может производиться по методу обертывающей, секущей и комбинированным методом.

Первый метод используется в условиях равнинной и слабопересеченной местности, второй – пересеченной, холмистой. Дорогу местного значения в продольном профиле стремятся проектировать по обертывающей или сочетая оба метода (комбинированным).

При проектировании по обертывающей проектную линию наносят, повторяя изгибы поверхности земли, с соблюдением рекомендуемых рабочих отметок, уклонов отрезков, шага проектирования и других условий.

Проектирование дорог низших технических категорий в благоприятных грунтовых и гидрологических условиях при равнинном и слабохолмистом рельефе выполняют в насыпях высотой 0,5–1,0 м. В условиях равнинной местности проектная линия может иметь нулевой или близкий к этому уклон. Нанося проектную линию параллельно поверхности земли, следует избегать ее частых переломов. Расстояние между точками перелома продольного профиля (шаг проектирования) должно быть по возможности большим.

В условиях холмистого, сильно пересеченного рельефа при проектировании дорог низших технических категорий стремятся применять метод по обертывающей. Но на участках с большими продольными уклонами, при пересечении возвышенностей, оврагов, на подходах к искусственным сооружениям и в некоторых других случаях проектную линию наносят по секущей. Плавность проектной линии обеспечивают выбором такого шага проектирования, который позволяет разместить тангенсы чередующихся вертикальных кривых с радиусами, не меньшими минимальным (см. табл. 1.2).

При проектировании по секущей взаимное расположение насыпей и выемок устанавливают из условий наилучшего обеспечения баланса земляных работ в смежных насыпях и выемках (продольное перемещение грунта из выемок для создания насыпей).

Работа по нанесению проектной линии дороги в продольном профиле ведется в приведенной ниже последовательности.

1. В соответствующую строку сетки продольного профиля (строка 7) выписываются отметки контрольных точек трассы дороги.

2. Устанавливается оптимальная рабочая отметка на начальном и конечном пикетах проектируемой линии.

3. Совместив линейку (лучше пользоваться прозрачной линейкой) с начальной точкой дороги, отмечают пикет (или плюсовую точку),

на котором положение проектной линии в наибольшей степени соответствует перечисленным выше требованиям.

4. На данном пикете к отметке поверхности земли добавляют величину рекомендуемой рабочей отметки (см. табл. 3.2) и получают предварительную проектную отметку конца первого запроектированного участка дороги. Аналогично проектируют последующие участки, принимая ранее определенные отметки точек перелома проектной линии за исходные.

5. При подходе к контрольной точке (мосту, трубе и др.) проектирование удобнее вести с двух сторон. Изломы проектной линии рекомендуется совмещать с пикетами или плюсовыми точками.

### **3.4. Вычисление уклонов проектной линии, отметок бровки земляного полотна и рабочих отметок**

После нанесения проектной линии дороги в продольном профиле определяют продольные уклоны каждого ее отрезка.

Уклон проектной линии выражается в промилле (%). При определении уклона отрезка проектной линии определяются высотные отметки его начала  $H_1$  и конца  $H_2$ . Отметки снимаются графически с продольного профиля дороги и заносятся в строку 6 «Отметки бровки земляного полотна».

Находится превышение между отметками ( $h$ ):

$$h = H_2 - H_1, \quad (3.3)$$

где  $H_1$  и  $H_2$  – соответственно высотные отметки начала и конца отрезка проектной линии, м.

Продольный уклон ( $i$ ) вычисляют по формуле

$$i = \frac{h}{l}, \quad (3.4)$$

где  $h$  – превышение между отметками начала и конца запроектированного отрезка дороги, м;

$l$  – протяженность запроектированного отрезка дороги, м.

Значения продольных уклонов всех отрезков проектной линии и величины их горизонтальных проложений заносятся в графу «Уклоны трассы и вертикальные кривые», где делается, например, запись  $\frac{8}{295}$  (уклон указывается в промилле, черта сносится параллельно запроектированному участку дороги).

Отметки бровки земляного полотна вычисляются во всех пикетах и плюсовых точках по формуле

$$H_{n+1} = H_n \pm li, \quad (3.5)$$

где  $H_{n+1}$  – отметка искомой точки, м;  
 $H_n$  – отметка предыдущей точки, м;  
 $l$  – расстояние между этими точками, м;  
 $i$  – уклон запроектированного отрезка дороги.

Значения полученных отметок указываются в строке 6 продольного профиля «Отметки бровки земляного полотна».

Рабочие отметки определяются как разность между проектными и отметками земной поверхности на каждом пикете и плюсовой точке. Они рассчитываются с точностью до 0,01 м и выписываются над проектной линией – для насыпей, под ней – для выемок.

### **3.5. Расчет параметров вертикальных кривых и их вписывание. Определение поправок в рабочие отметки и местоположения точек «нулевых» работ**

Для обеспечения плавности движения и лучшей видимости поверхности проезжей части в переломы проектной линии продольного профиля вписываются вертикальные кривые возможно больших радиусов.

На дорогах низших технических категорий вертикальные кривые вписываются при алгебраической разности уклонов 20 ‰ и более. Минимальные значения радиусов вертикальных выпуклых и вогнутых кривых ( $R$ ) определены ТКП 45-3.03-19-2006 и приведены в табл. 1.2.

Параметры вертикальных кривых  $K$ ,  $T$ ,  $B$  определяют по специальным таблицам или их вычисляют по следующим формулам:

$$K = R(i_1 \pm i_2); \quad (3.6)$$

$$T = \frac{K}{2}; \quad (3.7)$$

$$B = \frac{T^2}{2R}, \quad (3.8)$$

где  $K$  – длина вертикальной кривой, м;  
 $R$  – радиус вертикальной кривой, м;  
 $i_1, i_2$  – уклоны сопряженных запроектированных отрезков дороги, тыс.;

$T$  – тангенс вертикальной кривой, м;

$B$  – биссектриса вертикальной кривой, м.

Определяя длину кривой, необходимо правильно учесть знаки уклонов отрезков. В целом, если уклоны одноименные, то их значения вычитают, если разноименные – суммируют.

Вертикальные кривые отображаются графически в виде выгнутых (выпуклые кривые) или вогнутых (вогнутые кривые) скоб в строке 5

продольного профиля «Уклоны трассы и вертикальные кривые» в принятом масштабе. При этом положение вершины вписанной кривой соответствует вершине перелома проектной линии.

После определения параметров вертикальных кривых и их вписания вводят поправки в рабочие отметки на отрезках этих кривых.

Значение поправки ( $y$ ) рассчитывают по формуле

$$y = \frac{x^2}{2R}, \quad (3.9)$$

где  $y$  – значение поправки, м;

$x$  – расстояние от начала или конца вертикальной кривой до пикета (плюсовой точки), в рабочую отметку которой вносится поправка, м;

$R$  – радиус вписанной вертикальной кривой, м.

Поправка определяется с точностью до 0,01 м и вносится со знаком минус в рабочую отметку при выпуклой кривой и плюс – при вогнутой. Исходные рабочие отметки берутся с продольного профиля с учетом знака.

Значения поправок и исправленные рабочие отметки следует занести в табл. 3.3.

Таблица 3.3. Значения поправок к рабочим отметкам продольного профиля

| Пикет, плюсовая точка | Отметка земли, м | Рабочая отметка, м | Поправка к рабочей отметке, м | Исправленная рабочая отметка, м |
|-----------------------|------------------|--------------------|-------------------------------|---------------------------------|
|                       |                  |                    |                               |                                 |

После расчета параметров вертикальных кривых уточняют длины прямых отрезков трассы дороги. Длина прямого отрезка уменьшится на величину тангенсов двух сопряженных кривых.

Местоположение точек перехода из выемки в насыпь или наоборот (точки «нулевых» работ) вычисляют по исправленным рабочим отметкам ближайших пикетов или плюсовых точек (рис. 3.4).

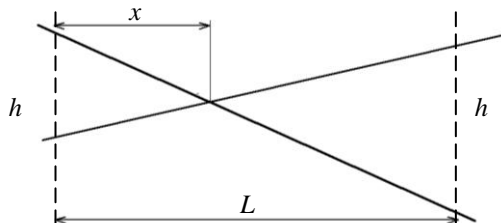


Рис. 3.4. Схема к определению положения точки «нулевых» работ

Расстояние от пикета до точки «нулевых» работ определяют по формуле

$$X = \frac{h_1 l}{h_1 + h_2}, \quad (3.10)$$

где  $X$  – расстояние от пикета или плюсовой точки до точки «нулевых» работ, м;

$h_1$  и  $h_2$  – рабочие отметки соответственно на предыдущем и последующем пикетах, м;

$l$  – расстояние между пикетами, м.

### **3.6. Определение местоположения кюветов и типа их укрепления**

Для предохранения дорожного полотна от отрицательного воздействия поверхностных вод проектируют водоотводные сооружения. Наибольшее распространение на дорогах местного значения получили кюветы.

Кюветы проектируют в выемках, точках «нулевых» работ и в насыпях до 0,5 м. Наиболее часто принимают нормальный кювет трапециевидного сечения глубиной 0,7–0,8 м, шириной по дну – 0,4 м и крутизной откосов 1:1 или 1:1,5.

Продольный уклон кювета назначается равным уклону дороги на данном отрезке. Если на отдельных участках насыпи высотой менее 0,5 м проектная линия имеет уклон менее 0,005 и увеличение уклона или высоты насыпи является нецелесообразным, то для обеспечения нормального стока воды по кюветам уклон дна кювета задают непараллельно проектной линии. Дну кювета придают минимально допустимый уклон (не менее 5 ‰).

Для предохранения кюветов от разрушения и размыва поверхностными водами на участках со значительными уклонами предусматриваются укрепление дна и откосов кюветов различными местными дорожно-строительными материалами, устройство перепадов или лотков-быстротоков.

При уклонах от 10 до 30 ‰ намечают укрепление дна и откосов кювета одерновкой, при 30–50 ‰ – мощение камнем, более 50 ‰ устраивают перепады и быстротоки.

При прохождении в продольном профиле проектной линии в выемке положение (границы) кюветов определяется визуально, в случае размещения дороги в точках «нулевых» работ или в насыпи границы кюветов устанавливаются аналитически.

