



А.В. Григорьева

Регулирование стока

Екатеринбург
2020

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный лесотехнический университет»
(УГЛТУ)

А.В. Григорьева

Регулирование стока

Методические указания к выполнению курсового проекта
для обучающихся очной и заочной форм обучения
по направлению подготовки
20.03.02 «Природообустройство и водопользование»,
дисциплина «Регулирование стока»

Екатеринбург
2020

Печатается по рекомендации методической комиссии ИЛП.
Протокол № 3 от 24.10.2019 г.

Рецензент – М.В. Кузьмина, доцент кафедры ЗиК, канд. эконом. наук

Редактор Ленская А.Л.

Оператор компьютерной верстки Дунаева Е.Н.

Подписано в печать 11.03.2020		Поз. 1
Плоская печать	Формат 60x84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 2,79	Цена руб. коп.

Редакционно-издательский сектор РИО УГЛТУ
Сектор оперативной полиграфии РИО УГЛТУ

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	4
ВВЕДЕНИЕ.....	5
Глава 1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРУДА.....	5
1.1. Выбор места под пруд и плотину.....	5
1.2. Определение объема (весеннего) стока.....	7
1.3. Определение емкости пруда.....	9
1.4. Водохозяйственный расчет пруда.....	11
Глава 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛОТИНЫ.....	15
2.1. Выбор и расчет параметров плотины.....	15
2.2. Выбор и обоснование типа плотины.....	16
2.3. Поперечный профиль плотины.....	21
2.4. Продольный и поперечный профили пруда.....	21
2.5. Продольный профиль плотины.....	21
Глава 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДОСБРОСНОГО СООРУЖЕНИЯ.....	24
3.1. Расчет максимального расхода водосбросного сооружения.....	24
3.2. Гидравлический расчет водосбросного сооружения.....	25
3.3. Расположение водосброса на плане.....	31
3.4. Продольный профиль водосброса.....	31
Глава 4. СТРОИТЕЛЬСТВО ПЛОТИНЫ	33
4.1. Технология строительства плотины.....	33
4.2. Расчет объема земляных работ.....	33
4.3. Эксплуатация пруда и плотины.....	35
Глава 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ВОКРУГ ПРУДОВ, ВОДОЕМОВ, ВОДОХРАНИЛИЩ.....	36
Глава 6. РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СЕБЕСТОИМОСТИ ПРОЕКТА.....	41
6.1. Смета затрат на строительство.....	41
6.2. Паспорт проекта.....	43
Список рекомендуемой литературы.....	44
Приложение 1.....	45
Приложение 2.....	46

ПРЕДИСЛОВИЕ

Цель преподавания дисциплины «Регулирование стока» – дать обучающимся основные сведения в области регулирования речного стока (цель, задачи и методы расчета регулирования стока, основные параметры и классификации водохранилищ, подходы к определению потерь воды из водохранилищ и оценке их воздействия на окружающую природную среду), а также информацию о существующих и проектируемых крупных гидроузлах в мире и России.

В соответствии с программой дисциплины «Регулирование стока» для лучшего усвоения теоретических знаний и овладения навыками решения практических задач обучающиеся по индивидуальному заданию выполняют курсовой проект по проектированию плотинного пруда и плотины. Курсовой проект содержит титульный лист, введение, пояснительную записку, состоящую из нескольких глав, и рабочие чертежи. Образец титульного листа приведен в Приложении 1.

Текст пояснительной записки размещается на листах формата А4, шрифт Times New Roman, размер шрифта 14 пт., поля 2,0 см со всех сторон, абзацный отступ 1,0 см, междустрочный интервал 1,5 строки. Рабочие чертежи выполняются в соответствии с действующими ГОСТами.

Данные методические указания будут полезны не только для закрепления теоретических знаний по дисциплине, но и в будущей практической деятельности бакалавров по направлению «Природообустройство и водопользование».

ВВЕДЕНИЕ

Во введении к пояснительной записке излагаются понятие, цели, задачи и виды регулирования стока, дается краткая характеристика основных искусственных источников воды. После этого описывается физико-географическое положение области, в которой проектируется объект, приводятся ее естественно-историческая характеристика, климатические условия, геологическое и геоморфологическое строение, характеризуются гидрография, почвенный и растительный покров, экономика.

ГЛАВА 1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРУДА

1.1. Выбор места под пруд и плотину

При проектировании пруда его располагают недалеко от места потребления воды, а из санитарных соображений – выше населенного пункта с учетом топографических и гидрографических условий и экономических требований.

При выборе места необходимо изучить ложе будущего пруда, которое должно отвечать следующим условиям:

- 1) пруд должен иметь достаточную для его заполнения водой водосборную площадь;
- 2) продольный уклон балки в зоне пруда должен быть около 0,007, так как при большем уклоне требуется устройство более высокой плотины;
- 3) крутизна берегов будущего пруда должна быть 30–50°, так как при крутых берегах возможно их разрушение, а при очень пологих образуется обширная зона мелководья, благоприятная для зарастания и развития малярийных комаров;
- 4) для уменьшения потерь на фильтрацию воды ложе пруда должно состоять из маловодопроницаемых грунтов (глины, суглинки).

При выборе места под створ плотины необходимо:

- 1) учесть местоположение карьеров для разработки грунтов, используемых при строительстве плотины (желательно, чтобы карьер располагался по рельефу выше плотины и имел пригодный для отсыпки плотины грунт);
- 2) предусмотреть возможность надежного и прочного размещения водосбросных и водопропускных сооружений для сброса излишней воды из пруда в обход или через плотину;
- 3) исключить при сбросе воды из пруда значительные скорости вдоль верхового откоса плотины;
- 4) предусмотреть возможность трассировки полотна дороги по гребню плотины;
- 5) учесть устойчивость и надежность грунтов у основания плотины;
- 6) не допустить выход грунтовых вод в основание плотины.

