

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования

КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет водохозяйственного строительства и мелиорации
Кафедра строительства и эксплуатации водохозяйственных
объектов

Рыбкина И. Н., Иванова И. В., Лысенко А. В.

ИНЖЕНЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ТЕРРИТОРИЙ

Учебно - методическое пособие
для очного и заочного обучения бакалавров по
направлениям подготовки: 120300.62 «Землеустройство и
кадастры» , 120302.62 «Земельный кадастр»

Краснодар, 2013

УДК 625.72+627.43 (075)

ББК 30.2

Р93

Рецензент:

А. Т. Гаврюхов - кандидат технических наук, профессор
кафедры геодезии КубГАУ

Инженерное оборудование территорий: учеб.-метод.
пособ./ И. Н. Рыбкина, А. В. Лысенко, И. В. Иванова,–
Краснодар: КубГАУ, 2013.–42 с.

Изложены последовательность и методика проведения практических занятий по инженерному оборудованию территорий. Приведены расчетные формулы и даны необходимые пояснения по их применению. Даны понятия о проектировании некоторых инженерных сооружений их фрагментов. Рассмотрены конкретные числовые примеры выполнения.

Учебно - методические указания предназначены для бакалавров, обучающихся по направлениям подготовки: 120300.62 «Землеустройство и кадастры» , 120302.62 «Земельный кадастр»

УДК 625.72+627.43 (075)

ББК 30.2

© Рыбкина И. Н., Лысенко А. В.,
Иванова И.В., 2013

© ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет», 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение		
1	Проектирование участка дороги местного значения	5
1.1	Построение продольного профиля по воздушной линии между пунктами А, В, С, Д, Е	5
1.2	Камеральное трассирование участка дороги с предельным уклоном в соответствии с категорией дороги	5
1.3	Построение продольного профиля по трассе дороги. Расчет угла поворота	6
1.4	Построение поперечных профилей дороги	9
1.5	Определение размеров малых мостов и дорожных труб	13
1.6	Определение объёмов земляных работ	20
2	Проектирование балочного пруда	23
2.1	Построение кривых функций площади зеркала и объема от глубины пруда $F = f(h)$ и $V = f(h)$	25
2.2	Построение продольных профилей пруда по тальвегу балки и по створу подпорного сооружения (плотины)	29
3	Проектирование земляной плотины	31
3.1	Построение поперечного профиля плотины	31
3.2	Определение объема тела плотины	34
3.3	Компоновка узла гидротехнических сооружений на топографической карте	35
	Приложения	38
	Литература	41

ВВЕДЕНИЕ

Учебным планом факультета землеустройства и земельного кадастра для будущих бакалавров– землеустроителей и бакалавров земельного кадастра предусмотрен курс «Инженерное оборудование территорий», освещающий общие экономические, экологические и технические вопросы, решаемые на различных этапах создания инженерных сооружений. Актуальность курса обусловлена тем, что освоенные и особенно осваиваемые территории насыщены и продолжают насыщаться значительным количеством различных инженерных сооружений. В результате изучения курса «Инженерное оборудование территорий», будущий специалист должен не только познакомиться с назначением, классификацией, техническим устройством, особенностями строительства и эксплуатации различных (особенно часто встречающихся на сельскохозяйственных территориях) инженерных сооружений, но и овладеть международными методами и приемами оценки территорий с точки зрения возможности и эффективности отведения их под строительство инженерных сооружений, формирования всесторонне (экономически, экологически и социально) обоснованной структуры хозяйственных комплексов, составления и анализа схем комплексного использования территорий, оценки воздействия строительства и эксплуатации инженерных сооружений на природу [1, 2].

По этой дисциплине, наряду с лекционным, предусмотрен курс практических занятий, занимающий значительное место в общем объеме самостоятельной работы студентов. Настоящие методические указания призваны организовать самостоятельную работу бакалавров, подготовить их к решению конкретных взаимосвязанных задач.

Приведенные конкретные примеры расчетов и проектирования позволяют бакалаврам осуществлять постоянный самоконтроль. Методические рекомендации и приложения, предлагаемые в методических указаниях, не заменяют, а лишь дополняют учебную, нормативную, справочную и другую техническую литературу, которой должны пользоваться бакалавры в процессе работы над заданиями.

1 ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЧАСТКА ДОРОГИ МЕСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ

Проектирование участка дороги местного значения производства на плане местности в горизонталях масштаба 1:5000 по трассе, обозначенной преподавателем.

1.1 Построение продольного профиля по воздушной линии между пунктами А, В, С, Д, Е

Между опорными пунктами А, В, С, Д, Е на карте проложить трассу дороги с учетом её категории [4].

Для расположения дороги на карте необходимо:
– провести между опорными пунктами А, Б, С, Д, Е прямую (воздушную линию) и построить продольный профиль по воздушной линии.

1.2 Камеральное трассирование участка

Необходимо:

а) изучить все препятствия, которые встречаются на пути воздушной линии (реки, озера, пруды, болота, овраги, плантации ценных насаждений, автомобильные и железные дороги, населенные пункты, участки местности с очень большими уклонами и т. д.);

б) установить возможность пересечения или обхода препятствий;

в) наметить в виде ломаной линии трассу дороги с наименьшим отклонением от воздушной линии и предельным уклоном для заданной категории дороги. Дорога должна трассироваться так, чтобы по возможности не занимать ценные сельскохозяйственные угодья.

Для этого находим горизонтальное проложение по формуле:

$$d = (H_1 - H_2)/i \cdot M, \quad (1)$$

где $H_1 - H_2$ – сечение горизонталей;

i – предельный уклон для данной категории дороги;

М – масштаб карты.

При проектировании сельскохозяйственных дорог применяются два основных метода нанесения проектного профиля: по обертывающей и по секущей.

Дороги низких категорий, в частности сельскохозяйственные, в значительной степени повторяют естественный рельеф местности, так как на этих дорогах допускаются большие продольные уклоны и частые изломы проектной линии, поэтому при проектировании красной линии ее выполняют по обертывающей. В этом случае красная линия как бы копирует черный профиль, располагаясь над ним на уровне так называемой рекомендуемой рабочей отметки. Такое возвышение проектного профиля необходимо для возвышения дороги над снежным покровом и защиты земляного полотна от воздействия грунтовых и поверхностных вод [3].

1.3 Построение продольного профиля по трассе дороги, расчет угла поворота

По намеченной трассе вычерчиваем продольный профиль дороги (рисунок 1).

