

Министерство сельского хозяйства РФ  
ФГОУ ВО  
«Брянский государственный аграрный университет»  
Кафедра природообустройства и водопользования  
*Дунаев А.И.*

**Учебно-методическое пособие для выполнения  
курсовой работы по дисциплине  
«Прикладная геодезия»**

На тему

**ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА  
ВОДОХРАНИЛИЩНОГО УЗЛА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ  
СООРУЖЕНИЙ**

*Брянск - 2015*

УДК 626/627(07)

ББК 38.115

Д-83

Дунаев А.И. Учебно-методическое пособие для выполнения курсовой работы по дисциплине «Прикладная геодезия» на тему: Геодезическое обеспечение проектирования и строительства водохранилищного узла гидротехнических сооружений: учебно-методическое пособие, 2-е изд. доп. и перераб./ А.И. Дунаев. — Брянск: издательство Брянского ГАУ, 2015

В учебно-методическом пособии изложены вопросы проектирования и выноса в натуру линейных сооружений в/х систем – земляной плотины и приплотинных сооружений водосбросного тракта водохранилища. Рассмотрены основные геодезические методы проектирования и выноса в натуру земляной плотины и главных осей плотины и приплотинных сооружений. Излагаются методики расчетов, приводятся расчетные формулы, примеры расчетов и оформления исполнительных чертежей.

Рекомендуется для выполнения соответствующих разделов *курсовых работ и дипломных проектов* по тематике прикладной геодезии.

Ориентировано на бакалавриат, обучающийся по профилям подготовки: «Мелиорация, рекультивация и охрана земель», «Экспертиза и управление земельными ресурсами», «Геодезическое обеспечение землеустройства и кадастров»

## Рецензенты

Е.А.Мельникова – к.т.н., БГИТА.

О.Е. Широбокова – к.т.н., БГАУ

Рекомендовано к изданию методической комиссией факультета энергетики и природопользования Брянской государственной с/х академии, протокол №1 от 3.09.2015г.

# Содержание

<b>Введение</b> .....	4
<b>1. Вводная часть и исходные материалы</b>	
1.1. Состав курсовой работы .....	7
1.2. Исходные материалы .....	8
1.3. Проектная характеристика объекта строительства .....	8
1.4. Исходные данные для рассматриваемых примеров расчета .....	11
<b>2. Геодезическое обоснование разбивочных работ</b>	
2.1. Общие положения .....	12
2.2. Планово-высотное обоснование разбивочных работ .....	13
<b>3. Определение плановых разбивочных параметров для выноса в натуру осей сооружений</b>	
3.1. Определение разбивочных параметров круговых кривых .....	14
3.2. Разбивка пикетажа на плановых осях сооружений .....	15
3.3. Расчет пикетажа на криволинейных участках сооружений .....	16
3.4. Определение координат проектных точек .....	18
3.5. Определение углов и длин линий .....	20
<b>4. Проектирование плановой разбивки земляной плотины</b>	
4.1. Определение параметров линии контура основания плотины .....	26
4.2. План-разбивочный чертеж плотины .....	31
<b>5. Построение поперечников линейных сооружений и определение объемов земляных работ</b>	
5.1. Построение и разбивка поперечников .....	37
5.2. Определение объемов земляных работ .....	38
<b>6. Производство геодезических разбивочных работ</b>	
6.1. Общие положения и проектные рекомендации по производству разбивочных работ .....	46
6.2. Вопросы безопасности разбивочных работ .....	51
<b>Приложения</b>	
1. Генплан водохранилищного узла г/т сооружений .....	53
2. Топографический план участка строительства .....	54
3. План выноса в натуру осей сооружений гидроузла .....	55
4. План-разбивочный чертеж плотины .....	56
5. Поперечный профиль плотины .....	57
6. Условные обозначения для чертежей .....	58
7. Варианты исходных данных .....	59
<b>Литература</b> .....	61

## Введение

Геодезическое обеспечение строительства включает в себя работы как проектного характера (проектно-изыскательские, рабочее проектирование), так и работы по производству строительных работ.

При производстве проектных работ решаются различные задачи геодезического характера по разработке рабочих чертежей проекта, определению топографических параметров сооружений и объемов работ, а именно:

- изображение на топографических планах контуров сооружений (в т.ч. котлованов и насыпей), имеющих зачастую сложную конфигурацию -- при разработке генплана сооружения (узла г/т сооружений) и других рабочих чертежей;

- изображение на планах: линий сопряжения земляных выемок и насыпей с поверхностью земли, линий сопряжения откосов и других элементов сооружений между собой, границ земляных работ и пр.;

- построение продольных и поперечных профилей линейных сооружений;

- определение проектных объемов земляных работ – объемов выемок, тел насыпных сооружений, срезки растительного грунта, планировочных работ и пр.;

- проектирование мероприятий по выносу проекта в натуру (планы разбивочных работ).

При проектировании мероприятий по геодезическому обеспечению строительства сооружений разрабатываются различные план-разбивочные чертежи, а именно:

- план выноса в натуру главных горизонтальных осей (створов) сооружений, который разрабатывается на основе проектного генплана;

- план-разбивочные чертежи отдельных сооружений и котлованов под них;

- разбивочные поперечники (поперечные профили) для детальной разбивке линейных сооружений и пр. .

На проектируемых планах (чертежах) отображаются:

- пункты геодезической основы (реперы, опорные промежуточные и закладные точки и пр.), относительно которых будут производиться измерения на местности;

- характерные точки выносимых осей (трасс) и контуров сооружений;

- опорные, рекомендуемые и контрольные направления выноса характерных проектных точек сооружений;

- геометрические параметры проектируемых измерений на местности (углы, длины линий, длины перпендикуляров и пр.);

- контрольные точки закрепляемых створов, выносимые за пределы зон производства строительных работ.

Важным этапом проектирования производства геодезических работ является подготовка исходных материалов (данных), где значительную часть работы составляет установление цифровых величин параметров разбивки. Методы определения разбивочных показателей, которые могут быть как аналитические, так и графические, выбираются в зависимости от методов разбивки и строительных нормативно-технических условий и требований.

Геодезические работы, как часть технологического процесса строительного производства, включают в себя следующий перечень геодезических работ:

- а) создание геодезической разбивочной основы для строительства, включающей построение разбивочной сети строительной площадки и вынос в натуру основных или главных разбивочных осей сооружений;
- б) производство детальных разбивочных работ;
- в) создание внутренней разбивочной сети сооружений на исходном и монтажном горизонтах;
- г) создание разбивочной сети для монтажа технологического оборудования, если это предусмотрено в проекте производства геодезических работ;
- д) геодезический контроль качества -- точности геометрических параметров сооружений;
- е) исполнительные съемки с составлением исполнительной геодезической документации.

Комплекс геодезических работ, выполняемых для определения положения осей сооружения и его элементов в соответствии с генпланом и рабочими чертежами проекта, называется *разбивкой или перенесением проекта в натуру*.

Геодезические разбивочные работы составляют основную часть выноса проекта в натуру и могут производиться в три этапа:

1. Находятся и закрепляются на местности главные оси сооружений.
2. От закрепленных главных осей производится детальная разбивка элементов сооружения.
3. Разбивка осей и установка технологического оборудования.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля):

### **ПК-13**

*способностью использовать знание современных технологий топографо-геодезических работ при проведении инвентаризации и межевания, землеустроительных и кадастровых работ, методов обработки результатов геодезических измерений, перенесения проектов землеустройства в натуру и определения площадей земельных участков*

### **ПК-18**

*способностью участвовать в разработке новых методик проектирования, технологий выполнения топографо-геодезических работ при землеустройстве и кадастре, ведения кадастра, оценки земель и недвижимости*

### **ПК-20**

*готовностью к изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта использования земли и иной недвижимости*

# **1 Вводная часть и исходные материалы**

## **1.1 Состав курсовой работы**

Для исполнения расчетно-пояснительной записки курсовой работы рекомендуется следующая ее ориентировочная структура (состав):

### **Содержание**

#### **Введение**

#### **1. Исходные данные и характеристика объекта строительства**

1.1. Исходные данные

1.2. Характеристика объекта строительства.

#### **2. Геодезическое обоснование разбивочных работ**

2.1. Общие положения

2.2. Планово-высотное обоснование разбивочных работ.

#### **3. Определение плановых разбивочных параметров для выноса в натуру осей сооружений**

3.1. Определение разбивочных параметров круговых кривых

3.2. Разбивка пикетажа на плановых осях сооружений

3.3. Расчет пикетажа на криволинейных участках сооружений

3.4. Определение координат проектных точек

3.5. Определение углов и длин линий.

#### **4. Проектирование плановой разбивки земляной плотины**

4.1. Определение параметров линии контура основания плотины

4.2. План-разбивочный чертеж плотины.

#### **5. Построение профилей линейных сооружений и определение объемов строительных работ**

5.1. Построение продольных профилей

5.2. Построение и разбивка поперечников линейных сооружений

5.2. Определение объемов земляных работ выемок каналов и насыпей на основе профилей.

#### **6. Производство геодезических разбивочных работ**

6.1. Общие положения и проектные рекомендации по производству разбивочных работ

6.2. Вопросы безопасности разбивочных работ.

### **Литература**

### **Приложения**

Графическая часть курсовой работы должна содержать следующие планы и чертежи:

1. Проектная схема (топографический план) проектируемого водохранилищного узла ГТС.
2. План выноса в натуру осей г/т сооружений М1:1000.
3. План-разбивочный чертеж плотины М1:500 (М1:1000).
4. Поперечный профиль плотины.

## **1.2 Исходные материалы**

Исходными материалами курсовой работы являются:

1. Бланк задания, выдаваемый преподавателем.
2. Проектная схема (генплан – см. прилож.1) водохранилищного узла г/т сооружений.
3. Проектные характеристики сооружений (см. п. 1.3).
4. Топографический план участка строительства М1:1000 (прилож. 2).
5. Дополнительные исходные данные, которые указываются в бланке задания или выдаются преподавателем отдельно – согласно варианту задания (см. прилож.7).

## **1.3 Проектная характеристика объекта строительства**

Объект строительства представляет собой водохранилищный гидроузел комплексного назначения (орошение, рыбоводство, рекреация), плановая компоновка сооружений приводится на генплане гидроузла (прилож.1).

Основными сооружениями строительного объекта являются:



- водохранилище – чаша (ложе) водохранилища;
- земляная плотина;
- приплотинные сооружения водосбросного тракта: подводящий канал, паводковый водосброс и отводящий канал.

### **1.3.1 Плотина**

Плотина имеет типовую конструкцию, запроектирована по типовым проектам сооружений прудов и водоёмов (категория насыпных земляных плотин высотой до 15м с креплением верховых откосов).

Плотина насыпается из местных суглинистых грунтов из карьеров, расположенных в верхнем бьефе по обоим склонам балки.

Плотина проезжая, проезжая часть крепится дорожными ж/б плитами, ширина проезжей части 3,5м. Ширина по гребню постоянная, запроектирована с учетом категории проходящей по гребню дороги и составляет .....м.

Створ плотины имеет поворот (ПК ..... ) на угол  $\varphi = \dots$ , радиус кривой поворота составляет  $R = \dots\dots\dots$ м.

Длина плотины составляет .....м.

Отметка гребня плотины  $H_{gp}=157,00$ м, отметка нормального подпорного уровня воды (НПУ) – 155,50м, максимальный напор воды – 5,5м.

На верховом откосе плотины запроектирована берма шириной  $b_6=3,0$ м, отметка бермы составляет  $H_6=154,00$ м.

Коэффициенты заложения откосов назначены в зависимости от высоты плотины, особенностей условий работы и технологии отсыпки, а также от типа грунта, используемого для возведения плотины. В данных условиях строительства они составляют:

- верховой откос переменный: до бермы --  $m_{1-1} = \dots\dots\dots$  ; ниже бермы --  $m_{1-2} = \dots\dots\dots$  .

- низовой откос --  $m_2 = \dots\dots\dots$  .

Верхняя часть верхового откоса крепится сборными ж/б плитами, омоноличенными в карты.

Низовой откос и часть гребня плотины крепятся одерновкой и посевом трав по слою растительного грунта.

### **1.3.2 Сооружения водосбросного тракта**

#### *а) наводковый водосброс*

Тип водосброса – трубчатый, с башенным оголовком. Имеет конструкцию, совмещенную с донным водоспуском.

Сооружение выполняется из монолитного и сборного железобетона.

#### *б) подводящий канал*

Подводящий канал выполняется в выемке. Основные параметры поперечного сечения:

- ширина канала по дну  $b = 4,0\text{м}$ ;
- коэффициент заложения откосов  $m = 2,0$ ;
- уклон  $i = 0,006$ ;
- средняя глубина канала  $h = 2,5\text{м}$ .

#### *в) отводящий канал*

Отводящий канал запроектирован по конструкции в полувыемке-полунасыпи.

Трасса канала имеет поворот (по круговой кривой) на ПК 0+64 на угол  $\varphi = 30^\circ$ , радиус кривой составляет  $R = \dots\dots\text{м}$ .

Основные параметры поперечного профиля канала:

- ширина дна канала  $b = 6,0\text{м}$ ;
- ширина насыпи по верху  $B_n = 3,0\text{м}$ ;
- коэффициент заложения откосов насыпи и выемки  $m_n = m_b = 2,0$ .
- уклон дна канала  $i = 0,005$
- средние глубина выемки и высота насыпи соотв.:  $h_b = 2,0\text{м}$ ;  $h_n = 1,5\text{м}$ .

Проектом предусматривается крепление канала одерновкой и гидропосевом трав.

**Примечание.** Цифровые показатели, опущенные в тексте проектной характеристики, принимаются согласно варианту задания.

## 1.4 Исходные данные для рассматриваемых примеров расчета

В рассматриваемых ниже примерах расчета используются следующие исходные материалы и цифровые показатели:

1. Топографический план участка строительства (фрагмент плана речной долины – см. прилож.2).
2. Проектная характеристика основных сооружений гидроузла (см. п. 1.3).
3. Координаты опорных точек геодезической основы (табл.1.1).

Таблица 1.1 Координаты реперов геодезической основы

Координаты репера <i>стр.2</i>		Координаты репера <i>вр.3</i>	
$X_2, м$	$Y_2, м$	$X_3, м$	$Y_3, м$
730	1380	555	1055

Координаты реперов *стр.1* и *вр.4* (опр. графически на плане)

$X_1 = 770,5 м$	$Y_1 = 1063,5 м$	$X_3 = 555,0 м$	$Y_3 = 1055,0 м$
-----------------	------------------	-----------------	------------------

4. Проектное положение створов (главных осей) основных сооружений гидроузла -- поворот створа плотины на **ПК2+09**.
5. Проектные параметры кривых поворота трасс сооружений (табл. 1.2).