Основные требования к земляной плотине сводятся к следующему:
 – для уменьшения объема земляных работ плотину располагают в наиболее узкой части балки (рис. 1);

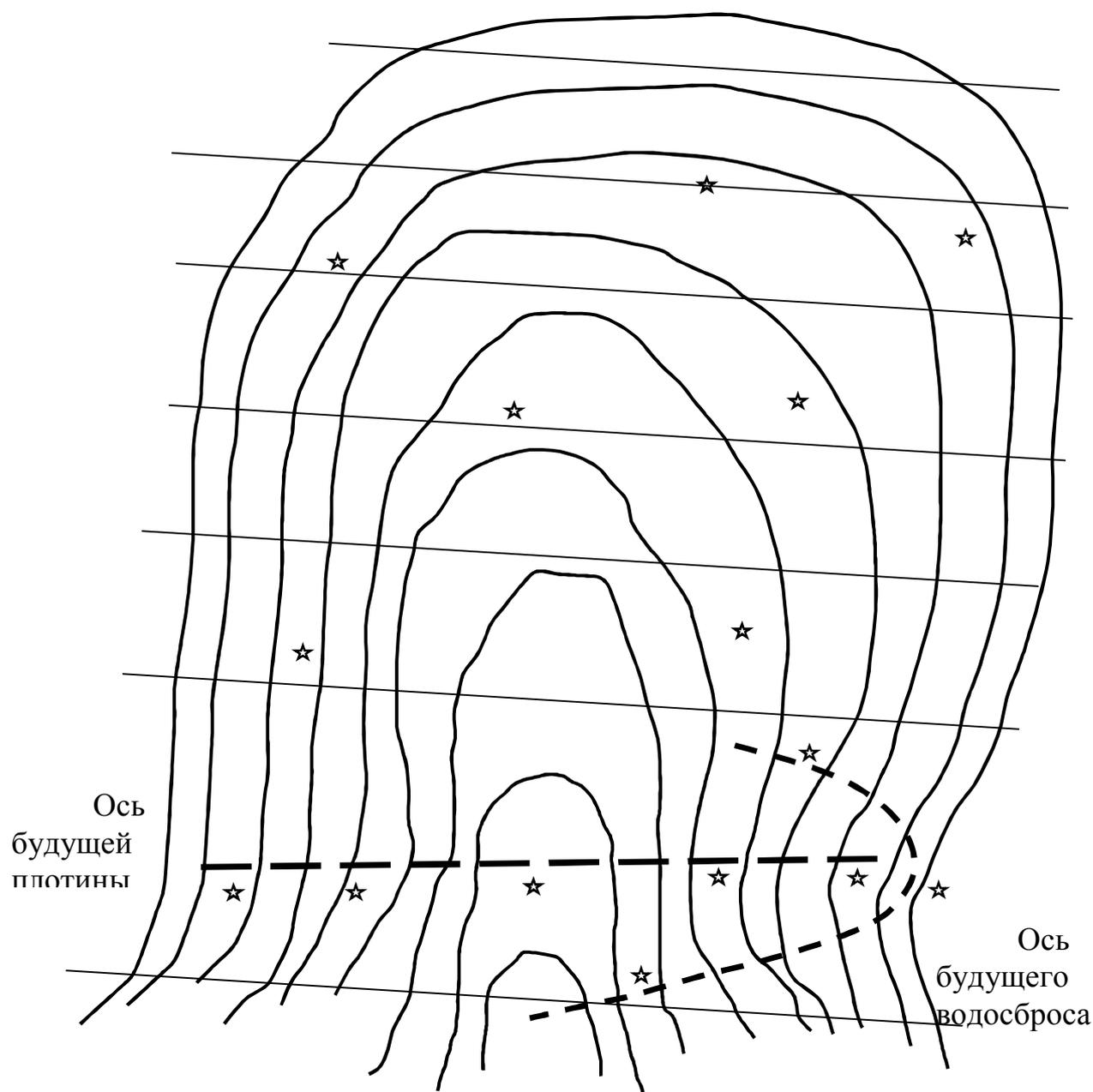


Рис. 1. План участка: ★ - места закладки шурфов;
 ——— - нивелирные ходы

- продольная ось плотины должна быть перпендикулярна горизонталям склона;
- выше плотины не должно быть действующих оврагов, или они должны быть закреплены.

После того как место под пруд выбрано, проводят изыскания. В первую очередь исследуют грунты на такую глубину, чтобы захватить

1,5–2-метровый водонепроницаемый слой. Для этого устраивают скважины на дне и берегах балки и роют шурфы: не менее трех по оси будущей плотины, 2–3 по оси водосбросного канала (водослива) и 8–12 на дне и берегах балки под будущим прудом. По шурфам устанавливают строение и род почвогрунтов, определяют механический состав и водопроницаемость отдельных слоев.

Если в результате исследований будет установлено, что почвогрунты позволяют создать в данном месте пруд, то проводят теодолитную съемку и нивелировку балки. По дну балки прокладывают нивелир-теодолитный ход с разбивкой пикетов через 50–100 м, а также на поворотах. От главного хода через 50–100 м разбивают поперечники, на которых также разбивают пикеты через 10–50 м в зависимости от рельефа. Нивелировкой захватывают полосу длиной 100 м ниже оси плотины. Главный нивелирный ход заканчивают на берегах балки на 200 м выше предполагаемого зеркала пруда, а поперечники заканчивают на берегах балки на 2–3 м выше (по высоте) предполагаемого уровня воды.

Отдельный ход прокладывают по оси водослива с установкой пикетов через 10–20 м и разбивкой поперечников от них длиной 10 м в каждую сторону. На всех линиях проводят двойную нивелировку. Привязка осуществляется минимум к одному реперу, расположенному вблизи плотины.

После этого определяют величину водосборной площади (по карте и в натуре), уточняют площади затопления и подтопления, намечают места для карьеров, выбирают тип плотины и вид водосбросного сооружения, уточняют расчетные модули стока, выявляют древесные породы для обсадки пруда, тип крепления откосов.

По материалам изысканий составляют проект пруда и плотины.

1.2. Определение объема весеннего стока

На территории Урала пруды наполняются водой часто за счет снеготаяния. Сток воды в этот период составляет 60–70 % от годового. Приток воды в пруд от дождей сравнительно мал и очень непостоянен.

Расчет объема весеннего стока ведут на определенную обеспеченность. Если вода из пруда используется главным образом для орошения, то наполнение его обычно рассчитывается на сток 80 %-ной обеспеченности. Если пруд устраивают для целей водоснабжения, когда требуется обеспечить большую гарантию водопотребления, его рассчитывают на сток 97 %-ной обеспеченности.

Объем воды, поступающий с водосбора, рассчитывают по формуле:

$$W = F h \delta \sigma,$$

где W — объем весеннего стока, м³;

F — площадь водосбора, м²;

h — мощность снега перед весенним снеготаянием, м;

δ — плотность снега;

σ — коэффициент стока.

Площадь водосбора берется по плановым материалам, а при их отсутствии определяется в натуре. Мощность и плотность снега берутся по данным ближайших метеостанций или их определяют в натуре. Коэффициент стока берется 0,4–0,5 для облесенных водосборов и 0,6–0,65 для водосборов, не покрытых лесом.