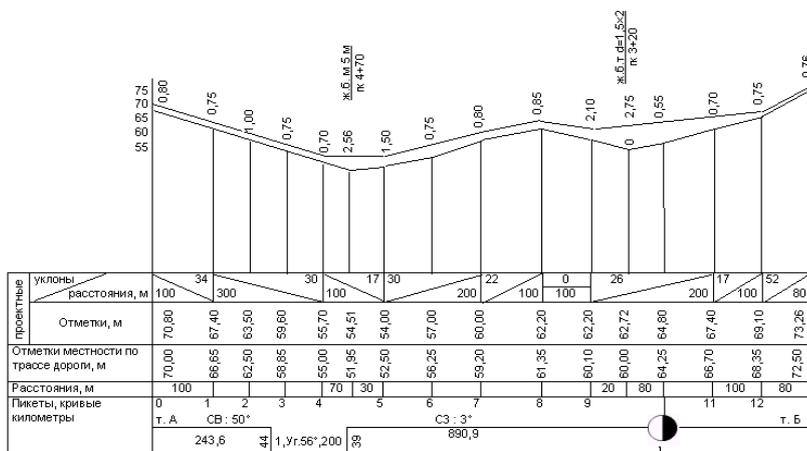


Рисунок 1 – Продольный профиль по трассе дороги

В углы поворота трассы (точнее, в смежные углы) вписываем горизонтальные круговые кривые. Обозначаем величину и номер каждого угла поворота. Угол поворота измеряется транспортиром между продолжением трассы и новым ее направлением. Радиус кривой назначается в зависимости от ситуации и рельефа, но не меньше указанного в приложении 4. По возможности следует принимать большие радиусы в целях улучшения эксплуатационных показателей дороги. На примыкания к существующим дорогам и в случаях, когда дорога трассируется по границам полей, рекомендуется принимать наименьшие радиусы [5,6].

Затем разбиваем пикетаж. Пикетаж разбивается для установления положения на карте любой точки трассы и определения длины дороги от А до Е. Номера пикетов указываются через каждые 100 м по прямым и кривым участкам трассы, начиная с нулевого пикета в начальной точке А; на каждом десятом пикете указывается километровый знак.

Далее дается описание трассы, в котором указывается:

а) начальная, конечная и промежуточные точки, через которые трассируется проектируемая дорога;

б) общее направление и протяженность дороги: пересекаемые трассой препятствия и их краткая характеристика;

в) обоснование всех принятых при трассировании дороги решений. Выполняются, как минимум, два варианта трассы. При сравнении вариантов трассы учитываются следующие показатели:

– длина трассы (трассу всегда стремятся проектировать короче). Количество углов поворота (чем меньше углов поворота, тем лучше);

– величина углов поворота (лучше вариант, имеющий меньшую величину среднего угла поворота);

– радиусы кривых (лучше вариант, имеющий большие радиусы);

– характер и количество пересекаемых препятствий (лучше вариант, имеющий меньшее количество препятствий);

– характер рельефа и количество водопропускных сооружений (следует отдать предпочтение варианту со спокойным рельефом по трассе и меньшим количеством водопропускных сооружений).

Принятый вариант трассы вычерчивается на карте красной тушью. Пикеты и километровые знаки пишутся с правой стороны трассы перпендикулярно ей. Над каждым прямолинейным участком трассы указывается его румб и длина в метрах.

Все элементы кривых указываются у каждой вершины угла поворота трассы непосредственно на карте или же в виде отдельной таблицы.

Круговая кривая (угол поворота трассы) характеризуется радиусом R , длиной – $K = ABC = \pi \cdot R \cdot \alpha / 180 = R \cdot \alpha / 57,3$, тангенсом – $T = AD = DC = R \cdot \tan \alpha / 2$, биссектрисой – $b = BD = \sqrt{R^2 + T^2} - R$, домером, показывающим, насколько сумма двух тангенсов длиннее кривой $D = 2T - K$.

Расчеты сводим в таблицу 1.

Таблица 1 – Элементы дорожных кривых

№ варианта	№ угла	Пикетажное значение			Величина угла		Элементы кривой					
		ВУ	НК	КК	правого	левого	R	T	K	Б	Д	

Пример:

На рисунках 2, 3, 4 и в таблице 2 приведены данные по построению продольных профилей по воздушной линии, трассе дороги и расчеты элементов дорожных кривых для участка трассы .

Таблица 2 – Элементы дорожных кривых

№ угла № вари-	Пикетажное значение			Величина угла		Элементы кривой				
	ВУ	НК	КК	правого	левого	R	T	K	Б	Д
1	ПК ₁₊₂₂ - ПК ₁₊₅₁	ПК ₁₊₂₂	ПК ₁₊₅₁	60°	120°	250	142,5	261,8	37,7	23,2

1.4 Построение поперечных профилей дороги

Качество и состав дорожных сооружений определяются категорией дороги. С обеих сторон к проезжей части примыкают обочины. Их обычно не укрепляют, они служат боковыми опорами для дорожной одежды и используются для временной стоянки автомобилей, складирования материалов и различной дорожной техники при ремонтах. Дорогу всегда располагают на земляном полотне, которое выравнивает профиль местности по трассе дороги, придаёт устойчивость проезжей части, способствует отводу от дороги поверхностных вод. Для обеспечения стекания воды с поверхности дороги проезжую часть и обочины устраивают с поперечным уклоном. Отводят дождевую и талую воду по боковым канавам – кюветам треугольного и трапецидального сечения. При выполнении курсового проекта были запроектированы участки дороги в насыпи и в выемке.

Если дорога выполнена в насыпи с высотой более 1 м, между подошвами откосов насыпи и внутренними бровками резервов устраивают берму – полосу земли шириной не менее 2 м с поперечным уклоном до 2% от дороги. Берма увеличивает устойчивость откоса насыпи и используется при строительстве и ремонте дороги для проезда техники.

Имя, И. П. Ф. И. О.	Возраст, лет, N
Подпись и дата	

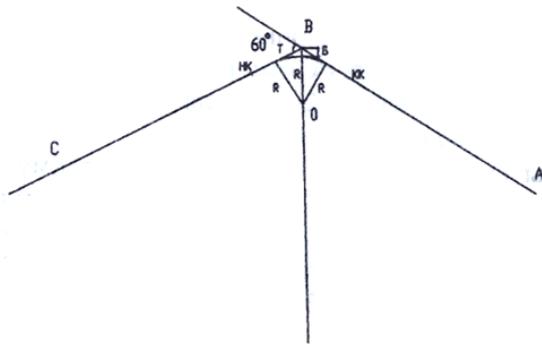


Рисунок 4 – Круговая кривая

При выполнении участка дороги в выемке и получении излишков грунта его укладывают вдоль выемок в виде кавальеров и банкетов-отвалов грунта со спланированными под откос поперечностями.

Для удобства проектирования разработаны типовые поперечные профили дорог в выемке и в насыпи. При выборе параметров поперечных профилей дорог следует учитывать:

- 1) интенсивность, скорость, состав, режим движения;
- 2) многолетнюю годовую, суточную неравномерность движения;
- 3) ценность земельных угодий.

В учебном пособии [3] приведены 5 типовых поперечных профилей в насыпи, 4 из них симметричны относительно оси дороги и 4 – в выемке. Первые 2 профиля в выемке также симметричны относительно оси дороги.

Бакалавры самостоятельно выбирают по одному из предложенных профилей в выемке и в насыпи. Вычерчивают в масштабе полные профили на миллиметровой бумаге. Проставляют реальные размеры всех элементов дорог. Это в дальнейшем упростит и ускорит определение объемов земляных работ.

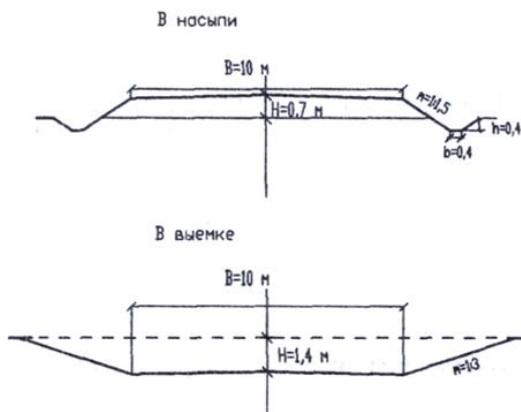
Пример:

На рисунке 5 приведены поперечные профили для участка дороги.