Таблица 1.2 Параметры круговых кривых

Плотина		Отводящий канал водосброса	
Угол поворота $\varphi^\circ$	Радиус кривой $R, м$	Угол поворота $\varphi^\circ$	Радиус кривой $R, м$
31	110	30	105

6. Проектные параметры земляной плотины (табл.1.3).

Таблица 1.3 Основные параметры поперечного профиля плотины

Отметка гребня $H, м$	Ширина гребня $B, м$	Ширина бермы $в, м$	Коэффициенты заложения откосов		
			верховой откос		НИЗОВОЙ откос $m_2$
			$m_{1-1}$	$m_{1-2}$	
157,00	8,0	3,0	3,0	5,0	2,0

## 2 Геодезическое обоснование разбивочных работ

### 2.1 Общие положения

В качестве опорных пунктов геодезического обоснования при выносе строительных проектов в натуру используются:

а) государственные геодезические сети: триангуляция и полигонометрия 1, 2, 3 и 4 классов, нивелирование I, II, III и IV классов;

б) геодезические сети сгущения: триангуляция (аналитические сети) 1 и 2 разрядов, полигонометрия 1 и 2 разрядов; техническое нивелирование;

в) геодезическое съемочное обоснование.

Пункты планового и высотного обоснования, как правило, максимально совмещаются.

При разработке проекта выноса в натуру производятся:

- анализ топографо-геодезической изученности района размещения объекта (сооружения);

- рекогносцировочные мероприятия по оценке состояния и максимальному использованию опорных пунктов геодезических сетей сгущения съемочного обоснования, создаваемых при инженерно-геодезических изысканиях – топографической съемке объекта;

- дополнительное проектирование точек геодезического обоснования, если их недостаточно или они утрачены.

При строительстве плотин в/х гидроузлов является обязательным создание пунктов геодезической основы по обоим берегам речной долины (балки).

## 2.2 Планово-высотное обоснование разбивочных работ

В данном случае, для проектирования разбивочных работ используются:

- часть пунктов геодезического обоснования, созданных при съемке в период инженерных изысканий;

- дополнительно устраиваемые на период строительства пункты планово-высотного обоснования (временные, строительные реперы).

Для геодезического обоснования разбивочных работ по данному водохранилищному узлу ГТС проектом предусматривается использовать следующие пункты геодезической основы (реперы, располагаемые по обоим берегам речной долины):

- на левом берегу – (строительный репер – *стр.2*, временный репер – *вр.4*);

- на правом берегу -- (строительный репер – *стр.1*, временный репер – *вр.3*).

Координаты реперов *стр.2* и *вр.3* задаются согласно варианту задания исходных данных (см. прилож.6).

Местоположение реперов *стр.1* и *вр.4* показано на исходном топографическом плане, а их координаты определяются графически с плана.

Плановое расположение всех реперов и их высоты приводятся на топографическом плане участка строительства.

### 3 Определение плановых разбивочных параметров для выноса в натуру осей сооружений

#### 3.1 Определение разбивочных параметров круговых кривых

На углах поворота трасс линейных сооружений производят вставки кривых и пересчет по ним пикетажа.

Основными элементами круговых кривых являются (см. рис. 3.1):

- угол поворота  $\varphi$ ;
- радиус кривой ( $R$ ), устанавливаемый при проектировании сооружения;
- длина касательных ( $T$ );
- длина кривой ( $K$ );
- длина биссектрисы ( $B$ );
- величина домера ( $D$ ).

Элементы круговых кривых определяются по формулам:

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}, \text{ м} \quad (3.1)$$

$$K = R \cdot \frac{\pi \cdot \varphi^\circ}{180}, \text{ м} \quad (3.2)$$

$$B = R \cdot \left( \frac{1}{\cos \frac{\varphi}{2}} - 1 \right), \text{ м} \quad (3.3)$$

$$D = 2T - K, \text{ м} \quad (3.4)$$

#### Пример расчета

*а) плотина ( $R=110\text{м}$ ,  $\varphi=31^\circ$ )*

$$T = 110 \cdot \operatorname{tg} \frac{31}{2} = 30,51 \text{ м} \quad K = 110 \cdot \frac{3,14 \cdot 31^\circ}{180} = 59,49 \text{ м}$$

$$B = 110 \cdot \left( \frac{1}{\cos \frac{31}{2}} - 1 \right) = 4,15 \text{ м} \quad D = 2 \cdot 30,51 - 59,49 = 1,53 \text{ м}$$

*а) отводящий канал ( $R=105\text{м}$ ,  $\varphi=30^\circ$ )*

$$T = 105 \cdot \operatorname{tg} \frac{30}{2} = 28,13 \text{ м} \quad K = 105 \cdot \frac{3,14 \cdot 30^\circ}{180} = 54,95 \text{ м}$$

$$B = 105 \cdot \left( \frac{1}{\cos \frac{30}{2}} - 1 \right) = 3,70 \text{ м} \quad D = 2 \cdot 28,13 - 54,95 = 1,31 \text{ м}$$

### 3.2 Разбивка пикетажа на плановых осях сооружений

Проектная разбивка пикетажа на прямолинейных участках трассы осуществляется на плане графически.

Начало разбивки (ЛК0) выбирается:

- на основе действующих отраслевых нормативов и правил по оформлению чертежей;
- исходя из технологических особенностей производства строительных работ -- от начала производства строительных работ (например, от устья самотечных водоводов);
- с учетом удобства производства разбивочных работ на местности.

При проектировании линейных сооружений, где может быть допустима разбивка пикетажа в двух направлениях, начало разбивки пикетажа может быть выбрано из условия удобства производства разбивочных работ на местности. Например, для плотины допустима разбивка пикетажа со стороны левого или правого берегов речной долины.

Проектные пикеты назначаются в характерных точках выносимых трасс (главных осей) линейных сооружений, а именно:

- в начальной и конечной точках трассы;
- на прямолинейных участках большой длины (пикетные точки через 100м);
- на поворотах (вершина угла);
- на криволинейных участках поворота трассы (начало, конец и середина кривой);
- в местах пересечения осей сооружений;
- точки закрепления трасс, выносимые за пределы зоны производства строительных работ;
- характерные проектные точки отдельных элементов сооружений (обычно в местах их разграничения – например, в створе водосбросного

тракта: начало и конец ж/б крепления канала, начало и конец рисбермы водосброса и пр.).

В данных условиях строительства, с учетом вышеуказанных условий и факторов, пикетаж разбивается:

- по створу плотины – со стороны левобережья речной долины (ПК0 – на линии сопряжения гребня плотины с поверхностью земли);

- по створу водосбросного тракта – от точки его пересечения с осью плотины (ПК0 – точка пересечения осей водосброса и плотины как в сторону нижнего, так и верхнего бьефов – соотв. отводящего и подводящего каналов).

В пикетаж створа плотины включены дополнительные точки закрепления створа плотины (в начале и конце), выносимые за пределы зоны производства строительных работ (на расстояние 20-25м).

### 3.3 Расчёт пикетажа на криволинейных участках сооружений

Для расчета пикетажа используются данные предварительной разбивки пикетажа и рассчитываемые параметры круговых кривых (см. п.3.1).

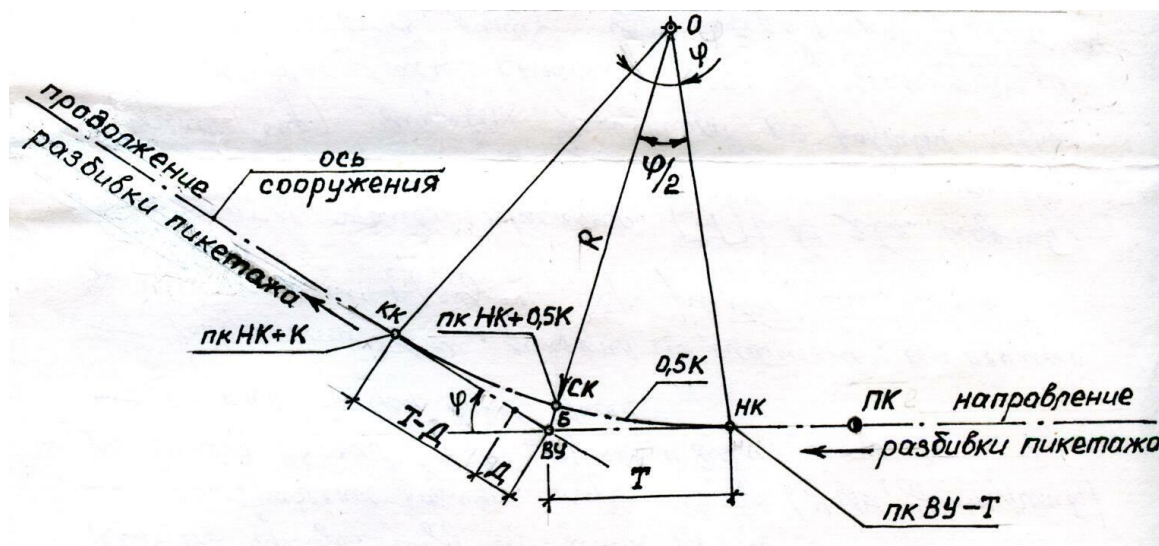


Рис. 3.1 Разбивка пикетажа на криволинейном участке трассы



Пикеты начала (**НК**), конца (**КК**) и середины (**СК**) кривой определяются из выражений:

$$\text{пкНК} = \text{пкВУ} - T \quad (3.5)$$

$$\text{пкКК} = \text{пкНК} + K \quad (3.6)$$

$$\text{пкСК} = \text{пкНК} + K / 2 \quad (3.7)$$

Для контроля вычислений применяются формулы:

$$\text{пкКК} = \text{пкВУ} + T - D \quad (3.8)$$

$$\text{пкСК} = \text{пкКК} - K / 2 \quad (3.9)$$

где  $\text{пкВУ}$  – пикет вершины угла трассы (определяется графически на плане).

### Пример расчета

*а) плотина (пкВУ=ПК2+09)*

Используя расчетные показатели ( $T$ ,  $K$ ,  $D$  – см. п.3.1), по формулам 3.5 ...3.7 получаем:

$$\text{пкНК} = \text{пкВУ} - T = 209,00 - 30,51 = 178,49\text{м} (\text{ПК}1+78,49) = \text{ПК}1+78,5;$$

$$\text{пкКК} = \text{пкНК} + K = 178,49 + 59,49 = 237,98\text{м} (\text{ПК}2+37,98) = \text{ПК}2+38,0;$$

$$\text{пкСК} = \text{пкНК} + K / 2 = 178,49 + 59,49 / 2 = 208,23\text{м} (\text{ПК}2+08,23) = \text{ПК}2+08,2.$$

По формулам (3.8 и 3.9) производим контрольные вычисления:

$$\text{пкКК} = \text{пкВУ} + T - D = 209,00 + 30,51 - 1,53 = 237,98\text{м} = \text{ПК}2+38,0;$$

$$\text{пкСК} = \text{пкКК} - K / 2 = 237,98 - 59,49 / 2 = 208,23\text{м} = \text{ПК}2+08,2).$$

*а) отводящий канал (пкВУ=ПК0+64)*

Пикеты характерных точек кривой поворота будут равны:

$$\text{пкНК} = \text{пкВУ} - T = 64,00 - 28,13 = 35,87\text{м} (\text{ПК}0+35,87) = \text{ПК}0+35,9;$$

$$\text{пкКК} = \text{пкНК} + K = 35,87 + 54,95 = 90,82\text{м} (\text{ПК}0+90,82) = \text{ПК}0+90,8;$$

$$\text{пкСК} = \text{пкНК} + K / 2 = 35,87 + 54,95 / 2 = 63,35\text{м} (\text{ПК}0+63,35) = \text{ПК}0+63,3.$$

Контрольные вычисления:

$$\text{пкКК} = \text{пкВУ} + T - D = 64,00 + 28,13 - 1,31 = 90,82\text{м} = \text{ПК}0+90,8;$$

$$\text{пкСК} = \text{пкКК} - K / 2 = 90,82 - 54,95 / 2 = 63,35\text{м} = \text{ПК}0+63,3).$$

Полученные расчетом данные отображаются на план-разбивочном чертеже.

### 3.4 Определение координат проектных точек

#### 3.4.1 Методика и расчетные формулы

При графическом определении координат проектных точек учитываются (исключаются) ошибки из-за деформации бумаги плана, возникающие после его составления. Графическое определение координат выполняется посредством прочерчивания через проектную точку  $A$  (рис.3.2) карандашом линии -- параллельно сторонам квадрата сетки и измеряются на плане отрезки  $a$  и  $a_1$ ,  $b$  и  $b_1$  с точностью 0,1 мм.

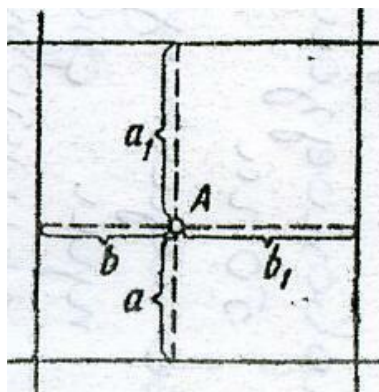


Рис. 3.2 Схема к определению координат точки графически по плану

Координаты точки  $A$  вычисляются по формулам:

$$X_A = X + \frac{100}{a + a_1} \cdot \frac{a \cdot M}{1000}, \text{ м} \quad (3.10)$$

$$Y_A = Y + \frac{100}{b + b_1} \cdot \frac{b \cdot M}{1000}, \text{ м} \quad (3.11)$$

где  $X$  — абсцисса нижней стороны квадрата сетки на плане;

$Y$  — ордината левой стороны квадрата;

$M$  — знаменатель масштаба плана.

#### 3.4.2 Пример расчета

В данном случае определяем координаты начальной (ПК0+00) и конечной (ПК3+54) точек створа плотины.