В случае устройства пруда на постоянном водотоке (реке, ручье) объем воды, поступающей в него, определяется по формуле

$$W = 31536 q F,$$

где W — суммарный сток за год, м³;

q — среднегодовой модуль стока, л/с. га;

F — площадь водосбора, м².

Переход от среднего объема стока к объему стока заданной обеспеченности $W_{P\%}$ осуществляется через модульный коэффициент $K_{P\%}$:

$$W_{P\%} = W K_{P\%}.$$

Модульный коэффициент определяется по значениям коэффициента вариации C_V , принятого по табл. 1, и коэффициента асимметрии ($C_S = 2 \cdot C_V$), по формуле

$$K_{P\%} = \Phi_{P\%} C_V + 1,$$

где $\Phi_{P\%}$ — отклонение ординаты кривой обеспеченности Пирсона III типа от середины; берется по таблице Фостера–Рыбкина (табл. 2).

Таблица 1

Значение коэффициента C_V для некоторых районов страны

Город, область	C_V
1. Киров, Березняки, Пермь, Чебоксары, Ижевск	0,25
2. Архангельск, Сыктывкар, Вологда, Калинин, Тула, Ярославль, Орел, Кострома, Иваново, Кемерово	0,30
3. Москва, Тамбов, Курск, Владимир	0,35
4. Нижний Новгород, Рязань, Гомель, Пенза, Казань, Уфа, Томск, Екатеринбург	0,40
5. Иваново, Свердловская обл., Самара	0,50
6. Тюмень	0,55
7. Оренбург, Саратов	0,60
8. Челябинск	0,70

Таблица 2

Значения отклонений ординат кривой обеспеченности Пирсона III типа от середины при $C_V = 1$ (по Фостеру–Рыбкину)

C_S	Обеспеченность, P %							
	1	3	5	10	25	50	75	99
0,5	2,68	2,08	1,77	1,32	0,62	-0,08	-0,71	-1,96
0,6	2,75	2,12	1,80	1,33	0,61	-0,10	-0,72	-1,88
0,7	2,82	2,15	1,82	1,33	0,59	-0,12	-0,72	-1,81
0,8	2,89	2,18	1,84	1,34	0,58	-0,13	-0,73	-1,74
0,9	2,96	2,22	1,86	1,34	0,57	-0,15	-0,73	-1,66
1,0	3,02	2,25	1,88	1,34	0,55	-0,16	-0,73	-1,59
1,1	3,09	2,28	1,89	1,34	0,54	-0,18	-0,74	-1,52
1,2	3,15	2,31	1,91	1,24	0,52	-0,19	-0,74	-1,45
1,3	3,21	2,34	1,92	1,34	0,51	-0,21	-0,74	-1,38
1,4	3,27	2,37	1,94	1,34	0,49	-0,22	-0,73	-1,32
1,5	3,33	2,39	1,95	1,33	0,47	-0,24	-0,73	-1,26
1,6	3,39	2,42	1,96	1,33	0,46	-0,25	-0,73	-1,20
1,7	3,44	2,44	1,97	1,32	0,44	-0,27	-0,72	-1,14
1,8	3,50	2,46	1,98	1,32	0,42	-0,28	-0,72	-1,09
1,9	3,55	2,49	1,99	1,31	0,40	-0,29	-0,72	-1,04
2,0	3,60	2,51	2,00	1,30	0,39	-0,31	-0,71	-0,99

Сток воды в пруд может быть увеличен также за счет накопления снега на водосборной площади путем ее облесения, применения кулисных паров и др.

1.3. Определение емкости пруда

На плане с горизонталями намечается расположение оси плотины. Место для плотины выбирают по возможности в суженной части балки, чтобы емкость образуемого пруда была возможно больше, а зеркало пруда во избежание лишних потерь на испарение возможно меньше. Если предусматривается орошение питомника, то желательно, чтобы он был расположен ниже пруда, что обеспечит поступление воды на него самотеком без затрат на устройство насосно-силовой установки.

С помощью планиметра (или другим способом) на плане участка в горизонталях вычисляют площадь зеркала пруда для каждой горизонтали плана от намеченной оси плотины вверх по тальвегу. Объем чаши ниже нижней горизонтали определяется по формуле

$$V_{54} = \frac{1}{3} S_{54} H,$$

где H – вертикальное расстояние от дна тальвега у плотины до нижней горизонтали (отметка дна пруда у плотины находится интерполяцией, например, 0,4 м);

S_{54} – площадь зеркала, ограниченная нижней горизонталью (54-й).

Остальной объем чаши пруда вычисляют, складывая объемы между каждой парой соседних горизонталей. Для этого находят среднюю площадь соседних горизонталей и умножают на вертикальное расстояние между ними (если горизонталы расположены через 1 м, то и расстояние между ними равно 1 м):

$$V_{54-55} = S_{cp\ 54-55} H.$$

Полученные результаты сводятся в табл. 3.

Таблица 3

Определение объемов воды в пруду

Отметки горизонталей	Площадь, ограниченная горизонталью, м ²	Средняя площадь, м ²	Толщина слоя воды, м	Объем воды между плоскостями двух смежных горизонталей, м ³	Объем воды, соответствующий отметке данной горизонтали, м ³
1	2	3	4	5	6
54	5439	-	0,4	725	725
55	9875	7657	1	7657	8382
56	14101	11988	1	11988	20370
57	26210	20155	1	20155	40525
58	34689	30649	1	30649	71174
59	46764	40727	1	40727	111901
60	70225	58494	1	58494	170395
61	80869	75547	1	75547	245942

По данным табл. 3 строят кривые, характеризующие зависимость объема пруда и площади зеркала воды с отметками горизонталей. Совмещенные на одном графике батиграфические кривые называются топографической характеристикой пруда (рис. 2).

Для построения топографической характеристики по вертикальной оси графика (оси ординат) откладывают отметки горизонталей в масштабе (например, 1:50, 1:100), а по горизонтальной (оси абсцисс) – площади (по данным колонки 2) и объемы (по данным колонки 6, рис. 3) в произвольном масштабе. Топографическая характеристика строится на миллиметровой бумаге формата А4.