Местоположение начала (конца) кювета при положении дороги в насыпи (рис. 3.5) можно рассчитать по формуле

$$x = \frac{(0,5 - h_1)l}{h_2 - h_1}, \text{ если } h_1 < 0,5, \text{ а } h_2 > 0,5, \quad (3.11)$$

где  $h_1$  – значение меньшей рабочей отметки ближайшего пикета или плюсовой точки, м;

$h_2$  – значение большей рабочей отметки ближайшего пикета или плюсовой точки, м;

$l$  – расстояние между пикетами или плюсовыми точками, м.

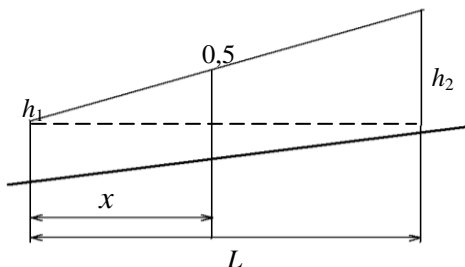


Рис. 3.5. Схема к определению границы кювета при прохождении проектной линии в насыпи

Если точкой с наименьшей рабочей отметкой является точка «нулевых» работ, то формула (3.11) примет вид

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| $x = \frac{0,5L}{h_2},$ | (3.12) |
|-------------------------|--------|

где  $L$  – расстояние от точки «нулевых» работ до ближайшего пикета или плюсовой точки дороги, размещенной в насыпи, м.

**Пример.** Кювет начинается между ПК8 и ПК9 (рис. 3.6). Рабочие отметки  $h_{ПК8}=0,60$  и  $h_{ПК9}=0,35$  м, расстояние между ними – 80 м. Тогда расстояние от ПК9 до начала кювета (формула 3.11) составит  $\frac{(0,50 - 0,35) \cdot 80}{0,60 - 0,35} = 48$  м.

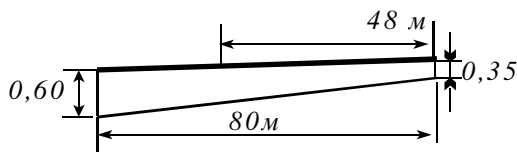


Рис. 3.6. Пример определения местоположения кюветов при прохождении проектной линии в насыпи

Расстояние откладывается от пикета, имеющего меньшую рабочую отметку.

### 3.7. Оформление продольного профиля дороги

С учетом выполненных расчетов и других данных оформляют чертеж продольного профиля дороги. Данные профиля (номера и отметки пикетов, расстояния между ними, профиль поверхности земли, грунты по трассе дороги, ситуация, сетка профиля, названия строк) показывают черным цветом, проектные параметры (проектная линия в продольном профиле, проектные и рабочие отметки, водопропускные сооружения и тип их укрепления, данные строк 1 «План трассы», 3, 4, 5, 9 (длины, километры) – красным, местоположение точек «нулевых» работ, гидрография – синим.

Рабочие отметки выписываются на расстоянии 0,5 см над проектной линией для насыпей, под проектной линией – для выемок. Дополнительно указываются рабочие отметки точек переломов трассы дороги, которые не совпадают с пикетами.

На участках вертикальных кривых ранее вычисленные рабочие отметки берут в скобки, а исправленные (см. табл. 3.3) выписывают рядом без скобок.

На профиле над линией условного горизонта синей тушью выписывают расстояния от точек нулевых работ до ближайших пикетов (последующего и предыдущего).

В строке «План трассы» красной тушью вычерчивается трасса дороги с указанием направлений поворотов в виде коротких стрелок. Показывается существующая ситуация местности на 50 м по обе стороны трассы дороги.

Во второй строке указываются грунты по трассе, в третьей – проектируемое покрытие проезжей части дороги.

В строке 4 «Кювет, резерв и тип укрепления» указывается проектируемый тип сооружения, предлагаемое укрепление, расстояния от его начала и конца до ближайших пикетов.

В строку 5 «Уклоны трассы и вертикальные кривые» параллельно сносят запроектированные отрезки дороги, над ними указывают уклоны (до целых тысячных), а под ними – длины отрезков в метрах (с учетом запроектированных вертикальных кривых). Вертикальные кривые показывают в этой строке в виде скобы, длина которой в масштабе равна длине кривой. Для выпуклой кривой концы скобы направлены вниз, для вогнутой – вверх. Рядом выписывают основные параметры кривой ( $R$ ,  $K$ ,  $T$ ,  $B$ ). В этой же строке указывают расстояния от НК и КК до ближайших пикетов.

Отметки земли по оси дороги и отметки бровки земляного полотна (проектные) выписывают с точностью до 0,01 м вертикально в 6-ю и 7-ю строки сетки.

Пикеты нумеруют от 0 до 9 между километрами, расстояния полных пикетов (100 м) не указывают, а между плюсовыми точками выписывают с точностью до 1 м (строки 8, 9).

Кривые в плане показывают в строке 9 в виде выпуклой дуги вверх (поворот направо) или вниз (поворот налево). В горизонтальном масштабе указываются ее основные элементы ( $\varphi$ ,  $R$ ,  $K$ ,  $T$ ,  $B$ ,  $D$ ), расстояния от начала и конца кривой до ближайших пикетов. В этой же строке сетки у трассы дороги выписывают длины, направления (румбы) прямых отрезков. В нижней части строки показываются километровые столбы в виде круга диаметром 0,5 см красного цвета с заштрихованной правой половиной (прил. 1).

На продольном профиле условным знаком показывают запроектированные водопропускные сооружения (мосты, трубы) и выше (вертикально) – их основные параметры (длину мостов, диаметр труб, их пикетажное положение). Например:

$$\frac{\text{ж. - б. м. } l = 15 \text{ м}}{\text{ПК} - 10 + 43}$$

Пример оформления продольного профиля приведен на рис. 3.1.

### 3.8. Подготовка исходных данных для автоматизированного проектирования продольного профиля на ПЭВМ

Проектирование дороги в продольном профиле может выполняться автоматизированно. При этом используется программное обеспечение и ПЭВМ. Для проектирования дороги в продольном профиле в системе CAD CREDO необходимо подготовить исходные данные в табл. 3.4 и 3.5. Последовательность выполнения работы приведена в методических указаниях [12].

Таблица 3.4. Исходные данные для проектирования дороги в продольном профиле на ПЭВМ

| Пикет, плюсовая точка | Отметка поверхности земли, м | Опорные точки |            | Уклон, ‰ | Руководящая (рекомендуемая) рабочая отметка | Проектная линия пройдет через |
|-----------------------|------------------------------|---------------|------------|----------|---|-------------------------------|
|                       |                              | Код           | Отметка, м |          |   |                               |
|                       |                              |               |            |          |   |                               |

При заполнении табл. 3.4 на первом и последнем пикетах необходимо указывать отметку и уклон, для этого используют коды «2=,3=,4=».

При использовании кодов «3, 4, 5» уклон не задается, а вычисляется программой автоматически.

**Таблица 3.5. Минимальные радиусы и максимальные уклоны вертикальных кривых для проектирования дороги в продольном профиле на ПЭВМ**

| От пикета | До пикета | Минимальные радиусы кривых, м |          | Максимальный уклон, ‰ | Минимальная длина кривой, м | Диапазон варьирования отметкой, м |
|-----------|-----------|-------------------------------|----------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
|           |           | выпуклой                      | вогнутой |                       |                             |                                   |
|           |           |                               |          |                       |                             |                                   |

#### **Задание 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОРОГИ В ПОПЕРЕЧНОМ ПРОФИЛЕ**

**Цель задания:** овладеть методикой проектирования дороги в поперечном профиле.

**Содержание задания:**

4.1. Проектирование земляного полотна и элементов дорожного водоотвода.

4.2. Построение профиля дорожной одежды.

**Исходные данные:** 1) материалы задания; 2) методические указания и нормативные материалы.

**В результате выполнения задания студент представляет:**

1. Вычерченные поперечные профили дороги в насыпи, выемке, точках «нулевых» работ.
2. Оформленное задание.
3. Расчетно-пояснительную записку.

##### **4.1. Проектирование земляного полотна и элементов дорожного водоотвода**

Поперечные профили земляного полотна и их элементы проектируют для трех произвольно выбранных пикетов в соответствии с технической категорией дороги, типом дорожного покрытия и местными природными условиями.

На продольном профиле дороги выбирают пикеты или плюсовые точки, в которых дорога проходит в выемке, насыпи и точках

«нулевых» работ, и строят три поперечных сечения (профиля) автомобильной дороги. Длина каждого из них соответствует суммарной ширине элементов дороги: проезжей части, обочин (откосов), кюветов (резервов), нагорных канав, кавальеров и т. д. (прил. 3).

Параметры элементов зависят от категории проектируемой дороги, определяются ТКП 45-3.03-19–2006 (см. табл. 1.1) и указываются в табл. 4.1.

Таблица 4.1. **Параметры элементов поперечного профиля**

| Пикет, плюсовая точка | Поперечный профиль | Значения элементов, м |         |       |       | Уклоны, ‰/‰    |        | Тип дорожной одежды |
|-----------------------|--------------------|-----------------------|---------|-------|-------|----------------|--------|---------------------|
|                       |                    | Проезжая часть        | Обочина | Кювет | Обрез | проезжей части | обочин |                     |
|                       |                    |                       |         |       |       |                |        |                     |

При построении поперечных профилей земляного полотна в насыпи высотой до 0,5 м, в выемке или точке «нулевых» работ обязательно устраиваются боковые кюветы треугольной или трапециевидной формы с заложениями откосов соответственно 1:3 и 1:1,5.

Первые (треугольной формы) проектируются, как правило, глубиной не менее 0,3 м при прохождении дороги по песчаным и супесчаным грунтам и незначительном поверхностном увлажнении.

Вторые (трапециевидной формы) имеют следующие параметры: глубина кювета 0,7–0,8 м, ширина по дну 0,3–0,4 м и устраиваются при избыточном увлажнении или размещении дороги на глинистых и суглинистых грунтах.

Откосы земляного полотна, кюветов и резервов проектируют, задаваясь их крутизной, т. е. используя рекомендуемые коэффициенты заложения.

Для дорог низших технических категорий рекомендуется назначать следующую крутизну откосов:

- насыпи высотой до 1,0 м – 1:3;
- насыпи высотой 1,0–6,0 м – 1:1,5;
- выемки глубиной до 12 м – 1:1,5.