По плану графически находим длины соответствующих отрезков:

*а) для начальной точки плотины*

$$a = 49,6\text{мм}; \quad a_1 = 50,5\text{мм}; \quad b = 67,3\text{мм}, \quad b_1 = 32,5\text{мм}.$$

*б) для конечной точки плотины*

$$a = 23,7\text{мм}; \quad a_1 = 76,4\text{мм}; \quad b = 33,6\text{мм}, \quad b_1 = 66,5\text{мм}.$$

После подстановки в расчетные формулы (3.10; 3.11) получаем координаты начальной точки плотины:

$$X_H = 600 + \frac{100}{49,6 + 50,5} \cdot \frac{49,6 \cdot 1000}{1000} = 649,55\text{м}$$

$$Y_H = 1300 + \frac{100}{67,3 + 32,5} \cdot \frac{67,3 \cdot 1000}{1000} = 1367,43\text{м}$$

Аналогично получаем координаты конечной точки плотины:

$$X_K = 700 + \frac{100}{23,7 + 76,4} \cdot \frac{23,7 \cdot 1000}{1000} = 723,75\text{м}$$

$$Y_K = 1000 + \frac{100}{33,6 + 66,5} \cdot \frac{33,6 \cdot 1000}{1000} = 1033,57\text{м}$$

### 3.5 Определение углов и длин линий

#### 3.5.1 Аналитический метод

Аналитическим методом углы и длины линий рассчитываются по координатам опорных(реперов) и проектных точек -- посредством решения обратной геодезической задачи.

В данном случае производится расчет по определению геометрических параметров выноса для начальной и конечной точек створа плотины. Эти точки створа плотины плотины предусматривается выносить в натуру полярным способом от опорных точек геодезической основы (реперов) координаты которых известны (см. исх. данные и п.3.4).

Решением обратной геодезической задачи вычисляются румбы ( $r$ ) и соответствующие длины линий ( $d$ ).

Вычисления выполняются по формулам:

-приращения координат

$$\Delta X = X_K - X_H, м; \quad \Delta Y = Y_K - Y_H, м \quad (3.12)$$

- дирекционный угол -- по его тангенсу

$$tg \alpha_{H-K} = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{Y_K - Y_H}{X_K - X_H} \quad (3.13)$$

- горизонтальные проложения линий

$$d = \frac{\Delta X}{\cos \alpha_{H-K}} = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha_{H-K}}, м \quad (3.14)$$

$$или... d = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}, м \quad (3.15)$$

Знаки приращений координат определяют название румба и величину дирекционных углов (табл. 3.1).

Таблица 3.1 Наименование румба в зависимости от значения дирекционного угла и знаки приращений координат

Величина дирекционного угла, град	Название румба	Знаки приращения координат	
		$\Delta X$	$\Delta Y$

0-90	СВ	+	+
90-180	ЮВ	-	+
180-270	ЮЗ	-	-
270 - 360	СЗ	+	-

### 3.5.2 Пример расчета горизонтальных углов и длин линий

Установленные ранее координаты расчетных точек приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 Координаты расчетных точек, м  
(см. исх. данные, п.2.2 и 3.4)

Начальная точка плотины (ПК0)						Конечная точка плотины (ПК3+54)					
репер стр.2		репер вр.4		точка створа плотины		репер стр.1		репер вр.3		точка створа плотины	
$X_2$	$Y_2$	$X_4$	$Y_4$	$X_{нп}$	$Y_{нп}$	$X_1$	$Y_1$	$X_3$	$Y_3$	$X_{кп}$	$Y_{кп}$
730	1380	526	1383	649,55	1367,43	770,5	1063,5	555	1055	723,75	1033,57

Расчетные точки образуют фигуры – треугольники (рис. 3.3).

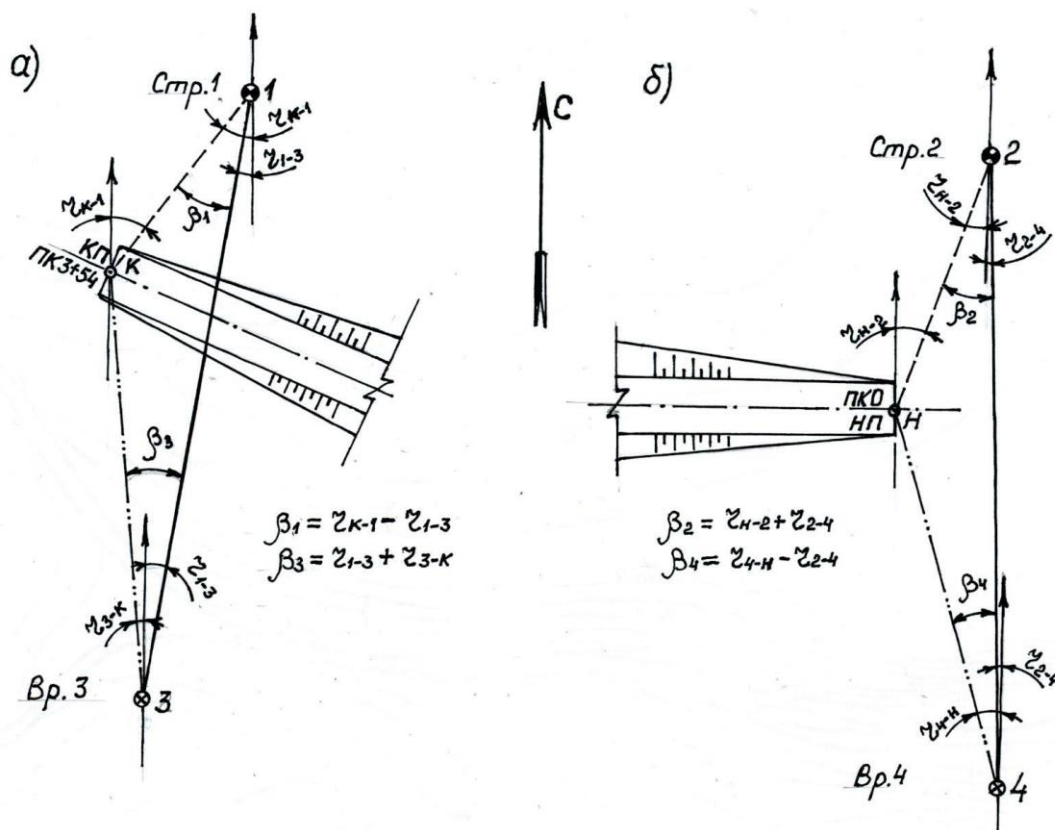


Рис 3.3 Схемы к определению углов расчетных треугольников а ; б – соответственно для конечной и начальной точек плотины

Расчет румбов и длин линий производим в табличной форме (табл. 3.3).

Таблица 3.3 Расчет румбов и длин линий для выноса в натуру характерных точек плотины

Точ-ки	$Y, м$	$Y_K - Y_H, м$	$X, м$	$X_K - X_H, м$	$tg\alpha_{H-K} = \frac{Y_K - Y_H}{X_K - X_H}$	Румбы $r$	Дли-на линий $d, м$
<i>Расчет для начальной точки плотины</i>							
<b>нп</b>	1367,43		649,55				
		12,57		80,45	0,15625	СВ:8°53'	81,43
<b>2</b>	1380,00		730,00				
		3,00		-204,00	-0,01471	ЮВ:0°51'	204,02
<b>4</b>	1383,00		526,00				
		-15,57		123,55	-0,12602	СЗ:7°11'	124,53
<b>нп</b>	1367,43		649,55				
<i>Расчет для конечной точки плотины</i>							
<b>кп</b>	1033,57		723,75				
		29,93		46,75	0,64021	СВ:32°38'	55,51
<b>1</b>	1063,50		770,50				
		-8,50		-215,50	0,03944	ЮЗ:2°15'	215,67
<b>3</b>	1055,00		555,00				
		-21,43		168,75	-0,12699	СЗ:7°14'	170,10
<b>кп</b>	1033,57		723,75				

Используя данные таблицы 3.3, по румбам вычисляем соответствующие углы ( $\beta$ ) расчетных треугольников (см. рис. 3.2):

а) для начальной точки плотины

$$\beta_2 = r_{нп-2} + r_{2-4} = 8^\circ 53' + 0^\circ 51' = 9^\circ 44'$$

$$\beta_4 = r_{4-нп} - r_{2-4} = 7^\circ 11' - 0^\circ 51' = 6^\circ 20'$$

$$\beta_{нп} = 180^\circ - (9^\circ 44' + 6^\circ 20') = 163^\circ 56'.$$

б) для конечной точки плотины

$$\beta_1 = r_{кп-1} - r_{1-3} = 32^\circ 38' + 2^\circ 15' = 30^\circ 23'$$

$$\beta_3 = r_{1-3} + r_{3-кп} = 2^\circ 15' + 7^\circ 14' = 9^\circ 29'$$

$$\beta_{кп} = 180^\circ - (32^\circ 38' + 7^\circ 14') = 140^\circ 08'.$$

### 3.5.2 Графический метод определения углов и длин линий на топографическом плане

При графическом методе горизонтальные углы между опорными линиями и направлениями на проектные точки измеряются на плане геодезическим транспортиром, а длины линий определяют измерителем -- по масштабной линейке с учетом деформации бумаги плана.

При учете деформации плана в полученную длину вводится поправка по формуле:

$$d_0 = d \pm k \cdot d, м \quad (3.16)$$

где  $d_0$  — длина горизонтального приложения линии на местности, м;

$d$  — длина этой же линии, полученная по плану графически, м;

$k$  — коэффициент деформации бумаги плана, определяемый по формуле:

$$k = \frac{d'_0 - d'}{d'} \quad (3.17)$$

где  $d'_0, d'$  — соответствующие расстояния между известными двумя точками, нанесенными на план (обычно используются пункты геодезической основы или стороны квадратов координатной сетки).

Ввиду того, что деформация бумаги плана может быть неравномерная по площади чертежа, рекомендуется ее устанавливать в нескольких характерных местах и направлениях, а именно:

- слева-справа, в верхней-нижней областях плана;
- в диагональных направлениях.

### 3.5.3 Пример расчета коэффициента деформации бумаги плана

В данном случае, для определения коэффициента деформации бумаги плана, используем следующие известные размеры.

*а) в областях плана слева-справа*

*Слева* – расстояние между реперами стр.1 и вр.3 ( $d_{1-3} = 215,67\text{м}$ );

*справа* -- расстояние между реперами стр.2 и вр.4 ( $d_{2-4} = 204,02\text{м}$ ) – см. табл. 3.3.

Эти же расстояния, найденные графически на плане, соответственно равны:  $d_{o(1-3)} = 216,0\text{м}$ ;  $d_{o(2-4)} = 204,5\text{м}$ .

По формуле (3.17) получаем соответствующие коэффициенты деформации бумаги плана:

$$K_l = \frac{216,00 - 215,67}{215,67} = 0,00153 \qquad K_n = \frac{204,50 - 204,02}{204,02} = 0,00235$$

*б) в верхней-нижней частях плана*

В *верхней и нижней* частях – размер трех квадратов координатной сетки, т.е.  $d_B = d_H = 300,00\text{м}$ . Эти же размеры, измеренные графически на плане, соотв. будут равны:  $d_{o(B)} = 299,6\text{м}$ ;  $d_{o(H)} = 300,5\text{м}$ .

По формуле (3.17) получаем соответствующие коэффициенты:

$$K_B = \frac{300,00 - 299,60}{299,60} = 0,00133 \qquad K_H = \frac{300,00 - 300,50}{300,50} = -0,00166$$

*г) в диагональных направлениях плана*

Для расчета используем известный размер диагоналей координатной сетки в пределах трех квадратов:

$$d_{o1} = d_{o2} = \sqrt{300^2 + 300^2} = 424,26\text{м}$$

Эти же размеры, измеренные графически на плане, соответственно будут равны:  $d_{o(o1)} = 423,9\text{м}$ ;  $d_{o(o2)} = 425,8\text{м}$ .

По формуле (3.17) получаем соответствующие коэффициенты деформации бумаги:

$$K_{o1} = \frac{424,26 - 423,90}{423,90} = 0,00085 \qquad K_{o2} = \frac{424,26 - 425,80}{425,80} = -0,00362$$



Полученные таким образом коэффициенты могут быть использованы при осуществлении графических измерений длин линий на соответствующих участках плана. Например, измеренное графически расстояние между репером *стр.1* и центром кривой поворота плотины составило 125,8м (верхняя область чертежа и направление измерения ближе к коэффициенту  $K_B=0,00133$ ). Соответствующее проектное расстояние по формуле (3.16) будет равно:

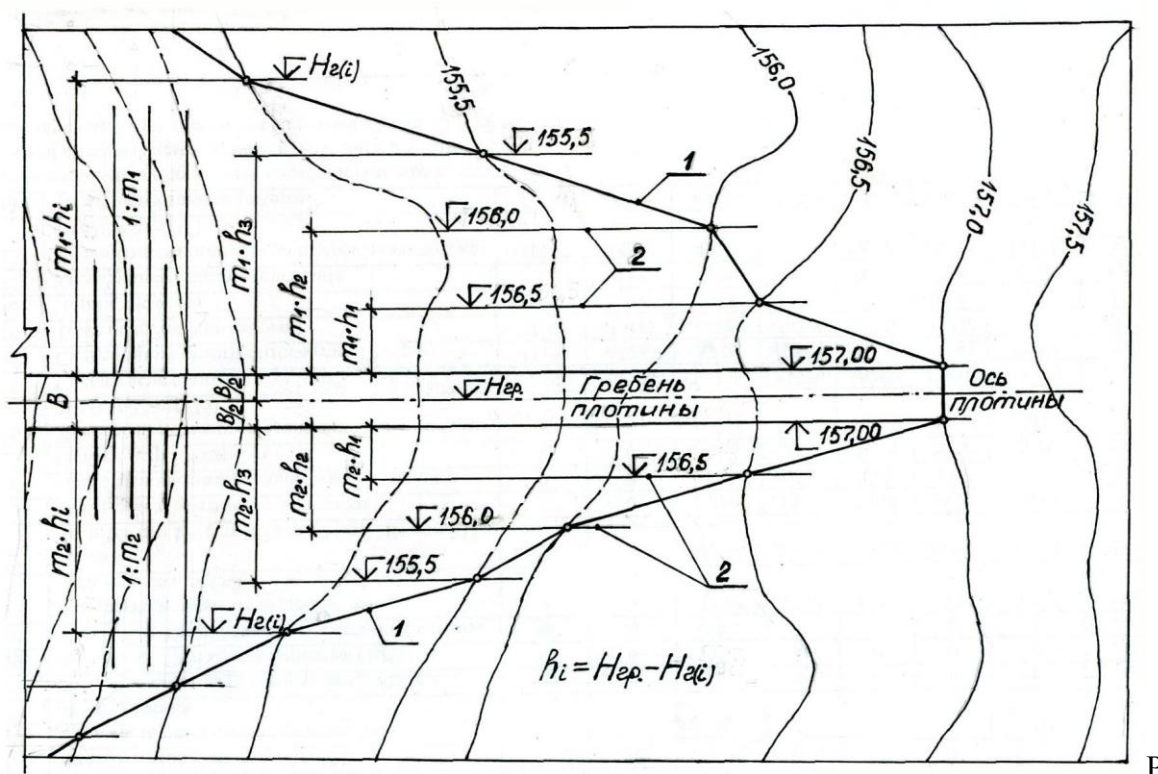
$$d_0 = 125,8 + 0,00133 \cdot 125,8 = 125,97 м$$

## 4 Проектирование плановой разбивки земляной плотины

### 4.1 Определение параметров линии контура основания плотины

Для начертания на топографическом плане контура сопряжения основания плотины с поверхностью земли широко используется графо-аналитический метод, суть которого заключается в графическом нахождении точек пересечения *горизонталей откосов плотины* с соответствующими горизонталями поверхности земли (см. рис. 4.1), а именно:

- намечаются условные поперечники в точках пересечения оси плотины с горизонталями;



ис. 4.1 Графическое построение линии сопряжения подошвы плотины с поверхностью земли (1-- контур основания плотины; 2 -- соответствующие горизонтали сооружения (откосов плотины) и их высоты ( $H_2$ ))

- по формулам определяются расстояния от оси плотины до соответствующих горизонталей откосов;

- на плане, параллельно оси плотины, проводятся линии горизонталей откосов до точек пересечения их с соответствующими горизонталями местности (графические действия исполняются посредством временных вспомогательных линий);

-ломаная линия, соединяющая точки пересечения соответствующих горизонталей, будет представлять собой плановую горизонтальную проекцию линии контура основания плотины.