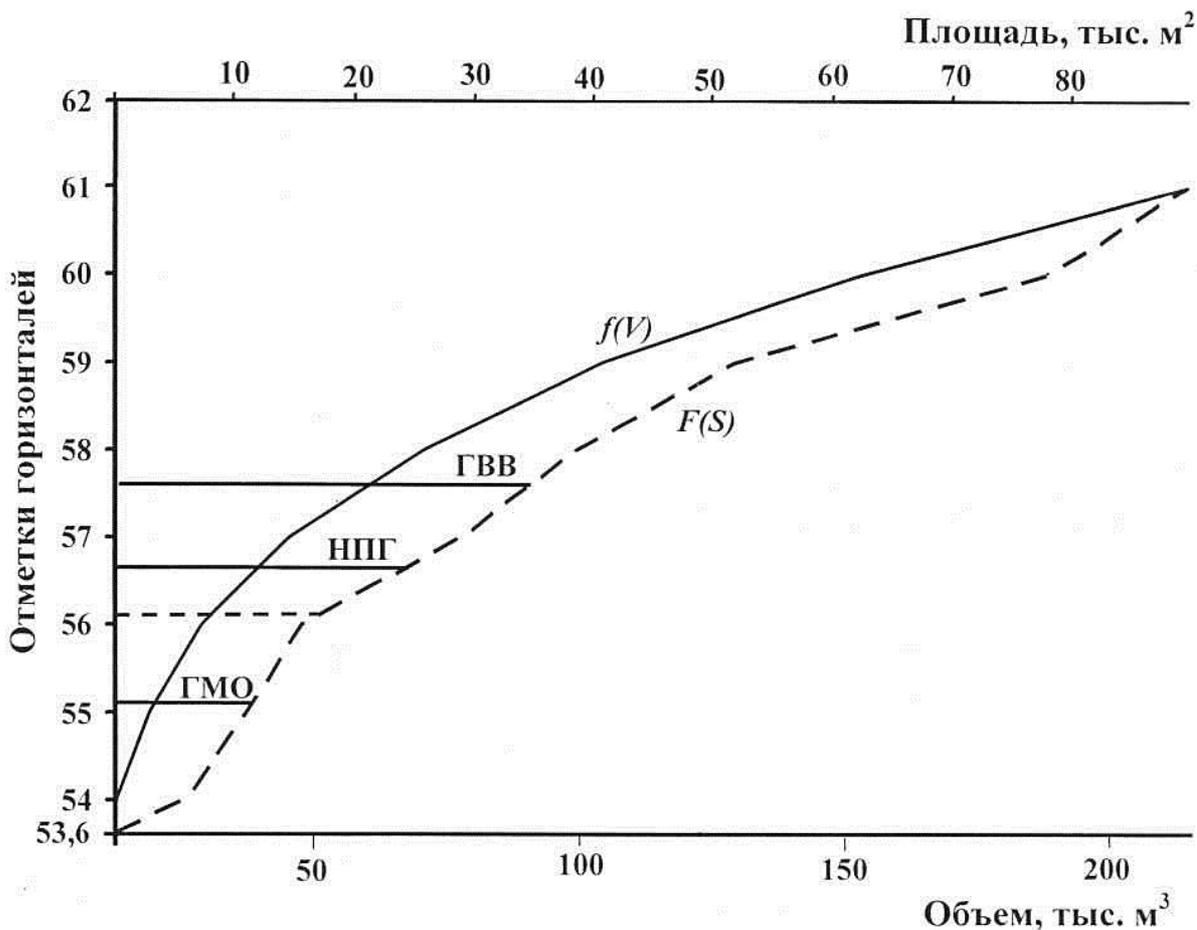


Рис. 2. Топографическая характеристика пруда

1.4. Водохозяйственный расчет пруда

Водохозяйственный расчет пруда включает в себя расчет полезного объема, мертвого объема, объема потерь, резервного объема.

Полезный объем пруда ($V_{\text{полезн.}}$) включает количество воды, которое идет на удовлетворение нужд водоснабжения населенного пункта ($V_{\text{быт.}}$), орошение питомников ($V_{\text{орош.}}$), для противопожарных целей ($V_{\text{пож.}}$), и называется **полезной водоотдачей пруда**:

$$V_{\text{полезн.}} = V_{\text{орош.}} + V_{\text{пож.}} + V_{\text{быт.}}$$

Например, если пруд проектируется для целей орошения и пожаротушения, то в этом случае

$$V_{\text{полезн.}} = V_{\text{орош.}} + V_{\text{пож.}} = 10000 + 5200 = 15200 \text{ м}^3.$$

Величину **мертвого объема** пруда определяют:

1) по количеству наносов, поступающих в пруд с водосборной площади; по санитарным нормам в целях уменьшения прогрева воды в летнее время и снижения процессов разложения и гниения растительных и животных остатков в пруду постоянно должно быть не менее 0,5–1,0 м воды;

2) по минимальной толщине слоя воды в пруду при рыборазведении (при разведении зеркального карпа и линия слой воды в пруду должен быть не менее 0,5 м); так как дно пруда наклонно, то толщина мертвого слоя в наиболее глубоком месте у плотины должна быть 2–3,5 м;

3) по глубине промерзания воды (0,5–1,5 м) – дно пруда не должно промерзать, так как в нем образуются трещины, вызывающие утечку воды из пруда.

При предварительном расчете мертвый объем ($V_{м.о}$) принимается равным 15 % от полезного объема:

$$V_{м.о} = 0,15 V_{полезн.} = 0,15 \cdot 15200 = 2280 \text{ м}^3.$$

Рассчитанную величину мертвого объема откладывают на топографической характеристике по кривой объемов и определяют глубину воды, соответствующую предварительно рассчитанному мертвому объему. Если глубина воды составит не менее, например, 1,5 м (глубина мертвого уровня устанавливается с учетом санитарных требований и целей проектирования пруда), то мертвый объем оставляют вычисленной величиной. Если же глубина меньше принятого уровня, то горизонт мертвого объема устанавливается на уровне 1,5–2,0 м. На топографической характеристике указывают уточненную отметку горизонта мертвого объема (ГМО) и определяют величину мертвого объема:

$$V_{м.о} = 10000 \text{ м}^3.$$

Сумма мертвого и полезного объемов составит промежуточную величину — **расчетный объем**:

$$V_{расч.} = V_{м.о} + V_{полезн.} = 10000 + 15200 = 25200 \text{ м}^3.$$

Расчетный объем откладывают на топографической характеристике и определяют по батиграфической кривой площадь зеркала воды на уровне расчетного объема:

$$S_{расч.} = 16200 \text{ м}^2.$$

Потери воды из пруда определяют с целью установить, сколько воды можно взять из него для полезного потребления. Вода, накопленная в пруду, не может быть полностью использована для полезных целей, так как часть ее теряется. При определении объема потерь учитываются потери на испарение, фильтрацию, заиление и льдообразование:

$$V_{потерь} = V_{исп.} + V_{ф.} + V_{з.} + V_{льд.}$$

Потери воды на испарение ($V_{исп.}$, м^3) с водной поверхности (испаряемость) зависят от температуры воды и воздуха, влажности воздуха и скорости ветра. Слой потерь на испарение можно определить по формуле

$$V_{исп.} = \Pi_{исп.} \frac{S_{расч.}}{2},$$

где $\Pi_{\text{исп.}}$ – слой воды на испарение; определяется по карте изолиний испарения (Б.Д. Зайкова) или принимается для лесной зоны 0,4–0,5 м, лесостепной – 0,6, степной – 0,7–0,8 м.