1.5 Определение размеров малых мостов и дорожных труб

При пересечении дорогой небольших по ширине водотоков, когда урезы воды по обоим берегам находятся в пределах пролета моста, т. е. береговые опоры (устои) находятся за пределами расчетной ширины потока воды и не стесняют живого сечения водотока, гидравлический расчет сводится к определению бытовой глубины, ширины поверху, живого сечения и средней скорости потока. В этом случае гидравлический расчет малого моста ведут к следующей последовательности [3]:

M 1:100



Имя, И. подл.	Подпись и дата	Взам. инв. N				КГАУ, кафедра СЭВО			
						ПОПЕРЕЧНЫЕ ПРОФИЛИ			
	Изм.	Кол-во	Лист N	док	Подпись	Дата	Стадия	Лист	Листов
	Исполнитель					2004 г.	КП	10	
	Работодатель						КГАУ ИЗ-31		
							Инженерное оборудование территории		

Рисунок 5 – Поперечные профили

Определяют расходную характеристику K при заданном расходе Q :

$$K = \frac{Q}{\sqrt{i_0}}, \text{ м}, \quad (2)$$

где i_0 – продольный уклон тальвега (лога) на длине 300 м (200 м выше и 100 м ниже створа по тальвегу).

$$i_0 = \frac{H_B - H_H}{L}, \text{ м}, \quad (3)$$

где H_B H_H – отметка верха и низа по створу тальвега;
 L – длина створа по тальвегу, $L = 300$ м.

Определяют гидравлическую характеристику створа I , полагая, что живое сечение потока имеет треугольную форму:

$$I = \frac{1}{i_1} + \frac{1}{i_2}, \text{ м}, \quad (4)$$

где i_1 и i_2 – уклоны склонов поперечного сечения лога в месте сооружения (берется по продольному профилю трассы дороги).

1 Вычисляется бытовая глубина потока h (м):

$$h_6 = m \cdot \sqrt[3]{\frac{K}{I}}, \quad (5)$$

где m – параметр, учитывающий состояние поверхности русла (приложение 31 [3]).

2 Определяем ширину потока по верху В (м):

$$B = h_6 \cdot \left(\frac{1}{i_1} + \frac{1}{i_2} \right) = h_6 \cdot I, \text{ м.} \quad (6)$$

3 Подсчитывается площадь живого сечения потока ω (м²):

$$\omega = h_6 \cdot \left(\frac{1}{i_1} + \frac{1}{i_2} \right) = h_6 \cdot I. \quad (7)$$

4 Определяется средняя скорость течения V (м/с):

$$V_{\text{cp}} = \frac{Q}{\omega}. \quad (8)$$

Среднюю скорость воды под мостом принимают больше бытовой, тогда глубина воды h (м) будет:

$$h = \frac{V_{\text{cp}}}{q}, \quad (9)$$

где $q = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

Тип крепления под мостом принимается согласно приложения 32 [3]. Гидравлический режим протекания потока под мостом может быть свободным и подготовленным. При свободном протекании выполняется неравенство:

$$h_6 \leq 1,3 \cdot h. \quad (10)$$

Это означает, что бытовая глубина h_6 , которая устанавливается ниже моста, меньше глубины под мостом h и не влияет на нее.

Ширину В (м) при свободном истечении определяют по формуле:

$$B = \frac{q \cdot Q}{\varepsilon \cdot V^3}, \quad (11)$$

где ε – коэффициент сжатия потока опорами моста; зависит от их формы $\varepsilon \approx 0,8-0,9$.

Глубина потока перед мостом H (м) определяется для любого случая по формуле:

$$H = h + \frac{V^2}{2 \cdot q \cdot \varphi^2}, \quad (12)$$

где φ – коэффициент скорости, учитывающий потери энергии в потоке и зависящий от формы устоев, $\varphi = 0,9$.

Вычислим минимальную высоту моста по формуле:

$$H_M = H + a + C, \text{ м}, \quad (13)$$

где a – возвышение низа пролетного строения над уровне воды $a = 0,5$, но не менее 1 м над поверхностью грунта под мостом;

C – конструктивная высота низа пролетного строения, для малых мостов $C = 1$ м.

Минимальная отметка проезжей части моста:

$$\nabla_M = \nabla_{\text{л}} + H_M, \text{ м}, \quad (14)$$

где $\nabla_{\text{л}}$ – отметка самой низкой части лога в створе моста.

Длина моста (м) определяется по формуле:

$$L_M = B + n \cdot b + 2 \cdot m \cdot H_M + 0,5, \text{ м} \quad (15)$$

где n – число промежуточных опор моста;

b – толщина одной опоры в м;

m – заложение откоса (при высоте моста до 3 м, $m = 0$).

Дорожные трубы с безнапорным режимом движения подбираются по приложению 33 [3], по заданному расходу. На автомобильных дорогах бровка земляного полотна насыпей у безнапорных труб должна быть выше расчетного уровня воды на 0,5 м (у напорных труб 1 м). Трубы укладывают на дно лога. Минимальная высота насыпи у безнапорных труб H_r (м) определяется по формуле:

$$H_T = d + c + 0,5, \text{ м}, \quad (16)$$

где d – внутренний диаметр трубы;

c – толщина стенок трубы, равная примерно $0,1d$;

$0,5$ – минимальная толщина грунтовой засыпки над трубой.

Минимальная отметка бровки земляного полотна дороги над трубой (м):

Длина трубы равна:

$$V_T = V_{\text{л}} + H_T. \quad (17)$$

$$L_T = B_{\text{з.п.}} + 2 \cdot m \cdot H_T, \text{ м}, \quad (18)$$

где $B_{\text{з.п.}}$ – ширина земляного полотна.

Пример:

Гидравлический расчет малого моста при расходе

$$Q = 11,0 \text{ м}^3/\text{с}.$$

1. Определяем расходную характеристику K :

$$i_0 = 24,5 - 17,8/300 = 0,02;$$

$$K = 11/\sqrt{0,02} = 78 \text{ м}^3/\text{с}.$$

2. Определяем гидравлическую характеристику створа I :

$$i_1 = 1,2 : 24 = 0,05,$$

$$i_2 = 1,2 : 28 = 0,04,$$

$$I = 1/0,05 + 1/0,04 = 20 + 25 = 45.$$

3. Вычисляем бытовую глубину потока (м):

$$h_6 = 0,42\sqrt[3]{78 : 45} = 0,42\sqrt[3]{1,73} = 0,42 \cdot 1,2 = 0,5 \text{ м}.$$

4. Определяем ширину потока по верху B (м):

$$B = 0,5 \cdot 45 = 22,5 \text{ м}.$$

5. Подсчитываем площадь живого сечения потока (m^2):

$$\omega = 0,5 \cdot 0,5^2 \cdot 45 = 5,6 \text{ м}^2.$$

6. Определяем среднюю скорость течения (m/c):

$$V = 11/5,6 = 1,96 \text{ м/с}.$$

Принимаем по приложению таблицы 7 V и тип крепления – одерновка в стенку.