Поперечный уклон проезжей части назначают в зависимости от типа дорожной одежды. Он рекомендуется для асфальтобетонных покрытий 15–20 ‰; щебеночных, гравийных и других, обработанных органическими вяжущими, – 20–25; щебеночных и гравийных – 30–35; мостовых из булыжного или колотого камня и грунтовых – 35–40 ‰. Для обочин уклон назначается на 10–20 ‰ больше, чем для проезжей части.

Для построения профиля принимают горизонтальный и вертикальный масштабы 1:100. На миллиметровой бумаге вычерчивают сетку профиля (прил. 4).

В принятом горизонтальном и вертикальном масштабах показывают размеры и конструкцию всех элементов дороги. Высоту насыпи или глубину выемки откладывают от поверхности земли до бровки земляного полотна. Для этого проводят горизонтальную линию на уровне отметки земли, взятой с продольного профиля в пикете или плюсовой точке, и от нее откладывают вверх высоту насыпи, а вниз – глубину выемки (рабочая отметка в пикете или плюсовой точке). Новый уровень будет соответствовать отметке бровки земляного полотна дороги.

Симметрично оси дороги показывают половину ширины проезжей части, обочин и других элементов. Отметка кромки проезжей части находится по формуле

$$H_k = H_б + h, \quad (4.1)$$

где  $H_k$  – отметка кромки проезжей части, м;

$H_б$  – отметка бровки земляного полотна дороги в пикете или плюсовой точке, м;

$h$  – превышение кромки проезжей части над бровкой земляного полотна (находится как произведение ширины обочины и ее поперечного уклона), м.

Отметка оси проезжей части ( $H_o$ )

$$H_o = H_k + h, \quad (4.2)$$

где  $H_k$  – то же, что и в формуле (4.1);

$h$  – превышение оси дороги над кромкой проезжей части (устанавливается как произведение половины ширины проезжей части и ее поперечного уклона), м.

Все остальные элементы земляного полотна строятся по данным типового поперечного профиля (прил. 4–6).

Кроме этого поперечные профили автомобильной дороги могут иметь другие элементы (прил. 7–9).

## 4.2. Построение профиля дорожной одежды

Конструктивный разрез дорожной одежды может быть совмещен с поперечным профилем земляного полотна или выполнен отдельно.

Конструкцию дорожной одежды и вид покрытия следует принимать исходя из транспортно-эксплуатационных требований и категории проектируемой дороги с учетом интенсивности движения и состава автотранспортных средств, климатических и грунтово-гидрологических условий, санитарно-гигиенических требований, а также обеспеченности местными строительными материалами.

Дорожные одежды могут состоять из одного или нескольких слоев и отображаться в виде серповидного, корытного и полукорытного профилей. При наличии нескольких слоев дорожные одежды состоят из покрытия, основания и дополнительных слоев основания (прил. 4–6).

Типы дорожных одежд и основные виды их покрытий приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2. Типы дорожных одежд и виды их покрытий

| Типы дорожной одежды | Основные виды покрытий  | Категории дорог           |
|----------------------|---|---------------------------|
| Капитальные          | Цементобетонные монолитные<br>Железобетонные или армобетонные сборные<br>Асфальтобетонные           | I–IV<br>I–IV<br>I–IV      |
| Облегченные          | Асфальтобетонные<br>Дегтебетонные<br>Из щебня, гравия и песка, обработанные вяжущими                | III, IV<br>IV, V<br>IV, V |
| Переходные           | Щебеночные и гравийные, из грунтов и местных малопрочных каменных материалов, обработанных вяжущими |                           |
| Низшие               | Из грунтов, укрепленных или улучшенных добавками  | V                         |

На поперечном профиле условными знаками показывают конструктивные слои дорожной одежды, значение которых можно принять по табл. 4.3.

Таблица 4.3. Толщина конструктивных слоев дорожных одежд

| Наименование покрытия                | Толщина, см |           |                    |
|--------------------------------------|-------------|-----------|--------------------|
|                                      | покрытия    | основания | подстилающего слоя |
| Цементобетонное                      | 16          | –         | 5–10               |
| Асфальтобетонное                     | 5–8         | 15–20     | 10–20              |
| Черное щебеночное и черное гравийное | 8           | 15–20     | 10–20              |
| Щебеночное                           | 10–20       | 10–25     | –                  |
| Гравийное                            | 15–20       | 10–20     | –                  |
| Грунтовое, укрепленное добавками     | 15–25       | –         | –                  |
| Грунтовое оптимальной смеси          | 20–30       | –         | –                  |

Параметры конструктивных слоев, отображаемых на профиле дорожной одежды (поперечном профиле земляного полотна), заносят в табл. 4.4.

Таблица 4.4. **Параметры конструктивных слоев дорожной одежды**

| Тип дорожной одежды | Наименование и толщина конструктивных слоев дорожной одежды, см |                 |       |                   |       |       |                 |       |       |
|---------------------|---|-----------------|-------|-------------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
|                     | Дорожное покрытие   |                 |       | Подстилающий слой |       |       | Основание       |       |       |
|                     | Асфальтобетон   | Гравий (щебень) | ..... | Гравий (щебень)   | Песок | ..... | Гравий (щебень) | Песок | ..... |
|                     |   |                 |       |                   |       |       |                 |       |       |

Чертеж поперечного профиля оформляется тушью с указанием конструкций дорожной одежды, уклонов проезжей части и обочин, ширины элементов дороги. Профиль дороги и содержание строк сетки показывают красной тушью, а сетку и название ее строк – черной (прил. 4–6).

### **Задание 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ**

**Цель задания:** овладеть методикой расчета объемов земляных работ при строительстве автомобильной дороги.

**Содержание задания:**

5.1. Определение объема земляных работ.

5.2. Подготовка данных для расчета объема земляных работ на ПЭВМ.

**Исходные данные:** 1) материалы заданий 2 и 3; 2) методические указания и нормативная литература.

**В результате выполнения задания студент представляет:**

1. Итоги расчета объема земляных работ.
2. Оформленное задание.
3. Пояснительную записку.

#### **5.1. Определение объема земляных работ**

Объем земляных работ подсчитывается на всем протяжении дороги за исключением отверстий мостов. Расчет ведется в насыпях, выемках и точках «нулевых» работ с использованием чертежей продольного и поперечного профилей.

Для этого могут быть использованы специальные таблицы, номограммы, графики, формулы, компьютерные программы. Объемы насыпей и выемок определяют по пикетам и плюсовым точкам. Длины участков и рабочие отметки берут с чертежа продольного профиля.

Предварительно на продольном профиле устанавливают места перехода насыпи в выемку (или наоборот) – точки «нулевых» работ.

Для участка дороги длиной  $L$  при условии отсутствия поперечного уклона местности объем земляных работ определяется по следующим формулам:

$$\text{для насыпи } V_{\text{н}} = \frac{F_1 + F_2}{2} L + m \frac{(h_2 - h_1)^2}{12} L, \quad (5.1)$$

$$\text{для выемки } V_{\text{в}} = \frac{F_1' + F_2'}{2} L + m \frac{(h_2 - h_1)^2}{12} L + 2V_{\text{к}}, \quad (5.2)$$

где  $F_1, F_2$  и  $F_1', F_2'$  – площади поперечных сечений насыпи или выемки в данных точках (пикет, плюсовая точка),  $\text{м}^2$ ;

$L$  – расстояние между соседними точками (пикетами, плюсовыми точками),  $\text{м}$ ;

$m$  – коэффициент заложения откосов земляного полотна (1:1,5; 1:2);

$h_1, h_2$  – рабочие отметки соседних точек (включая «нулевые»),  $\text{м}$ .

Площадь поперечного сечения дороги в насыпи или выемки ( $F_1, F_2$ ) определяется по формуле

$$F_{1-2} = \frac{(a+b)}{2} h, \quad (5.3)$$

где  $a$  – ширина земляного полотна дороги по верху (для выемок прибавляется ширина двух кюветов по верху),  $\text{м}$ ;

$b$  – ширина подошвы насыпи или ширина выемки по верху,  $\text{м}$ ;

$h$  – рабочая отметка точки (пикета или плюсовой точки),  $\text{м}$ .

Ширина земляного полотна автомобильной дороги в насыпи или выемке зависит от категории и устанавливается в соответствии с ТКП 45-3.03-19–2006 (см. табл. 1.1).

Ширину подошвы насыпи (выемки) по верху определяют по формуле

$$b = a + 2hm, \quad (5.4)$$

где  $a$  и  $h$  – то же, что и в формуле (5.3);

$m$  – то же, что и формулах (5.1), (5.2).

Объем земляных работ в кюветах

$$V_{\text{к}} = f_{\text{к}} l_{\text{к}} \quad (5.5)$$

где  $f_{\text{к}}$  – площадь поперечного сечения кювета,  $\text{м}^2$ ;

$l_{\text{к}}$  – длина кювета,  $\text{м}$ .

Схема поперечного сечения дороги в насыпи представлена на рис. 5.1.

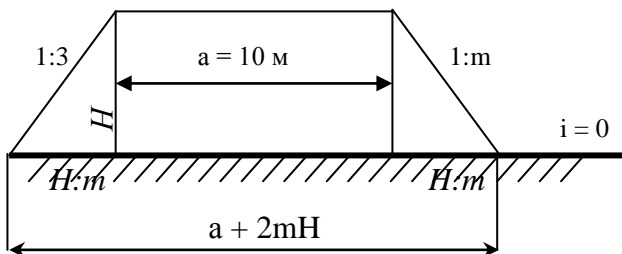


Рис. 5.1. Схема поперечного сечения дороги в насыпи

В объем земляных работ может вводиться поправка ( $v$ ), рассчитываемая по формуле

$$v = m \frac{(h_2 - h_1)^2}{12} L . \quad (5.6)$$

Она вводится в случаях, если  $L > 50$  м и  $(h_2 - h_1) > 1$  м или  $L < 50$  м и  $(h_2 - h_1) > 2$  м.

Все расчеты объема земляных работ выполняются в табл. 5.1.

Таблица 5.1. Ведомость расчета объема земляных работ

| Номера пикетов и плюсовых точек  | $a$ , м | $h$ , м |        | $b$ , м | $F$ , м <sup>2</sup> | $F_{\text{ср}}$ , м <sup>2</sup> | $L$ , м | Объем, м <sup>3</sup> |        | Поправка в объем земляных работ, м <sup>3</sup> |        | Объем с учетом поправки, м <sup>3</sup> |  |
|--|---------|---------|--------|---------|----------------------|----------------------------------|---------|-----------------------|--------|---|--------|---|--|
|  |         | насыпи  | выемки |         |                      |                                  |         | насыпи                | выемки | насыпи  | выемки |   |  |
|  |         |         |        |         |                      |                                  |         |                       |        |   |        |   |  |
| Объем земляных работ по устройству кюветов $V_{\text{к}} = \dots \dots \dots L_{\text{к}} =$ |         |         |        |         |                      |                                  |         |                       |        |   |        |   |  |

## 5.2. Подготовка данных для расчета объема земляных работ на ПЭВМ

Объем земляных работ может быть рассчитан с использованием пакета прикладных программ Excel или специальных программ, позволяющих производить данные вычисления (CAD CREDO, Geo и др.).