$S_{\text{расч.}}$ – площадь зеркала воды на горизонте расчетного объема, м².

$$V_{\text{исп.}} = 0,5 \frac{16200}{2} = 4050 \text{ м}^3.$$

Потери на испарение при облесении территории вокруг пруда сокращаются на 15–20 % вследствие снижения скорости ветра и повышения влажности воздуха в зоне пруда.

Потери на фильтрацию ($V_{\text{ф.}}$, м³) рассчитывают по формуле

$$V_{\text{ф.}} = \Pi_{\text{ф.}} \frac{S_{\text{расч.}}}{2}.$$

Фильтрация воды из пруда происходит через тело плотины, в обход нее, под плотиной, через ложе пруда, и величина ее зависит от водопроницаемости и механического состава грунта, формы берегов. По рекомендациям проф. М.В. Потапова приблизительно слой фильтрационных потерь в год можно принимать по таблице (табл. 4).

Таблица 4

Потери воды на фильтрацию из прудов

Гидрологические условия балки	Величина фильтрации в год	
	слой воды, м	от объема пруда, %
Водонепроницаемые грунты при близком залегании грунтовых вод (хорошие условия)	0,5	5–10
Слабоводопроницаемые грунты (средние условия)	0,5–1,0	10–20
Хорошоводопроницаемые неводоносные грунты (плохие условия)	1,0–2,0	20–40

$$V_{\text{ф.}} = 0,6 \frac{16200}{2} = 4860 \text{ м}^3.$$

Потери воды за счет заиления ($V_{\text{з.}}$) зависят от состояния водосбора, степени его распаханности и облесенности. При облесенном нераспаханном водосборе средний слой заиления ($\Pi_{\text{з.}}$) равен 1,7–4,0 см в год, при распаханном водосборе заиление может достигать 20–22 см в год. С целью уменьшения твердого стока и заиления прудов целесообразно оставлять нераспаханную 20–30 м полосу вокруг пруда и проводить облесение берегов балки. Потери на заиление рассчитывают по формуле

$$V_{\text{з.}} = \Pi_{\text{з.}} \frac{S_{\text{расч.}}}{2} = 0,04 \frac{16200}{2} = 324 \text{ м}^3.$$

Потери на льдообразование ($V_{\text{льд}}$) зависят от климатических факторов. Слой воды на льдообразование ($\Pi_{\text{льд}}$, м³) принимают равным 0,5–1,2 м и рассчитывают в том случае, если пруд проектируется для бытовых нужд и водопотребления:

$$V_{\text{льд}} = \Pi_{\text{льд}} \cdot \frac{S_{\text{расч.}}}{2} .$$

Объемы потерь суммируем:

$$V_{\text{потерь}} = 4050 + 4860 + 324 = 9234 \text{ м}^3.$$

Общий объем воды в пруду составит:

$$V_{\text{НПГ}} = V_{\text{мо.}} + V_{\text{полезн.}} + V_{\text{потерь}} = 10000 + 15200 + 9234 = 34434 \text{ м}^3.$$

Найденный объем откладывается на топографической характеристике, уровень воды называют **нормальным подпорным горизонтом** (НПГ). Это высший подпорный уровень, который плотина может поддерживать в течение длительного времени при нормальной эксплуатации всех сооружений.

По графику определяют площадь зеркала воды на этом горизонте:

$$S_{\text{НПГ}} = 24500 \text{ м}^2.$$

Резервный (форсировочный) объем. В результате весеннего снеготаяния, выпадающих длительных ливней с водосборной площади в пруд может поступать большое количество воды. В этом случае объем притока будет превышать расход воды, и вода в пруду может подниматься над НПГ. Объем форсировки (резервный объем), располагающийся выше НПГ, служит для сохранения паводковых вод, пропускаемых через водосбросные сооружения. Наивысший горизонт при пропуске наибольшего весеннего паводка называют максимальным подпорным, или **горизонтом высоких вод** (ГВВ).

Увеличение отметки ГВВ над НПГ повышает высоту, а, следовательно, стоимость сооружения плотины. Однако при этом снижается стоимость водосбросного сооружения (за счет уменьшения его размеров, рассчитываемых на меньший расход). Уменьшение сбросного расхода объясняется регулирующим влиянием пруда, так как в пруду между НПГ и ГВВ временно задерживается часть объема паводка. При объеме пруда ниже НПГ менее 30 тыс. м³ на форсировку целесообразно (экономически) добавлять до 0,5 м; при объеме 30–100 тыс. м³ – до 1,0 м; при объеме более 100 тыс. м³ – до 1,5 м.

Таким образом, полный объем пруда складывается из объема на НПГ и резервного объема. Установив на топографической характеристике уровень (горизонт) высоких вод, определяют площадь и объем пруда:

$$\begin{aligned} S_{\text{ГВВ}} &= 34900 \text{ м}^2, \\ V_{\text{ГВВ}} &= 65000 \text{ м}^3. \end{aligned}$$

Глава 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛОТИНЫ

2.1. Выбор и расчет параметров плотины

Для того чтобы правильно запроектировать плотину, необходимо рассчитать ее основные параметры.

Высота плотины рассчитывается с учетом глубины пруда в самом глубоком месте у плотины ($h_{ГВВ}$), запаса на осадку плотины и волнобой:

$$H_{пл.} = h_{ГВВ} + h_{волн.} + h_{ос.},$$

где $H_{пл.}$ – высота плотины, м;

$h_{ГВВ}$ – глубина пруда у плотины на уровне ГВВ, м;

$h_{волн.}$ – запас на волнобой, м;

$h_{ос.}$ – запас на осадку плотины (5–10 % от $h_{ГВВ}$).

Глубина пруда у плотины на уровне ГВВ определяется по топографической характеристике пруда от дна пруда у плотины до ГВВ.