Расстояния от оси плотины до соответствующих горизонталей откосов (в обе стороны – низового и верхового откосов) вычисляются по формулам:

$$d_{низ} = \frac{B}{2} + m_2 \cdot h_i, м \quad (4.1)$$

$$d_{верх} = \frac{B}{2} + m_1 \cdot h_i, м \quad (4.2)$$

где  $m_1$  и  $m_2$  - коэффициенты заложения соответственно низового и верхового откосов плотины ( $m = \text{ctg } \nu$ );

$B$  – ширина плотины по гребню, м;

$h_i$  -- высотное положение соответствующих горизонталей откосов относительно гребня плотины, м.

Применение графо-аналитического метода наиболее выгодно в случаях, когда горизонтали имеют сложный характер (извилистость), проходят под различными углами к створу плотины и, одновременно -- при сложном поперечном профиле плотины. Например, для широко распространенных на практике земляных плотин (см. рис. 4.2), имеющих на верховом откосе берму шириной ( $b$ ) и два участка откоса с различными коэффициентами заложения ( $m_{1-1}$ ,  $m_{1-2}$ ), формула расстояния от оси плотины в направлении верхового откоса будет иметь вид:

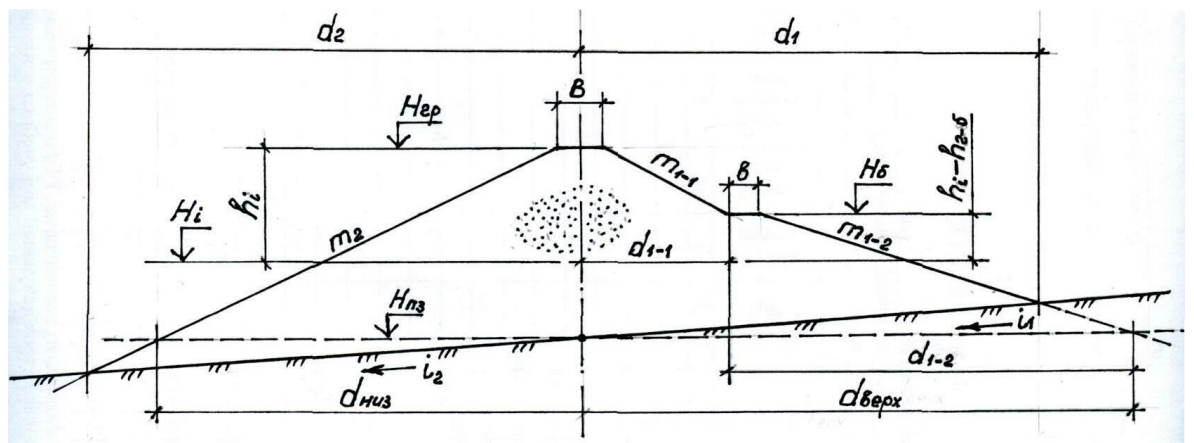


Рис. 4.2 Схема к определению разбивочных параметров поперечного профиля плотины

а) на участке откоса от гребня до бермы

$$d_{1-1} = \frac{B}{2} + m_{1-1} \cdot h_i, \text{ м} \quad (4.3)$$

б) на нижнем участке откоса -- от бермы до подошвы

$$d_{1-2} = v + m_{1-2} \cdot (h_i - h_{2-б}), \text{ м} \quad (4.4)$$

в) общая величина горизонтального проложения верхового откоса

$$d_{\text{верх}} = d_{1-1} + d_{1-2} = \frac{B}{2} + v + m_{1-1} \cdot h_i + m_{1-2} \cdot (h_i - h_{2-б}), \text{ м} \quad (4.5)$$

где  $h_{2-б}$  – высота плотины от гребня до бермы, м.

$$h_{2-б} = H_{\text{гр.}} - H_{б}, \text{ м} \quad (4.6)$$

где  $H_{\text{гр.}}$ ,  $H_{б}$  -- соответственно отметки гребня и бермы плотины, м.

### Пример расчета

а) для точек пересечения оси плотины с горизонталями  $H_г=155,5\text{м}$

Высотное положение горизонтали относительно гребня будет равно:

$$h_i = 157,0 - 155,5 = 1,5\text{м}$$

Горизонтальное проложение линий поперечника (перпендикуляра) в стороны верхового и низового откосов соответственно будут равны (ф-лы 4.2; 4.1):

$$d_{\text{верх}} = d_{1-1} = \frac{B}{2} + m_{1-1} \cdot h_i = \frac{8,0}{2} + 3,0 \cdot 1,5 = 8,5\text{м}$$

$$d_{\text{низ}} = \frac{B}{2} + m_2 \cdot h_i = \frac{8,0}{2} + 2,0 \cdot 1,5 = 7,0\text{м}$$

Горизонтальное проложение подошвы плотины будет равно:

$$d = d_{\text{верх}} + d_{\text{низ}} = 8,5 + 7,0 = 15,5\text{м}$$

б) для точек пересечения оси плотины с горизонталями  $H_г=151,5\text{м}$

$$(v=3,0\text{м})$$

Высотное положение горизонтали и бермы относительно гребня плотины соответственно будут равны:

$$h_i = 157,0 - 151,5 = 5,5\text{м}$$

$$h_{2-6} = 157,0 - 154,0 = 3,0\text{м}$$

Аналогично, используя формулы 4.3, 4.4 и 4.1, получаем параметры:

$$d_{1-1} = \frac{B}{2} + m_{1-1} \cdot h_{2-6} = \frac{8,0}{2} + 3,0 \cdot 3,0 = 13,0\text{м}$$

$$d_{1-2} = e + m_{1-2} \cdot (h_i - h_{2-6}) = 3,0 + 5,0 \cdot (5,5 - 3,0) = 15,5\text{м}$$

$$d_{\text{верх}} = d_{1-1} + d_{1-2} = 13,0 + 15,5 = 28,5\text{м}$$

$$d_{\text{низ}} = \frac{B}{2} + m_2 \cdot h_i = \frac{8,0}{2} + 2,0 \cdot 5,5 = 15,0\text{м}$$

$$d = d_{\text{верх}} + d_{\text{низ}} = 28,5 + 15,0 = 43,5\text{м}$$

Результаты расчета и его оформление по остальным характерным точкам приводятся в таблице 4.1.

По данным таблицы 4.1 на топографическом плане изображается горизонтальная проекция линии контура основания плотины.

Таблица 4.1 Определение поперечных плановых параметров контура основания плотины (в точках пересечения оси плотины с горизонталями)

№ п/п	Отметки, м:			$h_i$ , м	$h_i - h_{2-б}$ м	Плановые параметры при В/2=4,0м							
	гребня плоти- ны	бермы	гори- зонта- лей			<i>верховой откос</i> $v=3,0м$				<i>низовой откос</i> ( $m_2=2,0$ )		<i>подош- ва</i>  $d$ , м	
						участок до бермы ( $m_{1-1}=3,0$ )		берма и участок ниже бермы ( $m_{1-2}=5,0$ )		$d_{верх.}$ , м	$m_2 \cdot h_i$ , м		$d_{низ.}$ , м
						$m_{1-1} \cdot h_i$ , м	$d_{1-1.}$ , м	$m_{1-2} \cdot (h_i - h_0)$ , м	$d_{1-2.}$ , м				
<b>1</b>	<b>2</b>		<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
1	157,0	-	<b>156,5</b>	0,5	-	1,5	5,5	-	-	<b>5,5</b>	1,0	5,0	<b>10,5</b>
2	157,0	-	<b>156,0</b>	1,0	-	3,0	7,0	-	-	<b>7,0</b>	2,0	6,0	<b>13,0</b>
<b>3</b>	<b>157,0</b>	-	<b>155,5</b>	<b>1,5</b>	-	<b>4,5</b>	<b>8,5</b>	-	-	<b>8,5</b>	<b>3,0</b>	<b>7,0</b>	<b>15,5</b>
4	157,0	-	<b>155,0</b>	2,0	-	6,0	10,0	-	-	<b>10,0</b>	4,0	8,0	<b>18,0</b>
5	157,0	-	<b>154,5</b>	2,5	-	7,5	11,5	-	-	<b>11,5</b>	5,0	9,0	<b>20,5</b>
6	157,0	-	<b>154,0</b>	3,0	-	9,0	13,0	-	-	<b>13,0</b>	6,0	10,0	<b>23,0</b>
7	157,0	154,0	<b>153,5</b>	3,5	0,5	9,0	13,0	2,5	5,5	<b>18,5</b>	7,0	11,0	<b>29,5</b>
8	157,0	154,0	<b>153,0</b>	4,0	1,0	9,0	13,0	5,0	8,0	<b>21,0</b>	8,0	12,0	<b>33,0</b>
9	157,0	154,0	<b>152,5</b>	4,5	1,5	9,0	13,0	7,5	10,5	<b>23,5</b>	9,0	13,0	<b>36,5</b>
10	157,0	154,0	<b>152,0</b>	5,0	2,0	9,0	13,0	10,0	13,5	<b>26,5</b>	10,0	14,0	<b>40,5</b>
<b>11</b>	<b>157,0</b>	<b>154,0</b>	<b>151,5</b>	<b>5,5</b>	<b>2,5</b>	<b>9,0</b>	<b>13,0</b>	<b>12,5</b>	<b>15,5</b>	<b>28,5</b>	<b>11,0</b>	<b>15,0</b>	<b>43,5</b>
12	157,0	154,0	<b>151,0</b>	6,0	3,0	9,0	13,0	15,0	18,0	<b>31,0</b>	12,0	16,0	<b>47,0</b>
13	157,0	154,0	<b>150,5</b>	6,5	3,5	9,0	13,0	17,5	20,5	<b>33,5</b>	13,0	17,0	<b>50,5</b>
14	157,0	154,0	<b>150,0</b>	7,0	4,0	9,0	13,0	20,0	23,0	<b>36,0</b>	14,0	18,0	<b>54,0</b>

## 4.2 План-разбивочный чертеж плотины

Строительная разбивка земляной плотины начинается с выноса в натуру её оси, от которой затем разбиваются: контур основания тела, гребень и другие элементы. Разбивка плотины осуществляется на основе *план-разбивочного чертежа*, для составления которого используются проектные данные по плотине и местоположению её створа (оси). В качестве опорных геодезических точек используются реперы, располагаемые вне зоны производства строительных работ (в данном случае - по 2шт по обоим берегам балки).

Для построения план-разбивочного чертежа намечается необходимый минимум поперечников в характерных точках створа плотины. Поперечники разбиваются перпендикулярно к трассе, вправо и влево от этих точек.

Количество поперечников зависит от характера (резких изломов) линии контура основания плотины и длины прямолинейных участков проектной линии (или без существенных изломов).

Согласно действующим нормативам, *на прямолинейных участках* трасс линейных сооружений рекомендуется разбивать поперечники:

- в характерных точках конструкции плотины;
- в точках переломов продольного профиля трассы (резкого излома линии контура основания плотины);
- на пикетах (через 100м);
- через 20-40м по длине на однообразных участках (плюсовые точки пикетов).

*На криволинейных участках* трассы расстояния между поперечниками рекомендуется выбирать в зависимости от нормативно-технических условий по детальной разбивке кривых (см. табл. 4.2).

Таблица 4.2 Интервалы детальной разбивки поперечников кривых поворота трасс

№ п/п	Радиус кривой (R), м	Расстояния между поперечниками, м
1	менее 100	5
2	100-500	10-15
3	более 500	20

При проектировании поперечников рекомендуется максимально их совмещать по различным видам требований, т.е. сводить их количество к необходимому минимуму не нарушая нормативно-технических условий.

При определении длины разбивочных перпендикуляров необходимо учитывать поперечный уклон местности (более 3--4°). Уклон местности может измеряться как в натуре, так и в камеральных условиях -- на основе рабочих чертежей проекта (по топографическому плану -- на участках длиной в пределах проекции контура основания плотины).

В этом случае, положение точек подошвы насыпи на наклонной местности находят, откладывая наклонные расстояния от осевой точки поперечника: вверх -- расстояние  $d_1$  и вниз -- расстояние  $d_2$ .

При уклонах местности до  $i = 1:10$  ( $\nu = 6^\circ$ ), расстояния  $d_1$  и  $d_2$  можно вычислять по следующим формулам:

$$d_1 = \left( \frac{B}{2} + m_1 \cdot h \right) \cdot \frac{n_1}{n_1 + m_1}, \text{ м} \quad (4.6)$$

$$d_2 = \left( \frac{B}{2} + m_2 \cdot h \right) \cdot \frac{n_2}{n_2 + m_2}, \text{ м} \quad (4.7)$$

Для верхового откоса плотины на ее участке с бермой формула (4.6) будет иметь вид (см. рис. 4.1):

$$d_1 = [C + m_{1-2} \cdot (h_i - h_{2-\delta})] \cdot \frac{n_1}{n_1 + m_{1-2}}, \text{ м} \quad (4.8)$$

где постоянная величина (C):

$$C = \frac{B}{2} + \delta + m_{1-1} \cdot h_{2-\delta}, \text{ м} \quad (4.9)$$

В приведенных выше формулах:

$n = 1 : i$  -- величина, обратная поперечному уклону местности.



При использовании в расчетах формул (4.6...4.8) следует учитывать знак поперечного уклона ( $\pm i$ ), а именно, когда по линии поперечника:

«+» -- уклон поверхности земли и уклон откоса плотины имеют *противоположные* направления;

«-» -- уклоны поверхности земли и откоса плотины *совпадают* по направлению.