Вычисляем:

$$h = 1,5^2 : 9,81 = 0,23 \text{ м}.$$

При свободном протекании бытовая глубина $H\sigma$, которая устанавливается ниже моста, меньше глубины под мостом h и не влияет на нее. Критерием свободного протекания является зависимость:

$$h\sigma = \leq 1,3h.$$

В нашем случае протекание потока под мостом будет подтоплен.

Значит, гидравлический режим протекания потока определяем:

$$B = 11 : 0,8 \cdot 0,5 \cdot 1,5 = 18,3 \text{ м}.$$

Глубина потока перед мостом составит:

$$H = 0,23 + 1,5^2 : 2 \cdot 9,81 \cdot 0,9^2 = 0,4 \text{ м},$$

где ϕ – коэффициент скорости, учитывающий потери энергии в потоке и зависящий от формы устоев $\phi = 0,9$.

Минимальная высота моста:

$$H_m = 0,4 + 0,5 + 1 = 1,9 \text{ м}.$$

Минимальная отметка проезжей части моста:

$$\nabla_m = 20,8 + 1,9 = 22,7 \text{ м}.$$

Длина моста (м):

$$L_m = 18,3 + 2 \cdot 0,6 + 0,5 = 20 \text{ м}$$

Дорожные трубы с безнапорным режимом движения подбираются по приложению 8. Исходя из расхода, равного $Q = 0,8 \text{ м}^3/\text{с}$., диаметр трубы примем равным 2 м; глубину воды перед трубой примем м; скорость воды м/с. На автомобильных дорогах бровка земляного полотна насыпи у безнапорных труб должна быть выше расчетного уровня воды на 0,5 м (у напорных 1 м). Трубы укладывают на дно лога. Минимальная высота насыпи равна:

$$H_T = 1,25 + 0,125 + 0,5 = 1,9 \text{ м.}$$

Минимальная отметка бровки земляного полотна дороги над трубой (м):

$$V_{3П} = 24,0 + 1,9 = 25,9.$$

Длина трубы:

$$L_T = 10 + 2 \cdot 1,5 \cdot 1,9 = 15,7 \text{ м.}$$

1.6 Определение объемов земляных работ

Объем земляных работ определяют с использованием чертежей продольного и поперечного профилей по отдельным участкам дороги. Длину каждого участка принимают равной отрезку между смежными переломами на продольном профиле проектной (красной) линии. Объемы насыпей и выемок подсчитывают раздельно.

При определении объемов насыпи на участке дороги длиной L_H вычисляется средняя рабочая отметка H_{cp} на этом участке. Объем насыпи равен произведению площади поперечного сечения насыпи на длину участка:

$$W_H = (B \cdot H_{cp} + m \cdot H_{cp}^2) \cdot L_H, \quad (19)$$

где W_H – объем насыпи, m^3 ;

B – ширина земляного полотна, м;

M – заложение откоса кювета.

При определении объемов выемки на участке дороги L_6 определяют среднюю высоту срезки на этом участке дороги и среднюю ширину выемки, которая зависит от формы и размеров принятого конкретного профиля дороги на этом участке. Произведение этих величин определяет приближенное значение площади поперечного сечения выемки, умножение которого на длину участка L_6 определяет объем выемки.

Вычисления объемов земляных работ сводятся в таблицу 3.

Таблица 3 – Ведомость вычислений объемов земляных работ

Пикеты и плюсовые точки	Рабочие отметки, м		Средняя рабочая отметка, м	Длина участка, м	Площадь поперечного сечения насыпи, m^2	Объем, m^3	
	насыпи	выемки				насыпи	выемки

К вычисленному объему земляных работ прибавляются еще 3,0% на неучтенные работы.

Пример:

Производим расчет объема земляных работ для участка дороги (таблица 4).

Таблица 4 – Ведомость вычисления объемов земляных работ

Пикеты и плюсовые точки	Рабочие отметки, м		Средняя рабочая отметка, м	Длина участка, м	Площадь поперечного сечения насыпи, м ²	Объем, м ³	
	насыпи	выемки				насыпи	выемки
ПК ₀ – ПК ₀₊₂₂	0,7 – 0,7	-	0,7	22,0	7,73	170	-
ПК ₀₊₆₆ – ПК ₁₊₁₈	0,7 – 0,35 – 0,7	-	0,58	52,0	6,3	327,6	-
ПК ₁₊₁₈ – ПК ₁₊₅₂	-	0 – 1,4 – 0	0,46	34,0	5,2	-	176,8
ПК ₂₊₁₁ – ПК ₂₊₅₁	-	0 – 1,1 – 0	0,36	40,0	4,0	-	160,0
ПК ₂₊₅₁ – ПК _{3+4,5}	0 – 1,2 – 0	-	0,4	53,5	4,24	226,8	-
ПК _{3+4,5} – ПК ₃₊₂₃	0 – 0,7	-	0,35	18,5	3,68	68,0	-
ПК ₄₊₂₂ – ПК ₄₊₆₃	0,7 – 0,7	-	0,7	41,0	8,99	368,6	-
					Всего	1161	336,8
+ 3% на неучтенные работы						1195,8	346,9

2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЛОЧНОГО ПРУДА В ЗАДАННОМ СТВОРЕ

Общие положения и основные характеристики пруда

Для обеспечения сельскохозяйственных предприятий и населенных пунктов водой устраивают пруды – искусственные водоемы, наполняемые за счет местного стока. Балочные (овражные) пруды (водохранилища) образуются за счет наполнения водой оврага, балки, русла ручья или малой реки, перегороженных плотиной в выбранном створе [7]. Пруды на оврагах и суходольных балках наполняются в основном поверхностным стоком с водосборной площади от весеннего таяния снегов, ливней и дождей. Пруды на небольших реках могут подпитываться еще и грунтовыми водами [8]. Для проектирования предлагается случай расположения пруда на суходольной балке. Вода из пруда может использоваться для целей орошения сельскохозяйственных культур, сельскохозяйственного водоснабжения и обводнения близлежащих угодий, разведения водоплавающей птицы, рыбозаведения, рекреаций и пожаротушения.

Пруды нужно располагать по возможности ближе к месту водопотребления, как правило, выше по рельефу населенных пунктов, промышленных предприятий, животноводческих ферм, кладбищ, скотомогильников, которые могут вызвать антисанитарное состояние водоема в случае попадания в него сточных вод.

По санитарно-гигиеническим требованиям рекомендуется обеспечивать наименьшую глубину у плотины на прудах, построенных на балках-суходолах, 3,5 – 4,5 м, а на небольших с постоянным притоком воды 2,5 – 3,0 м. Средняя глубина пруда должна быть не менее 1,75 – 2,0 м [7].

Весь полезный объем воды в пруде, используемый в процессе его эксплуатации в различных целевых нуждах (орошение, водоснабжение, обводнение и т. д.), включая и имеющие место потери воды на испарение, фильтрацию и льдообразование, находится в

пределах так называемой призмы сработки пруда, т. е. в пределах от уровня НПУ до уровня УМО.

НПУ – нормальный подпорный уровень, устанавливаемый водохозяйственным расчетом.