Гребень плотины должен быть выше ГВВ на столько, чтобы волны, поднятые ветром, не набегали на него. Запас на волнобой рассчитывается по формуле Е.А. Замарина:

$$h_{волн} = 0,7 + 0,1 Z = 0,7 + 0,1 \cdot 0,355 = 0,74 \text{ м},$$

где Z – длина по оси пруда, км; определяется на плане балки с горизонталями от оси плотины до горизонтали уровня ГВВ.

$$H_{пл} = 4,0 + 0,74 + 0,1 \cdot 4,0 = 5,14 \approx 5,1 \text{ м}.$$

Ширина гребня плотины (а) принимается в зависимости от высоты плотины, если плотина непроезжая (табл. 5), и от категории дорог, если плотина проезжая (табл. 6).

Таблица 5

Ширина гребня плотины

Высота плотины, м	Ширина гребня, м
До 6	3–4
6–10	4–5
10 и более	5–7

Таблица 6

Ширина гребня плотины для разных категорий дорог

Ширина гребня плотины, м	Категории дорог общей сети					Сельскохозяйственные дороги	
	I	II	III	IV	V	I группа	II группа
	27,5	15	12	10	8	8,0	8,0–6,5

Гребень плотины делается выпуклым с уклоном 0,03–0,05 в обе стороны для стока дождевой и талой воды. Дорожное полотно покрывают асфальтом, мостовой, гравием; вдоль по краям ставят ограждения.

Крутизна откосов плотины характеризуется **коэффициентом откоса (m)**. Коэффициент откоса – это отношение заложения откоса (*l*) к высоте плотины ($H_{пл.}$), или $ctg\alpha$, вычисляется по формуле

$$m = \frac{l}{H_{пл.}}$$

Коэффициенты откосов зависят от вида грунта и высоты плотины. Мокрый, или верховой, откос делают более пологим, так как он испытывает давление воды и разрушающее действие волнобоя (табл. 7).

Таблица 7

Коэффициенты заложения откосов низконапорных земляных плотин

Грунты	Коэффициенты откосов при высоте плотины			
	До 5 м	5–10 м	10–12 м	
Суглинистые	верховой	2,5	2,75	3,0
	низовой	1,75	2,0	2,25
Супесчаные	верховой	3,0	3,25	3,5
	низовой	2,0	2,25	2,5
Песчаные	верховой	3,5	3,75	4,0
	низовой	2,5	2,75	3,0

Ширина основания плотины рассчитывается по формуле

$$A = a + H_{пл.} (m_в + m_н),$$

где *A* – ширина основания плотины, м;

a – ширина гребня плотины, м;

$H_{пл.}$ – высота плотины, м;

$m_в$ – коэффициент верхового (мокрого) откоса;

$m_н$ – коэффициент низового (сухого) откоса.

2.2. Выбор и обоснование типа плотины

Тип земляной плотины выбирается в зависимости от наличия и качества местных грунтов, способов производства работ и залегания водоупора в месте устройства плотины. В лесном и сельском хозяйстве наибольшее распространение получили плотины из однородных грунтов или с противофильтрационными устройствами (рис. 3, 4).

Для однородной плотины наиболее приемлемым грунтом считается средний и тяжелый суглинок. Чистая глина при насыщении водой набухает и оплывает, а при высыхании дает трещины, что приводит к разрушению тела плотины. Песчаные же грунты обладают высокой фильтрационной способностью. Проектируется однородная плотина на маловодопроницаемых (глинистых или суглинистых) грунтах толщиной не менее трех метров.