### Пример расчета

Расчет данных, необходимых для исполнения план-разбивочного чертежа плотины, производим в табличной форме (табл. 4.3, 4.4), где при расчете проектируемых поперечников плотины:

- отметки поверхности земли пикетных точек ( $H_{пз}$ ) и поперечные уклоны ( $i$ ) определяются графически по топографическому плану;

- горизонтальные проложения проектных поперечников ( $d_1, d_2$ ) – см. рис. 4.1 – определяются по формулам (4.6, 4.7), которые в данном случае будут иметь вид:

$$d_1 = d_{\text{верх}} \cdot \frac{n_1}{n_1 + m_1}, \text{ м} \quad (4.10)$$

$$d_2 = d_{\text{низ}} \cdot \frac{n_2}{n_2 + m_2}, \text{ м} \quad (4.11)$$

- плотина разбивается на два характерных расчетных участка:

а) два концевых участка без бермы;

б) участок плотины с бермой.

- в формулах (4.10; 4.11) выражения расчетных показателей ( $d_{\text{верх}}$ ;  $d_{\text{низ}}$ ) будут иметь вид:

а) для концевых участков плотины без бермы (табл. 4.3):

$$d_{\text{верх}} = \frac{B}{2} + m_{1-1} \cdot h_i = \frac{8,0}{2} + 3,0 \cdot h_i = 4 + 3 \cdot h_i, \text{ м}$$

$$d_{\text{низ}} = \frac{B}{2} + m_2 \cdot h_i = \frac{8,0}{2} + 2,0 \cdot h_i = 4 + 2 \cdot h_i, \text{ м}$$

б) для участка плотины с бермой (табл. 4.4):

$$d_{\text{верх}} = \frac{B}{2} + \sigma + m_{1-1} \cdot h_{2-\sigma} + m_{1-2} \cdot (h_i - h_{2-\sigma}) = \frac{8,0}{2} + 3,0 + 3,0 \cdot 3,0 + 5,0 \cdot (h_i - 3,0) = 1 + 5 \cdot h_i, \text{ м}$$

$$d_{\text{низ}} = \frac{B}{2} + m_2 \cdot h_i = \frac{8,0}{2} + 2,0 \cdot h_i = 4 + 2 \cdot h_i, \text{ м}$$

Таблица 4.3 Расчет разбивочных параметров плотины на ее участках без бермы

Место-поло-жение расч. створа (пикетаж)	Обоснование выбора поперечника	Отм. поверх. земли пикетн. точек $H_{пз}$ , м	$h_i$ , м	Верховой откос ( $m_1 = m_{1-1} = 3,0$ )					Низовой откос ( $m_2 = 2,0$ )				
				$d_{верх}$ , м	$i_1$	$n_1$	$\frac{n_1}{n_1 + m_1}$	$d_1$ , м	$d_{низ}$ , м	$i_2$	$n_2$	$\frac{n_2}{n_2 + m_2}$	$d_2$ , м
1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>ПК 0</b>	Начало плотины	157,00	0,00	4,00	0	-	1,000	<b>4,00</b>	4,00	0	-	1,000	<b>4,00</b>
ПК0+28	Промежуточный по длине	155,50	1,50	8,50	+0,0250	+40,00	0,930	<b>7,91</b>	7,00	-0,021	-47,6	1,044	<b>7,31</b>
ПК0+50	Излом контура	154,65	2,35	11,05	-0,0125	-80,0	1,039	<b>11,48</b>	8,70	-0,040	-25,0	1,087	<b>9,46</b>
ПК0+56,5	Начало бермы	154,20	2,80	12,40	-0,010	-100,0	1,031	<b>12,78</b>	9,60	-0,050	-20,0	1,111	<b>10,67</b>
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ПК0+56,5 ПК2+22,5	Участок плотины с бермой	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ПК2+22,5	Конец бермы, пром. по дл.	153,95	3,05	13,15	+0,004	+250,0	0,988	<b>12,99</b>	10,10	-0,004	-250,0	1,008	<b>10,18</b>
ПК2+38	Конец кривой поворота	154,30	2,70	12,10	0	-	1,000	<b>12,10</b>	9,40	0	-	1,000	<b>9,40</b>
ПК2+63	Излом конт., пром. по дл.	155,00	2,00	10,00	0	-	1,000	<b>10,00</b>	8,00	0	-	1,000	<b>8,00</b>
<b>ПК3</b>	Пикет	156,10	0,90	6,70	+0,003	+333,3	0,991	<b>6,64</b>	5,80	-0,003	-333,3	1,006	<b>5,84</b>
ПК3+27	Промежуточный по длине	156,50	0,50	5,50	+0,0035	+285,7	0,989	<b>5,44</b>	5,00	0	-	1,000	<b>5,00</b>
ПК3+54	Конец плотины	157,00	0,00	4,00	0	-	1,000	<b>4,00</b>	4,00	0	-	1,000	<b>4,00</b>

Таблица 4.4 Расчет разбивочных параметров плотины на ее участке с бермой

Место-положение расч. створа (пикетаж)	Обоснование выбора поперечника	Отм. поверх. земли пикетн. точек $H_{пз}, м$	$h_i, м$	Верховой откос ( $m_1 = m_{1,2} = 5,0$ )					Низовой откос ( $m_2 = 2,0$ )				
				$d_{верх}, м$	$i_1$	$n_1$	$\frac{n_1}{n_1 + m_1}$	$d_1, м$	$d_{низ}, м$	$i_2$	$n_2$	$\frac{n_2}{n_2 + m_2}$	$d_2, м$
1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13	14	15
ПК0+56,5	Начало бермы ( $\varphi=3,0м$ )	154,20	2,80	12,40 +3,00	-0,010	-100,0	1,031	<b>12,78</b> +3,00	9,60	-0,050	-20,0	1,111	<b>10,67</b>
ПК0+73	Излом контура, промежуточный по длине	152,75	4,25	22,25	-0,010	-100,0	1,053	<b>23,43</b>	12,50	-0,035	-28,6	1,075	<b>13,44</b>
ПК0+93	Изломы контура	150,85	6,15	31,75	+0,003	+333,3	0,985	<b>31,27</b>	16,30	+0,006	+166,7	0,988	<b>16,10</b>
<b>ПК 1</b>	Пикет, изломы контура	150,20	6,80	35,00	-0,017	-58,8	1,093	<b>38,25</b>	17,60	-0,008	-125,0	1,016	<b>17,89</b>
ПК1+08	Изломы контура	150,00	7,00	36,00	+0,006	+166,7	0,971	<b>34,96</b>	18,00	0	-	1,000	<b>18,00</b>
ПК1+15	Излом контура	150,00	7,00	36,00	+0,017	+58,8	0,921	<b>33,16</b>	-	-	-	-	-
ПК1+28	Излом контура	150,30	6,70	34,50	+0,023	+43,5	0,897	<b>30,95</b>	17,4	-0,014	-71,4	1,029	<b>17,90</b>
ПК1+57,5	Излом контура, промежуточный по длине	151,75	5,25	27,25	+0,015	+66,7	0,931	<b>25,37</b>	14,50	-0,165	-60,6	1,035	<b>14,99</b>
ПК1+78,5	Начало кривой поворота	152,75	4,25	22,25	+0,014	+71,4	0,934	<b>20,78</b>	12,50	-0,021	-47,6	1,044	<b>13,05</b>
ПК1+88	Промежуточный по длине	153,15	3,85	20,25	+0,015	+66,7	0,931	<b>18,85</b>	11,70	-0,015	-66,7	1,031	<b>12,06</b>
<b>ПК 2</b>	Пикет	153,50	3,50	18,50	+0,007	+142,9	0,966	<b>17,87</b>	11,00	-0,011	-90,9	1,022	<b>11,24</b>
ПК2+08,2	Середина кривой	153,70	3,30	17,50	+0,005	+200,0	0,976	<b>17,08</b>	10,60	-0,006	-166,7	1,012	<b>10,73</b>
ПК2+22,5	Конец бермы, промежуточный по длине	153,95	3,05	13,15 +3,00	+0,004	+250,0	0,988	<b>12,99</b> +3,00	10,10	-0,004	-250,0	1,008	<b>10,18</b>

## 5 Построение поперечников линейных сооружений и определение объемов земляных работ

### 5.1 Построение и разбивка поперечников

Для выполнения земляных работ производится детальная разбивка земляного полотна -- *разбивка строительных поперечников (поперечных профилей)*.

Разбивка состоит в обозначении на местности в плане и по высоте всех характерных точек поперечного профиля полотна: оси, бровок гребня, бровок берм, подошвы насыпи.

Нормативно-технические условия по выбору достаточного количества поперечников изложены выше (см. п. 4.2), а местоположение проектных поперечников отображается на план-разбивочном чертеже сооружения (см. прилож.4).

Поперечники разбиваются вправо и влево от осевых точек -- перпендикулярно к трассе.

Одновременно с разбивкой поперечников выносятся в натуру проектные отметки характерных точек земляного полотна. Для удобства выноса в натуру проектных отметок и уклонов, перед выходом в поле составляют *«писанный» поперечный профиль*, в котором, на основании продольного профиля рабочего проекта, вычисляются для каждого разбиваемого в натуру поперечника красные и рабочие отметки и другие данные характерных элементов конструкции сооружения.

Поперечные профили вычерчиваются по установленной форме.

Разбивочный поперечник земляной плотины в ее створе на ПК1+28 приводится в приложении 5.

## 5.2 Определение объемов земляных работ

Для определения объемов земляных работ могут быть использованы проектные разбивочные данные, отображаемые на план-разбивочных чертежах.

### 5.2.1 Определение объема срезки растительного грунта в основании плотины

Площадь срезки растительного грунта определяется посредством разбивки основания плотины на элементарные фигуры (трапеции) – по створам проектных поперечников, изображенных на план-разбивочном чертеже плотины (см. прилож.4).

Площадь срезки грунта между смежными поперечниками определяется по формуле (рис. ..):

$$S_i = \frac{d_i + d_{i+1}}{2} \cdot l_i, \text{ м}^2 \quad (5.1)$$

где  $d_i, d_{i+1}$  -- горизонтальные проложения подошвы плотины в ее смежных поперечниках, устанавливаемые на основе разбивочных параметров соответственно по верховому и низовому откосам плотины:  $d_i = d_H + d_B, \text{ м}$ ;

$l_i$  -- расстояния между соответствующими поперечниками, м.

$$l_i = ПК_{i+1} - ПК_i, \text{ м} \quad (5.2)$$

$ПК_i, ПК_{i+1}$  -- местоположение (пикетаж) соответствующих поперечников.

При наличии значительного поперечного уклона (более  $6^\circ$ ) -- рекомендуется вводить поправку на уклон ( $i$ ):

$$d_i' = d_i \cdot \cos(\nu), \text{ м} \quad (5.3)$$

$$\text{где} \quad \nu = \arctg(i), \text{ град} \quad (5.4)$$

Объем срезки растительного грунта в основании плотины будет равен:

$$V_p = \sum_{i=1}^n (S_i \cdot h_p), \text{ м}^3 \quad (5.5)$$

где  $h_p=0,3-0,5\text{ м}$  -- проектный слой срезки растительного грунта, м.

Расчеты по определению объемов срезки растительного грунта рекомендуется производить в табличной форме (см. табл. 5.1 и 5.2)

### 5.2.2 Определение объема насыпи тела плотины

Объем насыпи тела плотины определяется методом разбивки ее на элементарные геометрические тела-фрагменты, границами которых являются створы проектных поперечников плотины, отображенные на план-рабивочном чертеже (см. прилож.4).

Объем элементарного призматического фрагмента (за исключением концевых участков) определяется по формуле:

$$V_i = \frac{\omega_i + \omega_{i+1}}{2} \cdot l_i, \text{ м}^3 \quad (5.6)$$

где  $\omega_i$ ,  $\omega_{i+1}$  -- площади сечения плотины в смежных створах ее поперечников,  $\text{м}^2$ ;

$l_i$  -- расстояния между соответствующими поперечниками,  $\text{м}$ .

Площадь сечения плотины в соответствующем ее створе определяется по формулам:

а) на участке плотины без бермы (рис.)

$$\omega_i = \left( \frac{B + d_i}{2} \right) \cdot h_i, \text{ м}^2 \quad (5.7)$$

а) на участке плотины с бермой (рис.)

$$\omega_i = \omega_1 + \omega_2, \text{ м}^2 \quad (5.8)$$

$$\text{где } \omega_1 = [B + 0,5 \cdot (m_{1-1} + m_2) \cdot h_{2-б}] \cdot h_{2-б}, \text{ м}^2 \quad (5.9)$$

$$\omega_2 = \frac{B' + d_i}{2} \cdot (h_i - h_{2-б}), \text{ м}^2 \quad (5.10)$$

$$B' = B + v + (m_{1-1} + m_2) \cdot h_{2-б}, \text{ м} \quad (5.11)$$

Расчеты по определению объемов насыпи тела плотины обычно производятся в табличной форме (см. табл.5.3 и 5.4).

Для концевых фрагментов-участков («пирамидальных») объем насыпи рекомендуется определять по формуле:

а) для фрагментов на участке плотины без бермы:

$$V_k \cong \frac{1}{3} \cdot \omega_k \cdot l_k, \text{ м}^3 \quad (5.12)$$

б) для фрагментов на участке плотины с бермой:

$$V_k = \omega_1 \cdot l_k + \frac{1}{3} \cdot \omega_2 \cdot l_k, \text{ м}^3 \quad (5.13)$$

Общий объем отсыпки тела плотины определяется суммированием отдельных фрагментов, а именно:

$$V = \sum_{i=1}^n V_i + \sum_{k=1}^m V_k + V_p, \text{ м}^3 \quad (5.14)$$

где  $V_p$  -- дополнительный объем насыпи на срезку растительного грунта,  $\text{м}^3$ .

### **5.2.3 Примеры расчета объемов земляных работ**

#### ***а) определение объема срезки растительного грунта в основании плотины***

Для выполнения расчета используем данные проектного план-разбивочного чертежа плотины по всем ее разбивочным поперечникам (см. прилож. 4).

Расчет производим в табличной форме – отдельно для участков плотины с бермой и без бермы (см. табл. 5.1 и 5.2) по выше изложенной методике (п. 5.2.1) с использованием формул 5.1 ...5.5.



### **б) определение объема насыпи тела плотины**

Расчет производим на основе данных план-разбивочного чертежа плотины (см. прилож. 4).