Исходные данные для определения объема земляных работ с использованием ПЭВМ и программ Excel приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2. Исходные данные для расчета объема земляных работ на ПЭВМ

| Пикет (плюс) | Тип поперечника | Рабочая отметка $h$ , м | Расстояние $L$ , м | Ширина земляного полотна поверху $a$ , м | Ширина земляного полотна на уровне земли $b$ , м | Глубина кювета, м | Ширина кювета, м | Длина кювета, м |
|--------------|-----------------|-------------------------|--------------------|--|--|-------------------|------------------|-----------------|
|              |                 |                         |                    |  |  |                   |                  |                 |

Работа по определению объема земляных работ автомобильной дороги оформляется в виде таблицы с соответствующими расчетами.

### **Задание 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ И ОРИЕНТИРОВОЧНОЙ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ДОРОГИ**

**Цель задания:** овладеть методикой расчетов потребности в строительных материалах при сооружении автомобильной дороги.

**Содержание задания:**

- 6.1. Определение потребности в строительных материалах.
- 6.2. Определение ориентировочной стоимости строительства автомобильной дороги.

**Исходные данные:** 1) материалы задания 5; 2) методические указания и нормативная литература.

**В результате выполнения задания студент представляет:**

1. Расчет потребности в строительных материалах.
2. Локальную и сводную сметы стоимости строительства дороги.
3. Расчетно-пояснительную записку.

#### **6.1. Определение потребности в строительных материалах**

Объем дорожно-строительных материалов определяют исходя из общей площади и толщины дорожного покрытия, укрепляемых откосов, обочин, длины искусственных сооружений и их конструкции (мостов, труб, кюветов, перепадов, быстротоков, дамб и др.). При этом учитывают объемный вес и коэффициент уплотнения материалов (табл. 6.1).

Таблица 6.1. Объемный вес и коэффициент уплотнения материалов

| Материалы | Объемный вес, т/м <sup>3</sup> | Коэффициент уплотнения |
|-----------|--------------------------------|------------------------|
| Песок     | 1,5                            | 1,1                    |
| Гравий    | 1,6                            | 1,24                   |
| Щебень    | 1,5                            | 1,32                   |

| 1             | 2   | 3    |
|---------------|-----|------|
| Камень        | 1,8 | 1,2  |
| Асфальтобетон | 2,3 | 1,3  |
| Цементобетон  | 2,4 | 1,02 |
| Дерн          |     |      |

Примерные нормы расхода материалов на основные виды строительных работ приведены в табл. 6.2.

Таблица 6.2. Примерные нормы расхода материалов на строительство дорог

| № п.п. | Виды строительных работ  | Требуется строительных материалов на 100 м <sup>2</sup> площади при толщине слоя, см |              |                              |                      |                      |
|--------|--|--|--------------|------------------------------|----------------------|----------------------|
|        |  | 5  | 8            | 10                           | 15                   | 20                   |
| 1      | 2  | 3  | 4            | 5                            | 6                    | 7                    |
| 1      | Подстилающий слой из песка, м <sup>3</sup>   | 5,5  | 8,8          | 11,0                         | 16,5                 | 22,0                 |
| 2      | Щебеночное и гравийное основание или покрытие, м <sup>3</sup>  | –  | –            | 13,2;<br>12,4                | 19,8;<br>18,6        | 26,4;<br>24,8        |
| 3      | Основание и покрытие из черного щебня (щебень, битум), м <sup>3</sup> , т  | –  | 10,6;<br>0,7 | 13,2;<br>0,9                 | 19,8;<br>1,4         | 26,4;<br>1,8         |
| 4      | Поверхностная обработка щебеночного или гравийного, черного щебеночного или гравийного, асфальтобетонного покрытия (щебень, битум), м <sup>3</sup> , т | 2,0;<br>0,3  | 2,0;<br>0,3  | 2,0;<br>0,3                  | 2,0;<br>0,3          | 2,0;<br>0,3          |
| 5      | Черное покрытие:<br>а) по способу смешения на дороге (щебень, песок, известь, эмульсия), м <sup>3</sup> , м <sup>3</sup> , т, т                        | 5,5;<br>0,5;<br>0,4;<br>0,5  | –            | 12,4;<br>1,0;<br>1,0;<br>1,0 | –                    | –                    |
|        | б) из смеси, приготовленной в установке (щебень, известь, эмульсия), м <sup>3</sup> , т, т   | 12,5;<br>0,1;<br>1,0   | –            | –                            | –                    | –                    |
| 6      | Цементобетонное покрытие, основание, м <sup>3</sup>  | –  | –            | 10,2                         | –                    | 20,4                 |
| 7      | Основание и покрытие из грунтов, укрепленных цементом (10 % содержания), т:<br>пески<br>супеси, суглинки, глины  | –<br>–   | –<br>–       | 1,7<br>2,0                   | –<br>–               | –<br>–               |
| 8      | Асфальтобетонное покрытие (асфальтобетон, битум), т  | 6,5;<br>0,3  | 10,4;<br>0,3 | –                            | –                    | –                    |
| 9      | Мостовая из булыжного камня (булыжный камень, щебень, песок), м <sup>3</sup>   | –  | –            | –                            | 16,0;<br>4,0;<br>2,0 | 24,0;<br>6,0;<br>2,0 |
| 10     | Мостовая из брусчатки (брусчатка, песок, цементобетон), м <sup>3</sup>   | –  | –            | 12,0;<br>2,0;<br>4,0         | 18,0;<br>5,0;<br>6,0 | –                    |

Окончание табл. 6.2

| 1  | 2  | 3           | 4    | 5    | 6    | 7    |
|----|--|-------------|------|------|------|------|
| 11 | Укрепление обочин гравием, щебнем, м <sup>3</sup>                          | 6,2;<br>6,6 | 10,4 | 13,0 | –    | –    |
| 12 | Укрепление откосов:  |             |      |      |      |      |
|    | а) ж.-б. плитами, м <sup>3</sup>   | –           | –    | –    | 15,0 | –    |
|    | б) камнем, м <sup>3</sup>  | –           | –    | –    | –    | 24,0 |
|    | в) гравием, м <sup>3</sup>   | –           | –    | –    | –    | 24,8 |
|    | г) дерном, м <sup>2</sup>  | –           | –    | –    | –    | 110  |
| 13 | Укрепление конусов моста цементобетонными плитами, м <sup>3</sup>          | 5,1         | –    | –    | –    | –    |
| 14 | Труба круглая цементобетонная (диаметр 1,5 м на 1 м трубы), м <sup>3</sup> | –           | –    | 0,5  | –    | –    |
| 15 | Мост железобетонный (на 1 м), м <sup>3</sup>                               | –           | –    | –    | –    | 7    |
| 16 | Перепад цементобетонный (на 10 м), м <sup>3</sup>                          | –           | –    | 2,0  | –    | –    |
| 17 | Быстроток цементобетонный (на 10 м), м <sup>3</sup>                        | –           | –    | 0,5  | –    | –    |

Данные по расчету требуемого количества материалов приводятся в табл. 6.3.

Таблица 6.3. Расчет потребности в строительных материалах

| Наименование сооружения и их конструкции | Размер сооружения |                   | Наименование требуемых материалов | Требуется материалов                 |                |   |      | Расстояние перевозки, км |
|--|-------------------|-------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|----------------|---|------|--------------------------|
|  | единица           | количество единиц |                                   | на единицу измерения, м <sup>3</sup> | всего          |   |      |                          |
|  |                   |                   |                                   |                                      | м <sup>3</sup> | с учетом коэф. уплотнения, м <sup>3</sup> | тонн |                          |
| 1  | 2                 | 3                 | 4                                 | 5                                    | 6              | 7   | 8    | 9                        |
| Мост                                     |                   |                   |                                   |                                      |                |   |      |                          |
| Труба                                    |                   |                   |                                   |                                      |                |   |      |                          |
| Дорожное покрытие                        |                   |                   |                                   |                                      |                |   |      |                          |
| Основание проезжей части                 |                   |                   |                                   |                                      |                |   |      |                          |
| Кюветы                                   |                   |                   |                                   |                                      |                |   |      |                          |
| Быстротоки, перепады                     |                   |                   |                                   |                                      |                |   |      |                          |

Окончание табл. 6.3

| 1                             | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Укрепление обочин, откосов    |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                               |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                               |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Укрепление конусов под мостом |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                               |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                               |   |   |   |   |   |   |   |   |

## 6.2. Определение ориентировочной стоимости строительства автомобильной дороги

В стоимость строительства автомобильной дороги входят затраты на строительные материалы, транспортные расходы и затраты на производство строительных работ. Для их определения составляют калькуляции, сметно-финансовые расчеты, локальные сметы по видам затрат и сводную смету. Студентом составляется локальная смета на земляные работы (табл. 6.4).

Таблица 6.4. Локальная смета на земляные работы

| Наименование работ   | Единицы измерений | Количество единиц | Стоимость, _____ руб. |       |
|--|-------------------|-------------------|-----------------------|-------|
|  |                   |                   | единицы               | общая |
| 1  | 2                 | 3                 | 4                     | 5     |
| Разработка грунта бульдозером с перемещением до ..... м                  |                   |                   |                       |       |
| Разработка грунта скрепером с перемещением до ..... м                    |                   |                   |                       |       |
| Уплотнение грунта проходами прицепного катка                             |                   |                   |                       |       |
| Перевозка грунта автомобилями-самосвалами:<br>до ..... км<br>до ..... км |                   |                   |                       |       |
| Планировка обочин и откосов насыпи и выемки                              |                   |                   |                       |       |
| Итого ...  |                   |                   |                       |       |
| Накладные расходы (20,5 %)   |                   |                   |                       |       |
| Плановые накопления (8 %)  |                   |                   |                       |       |
| Всего по смете ...   |                   |                   |                       |       |

При наличии исходных данных сметы могут составляться и на другие виды работ. Основные усредненные данные по видам затрат в рас-

чете на единицу при строительстве дороги по сводной смете приведены в табл. 6.5.