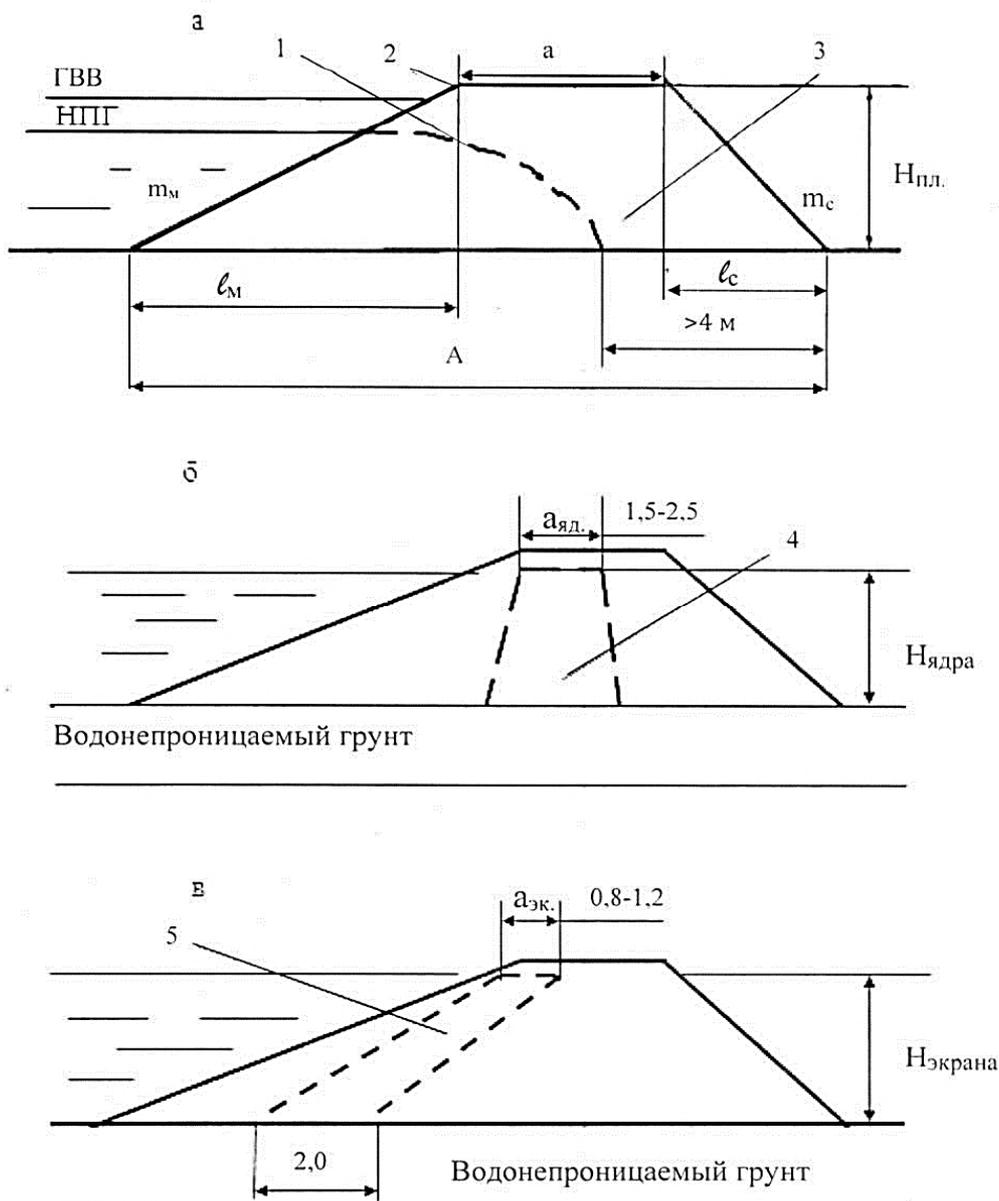


Рис. 3. Типы земляных насыпных плотин:
 а – плотина из однородного грунта; б – плотина с ядром;
 в – плотина с экраном: 1 – кривая депрессии; 2 – бровка; 3 – тело плотины;
 4 – ядро; 5 – экран; а – гребень плотины; А – основание плотины; $H_{пл.}$ – высота плотины; m_m – коэффициент мокрого откоса плотины; m_c – коэффициент сухого откоса плотины; l_m – заложение мокрого откоса плотины;
 l_c – заложение сухого откоса плотины;
 $H_{ядра}$ – высота ядра; $a_{яд.}$ – гребень ядра; $H_{экрана}$ – высота экрана; $a_{эк.}$ – гребень экрана

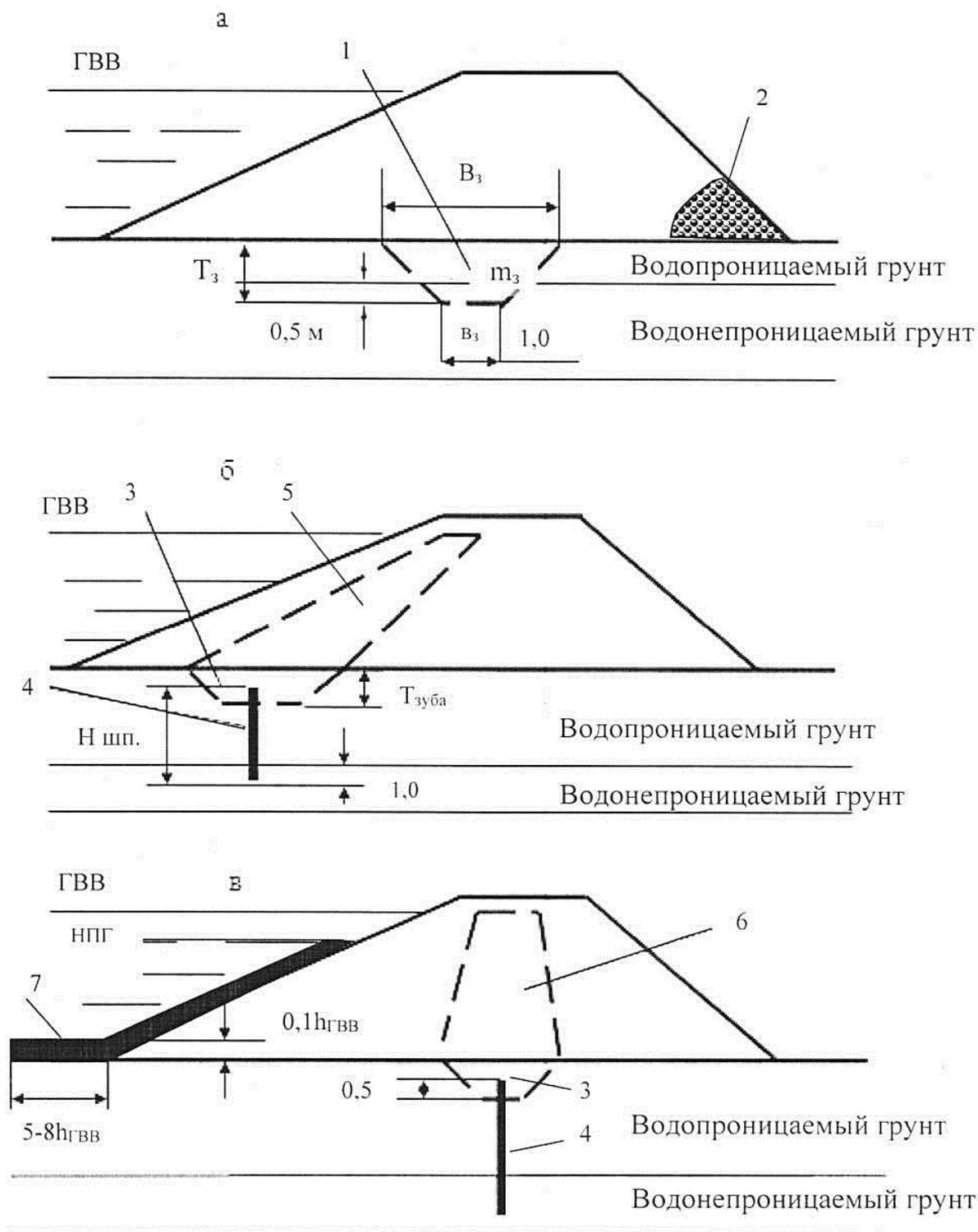


Рис. 4. Типы земляных плотин с противofiltrационными устройствами под плотиной: а – однородная плотина с замком; б – плотина с экраном, зубом и шпунтовым рядом; в – плотина с ядром, зубом и шпунтовым рядом, понуром; 1 – замок; 2 – дренаж; 3 – зуб; 4 – шпунтовый ряд; 5 – экран; 6 – ядро; 7 – понур; B_3 – ширина по верху замка; B_3 – ширина по дну замка; m_3 – коэффициент откоса замка; T_3 – глубина замка; $T_{зуба}$ – глубина зуба; $H_{шп.}$ – высота шпунта

Фильтрующаяся вода является не только потерей прудовой воды, но она также выносит с собой мелкие частицы грунта из основания, ослабляя его и вызывая оседание низа плотины, образование в ней трещин, что в конечном итоге ведет к разрушению плотины.

В теле плотины противofильтрационные устройства устраивают в виде ядра или экрана. Под плотиной через водопроницаемое ее основание задерживают фильтрацию воды такие противofильтрационные устройства, как замок, зуб со шпунтовым рядом, понур (см. рис. 3, 4).

Ядро – противofильтрационное устройство в виде насыпи внутри тела плотины из маловодопроницаемых грунтов (глина, тяжелый суглинок). Ядро проектируют для уменьшения фильтрации воды через тело плотины в том случае, если плотина возводится из водопроницаемых грунтов (песчаных, супесчаных, гравелистых). Ядро в форме трапеции располагается внутри плотины по всей ее длине. Верх ядра делается на уровне ГВВ шириной 1,5–2,5 м. Крутизна откосов принимается такой, чтобы на каждый метр высоты делалось утолщение ядра на 0,1 м. Например, при высоте плотины 6,0 м заложение откоса следует принять 0,6 м.