УМО – уровень мертвого объема, самый низкий уровень, до которого допускается опорожнение пруда (водохранилища). Таким образом, высота призмы сработки (использования воды в процессе эксплуатации) H_{cp} определяется разницей:

$$H_{cp} = \nabla НПУ - \nabla УМО. \quad (20)$$

Полный объем пруда - объем, заключенный между дном чаши пруда и уровнем воды в пруде при отметке НПУ. Полный объем воды в пруде W включает полезный объем $W_{п}$ и мертвый объем $W_{мо}$.

Мертвый объем водохранилища $W_{мо}$ – это объем воды в пруде между дном чаши пруда и уровнем воды в пруде на отметке мертвого объема $\nabla УМО$.

Объем форсировки $W_{ф}$ (резервный объем) – объем, заключенный между отметками НПУ и ФУ.

ФУ – форсированный уровень, т. е. уровень выше НПУ, до которого допускается временное затопление части территории. ФУ учитывается при назначении гребня плотины.

Величина, характеризующая степень использования зарегулированного прудом местного стока – коэффициент емкости водохранилища β – отношение полезного объема пруда $W_{п}$ к объему среднего многолетнего стока $W_{о}$:

$$\beta = \frac{W_{п}}{W_{о}}, \quad (21)$$

или приближенно:

$$\beta = \frac{W_{п}}{W_{N}}, \quad (22)$$

где W_{N} – норма объема годового стока.

Для разработки балочного пруда каждый бакалавр получает индивидуальное задание, которое включает необходимые исходные данные. Они представляют собой обобщенные и обработанные результаты экономических и технических изысканий района проектирования пруда. Результаты экономических изысканий позволяют на основе перспективного плана развития хозяйства и сельского населенного пункта определить необходимые потребности в воде и тем самым экономически обосновать устройство пруда в данном районе. Результаты технических (инженерных) изысканий дают описание природных условий района проектирования. На основании этих материалов бакалавры самостоятельно разрабатывают систему инженерно–технических мероприятий по созданию пруда-водохранилища в обозначенном преподавателем створе. Определяют необходимые уровни и объемы назначают, рассчитывают и схематично проектируют основные гидротехнические сооружения и другие сооружения формирующие гидроузел. На основании расчетов выполняют эскизный проект компоновочного и конструктивного решения узла сооружений.

2.1 Построение характеристик пруда в обозначенном створе

Топографические характеристики – это кривые зависимости площади акватории и объема воды в пруде от глубины пруда в створе подпорного сооружения, а точнее в точке предполагаемого пересечения тальвега с подошвой мокрых (верхового) откоса плотины. Они показывают зависимость между площадью зеркала пруда на разных отметках и объемом воды, накопленной в нем, $F = f(H)$ и $V = f(H)$, где H – глубина воды у плотины.

Для построения топографических характеристик бакалавры получают план местности в горизонталях в масштабах от 1:5000 до 1:20000, с сечением горизонталей через 1 м. Строят продольные профили по обозначенному створу и тальвегу, как это рекомендовалось выше.

С построенных ранее профилей берется отметка тальвега в месте пересечения его створной линией, эта отметка соответству-

ет нулевому значению глубины воды в пруде, а значит и нулевому значению площади акватории и объема воды.

Кривые выполняются на миллиметровой бумаге в прямолинейной системе координат. По оси ординат откладываются значения глубины пруда у подпорного сооружения и соответствующие им отметки. А по оси абсцисс – значения площадей акваторий на соответствующей отметке и объем воды при определенном наполнении пруда.

Далее определяется площадь, ограниченная створной линией и каждой горизонталью, включает и площадь, ограниченную предыдущими горизонталями. Площадь определяется с помощью планиметра или палетки.

Глубины воды h в пруде определяется как разности отметок каждой из горизонталей $\nabla_{\text{гор.}}$ и определенной ранее отметкой точки пересечения тальвега и створной линии $\nabla_{\text{ст.}}$. Объем пруда нарастает по мере увеличения его глубины. Значение V_1 определяется:

$$V_1 = \frac{F_1 \cdot h_1}{2}, \quad (23)$$

где F_1 – площадь зеркала воды на отметке самой низкой горизонтали;

h_1 – глубина воды при наполнении пруда до отметки этой горизонтали.

Все последующие значения объемов воды определяются по следующей зависимости:

$$V_i = \frac{F_i + F_{i+1}}{2} \cdot (\nabla_{i+1} - \nabla_1). \quad (24)$$

Например объем воды, заключенный между 3 и 4 горизонталями, равен:

$$V_4 = \frac{F_3 + F_4}{2} \cdot (\nabla_4 - \nabla_3). \quad (25)$$

Проведенные замеры площадей и расчеты объемов воды сводятся в таблицу 5.

Таблица 5 – Значения глубин, отметок, площадей акватории и объемов воды в заданном створе

h, м	0	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	h _n
∇, м	∇ _{ст}	∇ ₁	∇ ₂	∇ ₃	∇ ₄	∇ _n
F, м ²	0	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F _n
V, м ³	0	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V _n

По данным таблицы строится график $F = f(h)$ и $V = f(h)$. Определение площадей и объемов воды производится до отметок самой высокой горизонтали, пересекаемой створной линией.

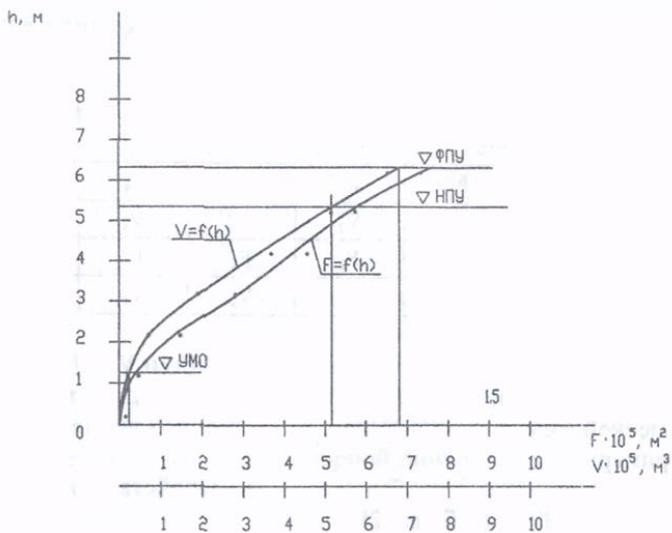
Пример:

Определяем параметры балки в месте устройства пруда (таблица 6).