Таблица 6.5. Дорожно-строительные затраты (примерные)

| № п.п.   | Виды затрат   | Стоимость единицы, тыс. руб. | Примечание  |
|--|---|------------------------------|---|
| 1  | 2   | 3                            | 4   |
| <b>I. Строительные материалы</b>   |   |                              |   |
| 1  | Песок, м <sup>3</sup>   | 16                           |   |
| 2  | Гравий, м <sup>3</sup>  | 20                           |   |
| 3  | Щебень, м <sup>3</sup>  | 24                           |   |
| 4  | Камень, м <sup>3</sup>  | 23                           |   |
| 5  | Цемент, м <sup>3</sup>  | 45                           |   |
| 6  | Битум, м <sup>3</sup>   | 85                           |   |
| 7  | Цементобетон, т   | 45                           |   |
| 8  | Асфальтобетон, т  | 40                           |   |
| 9  | Шлак, м <sup>3</sup>  | 24                           |   |
| 10   | Лес, м <sup>3</sup>   | 50                           |   |
| 11   | Дерн, м <sup>3</sup>  | 20                           |   |
| 12   | Известь, т  | 50                           |   |
| <b>II. Транспортировка материалов автотранспортом (карьер, склад, ж.-д. станция – дорога), руб. за 1 т</b> |   |                              |   |
|  | На расстояние, км:  |                              | Промежуточные значения определяются интерполяцией |
| 1  | 1–20  | 25–125                       |   |
| 2  | 21–45   | 135–215                      |   |
| 3  | 46–75   | 230–295                      |   |
| 4  | 76–100  | 30–345                       |   |
| 5  | Свыше 100 за каждый километр, руб.  | +30                          |   |
| <b>III. Освоение трассы</b>  |   |                              |   |
| 1  | Стоимость отводимых земель, га  | 1200                         |   |
| 2  | Отвод земель с правовым оформлением, га   | 2000                         |   |
| 3  | Рекультивация временно занимаемых земель, га                                      | 5000                         |   |
| 4  | Оплата за аренду временно занимаемых земель в год, га                             | 100                          |   |
| 5  | Восстановление трассы, км   | 100                          |   |
| 6  | Расчистка трассы, устройство подъездов, км  | 300                          |   |
| <b>IV. Земляное полотно дороги</b>   |   |                              |   |
| 1  | Разработка грунта бульдозером при перемещении до 10 м, 100 м <sup>3</sup>         | 800                          | На каждые последующие 10 м добавлять 50 тыс. руб. |
| 2  | Устройство насыпей бульдозером при перемещении грунта до 20 м, 100 м <sup>3</sup> | 1200                         |   |
| 3  | Разработка грунта экскаватором, 100 м <sup>3</sup>                                | 700                          |   |
| 4  | Разработка грунта скрепером при перемещении грунта до 300 м, 100 м <sup>3</sup>   | 600                          | На каждые последующие 10 м добавлять 50 тыс. руб. |

Продолжение табл. 6.5

| 1  | 2   | 3         | 4                      |
|--|---|-----------|------------------------|
| 5  | Устройство корыта проезжей части, 100 м <sup>2</sup>          | 200       |                        |
| 6  | Планировка площадей бульдозером, 100 м <sup>2</sup>           | 20        | Надвижка слоя<br>30 см |
| 7  | Профилирование земляного полотна, откосов, 100 м <sup>2</sup> | 20        |                        |
| <b>V. Искусственные сооружения</b>                             |   |           |                        |
| 1  | Железобетонный мост, м  | 1000–1500 |                        |
| 2  | Железобетонная труба, м                                       | 200–300   |                        |
| 3  | Быстроток, 10 м   | 70        |                        |
| 4  | Перепад, 1 шт.  | 80        |                        |
| 5  | Кювет, 100 м  | 10        |                        |
| 6  | Укрепление откосов бетонными плитами, 100 м <sup>2</sup>      | 250       | 8 см                   |
| 7  | Мошление откосов и дна кюветов камнем, 100 м <sup>2</sup>     | 230       | 20 см                  |
| 8  | Одерновка откосов и кюветов, 100 м <sup>2</sup>               | 80        |                        |
| <b>VI. Дорожная одежда, 100 м<sup>2</sup></b>                  |   |           |                        |
| 1  | Укрепление грунта добавками песка, гравия                     | 20        | 12 см                  |
| 2  | Укрепление грунта цементом или известью                       | 40        | 15 см                  |
| 3  | Укрепление грунта битумом                                     | 50        | 20 см                  |
| 4  | Основание из песка  | 15        | 20 см                  |
| 5  | Основание из гравия   | 20        | 15 см                  |
| 6  | Основание из щебня  | 30        | 15 см                  |
| 7  | Гравийное покрытие  | 20        | 12 см                  |
| 8  | Щебеночное покрытие   | 30        | 15 см                  |
| 9  | Мостовая из камня   | 70        | 18 см                  |
| 10   | Черное щебеночное покрытие                                    | 20        | 6 см                   |
| 11   | Асфальтобетонное покрытие горячее                             | 25        | 5 см                   |
| 12   | Асфальтобетонное покрытие холодное                            | 20        | 5 см                   |
| 13   | Брусчатая мостовая  | 150       | 10 см                  |
| 14   | Поверхностная обработка переходных покрытий битумом со щебнем | 10        | 3 см                   |
| 15   | Укрепление обочин песочно-гравийной смесью                    | 15        | 10 см                  |
| 16   | Покрытие из железобетонных плит                               | 15        | 20 см                  |
| 17   | Цементобетонное покрытие                                      | 8         | 20 см                  |
| VII. Обстановка дороги, км                                     |   | 20        |                        |
| VIII. Прочие расходы (18,3 % от общей стоимости)               |   |           |                        |
| IX. Проектно-изыскательские работы (1,43 % от общей стоимости) |   |           |                        |

Стоимость материалов рассчитывается по перечню и объемам, приведенным в табл. 6.3. Расходы на их транспортировку определяют с учетом расстояния перевозок от пункта их получения (карьер, завод, железнодорожная станция, пристань и др.) до объекта строительства (середина дороги, место размещения моста и т. д.).

Стоимость отводимых под дорогу земель определяется действующим законодательством, а работы по отводу и рекультивации земель оплачиваются по ведомственным нормативным источникам. В табл. 6.5 приведены их примерные значения.

При определении затрат на строительство земляного полотна принимают, что бульдозеры используют для устройства насыпей высотой до 1...1,5 м за счет боковых резервов или путем продольного перемещения грунта до 100 м из соседней выемки. При большой высоте насыпи и дальности перемещения грунта используют скрепер. При разработке протяженных глубоких выемок используют скрепер или экскаватор с отвозкой грунта автомобилем.

Используя данные об объемах работ, потребности в материалах и стоимости единицы, определяют общие затраты на строительство проектированной дороги, которые приводятся в табл. 6.6.

Таблица 6.6. Сводная смета стоимости строительства дороги

| Вид затрат                           | Количество единиц | Стоимость единицы, тыс. руб. | Общая стоимость, тыс. руб. | Примечание |
|--------------------------------------|-------------------|------------------------------|----------------------------|------------|
| 1                                    | 2                 | 3                            | 4                          | 5          |
| <b>Строительные материалы</b>        |                   |                              |                            |            |
| 1. Песок, м <sup>3</sup>             |                   |                              |                            |            |
| 2. Гравий, м <sup>3</sup>            |                   |                              |                            |            |
| 3. Камень, м <sup>3</sup>            |                   |                              |                            |            |
| 4. Битум, т                          |                   |                              |                            |            |
| 5. Асфальтобетон, т                  |                   |                              |                            |            |
| 6. Цементобетон, м <sup>3</sup>      |                   |                              |                            |            |
| <b>Транспортировка материалов, т</b> |                   |                              |                            |            |
| На расстояние, км                    |                   |                              |                            |            |
| .....                                |                   |                              |                            |            |
| .....                                |                   |                              |                            |            |
| .....                                |                   |                              |                            |            |
| <b>Освоение трассы</b>               |                   |                              |                            |            |
| 1. Отвод земель, га                  |                   |                              |                            |            |
| 2. Рекультивация земель, га          |                   |                              |                            |            |
| 3. Восстановление трассы, км         |                   |                              |                            |            |
| 4. Строительство земляного полотна:  |                   |                              |                            |            |
| бульдозером, 110 м <sup>3</sup>      |                   |                              |                            |            |
| скрепером, 100 м <sup>3</sup>        |                   |                              |                            |            |

Продолжение табл. 6.6

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
| 5. Устройство кюветов, 100 м <sup>3</sup>                        |  |  |  |  |
| 6. Устройство корыта, 100 м <sup>2</sup>                         |  |  |  |  |
| 7. Профилирование земляного полотна, откосов, 100 м <sup>2</sup> |  |  |  |  |
| <b>Строительство дорожной одежды, 110 м<sup>2</sup></b>          |  |  |  |  |
| 1. Основание из песка  |  |  |  |  |
| 2. Основание из гравия   |  |  |  |  |
| 3. Основание из щебня  |  |  |  |  |
| 4. Гравийное покрытие  |  |  |  |  |
| 5. Щебеночное покрытие   |  |  |  |  |
| 6. Черное гравийное (щебеночное) покрытие                        |  |  |  |  |
| 7. Асфальтобетонное покрытие                                     |  |  |  |  |
| 8. Укрепление обочин   |  |  |  |  |
| <b>Строительство искусственных сооружений</b>                    |  |  |  |  |
| 1. Мост, м   |  |  |  |  |
| 2. Труба, м  |  |  |  |  |
| 3. Укрепление откосов конусов под мостом, 100 м <sup>2</sup>     |  |  |  |  |
| <b>Обстановка дороги, км</b>                                     |  |  |  |  |
| <b>Итого...</b>  |  |  |  |  |
| Прочие расходы (18,3 % от общей стоимости)                       |  |  |  |  |
| Проектные и изыскательские работы (1,43 % от общей стоимости)    |  |  |  |  |
| <b>Всего затрат...</b>   |  |  |  |  |
| <b>Затраты в расчете на 1 км дороги</b>                          |  |  |  |  |

Стоимость обстановки автомобильной дороги рассчитывается исходя из ее протяженности и действующих нормативов затрат на 1 км трассы.