Для участка плотины с бермой предварительно определяем расчетные параметры:

- высота бермы относительно гребня плотины

$$h_{2-б} = H_2 - H_б = 157,0 - 154,0 = 3,0 \text{ м}$$

- площадь верхней части сечения плотины (величина постоянная) по ф-ле (5.9):

$$\omega_1 = [8,0 + 0,5 \cdot (3,0 + 2,0) \cdot 3,0] \cdot 3,0 = 46,5 \text{ м}^2$$

- ширина по веху нижней части сечения плотины (ф-ла 5.11):

$$B' = 8,0 + 3,0 + (3,0 + 2,0) \cdot 3,0 = 26,0 \text{ м}$$

Остальные расчеты (кроме концевых фрагментов плотины) производим в табличной форме с использованием формул 5.6 ... 5.10 – отдельно для участков плотины с бермой и без бермы (см. табл. 5.3 и 5.4).

Для концевых фрагментов плотины, используя данные таблиц 5.3 и 5.4, получаем объемы насыпи:

а) на участке плотины без бермы (для соответствующих фрагментов: ПК0 – ПК0+56,5 и ПК3+27 – ПК3+54) по формуле (5.12):

$$V_k = \frac{1}{3} \cdot 17,41 \cdot 28,0 + \frac{1}{3} \cdot 4,61 \cdot 27,0 = 204,0 \text{ м}^3$$

б) на участке плотины с бермой (для соответствующих фрагментов: ПК0+56,5 – ПК0+73 и ПК2+08,2 – ПК2+22,5) по формуле (5.13):

$$V_k = (46,5 \cdot 16,5 + \frac{1}{3} \cdot 39,3 \cdot 16,5) + (46,5 \cdot 14,3 + \frac{1}{3} \cdot 8,1 \cdot 14,3) = 1687,0 \text{ м}^3$$

На основе итоговых результатов таблиц 5.1 ... 5.4 -- по ф-ле (5.14) получаем суммарный объем насыпи тела плотины:

$$V = (3156,8 + 17937,2) + (204,0 + 1687,0) + (2953,1 + 990,2) = 26928,3 \text{ м}^3$$

Таблица 5.1 Определение объемов срезки растительного грунта в основании плотины на ее участке с бермой

Местоположение поперечника (пикетаж)	Разбивочные параметры основания плотины, м			Учет поперечного уклона		$d_{i(ср.)}$ , м	$l_i$ , м	Объемы работ		
	$d_n$	$d_в$	$d_i$	$i$ -град.	$d'_i$			$S_i$ , м <sup>2</sup>	$h_p$ , м	$V_p$ , м <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ПК0+56,5	10,67	15,78	26,45	-	26,45					
						31,66	16,5	522,4	0,45	235,1
ПК0+73	13,44	23,43	36,87	-	36,87					
						42,12	20,0	842,4	0,45	379,1
ПК0+93	16,10	31,27	47,37	-	47,37					
						51,71	7,0	362,0	0,45	162,9
ПК1	17,80	38,25	56,05	-	56,05					
						54,50	8,0	436,0	0,45	196,2
ПК1+08	18,00	34,96	52,96	-	52,96					
						50,90	20,0	1018,0	0,45	458,1
ПК1+28	17,90	30,95	48,85	-	48,85					
						44,60	29,5	1315,7	0,45	592,1
ПК1+57,5	14,99	25,37	40,36	-	40,36					
						37,09	<del>21,0</del>	778,9	0,45	350,5
ПК1+78,5	13,05	20,78	33,83	-	33,83					
						32,37	9,5	307,5	0,45	138,4
ПК1+88	12,06	18,85	30,91	-	30,91					
						30,01	12,0	360,1	0,45	162,0
ПК2	11,24	17,87	29,11	-	29,11					
						28,46	8,2	233,4	0,45	105,0
ПК2+08,2	10,73	17,08	27,81	-	27,81					
						26,99	14,3	386,0	0,45	173,7
ПК2+22,5	10,18	15,99	26,17	-	26,17					
<b>Итого:</b>	-	-	-	-	-	-	<b>166,0</b>	<b>6562,4</b>	-	<b>2953,1</b>

Таблица 5.2 Определение объемов срезки растительного грунта в основании плотины на ее участках без бермы

Местоположение поперечника (пикетаж)	Разбивочные параметры основания плотины, м			Учет поперечного уклона		$d_{i(ср.)}$ , м	$l_i$ , м	Объемы работ		
	$d_n$	$d_e$	$d_i$	$i$ -град.	$d'_i$			$S_i$ , м <sup>2</sup>	$h_p$ , м	$V_p$ , м <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ПК0	4,00	4,00	8,00	-	8,0					
						11,61	28,0	325,1	0,35	113,8
ПК0+28	7,31	7,91	15,22	-	15,22					
						18,08	22,0	397,8	0,35	139,2
ПК0+50	9,46	11,48	20,94	-	20,94					
						22,20	6,5	144,3	0,35	50,5
ПК0+56,5	10,67	12,78	23,45	-	23,45					
<b>ПК0+56,5</b>	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
<b>Участок плотины с бермой</b>										
<b>ПК2+22,5</b>	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ПК2+22,5	10,18	12,99	23,17	-	23,17					
						22,33	15,5	346,1	0,35	121,1
ПК2+38	9,40	12,10	21,50	-	21,50					
						19,75	25,0	493,7	0,35	172,8
ПК2+63	8,00	10,00	18,00	-	18,00					
						15,24	37,0	563,9	0,35	197,4
ПК3	5,84	6,64	12,48	-	12,48					
						11,46	27,0	309,4	0,35	108,3
ПК3+27	5,00	5,44	10,44	-	10,44					
						9,22	27,0	248,9	0,35	87,1
ПК3+54	4,00	4,00	8,00	-	8,00					
<b>Итого:</b>	-	-	-	-	-	-	<b>188,0</b>	<b>2829,2</b>	-	<b>990,2</b>

Таблица 5.3 Определение объема насыпи тела плотины на ее участках без бермы

Местоположение поперечника (пикетаж)	Разбивочные параметры основания плотины, м			Отметки, м		$h_i, м$	Площадь сечения, м <sup>2</sup>			$\omega_{ср}, м^2$	$l_i, м$	$V_i, м^3$
	$d_n$	$d_6$	$d_i$	$H_r$	$H_i$		$\omega_1$	$\omega_2$	$\omega_i$			
ПК0	4,00	4,00	<b>8,00</b>	157,00	157,00	<b>0,00</b>	-	-	0,00			
										концевой	28,0	-
ПК0+28	7,31	7,91	<b>15,22</b>	157,00	155,5	<b>1,50</b>	-	-	17,41			
										25,70	22,0	565,4
ПК0+50	9,46	11,48	<b>20,94</b>	157,00	154,65	<b>2,35</b>	-	-	34,00			
										39,01	6,5	253,6
ПК0+56,5	10,67	12,78	<b>23,45</b>	157,00	154,20	<b>2,80</b>	-	-	44,03			
<b>ПК0+56,5</b>	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	<i>Участок плотины с бермой</i>											
<b>ПК2+22,5</b>	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ПК2+22,5	10,18	12,99	<b>23,17</b>	157,00	153,95	<b>3,05</b>	-	-	47,53			
										43,67	15,5	676,9
ПК2+38	9,40	12,10	<b>21,50</b>	157,00	154,30	<b>2,70</b>	-	-	39,82			
										32,91	25,0	822,7
ПК2+63	8,00	10,00	<b>18,00</b>	157,00	155,00	<b>2,00</b>	-	-	26,00			
										17,61	37,0	651,6
ПК3	5,84	6,64	<b>12,48</b>	157,00	156,10	<b>0,90</b>	-	-	9,22			
										6,91	27,0	186,6
ПК3+27	5,00	5,44	<b>10,44</b>	157,00	156,50	<b>0,50</b>	-	-	4,61			
										концевой	27,0	-
ПК3+54	4,00	4,00	<b>8,00</b>	157,00	157,00	<b>0,00</b>	-	-	0,00			
<b>Итого:</b>	-	-	-			-					<b>188,0</b>	<b>3156,8</b>

Таблица 5.4 Определение объема насыпи тела плотины на ее участке с бермой ( $h_{2-6}=3,0\text{м}$ ,  $B'=26,0\text{м}$ )

Местоположение поперечника (пикетаж)	Разбивочные параметры основания плотины, м			Отметки, м		$h_i$ , м	$h_i - h_{2-6}$ , м	Площадь сечения, м <sup>2</sup>			$\omega_{\text{ср}}$ , м <sup>2</sup>	$l_i$ , м	$V_i$ , м <sup>3</sup>
	$d_n$	$d_6$	$d_i$	$H_r$	$H_i$			$\omega_1$	$\omega_2$	$\omega_i$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ПК0+56,5	10,67	15,78	<b>26,45</b>	157,00	154,20	2,80	-	-					
											концев.	16,5	-
ПК0+73	13,44	23,43	<b>36,87</b>	157,00	152,75	4,25	<b>1,25</b>	46,5	39,3	85,8			
											123,95	20,0	2479,0
ПК0+93	16,10	31,27	<b>47,37</b>	157,00	150,85	6,15	<b>3,15</b>	46,5	115,6	162,1			
											182,25	7,0	1275,7
ПК1	17,80	38,25	<b>56,05</b>	157,00	150,20	6,80	<b>3,80</b>	46,5	155,9	202,4			
											203,40	8,0	1627,2
ПК1+08	18,00	34,96	<b>52,96</b>	157,00	150,00	7,00	<b>4,00</b>	46,5	157,9	204,4			
											194,70	20,0	3894,0
ПК1+28	17,90	30,95	<b>48,85</b>	157,00	150,30	6,70	<b>3,70</b>	46,5	138,5	185,0			
											153,10	29,5	4516,4
ПК1+57,5	14,99	25,37	<b>40,36</b>	157,00	151,75	5,25	<b>2,25</b>	46,5	74,7	121,2			
											102,55	21,0	2153,5
ПК1+78,5	13,05	20,78	<b>33,83</b>	157,00	152,75	4,25	<b>1,25</b>	46,5	37,4	83,9			
											77,30	9,5	734,3
ПК1+88	12,06	18,85	<b>30,91</b>	157,00	153,15	3,85	<b>0,85</b>	46,5	24,2	70,7			
											65,50	12,0	786,0
ПК2	11,24	17,87	<b>29,11</b>	157,00	153,50	3,50	<b>0,50</b>	46,5	13,8	60,3			
											57,45	8,2	471,1
ПК2+08,2	10,73	17,08	<b>27,81</b>	157,00	153,70	3,30	<b>0,30</b>	46,5	8,1	54,6			
											концев.	14,3	-
ПК2+22,5	10,18	15,99	<b>26,17</b>	157,00	153,95	3,05	-	-					
<b>Итого:</b>	-	-	-									<b>166,0</b>	<b>17937,2</b>

## **6 Производство геодезических разбивочных работ**

### **6.1 Общие положения и проектные рекомендации по производству разбивочных работ**

Разбивка запроектированных сооружений заключается в закреплении на местности основных осей и контуров сооружений и их отдельных элементов. Закрепление необходимо производить посредством геодезических знаков: кольев, столбов.

Важным этапом выполнения разбивочных работ является подготовка исходных данных, при помощи которых будут выноситься на местность параметры сооружений посредством соотв. геодезических измерений. Если расстояние от точек геодезического обоснования до проектных точек не превышает расстояний до съёмочных точек при съёмке, то исходные данные для переноса проекта в натуру рекомендуется получать графическим способом (посредством измерения на плане горизонтальных углов и длин линий).

В качестве опорной основы для геодезических разбивок сооружений рекомендуется максимально использовать имеющиеся на местности пункты государственных плановых и высотных сетей всех разрядов, а также пункты съёмочных сетей, создаваемых в процессе инженерно-геодезических изысканий при топографо-геодезической съёмке (реперы - грунтовые, строительные, временные).

Кроме того, проектами могут предусматриваться:

- сгущение существующей геодезической опорной основы в местах недостаточности или утраты точек съёмочного обоснования посредством устройства дополнительных опорных знаков (временных реперов, промежуточных опорных точек и пр.);

- восстановление утраченных (разрушенных) строительных реперов.

При проектировании конструкции, количества и местоположения опорных геодезических знаков учитываем возможности для дальнейшего их

использования в перспективе -- при эксплуатации, реконструкции и ремонте сооружений.

Для обеспечения сохранности закладываемых геодезических пунктов в процессе производства строительных работ рекомендуется:

- располагать их вне используемых площадей, вне зон производства строительных работ и за пределами возможных транспортных путей;
- верхнюю марку заглублять в грунт на 0,5м;
- по возможности точки планового и высотного обоснования закладывать в стены постоянных сооружений, опоры коммуникаций, устой мостов и пр..

Производство геодезических работ в процессе строительства, геодезический контроль точности геометрических параметров сооружений и исполнительные съёмка -- входят в обязанности подрядчика.

Перед началом выполнения геодезических работ на стройплощадке, все рабочие чертежи, используемые при разбивочных работах, должны быть проверены и разрешены к производству техническим надзором со стороны заказчика.

Геодезические разбивочные работы следует производить с соблюдением требований действующих строительных норм и стандартов: СНиП 3.01.03-84 («Геодезические работы в строительстве»), ГОСТ 24846-84, ГОСТ 8.002-71 и пр., а также ведомственных нормативных документов органов государственного надзора.

Заказчик должен представить геодезическую разбивочную основу для строительства не менее, чем за 10 дней до начала выполнения СМР и передать (поэтапно) подрядчику соответствующую техническую документацию по разбивке и закреплённые на стройплощадке пункты геодезической основы.

### ***6.1.1 Разбивка плановых осей гидротехнических сооружений***

Проектом предусматривается плановая разбивка осей следующих основных сооружений гидроузла:

- земляной плотины;
- паводкового водосброса;
- подводящего канала;
- отводящего канала;

Проектные решения по плановой разбивке основных (продольных) осей сооружений пруда показаны на плане гидроузла.

В качестве опорных геодезических знаков используются ближайшие элементы планово-высотного обоснования (реперы), установленные при топографо-геодезической съемке территории объекта в период изысканий, а именно: строительные и временные реперы.

Кроме того, для разбивки криволинейных участков проводящего и отводящего каналов водосбросного тракта, предусматриваются дополнительные опорные точки: на подводящем канале -- ПТ-2, на отводящем канале -- ПТ-1. Расчётные параметры кривых поворотов обычно приводятся на генплане узла сооружений.

В качестве необходимого минимума разбивки были намечены следующие характерные точки выносимых осей сооружений:

- а) ось (створ) земляной плотины;
- б) общая продольная ось сооружений водосбросного тракта (подводящий канал -- паводковый водосброс -- отводящий канал):
  - точка пересечения оси плотины с осью паводкового водосброса (ПК0);
  - начальные и конечные точки кривых плавного поворота подводящего и отводящего каналов;
  - пикетные и плюсовые (концевые) точки каналов водосбросного тракта.