Таблица 6 – Значение глубин, отметок, площадей акваторий о объемов воды в заданном створе

h, м	0	0,2	1,2	2,2	3,2	4,2	5,2	6,2
∇, м	18,8	19	20	21	22	23	24	25
F, м ²	0	1600	45000	105000	285000	462000	580000	740000
V, м ³	0	160	23300	75000	195000	373500	521000	660000

По данным таблицы 6 построим графики (рисунок 6):



По графику зависимости $V=f(h)$ определяем глубину пруда на уровне $W_{на.}$, а затем и отметку ∇ УМО

$$h=1,28\text{м} \quad \nabla \text{ УМО}=18,8+1,28=20,08$$

Затем, на графике откладываем $W_{полк}$ определяем глубину пруда и ∇ НПУ

$$h=5,35\text{м} \quad \nabla \text{ НПУ}=18,8+5,35=24,15$$

Отметка ФПУ получается путем увеличения НПУ на 1 м

$$h=1\text{м} \quad \nabla \text{ ФПУ}=24,15+1=25,15$$

Рисунок 6 – Графики зависимости $F=f(h)$ и $V=f(h)$

2.2 Построение продольных профилей пруда по тальвегу балки и по створу подпорного сооружения

Продольные профили (рисунок 7) строятся на миллиметровой бумаге формата А4. Бакалавры вычерчивают подстрочник, позволяющий отразить необходимое количество информации о створе и тальвеге, которая будет использована при расчетах площадей затопления и соответствующих объемов воды в чаше пруда. При построении продольных профилей горизонтальный масштаб принимается, как правило, равный масштабу топографической съемки (карты), а вертикальный в 10 раз крупнее. Отметки уровня поверхности земли смежными горизонталями соединяются отрезками прямых линий. Таким образом, поверхность земли на профилях представляет собой ломаную линию. В подстрочнике отражается длина и уклон каждого отрезка. На профиле отражаются углы поворота трассы в плане и их направления, если они есть. Линия поверхности земли на профиле через каждые 100 м разбивается на пикеты, а также обозначаются километровые отрезки. На горизонтальный профиль наносятся и обозначаются линии основных уровней воды в пруду и отметки основных сооружений гидроузла: НПУ, ФПУ, УМО, гребня плотины, порога паводкового водослива и т.д.

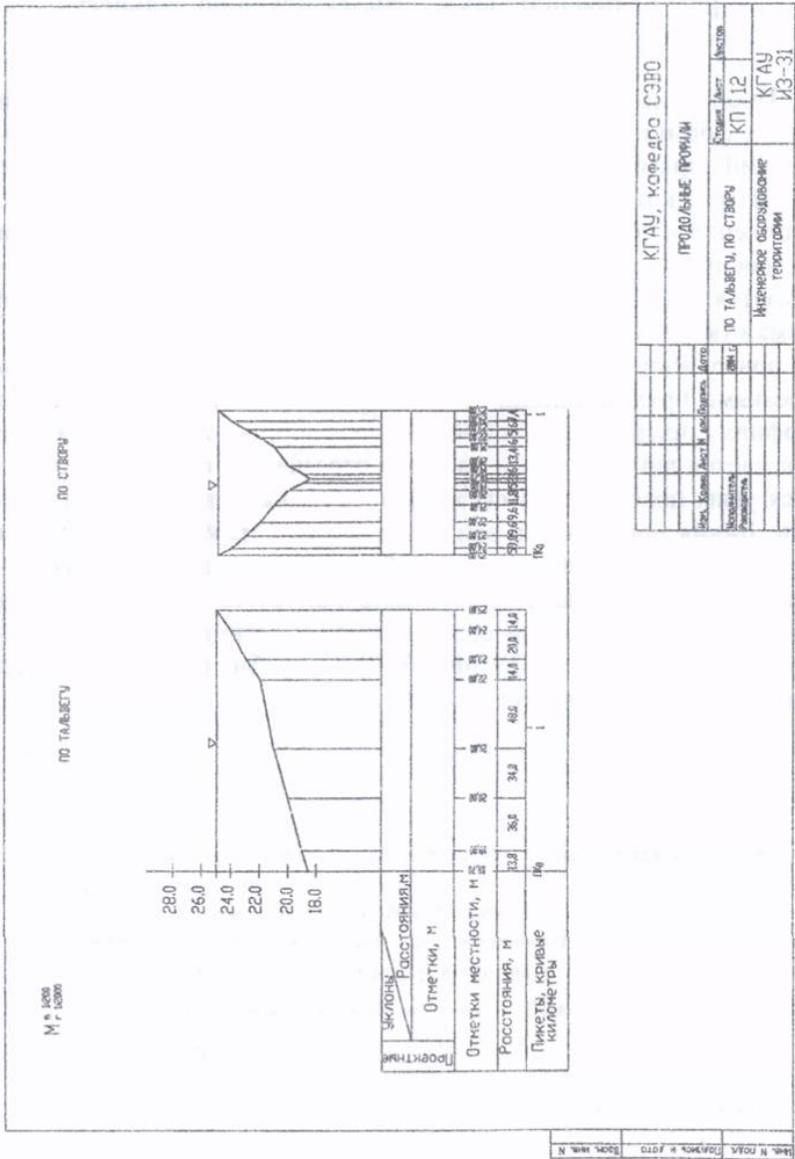


Рисунок 7 –Продольные профили

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФИЛЯ ЗЕМЛЯНОЙ ПЛОТИНЫ

3.1 Построение поперечного профиля плотины

При устройстве балочного пруда в качестве подпорного сооружения в большинстве случаев используются насыпные земляные плотины из однородных грунтов или плотины с ядром или экраном. Однородные земляные плотины устраивают из местного малопроницаемого суглинистого грунта. Когда для возведения плотин используются водопроницаемые грунты (крупные и средней крупности пески, супеси и т. д.) для уменьшения фильтрации через тело плотины устраивают пластичное ядро или пластичный экран. Ядро или экран устраивают из суглинка, смеси глины и песка, глинобетона и т. д.

Земляная плотина представляет собой качественную насыпь трапецеидального поперечного сечения.

Общий вид и основные элементы поперечного профиля земляной однородной плотины представлены на рисунке 13.

Минимальная ширина гребня плотины - 3-4 м для низких и средних плотин и не менее 6м- для высоких.

Гребень земляных плотин, образующих балочные пруды, в большинстве случаев используется для проезда, потому ширину его назначают в соответствии с нормами на проектирование дорог соответствующих категорий.

В качестве расчетного статистического уровня воды в пруду принимается уровень, соответствующий отметке наивысшего или форсированного подпертого уровня воды (ФПУ).

Высота плотины может быть определена по формуле:

$$H_{пл} = H_{max} + d, \text{ м}, \quad (26)$$

где H_{max} –наибольшая глубина воды у плотины, м;

d – превышение гребня плотины над наивысшим уровнем в пруде, определяется в зависимости от размеров пруда, но не менее 0,8 – 1,5 м.

Превышение гребня плотины над расчетным статистическим уровнем воды в пруду определяется по формуле:

$$d = h_n + \Delta h + a, \quad (27)$$

где h_n - высота наката ветровой волны на мокрый (верховой) откос плотины, м;

Δh - высота ветрового нагона воды на верховой откос плотины, м;

a - конструктивный запас высоты плотины, для прудов принимается 0,5 м.

Высоту наката ветровой волны определяют по формуле:

$$h_n = 3,2 \cdot c \cdot k \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (28)$$

где c - высота волны (зависит от силы ветра), м;

k - коэффициент, равный 1 для гладкого (грунтового) откоса и 0,77 для откоса из каменной наброски;

$\operatorname{tg} \alpha$ - тангенс угла наклона откоса.

Высоты волны можно подсчитать для прудов с разгоном волны от 3 до 30 км и скоростях ветра до 15 м/с по формуле [7]:

$$c = 0,0208 \cdot W^{5/4} \cdot L^{1/3}, \text{ м}, \quad (29)$$

где W - скорость ветра, м/с;

L - длина разгона волны, км.