Прочие расходы и затраты на проектно-изыскательские работы исчисляются в размере соответственно 18,3 % и 1,43 % от суммы вышеприведенных затрат.

Далее устанавливаются затраты в расчете на 1 км дороги.

## 2. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовой проект разрабатывается по индивидуальному заданию, выданному преподавателем. При этом используются материалы лабораторных заданий, а также методика, изложенная в данных методических указаниях.

На защиту курсового проекта представляются приведенные ниже материалы:

- 1) расчетно-пояснительная записка;
- 2) проект размещения трасс дорог;
- 3) продольный профиль автомобильной дороги;
- 4) поперечные профили автомобильной дороги в трех характерных точках (насыпи, выемке, точках «нулевых» работ).

## **2.1. Примерная программа пояснительной записки**

### **Введение.**

Значение автомобильных дорог и их развитие на современном этапе, цель, содержание курсового проекта, исходные материалы, используемые при разработке проекта.

### **1. Проектирование трассы дороги местного значения в плане.**

#### **1.1. Условия проектирования трассы дороги.**

Анализ местных природных условий, естественные залегания местных строительных материалов, существующее состояние дорожной сети, размещение грузооборотных пунктов и объема перевозок между ними, развитие транспортных связей, сложившаяся организация территории, размещение водных объектов и т. д. Влияние существующих условий на развитие транспортных связей, схема транспортных связей.

#### **1.2. Разработка проектных решений.**

Требования, учитываемые при проектировании дороги в плане, выбор направления дорог, разработка вариантов их размещения и характеристика.

#### **1.3. Обоснование проектного решения.**

Характеристика вариантов по техническим показателям, оценка вариантов по экономическим показателям, обоснование и выбор лучшего решения, общая оценка предлагаемого размещения трассы дороги.

### **2. Расчет параметров малых водопропускных сооружений.**

#### **2.1. Условия протекания водотока.**

Характеристика водного объекта, водосборной площади, площадь бассейна стока, направление течения, растительность в пойме водотока, грунты, отметка дна водотока, уклон главного лога, ливневый и полный стоки воды, модуль расхода воды и геометрическая характеристика створа поймы водотока, бытовая глубина, ширина потока воды по верху и площадь живого сечения, средняя скорость течения.

#### **2.2. Основные параметры водопропускного сооружения.**

Установление критической глубины потока, режима протекания воды под мостом, определение отверстия моста, высоты и его длины, определение места закладки трубы, рабочей отметки насыпи, длины трубы и ее диаметра.

### **3. Проектирование дороги в продольном профиле.**

3.1. Условия и требования проектирования дороги в продольном профиле.

Длина проектируемого участка трассы и его местоположение, категория дороги, количество пикетов и плюсовых точек, максимальная и минимальная их высотные отметки, размещение контрольных отметок, шаг проектирования, допустимые продольные уклоны, расстояние видимости дороги и т. д.

3.2. Построение продольного профиля дороги.

Уточнение параметров водопропускного сооружения, метод нанесения проектной линии, определение условного горизонта, нанесение проектной линии, определение продольных уклонов проектных отрезков, расчет отметок бровок земляного полотна, рабочих отметок, установление необходимости вписывания вертикальных кривых и расчет их параметров, введение поправок в рабочие отметки, установление местоположения точек «нулевых» работ, кюветов и определение типа их укрепления.

### **4. Проектирование дороги в поперечном профиле.**

4.1. Условия проектирования.

Пикеты или плюсовые точки, в которых строятся профили, их рабочие отметки, состав элементов продольных профилей и их параметры, принимаемые поперечные уклоны, тип дорожной одежды и ее конструктивные особенности.

### **5. Определение объема земляных работ, потребности в строительных материалах и ориентировочной стоимости строительства.**

5.1. Определение объема земляных работ.

Подготовка данных, методика расчета, необходимость введения поправок в объем земляных работ, объем земляных работ в выемках, насыпях.

5.2. Определение потребности в строительных материалах и стоимости строительства дороги.

Вид и объем используемых строительных материалов для строительства сооружений, расстояние перевозки, основные виды выполняемых работ при строительстве дороги, общая стоимость строительства.

### **Выводы и предложения.**

Обоснование необходимости строительства дороги, характеристика принятого варианта проектного решения, его технические и экономические показатели, параметры водопропускных сооружений, объем земляных работ и общая потребность в строительных материалах, стоимость строительства дороги общая, в том числе 1 км, эффективность строительства.

**Литература.**

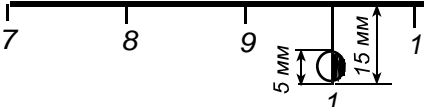
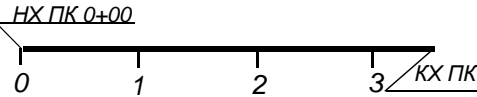


## ЛИТЕРАТУРА

1. Автомобильные дороги низших категорий. Правила проектирования ТКП 45-3.03-96–2008 (02250). – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2008. – 18 с.
2. Автомобильные дороги. Земляное полотно. Правила проектирования: ТКП 200–2009 (02191). – Минск: Департамент «Белавтодор» Министерства транспорта и коммуникаций, 2009. – 196 с.
3. Автомобильные дороги. Земляное полотно. Правила устройства: ТКП 313–2011 (02191). – Минск: Департамент «Белавтодор» Министерства транспорта и коммуникаций, 2011. – 200 с.
4. Автомобильные дороги. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования: ТКП 45-3.03-112–2008 (02250). – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2009. – 84 с.
5. Автомобильные дороги. Нормы проектирования: ТКП 45-3.03-19–2006 (02250). – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2006. – 48 с.
6. Автомобильные дороги. Правила устройства: ТКП 059–2012 (02191). – Минск: Департамент «Белавтодор» Министерства транспорта и коммуникаций, 2012. – 92 с.
7. Автомобильные дороги. Проектирование и строительство / под ред. В. Ф. Бабкова, В. Н. Некрасова, Г. И. Щелиянова. – М.: Транспорт, 1983. – 239 с.
8. Бабков, В. Ф. Проектирование автомобильных дорог: учебник для вузов / В. Ф. Бабков, О. В. Андреев. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1987. – Ч. 1. – 367 с.
9. Бойчук, В. С. Проектирование сельскохозяйственных дорог и площадок / В. С. Бойчук. – Изд. 2-е. – М.: Колос, 1996. – 225 с.
10. Ганьшин, В. Н. Таблицы для разбивки круговых и переходных кривых / В. Н. Ганьшин, Л. С. Хренов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1985. – 430 с.
11. Кузнецов, Г. А. Дороги местного значения / Г. А. Кузнецов, В. С. Мисев, В. Ф. Дудко; под ред. Г. А. Кузнецова. – М.: Агропромиздат, 1986. – 351 с.
12. Методические указания по проектированию автомобильной дороги в системе CAD CREDO. – Минск: НПК «Кредо-диалог», 1999. – 34 с.
13. Об автомобильных дорогах и дорожной деятельности: Закон Респ. Беларусь от 2 декабря 1994 г. № 3434-ХП с изм. и доп. // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. 2001. – №2/463.
14. Шуляков, Л. В. Классификация автомобильных дорог: учеб. пособие / Л. В. Шуляков, В. Н. Основин. – Горки: БГСХА, 2002. – 20 с.

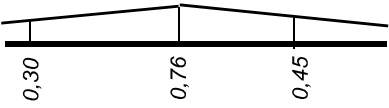
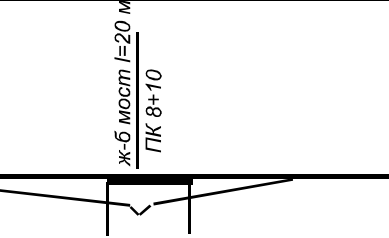
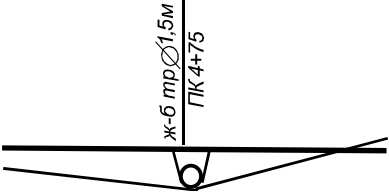
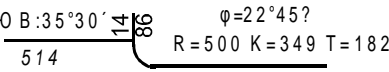
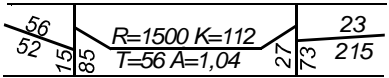
# ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение 1

### Условные знаки

| Вид знака<br>1  | Содержание знака<br>2  | Цвет<br>3 |
|---|--|-----------|
|    | Положение пикетов  | Красный   |
|    | Положение километра  | Красный   |
|    | Начало и конец трассы<br>дороги                                    | Красный   |
|    | Угол поворота трассы<br>дороги                                     | Красный   |
|    | Направление и протя-<br>женность прямых трас-<br>сы дороги в плане | Красный   |
|   | Линия поверхности<br>земли   | Черный    |
|  | Проектная линия трас-<br>сы дороги                                 | Красный   |
|  | Рабочие отметки насы-<br>пи  | Красный   |

Окончание прил. 1

| 1  | 2   | 3       |
|--|---|---------|
|   | Рабочие отметки выемки                                  | Красный |
|   | Железобетонный мост длиной 20 м на ПК-8+10              | Красный |
|   | Круглая железобетонная труба диаметром 1,5 м на ПК-4+30 | Красный |
|   | Прямая и кривая в плане                                 | Красный |
|  | Вертикальные кривые                                     | Красный |

**Пропускная способность круглых одноочковых железобетонных труб  
(I – порталные, воротниковые, раструбные оголовки; II – обтекаемые оголовки)**