Проектом планируется закрепление характерных точек выносимых осей сооружений осуществлять при помощи деревянных знаков (столбов) с параметрами:

- временный знак из дерева или металла  $d=15-30$ мм;
- опознавательная вежа --  $d=50-80$ мм;
- - постоянный знак из дерева --  $d = 100$ мм или металла --  $d = 80$ мм .

Материалы разбивочных работ и опорные пункты геодезической основы (реперы) должны быть сданы подрядчику с оформлением соответствующей документации не менее, чем за 10 суток до начала производства строительно-монтажных работ.

### ***6.1.2 Разбивка земляной плотины***

Разбивка плотины осуществляется на основе разработанного план-разбивочного чертёжа плотины (см. прилож. 4) и поперечных профилей в створах, изображенных на разбивочном чертеже.

Для обозначения на местности контура основания широко используется метод перпендикуляров (в обе стороны).

Закрепление на местности контура основания (границ производства земляных работ в основании плотины) будет производиться следующим достаточным минимумом характерных точек, запроектированных на план-разбивочном чертеже:

- в створе плотины (по оси) -- в зависимости от расположения точек на линии сопряжения откосов с поверхностью земли;
- на линии сопряжения -- в зависимости от её характера (в местах изломов);
- дополнительно -- в пикетных точках.

Геометрические исходные параметры, необходимые для разбивки, определяются:

- графически на плане с соблюдением норм требуемой точности;

- либо расчетным методом (см. табл. 4.3; 4.4).

Для закрепления на местности выносимых характерных точек планируется использовать деревянные знаки (колья, столбики).

### ***6.1.3 Производство разбивочных работ в процессе строительства***

Перед началом строительства плотины необходимо проверить состояние знаков закрепления и при необходимости, восстановить утраченные.

В соответствии с проектными данными, выносятся на местность отметки гребня и бермы, обозначаются размеры ширины плотины по гребню и бермы верхового откоса. Для этого в тех местах, где плотина сопрягается с топографической поверхностью, устанавливаются соответствующие знаки закрепления (деревянные колья). Границы откосов плотины на местности устанавливаются посредством откладывания от створа плотины соответствующих перпендикуляров, указанных на план-разбивочном чертеже.

На крутых склонах линейные и высотные разбивки планируется производить с помощью ватерпасной рейки, состоящей из вертикальной рейки длиной 2м и горизонтальной рейки длиной 3-4м и с наличием на каждой из них соответствующих уровней. Общее превышение и горизонтальное положение будет определяться суммированием отсчётов по соответствующим рейкам.

Для обеспечения контроля земляных работ при отсыпке тела плотины рекомендуется:

-- для контроля высоты тела плотины -- устанавливать опорные визирки и использовать ходовую визирку;

-- для контроля заложения откосов использовать специально изготавливаемые откосники.

## 6.2 Вопросы безопасности разбивочных работ

При выполнении геодезических разбивочных работ должны соблюдаться правила *техники безопасности строительства*, так как опасности производственного травматизма определяются в зависимости от рабочего места геодезиста на данном объекте строительства.

На земляных работах следят за крутизной откосов и правильным креплением стенок, избегают подкопов. Во избежание обвалов нельзя производить геодезические работы в глубоких котлованах вблизи нависших стенок, на краю незакрепленных крутых откосов и т. д. .

Особые меры предосторожности необходимо принимать при установке грунтовых знаков вблизи действующих кабелей.

При геодезических работах на автомобильных дорогах с двух сторон выставляются сигнальщики для наблюдений за движением.

При разбивке и исполнительной съемке опалубки и закладных частей фундаментов во избежание несчастных случаев не разрешается ходить по арматуре, переходить с опалубки на опалубку по распоркам и т. д.. Для выполнения измерений и осуществления переходов устраивают мостики и деревянные настилы. Зоны, опасные для движения, должны быть огорожены.

Запрещается работать около бровок открытых глубоких выемок, котлованов, колодцев и т. п..

На всей территории строительной площадки должны предусматриваться: безопасная ширина проездов и рабочих проходов; устройство мостиков и переходов через канавы, траншеи, временные трубопроводы; места обогрева работающих в зимнее время; бытовые помещения и санитарно-гигиенические устройства.

Вокруг подъемников должна устанавливаться охранный зона с радиусом действия примерно 7—10 м. Чтобы защитить работающих от

ранения при случайном падении предметов со строящегося объекта, места загрузки подъемников ограждают навесами.

Если на строительном участке имеются подземные коммуникации (электрический кабель, газопроводы, высоконапорные трубопроводы), земляные работы проводят под надзором представителей организаций, эксплуатирующих названные устройства. В этом случае трассы кабелей и трубопроводов должны на местности обозначаться вешками. К геодезическим работам в этих местах допускаются только лица, прошедшие специальный инструктаж.

При исполнительной съемке колодцев на подземных трубопроводах необходимо предварительно убедиться в отсутствии в них опасных газовых скоплений.

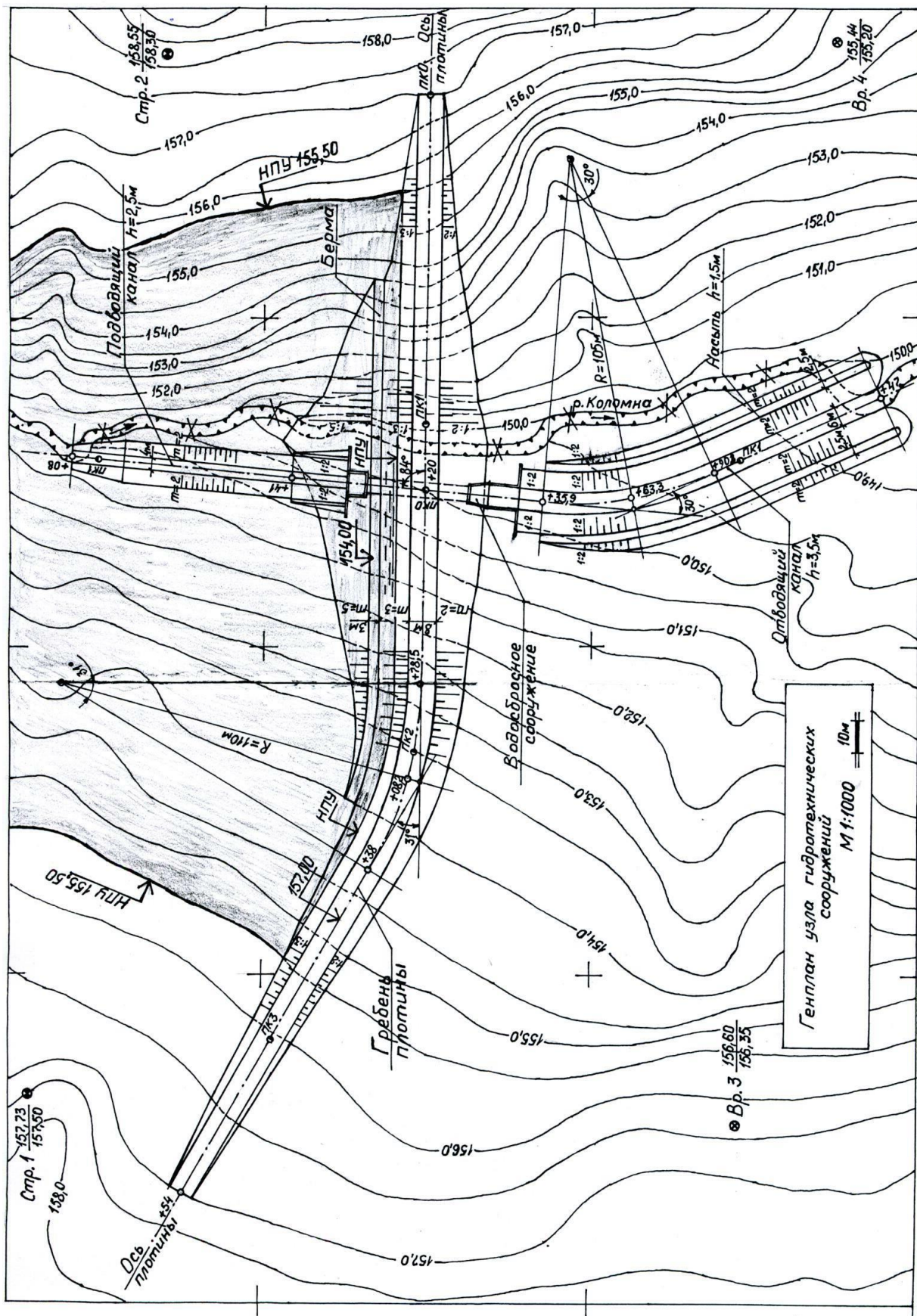
При *гидротехническом строительстве*, кроме общих правил техники безопасности в строительстве, необходимо, соблюдать ряд других, специфических правил.

Работы на открытых карьерах характеризуются наличием большого количества техники. Это вносит свою специфику в работу геодезиста.

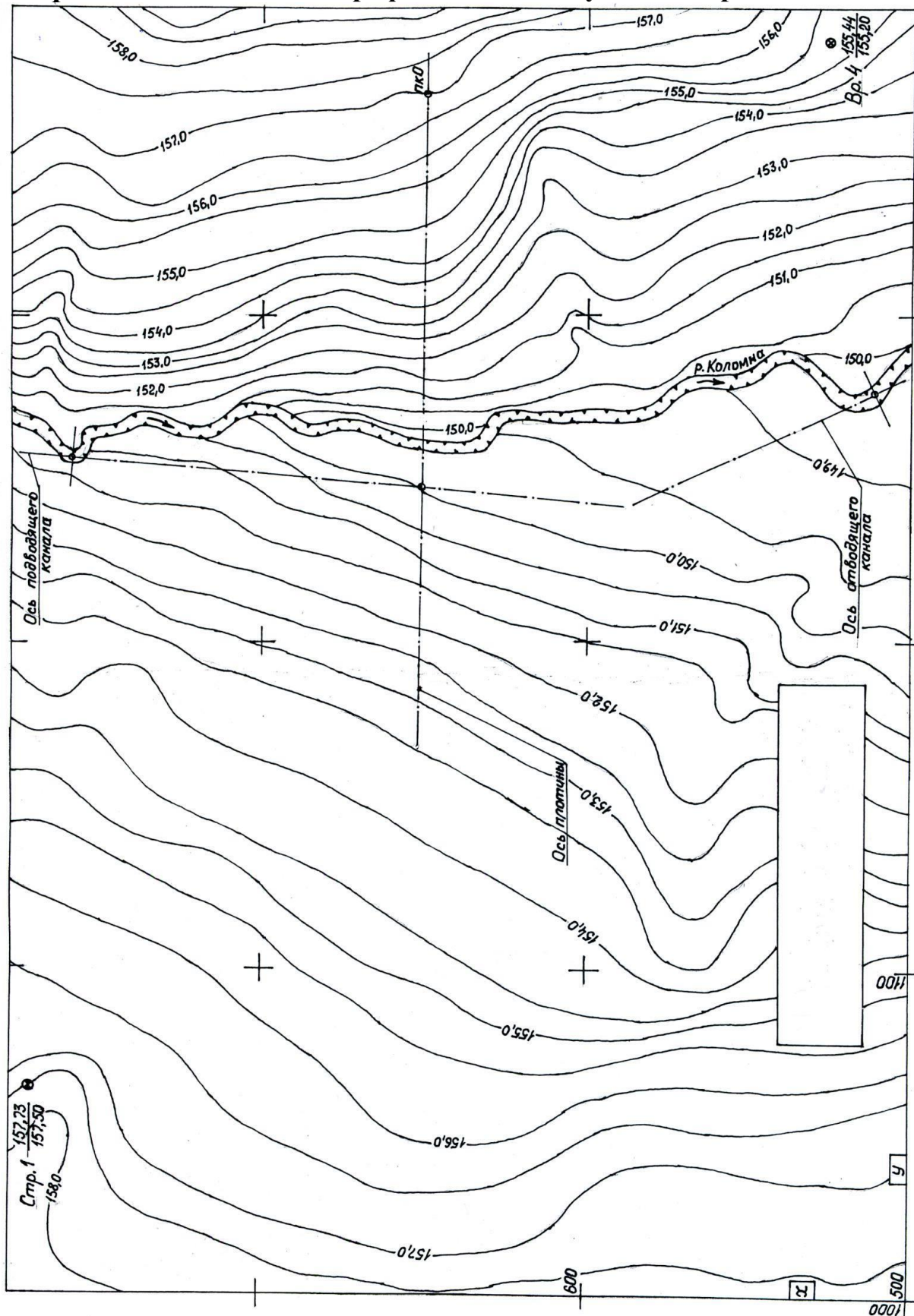
При гидротехническом строительстве приходится работать на крутых склонах. Для работы на склонах не допускаются лица, не прошедшие соответствующей подготовки по установленной для данного района программе. При работе на крутых склонах обязательно самостраховка и страховка вторым лицом. На границе опасной зоны выставляются охранения. Нельзя проводить топографо-геодезические работы вдоль склонов, когда на более верхних отметках этих склонов ведутся земляные или другие строительные работы.