Высоту ветрового нагона определяют по формуле [7]:

$$\Delta h = K \frac{W_{10} \cdot L}{2 \cdot g \cdot H} \cdot \cos \alpha, \text{ м}, \quad (30)$$

где K - коэффициент, равный $6 \cdot 10^{-3}$;

W_{10} - расчетная скорость ветра, м/с, измеренная на высоте 10 м над уровнем водоема (для перевода скорости ветра, изме-

ренной на высоте 2 м, величину ее следует умножить на коэффициент 1,25);

L - длина разгона ветровой волны, км;

H - глубина, м;

g - ускорение силы тяжести, м/с^2 ; L - угол между осью водоема и направлением ветра.

Пример:

1. Определяем высоту волны:

скорость ветра равна $V_B = 11,0 \text{ м/с}$, $L = 0,1798 \text{ км}$.

$$c = 0,0208 \cdot 11^{5/4} \cdot 0,1798^{1/3} = 0,0208 \cdot 20 \cdot 0,564 = 0,234 \text{ м.}$$

2. Высота ветрового нагона волны равна:

$$\Delta h = 6 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1,25 \cdot 11 \cdot 0,1798}{2 \cdot 9,81 \cdot 6,3} \cdot \cos 30^\circ = 0,12 \cdot 0,866 = 0,10 \text{ м.}$$

3. Высота наката ветровой волны на мокрый откос плотины будет равна:

$$h_H = 3,2 \cdot 0,234 \cdot \text{tg } 30^\circ = 0,44 \text{ м.}$$

4. Затем определим превышение гребня плотины:

$$d = 0,44 + 0,1 + 0,5 = 1,04 \text{ м.}$$

$$H_{пл} = 6,2 + 1,04 = 7,24 \text{ м.}$$

Для защиты гребня плотины от всплесков воды на средних и высоких плотинах иногда с напорной стороны устраивают парапет в виде сплошной стенки. Со стороны низового (сухого) откоса гребня для безопасности автомобильного движения устраивают надолбы в виде железобетонных столбов.

Для обеспечения стока воды гребень плотины делают выпуклым со скатом 2-3 % в обе стороны от оси плотины.

Откосы плотины принимают в зависимости от высоты плотины и свойств грунта, из которого сложена плотина. Верховой откос (мокрый) устраивают более пологим, так как он насыщен водой почти на всю высоту.

Для земляных плотин при грунтах основания таких же, как и грунт тела плотины или более прочных, заложение откосов назначают по таблице 2 [3].

С увеличением высоты плотины откосы делают более пологими, иногда с ломаным очертанием, постепенно увеличивая их заложение книзу.

Для предохранения низового откоса от размыва сосредоточенным потоком дождевых или талых вод через каждые 10-15 м по высоте устраивают горизонтальные площадки - бермы шириной 2-3 м, а при необходимости проезда по ним не менее 6 м или в соответствии с категорией дороги. У внутреннего края бермы устраивают кювет для перехвата дождевых и талых вод и отвода их в общую систему дренажа плотины.

С нижнего бьефа вдоль подошвы сухого откоса устраивают дренаж различных конструкций [7], с помощью которых перехватывают фильтрационный поток, проходящий через тело плотины, и отводят его в нижний бьеф.

Для предотвращения разрушения откосов плотины волнами, льдом (с верхнего бьефа) и атмосферными осадками (с нижнего бьефа) их укрепляют соответственно с верхнего бьефа мощением, каменной наброской, железобетонными плитами, а с нижнего - посевом трав.

3.2 Определение объема тела плотины

Объем тела плотины может быть определен по одной из приближенных формул:

для нешироких долин, балок, логов трапецеидального поперечного сечения:

$$W_{пл} = 0,5 \cdot H_{пл} \cdot (I_{пл} + L_{пл}) \cdot (b + K \cdot m_{ср} \cdot H_{пл}), м^3. \quad (31)$$

для долин или балок, имеющих в сечении параболическую форму:

$$W_{пл} = \frac{2}{3} H_{пл} \cdot I_{пл} \cdot (b + 0,8m_{ср} \cdot H_{пл}), м^3, \quad (32)$$

где v - ширина плотины по гребню, м;
 m_{cp} - среднее заложение откосов плотины:

$$m_{cp} = \frac{m_B + m_H}{2}, \quad (33)$$

где m_B, m_H - заложение соответственно верхового и низового откосов плотины;

$H_{пл}$ - наибольшая высота плотины, м;

$L_{пл}$ и $L_{плн}$ - длины плотины по профилю в ее створе, соответственно по низу и по верху, м;

K - коэффициент формы русла, определяется по таблице 7.

Таблица 7 - Значение коэффициента формы русла

$\frac{L_{плн}}{L_{пл}}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
K	0,67	0,73	0,78	0,82	0,86	0,89	0,92	0,94	0,96	0,98	1,0

3.3 Компоновка узла гидротехнических сооружений на топографической карте

Узел гидротехнических сооружений пруда включает, наряду с плотиной, другие сооружения обеспечивающие его эффективную эксплуатацию. [3, 7].

Для полного или частичного опорожнения пруда в самом глубоком месте под плотиной устраивают донны водовыпуск. Как правило, это труба различного сечения с устройством для регулирования выпуска воды из пруда (рисунки 8, 9).

На заданной отметке в теле плотины устраивают водозаборное сооружение, обеспечивающее подачу воды на различные нужды самотеком или при помощи насосов.

Для сброса избыточных паводковых вод из чаши пруда в курсовом проекте предусматривается один из простейших вариантов водосбросных сооружений (рисунок 10).

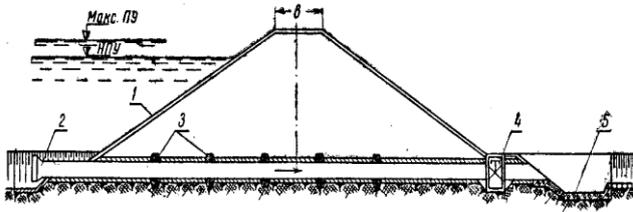


Рис. 8 - Водовыпуск по типу напорной трубы:
 1 – укрепление верхнего откоса; 2 – входной оголовок трубы;
 3 – диафрагмы; 4 – смотровой колодец и задвижка;
 5 – водобойный колодец