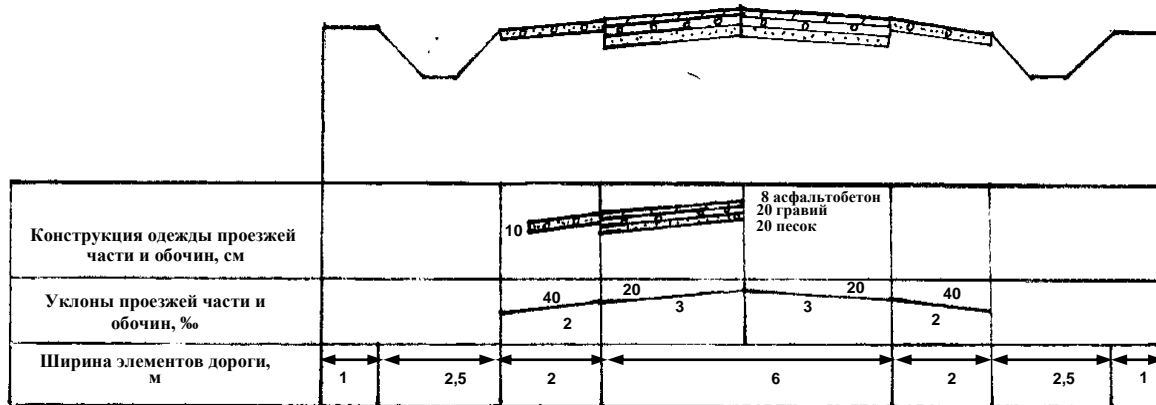
| Q,<br>м <sup>3</sup> /с | d=0,75 |     |      |     | d=1,0 |     |      |     | d=1,25 м |     |      |     | d=1,50 м |     |      |     | d=2,0 м |     |      |     |
|-------------------------|--------|-----|------|-----|-------|-----|------|-----|----------|-----|------|-----|----------|-----|------|-----|---------|-----|------|-----|
|                         | I      |     | II   |     | I     |     | II   |     | I        |     | II   |     | I        |     | II   |     | I       |     | II   |     |
| 0,4                     | 0,61   | 1,7 | 0,56 | 1,7 | 0,55  | 1,6 | 0,51 | 1,6 | 0,51     | 1,5 | 0,47 | 1,5 | 0,48     | 1,5 | 0,42 | 1,5 | 0,45    | 1,5 | 0,38 | 1,5 |
| 0,6                     | 0,79   | 1,9 | 0,72 | 1,9 | 0,70  | 1,8 | 0,64 | 1,8 | 0,62     | 1,7 | 0,57 | 1,7 | 0,60     | 1,7 | 0,56 | 1,7 | 0,55    | 1,6 | 0,40 | 1,6 |
| 0,8                     | 1,00   | 2,9 | 0,85 | 2,1 | 0,82  | 2,0 | 0,76 | 1,9 | 0,73     | 1,8 | 0,67 | 1,8 | 0,69     | 1,8 | 0,64 | 1,8 | 0,67    | 1,7 | 0,61 | 1,7 |
| 0,9                     | 1,17   | 3,1 | 0,92 | 2,2 | 0,88  | 2,0 | 0,81 | 2,0 | 0,76     | 1,9 | 0,71 | 1,9 | 0,74     | 1,8 | 0,68 | 1,8 | 0,69    | 1,8 | 0,65 | 1,8 |
| 1,0                     | 1,33   | 3,5 | 0,99 | 2,3 | 0,94  | 2,1 | 0,86 | 2,1 | 0,82     | 1,9 | 0,75 | 1,9 | 0,78     | 1,9 | 0,72 | 1,9 | 0,73    | 1,8 | 0,68 | 1,8 |
| 1,1                     | 1,51   | 3,8 | 1,07 | 2,4 | 1,00  | 2,2 | 0,91 | 2,2 | 0,86     | 2,0 | 0,80 | 2,0 | 0,82     | 1,9 | 0,76 | 1,9 | 0,77    | 1,9 | 0,72 | 1,9 |
| 1,2                     | 1,72   | 4,2 | 1,14 | 2,6 | 1,06  | 2,3 | 0,96 | 2,3 | 0,91     | 2,1 | 0,84 | 2,1 | 0,87     | 2,0 | 0,80 | 2,0 | 0,81    | 1,9 | 0,75 | 1,9 |
| 1,4                     | 2,19   | 4,9 | 1,28 | 3,0 | 1,17  | 2,5 | 1,06 | 2,5 | 1,00     | 2,2 | 0,92 | 2,2 | 0,93     | 2,1 | 0,87 | 2,1 | 0,89    | 2,0 | 0,82 | 2,0 |
| 1,6                     | 2,69   | 5,6 | 1,44 | 3,5 | 1,37  | 3,4 | 1,14 | 2,6 | 1,09     | 2,3 | 1,00 | 2,3 | 1,00     | 2,2 | 0,93 | 2,2 | 0,93    | 2,1 | 0,87 | 2,1 |
| 1,8                     |        |     | 1,63 | 3,9 | 1,59  | 3,7 | 1,23 | 2,6 | 1,16     | 2,4 | 1,07 | 2,4 | 1,08     | 2,2 | 1,00 | 2,2 | 0,99    | 2,1 | 0,92 | 2,1 |
| 2,0                     |        |     | 1,84 | 4,3 | 1,80  | 4,1 | 1,32 | 2,7 | 1,26     | 2,5 | 1,13 | 2,5 | 1,15     | 2,3 | 1,07 | 2,3 | 1,05    | 2,2 | 0,97 | 2,2 |
| 2,2                     |        |     | 2,07 | 4,7 | 2,04  | 4,6 | 1,47 | 2,8 | 1,33     | 2,6 | 1,21 | 2,6 | 1,21     | 2,4 | 1,12 | 2,4 | 1,11    | 2,2 | 1,02 | 2,2 |
| 2,5                     |        |     | 2,42 | 5,4 | 2,47  | 5,1 | 1,58 | 3,2 | 1,43     | 2,8 | 1,31 | 2,8 | 1,30     | 2,5 | 1,20 | 2,5 | 1,19    | 2,3 | 1,10 | 2,3 |
| 3,0                     |        |     |      |     |       |     | 1,82 | 3,8 | 1,86     | 3,8 | 1,45 | 2,9 | 1,47     | 2,7 | 1,33 | 2,7 | 1,30    | 2,4 | 1,21 | 2,4 |
| 3,5                     |        |     |      |     |       |     | 2,14 | 4,5 | 2,24     | 4,6 | 1,60 | 3,1 | 1,63     | 2,9 | 1,48 | 2,9 | 1,41    | 2,6 | 1,31 | 2,6 |
| 4,0                     |        |     |      |     |       |     | 2,47 | 5,1 | 2,96     | 5,2 | 1,84 | 3,2 | 1,75     | 3,1 | 1,60 | 3,1 | 1,53    | 2,8 | 1,43 | 2,7 |
| 4,5                     |        |     |      |     |       |     | 2,87 | 5,7 | 3,26     | 5,9 | 1,98 | 3,7 | 2,07     | 4,2 | 1,71 | 3,2 | 1,65    | 2,9 | 1,53 | 2,8 |
| 5,0                     |        |     |      |     |       |     |      |     |          |     | 2,17 | 4,0 | 2,38     | 4,6 | 1,83 | 3,3 | 1,75    | 2,9 | 1,61 | 2,9 |
| 5,5                     |        |     |      |     |       |     |      |     |          |     | 2,37 | 4,5 | 2,67     | 5,0 | 1,95 | 3,4 | 1,86    | 3,0 | 1,71 | 3,0 |
| 6,0                     |        |     |      |     |       |     |      |     |          |     | 2,58 | 4,8 | 2,99     | 5,5 | 2,09 | 3,6 | 1,97    | 3,1 | 1,79 | 3,1 |
| 6,5                     |        |     |      |     |       |     |      |     |          |     | 2,82 | 5,2 | 3,32     | 5,9 | 2,27 | 3,7 | 2,09    | 3,2 | 1,88 | 3,2 |
| 7,0                     |        |     |      |     |       |     |      |     |          |     | 3,09 | 5,7 |          |     | 2,40 | 4,0 | 2,16    | 3,3 | 1,97 | 3,3 |
| 7,5                     |        |     |      |     |       |     |      |     |          |     | 3,34 | 6,1 |          |     | 2,52 | 4,2 | 2,26    | 3,4 | 2,07 | 3,4 |

Окончание прил. 2

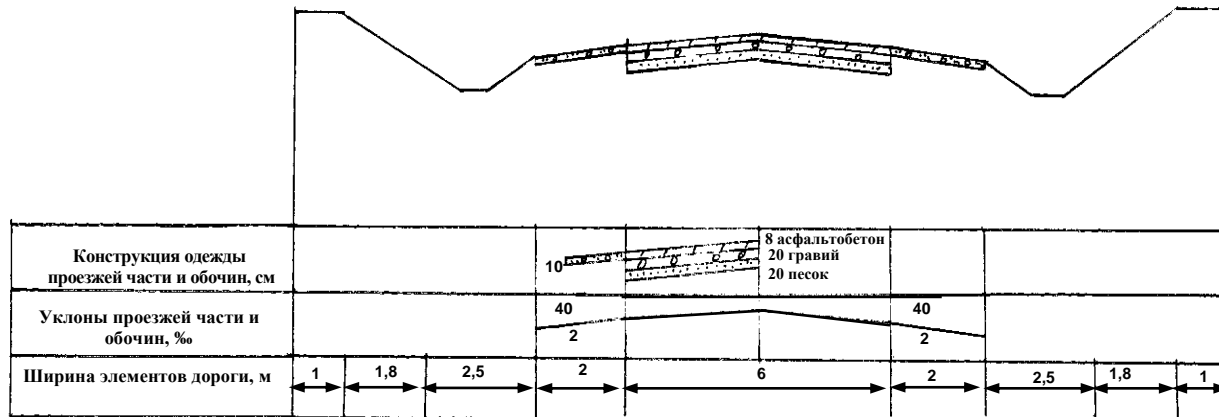
| Q,<br>м <sup>3</sup> /с | d=0,75 |    | d=1,0 |    | d=1,25 м |    | d=1,50 м |    | d=2,0 м |     |      |     |      |     |
|-------------------------|--------|----|-------|----|----------|----|----------|----|---------|-----|------|-----|------|-----|
|                         | I      | II | I     | II | I        | II | I        | II | I       |     | II   |     |      |     |
| 8,0                     |        |    |       |    |          |    |          |    | 2,64    | 4,5 | 2,34 | 3,6 | 2,08 | 3,6 |
| 8,5                     |        |    |       |    |          |    |          |    | 2,79    | 4,8 | 2,38 | 3,6 | 2,18 | 3,6 |
| 9,0                     |        |    |       |    |          |    |          |    | 2,93    | 5,1 | 2,66 | 4,6 | 2,29 | 3,7 |
| 9,5                     |        |    |       |    |          |    |          |    | 3,10    | 5,4 | 2,86 | 4,9 | 2,36 | 3,7 |
| 10,0                    |        |    |       |    |          |    |          |    | 3,29    | 5,6 | 3,07 | 5,1 | 2,44 | 3,8 |
| 11,0                    |        |    |       |    |          |    |          |    | 3,68    | 6,2 | 3,49 | 5,6 | 2,62 | 3,9 |
| 12,0                    |        |    |       |    |          |    |          |    |         |     | 3,83 | 6,1 | 2,74 | 4,0 |
| 13,0                    |        |    |       |    |          |    |          |    |         |     |      |     | 2,06 | 4,1 |
| 14,0                    |        |    |       |    |          |    |          |    |         |     |      |     | 3,10 | 4,4 |
| 15,0                    |        |    |       |    |          |    |          |    |         |     |      |     | 3,28 | 4,7 |
| 16,0                    |        |    |       |    |          |    |          |    |         |     |      |     | 3,40 | 5,0 |
| 17,0                    |        |    |       |    |          |    |          |    |         |     |      |     | 3,60 | 5,4 |
| 18,0                    |        |    |       |    |          |    |          |    |         |     |      |     | 3,80 | 5,7 |
| 19,0                    |        |    |       |    |          |    |          |    |         |     |      |     | 4,04 | 6,0 |