# Приложения

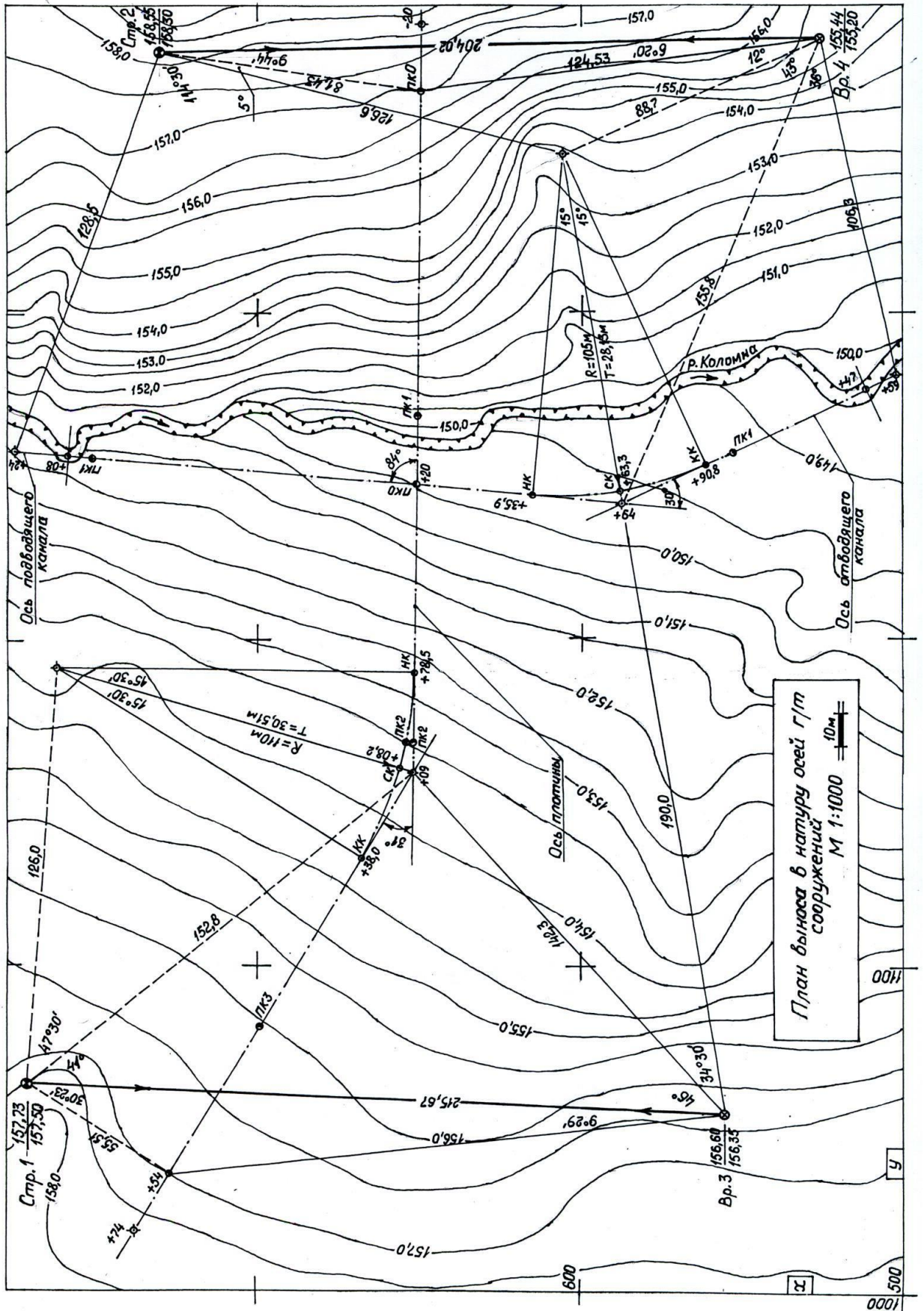
## Приложение 1 Генплан водохранилищного узла г/т сооружений



## Приложение 2 Топографический план участка строительства

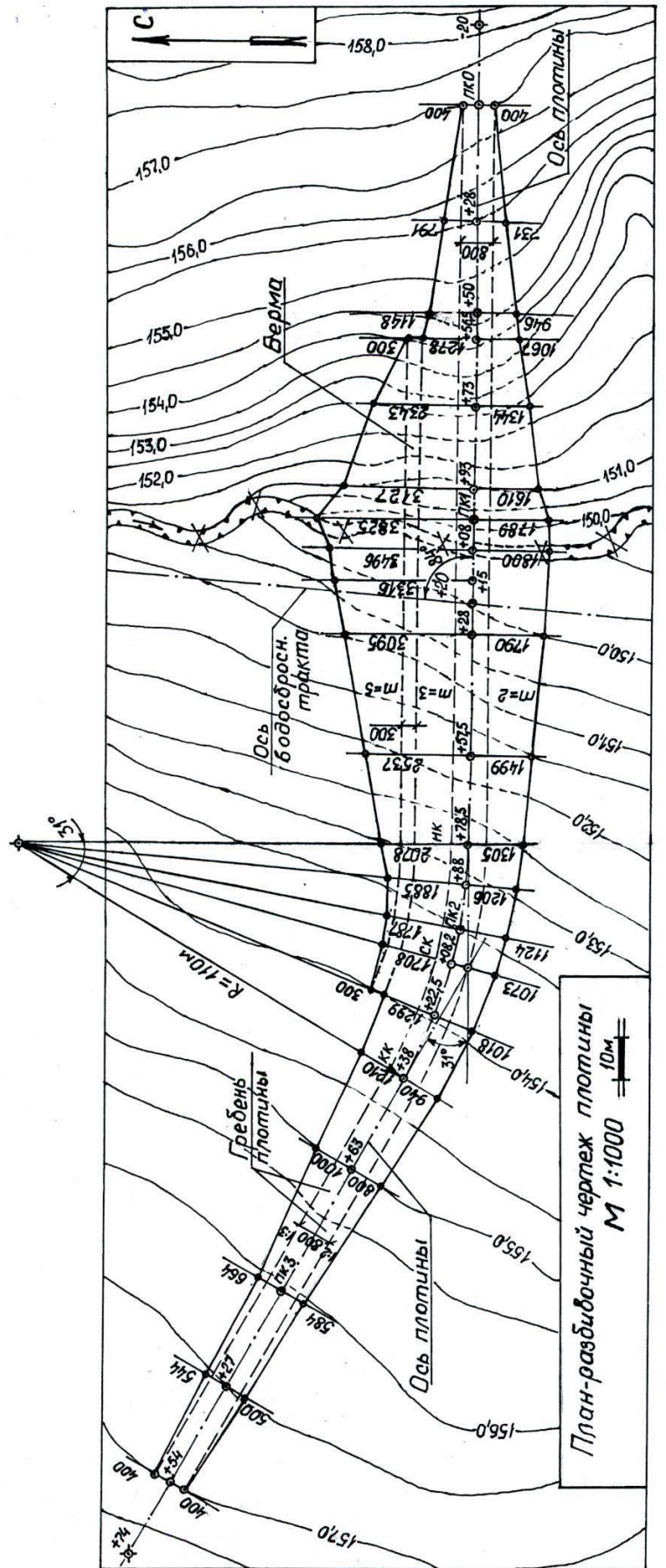


**Приложение 3** План выноса в натуру осей сооружений гидроузла

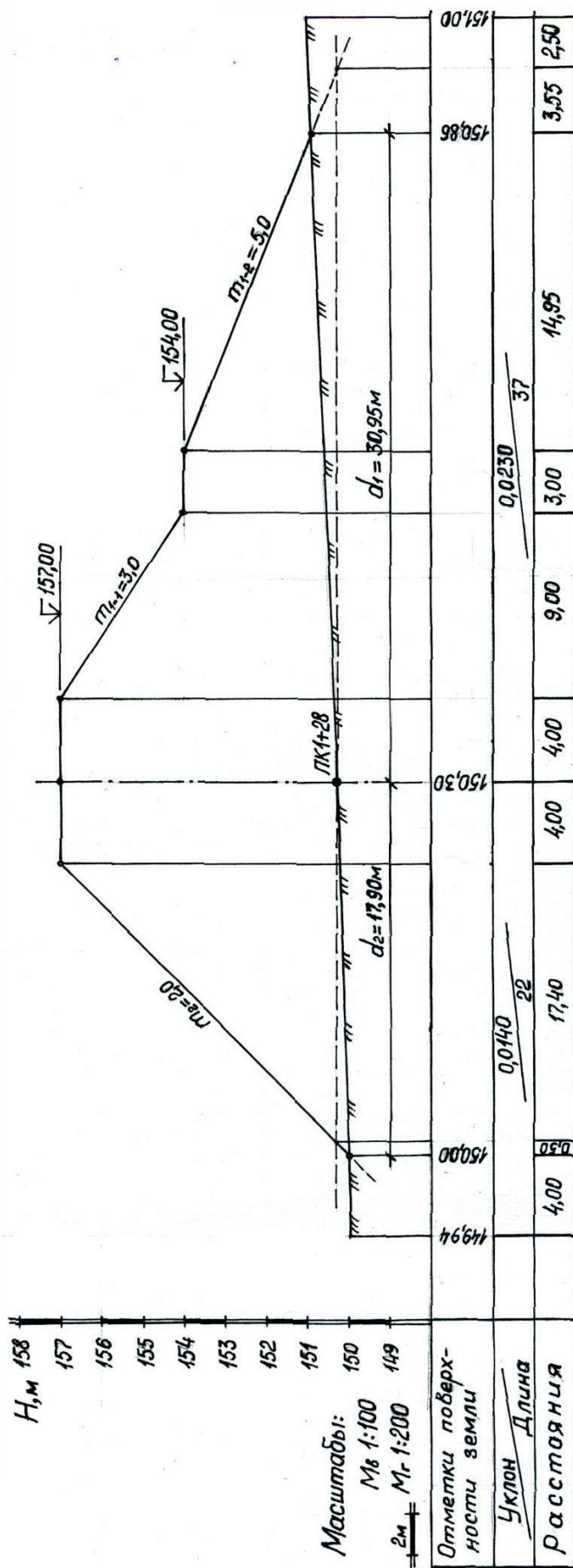


## ***Приложение 4* План-разбивочный чертеж плотины**



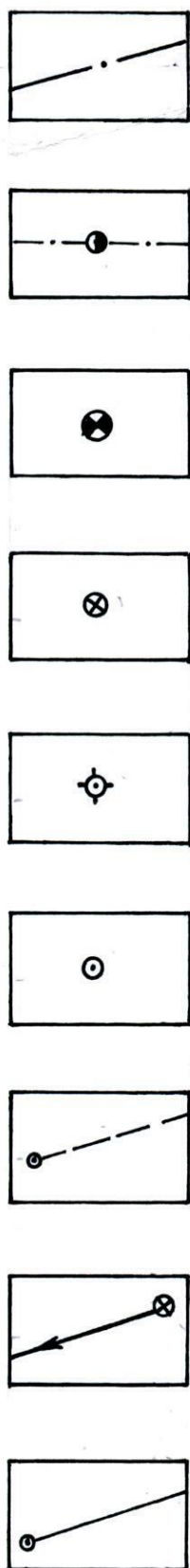


Приложение 5 Поперечный профиль плотины



Поперечный профиль плотины на ПК 1+28

Приложение 6 Условные обозначения для чертежей



Оси сооружений. Пикет. Строительный репер. Временный репер. Промежуточные опорные точки (в т.ч. выносимые за пределы зон производства работ). Характерные точки выноса трасс (осей) и контуров сооружений. Проектное направление выноса характерных точек. Опорное направление выноса. Контрольное направление выноса.

### *Приложение 7*

## Варианты исходных данных

к курсовой работе: «*Геодезическое обеспечение проектирования и строительства водохранилищного узла гидротехнических сооружений*»

№ варианта	Координаты реперов, м				Проектные параметры плотины				Параметры кривых поворота трасс		
					ширина гребня В, м	коэффициенты заложения откосов			плотина		отводящий канал
	Стр. 2		Вр. 3			верхового	низового	$\varphi^o$	R, м	$R_o, м$	
	$X_2$	$Y_2$	$X_3$	$Y_3$							
01	700	1350	530	1030	8,0	3,0	5,0	2,0	30	100	120
02	705	1355	535	1035	7,0	3,0	5,5	2,5	29	95	115
03	710	1360	540	1040	9,0	3,0	6,0	3,0	28	90	110
04	715	1365	545	1045	10,0	2,5	4,5	3,5	27	85	105
05	720	1370	550	1050	7,0	3,5	5,0	3,0	26	80	100
06	725	1375	555	1055	8,0	3,0	5,5	2,5	25	75	95
07	730	1380	560	1060	9,0	2,5	6,0	2,0	31	70	90
08	735	1350	565	1065	10,0	2,0	5,5	3,5	32	105	85
09	740	1355	570	1070	7,5	2,5	5,0	3,0	33	110	80
10	745	1360	575	1030	8,5	3,0	4,5	2,5	34	115	75
11	750	1365	580	1035	9,5	3,0	5,0	2,0	35	120	70
12	700	1370	575	1040	7,0	3,5	5,5	3,5	34	100	75
13	705	1375	570	1045	8,0	3,5	6,0	3,0	33	95	80
14	710	1380	565	1050	9,0	3,0	4,5	2,5	32	90	85
15	715	1375	560	1055	10,0	2,0	5,0	2,5	31	85	90
16	720	1370	555	1060	7,0	3,5	5,5	3,0	30	80	95
17	725	1365	550	1065	7,5	2,5	6,0	3,5	29	75	100
18	730	1360	545	1070	8,0	2,0	5,5	2,0	28	70	115
19	735	1355	540	1065	8,5	2,5	5,0	3,0	27	75	120
20	740	1350	535	1060	9,0	3,0	4,5	3,5	26	80	70
21	745	1355	530	1055	9,5	3,5	5,0	3,5	25	85	80
22	750	1360	535	1050	10,0	2,0	5,5	3,0	35	90	100
23	745	1365	540	1045	8,5	2,5	6,0	2,5	34	95	100
24	740	1370	545	1040	7,0	3,0	4,5	3,0	33	100	110
25	735	1375	550	1035	9,0	2,5	5,0	2,5	31	105	120

**Примечания:**

1. Пикет поворота створа плотины – ПК2+00 ... ПК2+50 (согласно заданию).
2. Другие проектные данные по сооружениям гидроузла приводятся в исходных графических материалах, либо выдаются преподавателем отдельно.

## Литература

1. Н.П. Булгаков, Е.М. Рывина, Г.А. Федотов. Прикладная геодезия. - М.: Недра, 1990.
2. С.В. Смолич, А.Г.Верхотуров, В.И.Савельева. Инженерная геодезия. – Чита: ЧитГУ, 2009.
3. Г.В. Багратуни, В.Ф.Лукьянов и др. . Справочник по геодезическим разбивочным работам. -- М.: Недра,1982.
4. Н.Н.Лебедев, Новак В.Е., Г.П.Левчук и др. . Практикум по курсу прикладной геодезии. – М.: Недра, 1987.
5. Инженерная геодезия / под ред. А.С. Кучко. – М.: Изд-во Высшая школа, 2000.
6. Киселев М.И., Михелев Д.Ш.. Основы геодезии. -- М.: Высшая школа, 2001.
7. Г.В. Багратуни, Ганьшин В.Н. и др. . Инженерная геодезия. -- М.: Недра,1984.
8. Справочник геодезиста (в двух книгах) / Под ред. В.Д. Большакова и Г.П. Левчука. - М.: Недра, 1985.

**Учебное издание**

**Дунаев Александр Иванович**

**Учебно-методическое пособие для выполнения курсовой  
работы по дисциплине «Прикладная геодезия»  
2-е изд. доп. и перераб**

на тему:

**Геодезическое обеспечение проектирования и  
строительства водохранилищного узла  
гидротехнических сооружений**

Подписано к печати 16.09. 2015г. Формат 60:84 1/16  
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 3,78. Тираж 10 экз. Изд. №3345

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365, Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский  
ГАУ