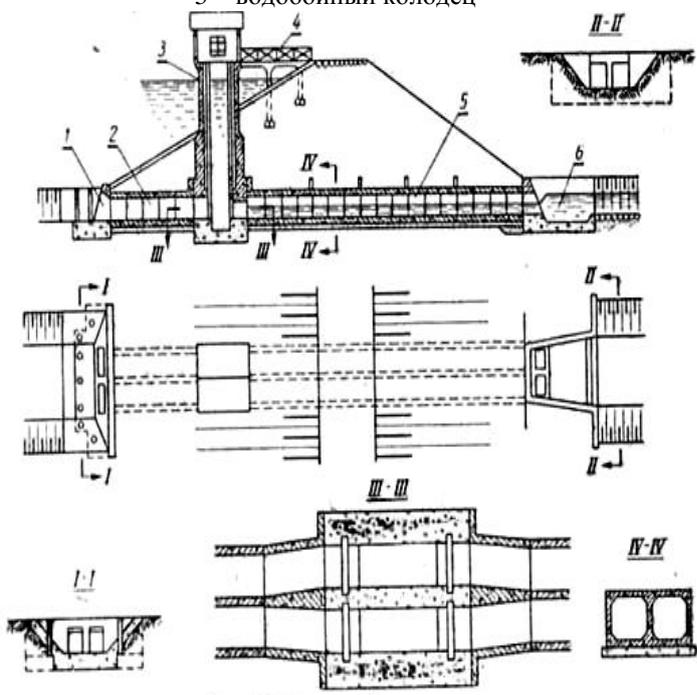
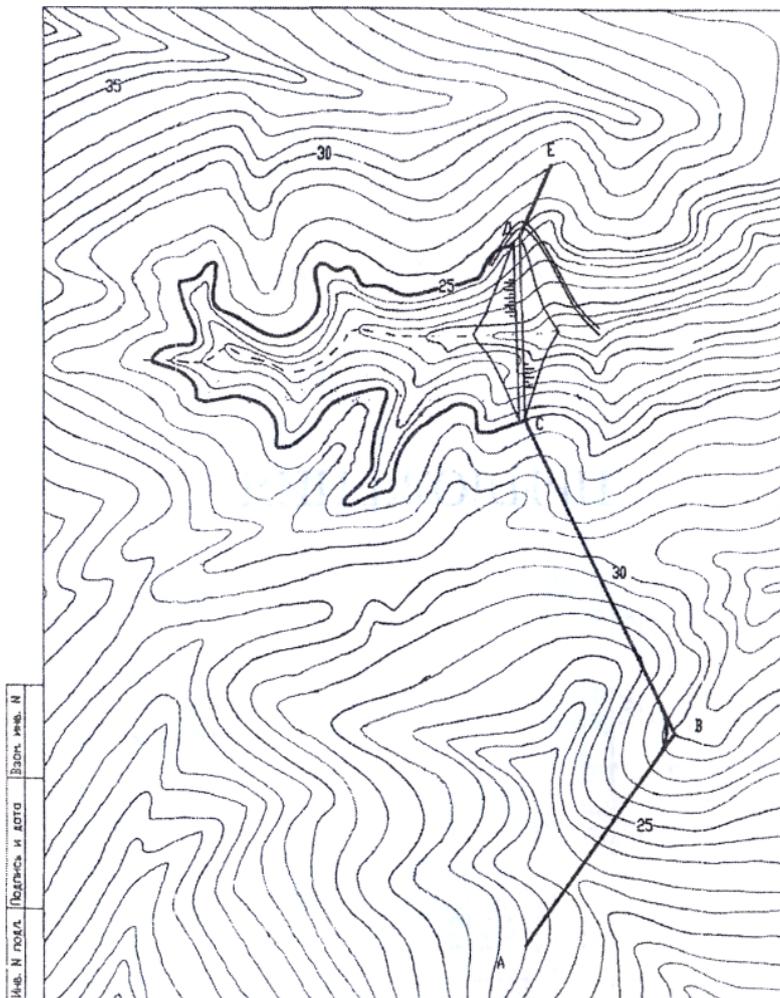


Рисунок 9 - Башенный водовыпуск:
 1 – входной оголовок; 2 – подводящая труба; 3 – башня; 4 – служеб-
 ный мостик; 5 – отводная труба; 6 – водобойный колодец



Планшет № 10
 Топографическая карта
 для учебных целей

М 1:2000
 Сплошные горизонталы
 проведены через 1 м

Рисунок 10 – Плановая компоновка узла сооружений

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1 - Основные параметры поперечного профиля проезжей части и земляного полотна автомобильных дорог в зависимости от их категории

Параметры элементов дорог	Категории дорог					
	I – а	I – б	II	III	IV	V
Число полос движения	4; 6; 8	4; 6; 8	2	2	2	1
Ширина полосы движения, м	3,75	3,75	3,75	3,5	3	-
Ширина проезжей части, м	2×7,5 2×11,25 2×15	2×7,5 2×11,25 2×15	7,5	7	6	4,5
Ширина обочин, м	3,75	3,75	3,75	2,5	2	1,75
Наименьшая ширина укрепленной полосы обочины, м	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	-
Наименьшая ширина разделительной полосы между разными направлениями движения, м	6	5	-	-	-	-
Наименьшая ширина укрепленной полосы на разделительной полосе, м	1	1	-	-	-	-
Ширина земляного полотна, м	28,5; 36; 43,5	27,5; 35; 42,5	15	12	10	8

Приложение 2 - Значение параметра состояния русла

Характеристика русла	Коэффициент шероховатости	Параметр
Земляное русло в обычном состоянии	0,025	0,42
Хорошее состояние поверхности русла, ровное, без местных углублений	0,033	0,46
Земляное русло, частично заросшее, слабоизвилистое	0,040	0,49

Приложение 3 - Таблица для подбора диаметра безнапорных труб

Расход, м ³ /с	Диаметр труб, м				
	2,0	1,5	1,25	1,0	0,75
	Глубина воды перед трубой Н и скорость, м/с				
0,8	0,67/1,8	0,69/1,8	0,73/1,8	0,82/2,0	1,00/2,9
1,0	0,73/1,9	0,78/1,9	0,82/2,1	0,94/2,1	
1,2	0,81/2,0	0,87/2,0	0,91/2,1		
1,6	0,93/2,1	1,00/2,2	1,09/2,3		
2,0	1,05/2,2	1,15/2,3	1,26/2,5		
3,0	1,30/2,4	1,47/2,7			
4,0	1,53/2,7				
5,0	1,75/2,9				
5,5	1,86/3,0				

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аракельян Л. В. Инженерное оборудование территорий / Л. В. Аракельян. – Краснодар: КубГАУ, 1995. - 139 с.
2. Аракельян Л. В. Инженерное оборудование территорий / Л. В. Аракельян, И. Н. Козлитина. – Краснодар: КубГАУ, 1997. - 36 с.
3. Аракельян Л. В. Инженерное оборудование территорий / Л. В. Аракельян, В. В. Лысенко. - Краснодар: КубГАУ, 2003. - 188с.
4. Аверьянов С.Ф. Практикум по сельскохозяйственным мелиорациям / С.Ф. Аверьянов. - М.: Колос, 1970. - 344 с.
5. Волков И. Н. Гидротехнические сооружения / И. Н. Волков, П. Ф. Кононенко, И. К. Федичкин. - М.: Колос, 1968. – 464 с.
6. Дороги местного значения / Кузнецов Г. А. [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1986. - 352 с.
7. Сельскохозяйственные дороги / Кузнецов Г. А. [и др.]. - М.: Колос, 1986.
8. Славущий А. К. Сельскохозяйственные дороги и площадки / А. К. Славущий, В. П. Носов. - М.: Агропромиздат, 1985. - 487 с.
9. Шабанов А. Д. Пруды в сельском хозяйстве / А. Д. Шабанов. - М.: Колос, 1977. - 192с.

Учебное издание

Рыбкина Ирина Николаевна
Иванова Ирина Вадимовна
Лысенко Анна Валерьевна

Инженерное оборудование территорий

Учебно-методическое пособие

В авторской редакции

Подписано в печать Бумага типографская.
Формат 60 x 84 ¹/₁₆. Тираж - 300 экз., Печ. л. – 2,62 . Учет.-изд. л. -.
Заказ №

Типография Кубанского государственного аграрного университета
350044, г. Краснодар, ул. Калинина , 13