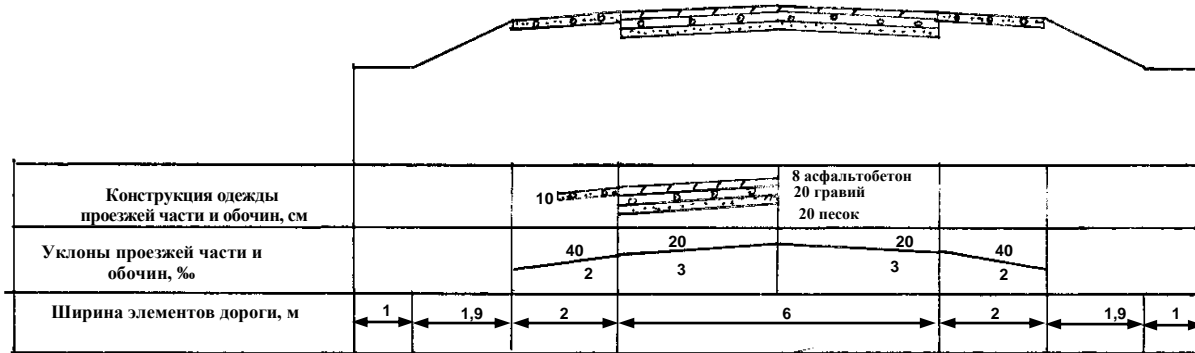
Поперечный профиль автомобильной дороги в точке «нулевых» работ



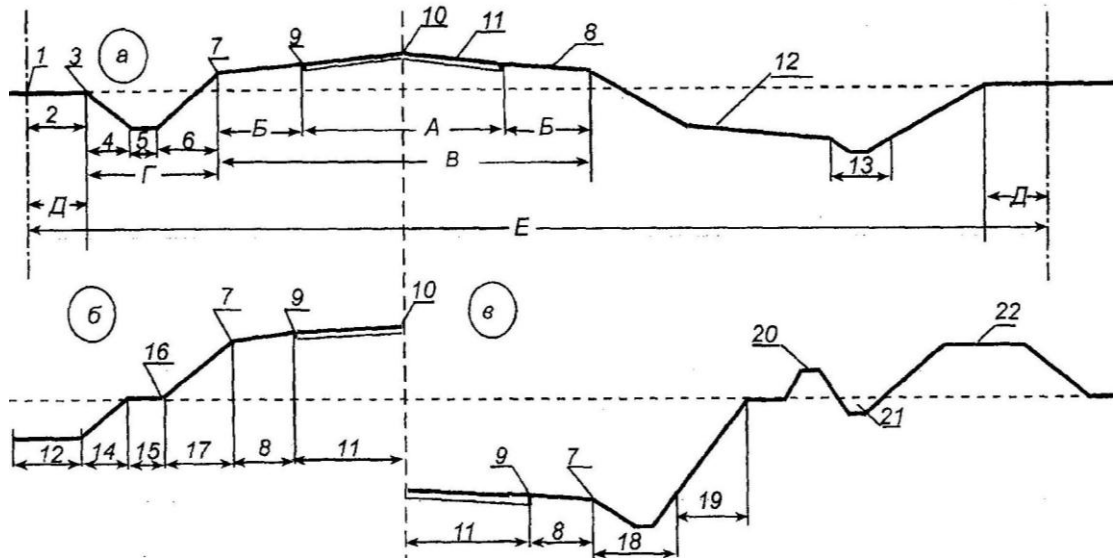
Поперечный профиль автомобильной дороги в выемке



Поперечный профиль автомобильной дороги в насыпи

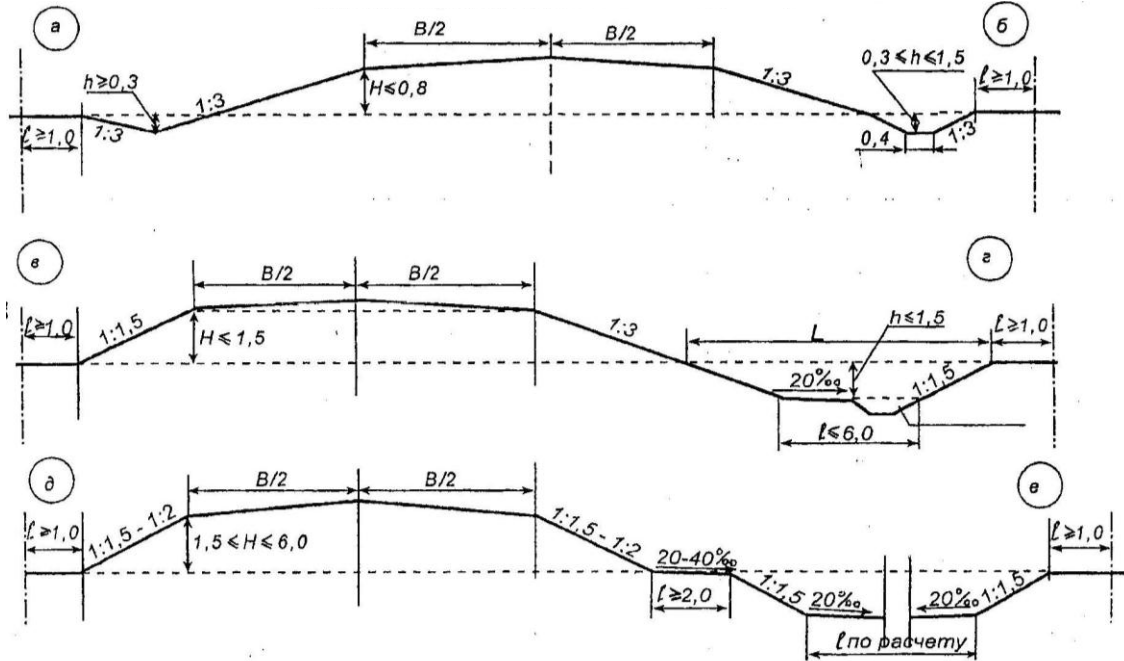


Основные элементы дороги в поперечном профиле

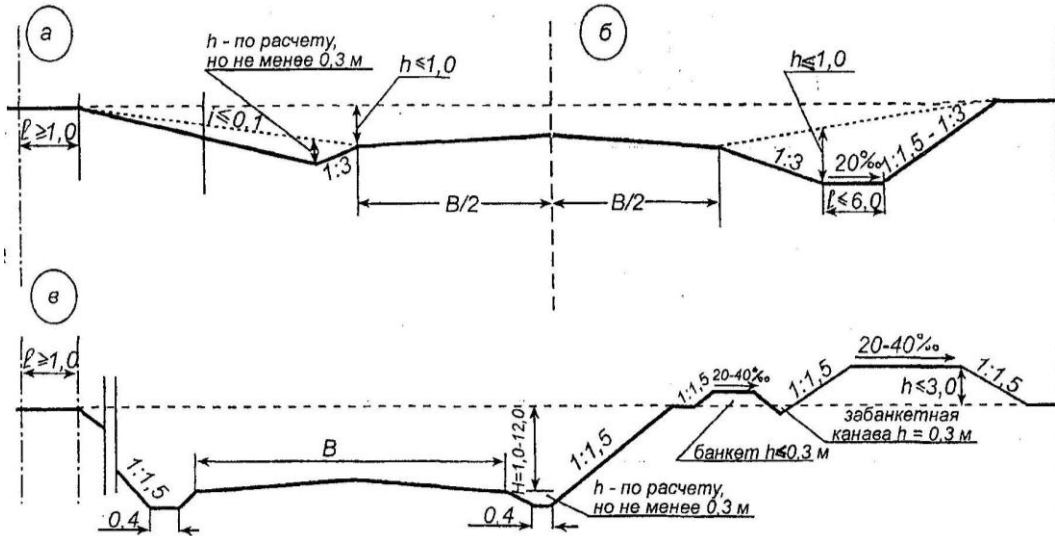


Условные обозначения: А – проезжая часть; В – обочина; Г – земляное полотно; Д – обрез; Е – полоса отвода; а – в невысокой насыпи; б – в высокой насыпи; в – в выемке; 1 – граница полосы отвода; 2 – обрез; 3 – бровка наружного откоса кювета; 4 – наружный откос кювета; 5 – дно кювета; 6 – внутренний откос земляного полотна; 7 – бровка земляного полотна; 8 – обочина; 9 – кромка проезжей части; 10 – ось дороги; 11 – проезжая часть; 12 – кювет-резерв; 13 – канава; 14 – откос; 15 – берма; 16 – подошва откоса; 17 – откос насыпи; 18 – боковая канава; 19 – откос выемки; 20 – банкет; 21 – забанкетная канава; 22 – кавальер

Типовые поперечные профили земляного полотна дороги в насыпи



Типовые поперечные профили земляного полотна дороги в выемке



## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| Введение.....   | 3  |
| 1. Лабораторные задания.....  | 4  |
| Задание 1. Проектирование трассы дороги местного значения в плане.....  | 4  |
| Задание 2. Расчет параметров малых водопропускных сооружений .....  | 20 |
| Задание 3. Проектирование дороги в продольном профиле .....   | 32 |
| Задание 4. Проектирование дороги в поперечном профиле .....   | 47 |
| Задание 5. Определение объема земляных работ автомобильной дороги .....   | 51 |
| Задание 6. Определение потребности в строительных материалах и ориентировочной стоимости строительства дороги ..... | 54 |
| 2. Курсовое проектирование.....   | 61 |
| Литература.....   | 65 |
| Приложения.....   | 66 |