Экран – противofильтрационное устройство, устраиваемое под верховым откосом из хорошо утрамбованной глины в том случае, если грунт плотины способен размываться. Со стороны пруда экран покрывается слоем 0,7–1,0 м гравия или песка. Ширина экрана сверху 0,8 м, внизу – не менее 2 м. Гребень экрана располагается на уровне ГВВ или на 1,0–1,2 м ниже гребня плотины. Выбор противofильтрационного устройства под плотиной зависит от водопроницаемости грунтов балки в месте плотины и глубины залегания водоупорного горизонта.

Замок – противofильтрационное устройство, устраиваемое под плотиной для уменьшения фильтрации воды, если плотина располагается на водопроницаемых грунтах, а водоупорный пласт начинается на глубине 3 м. Замок представляет собой траншею трапецеидальной формы, которая прокладывается под всей плотиной и врезается в водоупорный слой на 0,5–0,6 м. Ширина по дну (b_3) у траншеи принимается 1 м, коэффициенты откосов (m_3) – 0,5; 0,75; 1,00. Ширина по верху у траншеи рассчитывается по формуле: $B_3 = b_3 + 2 \cdot m_3 \cdot T_3$. Замок заполняется глинистыми или суглинистыми грунтами. Замок располагается под ядром, экраном или от начала гребня плотины.

Зуб со шпунтовым рядом – это противofильтрационное устройство под плотиной, которое проектируется, если плотина возводится на водопроницаемых грунтах мощностью от 3 до 6 м. Выполняется зуб (траншея, выполненная аналогично замку) глубиной 1,5–2,0 м, и в его дно забивается шпунтовый ряд из толстых бревен, брусьев или досок. Шпунт нижней частью врезается в водоупор на 1 м, верхняя его часть входит в зуб на 0,5 м.

Понур устраивается для усиления действия зуба и шпунта, если водоупорный пласт находится на глубине более 6 м. Понур представляет собой

слой мятой глины, который укладывается на дно пруда вдоль подошвы верхнего откоса. Толщину понура принимают около $0,1h$ (h – наибольшая глубина воды перед плотиной, м) и располагают его в сторону пруда на расстоянии, равном $5-8h$.

Дренаж чаще проектируется в однородных плотинах для предотвращения выноса частиц грунта с фильтрующей водой. Дренаж устраивают со стороны сухого откоса путем насыпки слоями толщиной 15–20 см мелкого, затем крупного песка, далее укладывают слой щебня или гравия, затем мелких и средних камней. По периферии дренажа укладывают дренажные трубки. Ширина дренажного устройства принимается *не менее* 1 м, а высота не менее $1/4-1/5$ высоты плотины.

Примеры выбора типа плотины в зависимости от строительного грунта и грунтов балки приведены в таблице (табл. 8).

Таблица 8

Рекомендуемые типы низконапорных земляных плотин
и противофильтрационных устройств

Грунты оснований, мощность, м	Строительные грунты, К – коэффициент фильтрации, м/сут.		
	Пески крупно-, средне-, мелко-зернистые, К=1,00–0,75	Легкий суглинок, супесь, К=0,05–0,7	Средние и тяжелые суглинки, К=0,005–0,05
Водо-непроницаемые	Плотина с ядром	Плотина с экраном	Однородная плотина с дренажем и защитным покрытием откосов
Водо-проницаемые, до 3 м	Плотина с ядром и замком	Плотина с замком и экраном	Однородная плотина с замком, дренажем и защитным покрытием откосов
Водо-проницаемые, от 3 до 6 м	Плотина с ядром, зубом и шпунтовым рядом	Плотина с экраном, зубом и шпунтовым рядом	Однородная плотина с зубом, шпунтовым рядом и защитным покрытием откосов
Водо-проницаемые, более 6 м	Плотина с ядром, зубом, шпунтовым рядом и понуром	Плотина с экраном, зубом, шпунтовым рядом и понуром	Однородная плотина с зубом, шпунтовым рядом, понуром и защитным покрытием откосов

2.3. Поперечный профиль плотины

Поперечный профиль плотины является основным чертежом, отражающим конструкцию плотины. На нем указываются вертикальная шкала с отметками высот, все параметры плотины, размеры противофильтрационных устройств и дренажа, если они проектируются, отметки характерных горизонтов воды в пруду (ГМО, НПГ, ГВВ), глубина залегания водопора (см. рис. 3, 4). Чертеж выполняется в масштабе 1:100 (1:200). При построении поперечного профиля для верхового и низового откосов вычисляют заложение откосов. Пунктиром указывается контур плотины после осадки грунта.

На поперечном профиле однородной плотины следует нанести линию депрессии, уклон которой в глинах равен 0,5, в суглинках 0,4, в супесях 0,3. С учетом уклона рассчитывается расстояние от конца кривой депрессии до основания сухого откоса. Чтобы плотина была устойчивой, это расстояние должно быть не менее 4 м. При меньшем расстоянии следует увеличить ширину гребня или устроить сухой откос более пологим.

2.4. Продольный и поперечный профили пруда

Продольный профиль пруда вычерчивается в масштабах горизонтальном 1:5000, вертикальном 1:50 (рис. 5). Для построения профилей используется план балки. На чертеже указывается вертикальная шкала с отметками горизонталей. По горизонтальной шкале отмечают расстояния по оси водохранилища. Вычерчивается дно водохранилища и отмечаются характерные уровни воды (ГМО, НПГ, ГВВ).

Поперечный профиль пруда вычерчивается также в масштабах горизонтальном 1:5000, вертикальном 1:50 (рис. 6). Для этого по вертикальной оси откладывают отметки горизонталей до гребня плотины. На плане балки измеряют расстояния между горизонталями по оси плотины и вычерчивают профиль пруда в створе плотины.

2.5. Продольный профиль плотины

Продольный профиль плотины, или план плотины, используется для разбивки плотины на местности. Он представляет собой вид насыпи сверху.

Масштаб принимается горизонтальный 1:1000, 1:2000 (для построения длины плотины), вертикальный 1:100, 1:200 (для построения ширины плотины).

Зная высоту плотины, определяют отметку гребня плотины (см. рис. 5, 6). На плане балки в горизонталях по оси плотины отмечают ее концы согласно отметке гребня. Таким образом уточняется длина плотины. Затем приступают к непосредственному вычерчиванию плана плотины (рис. 7).

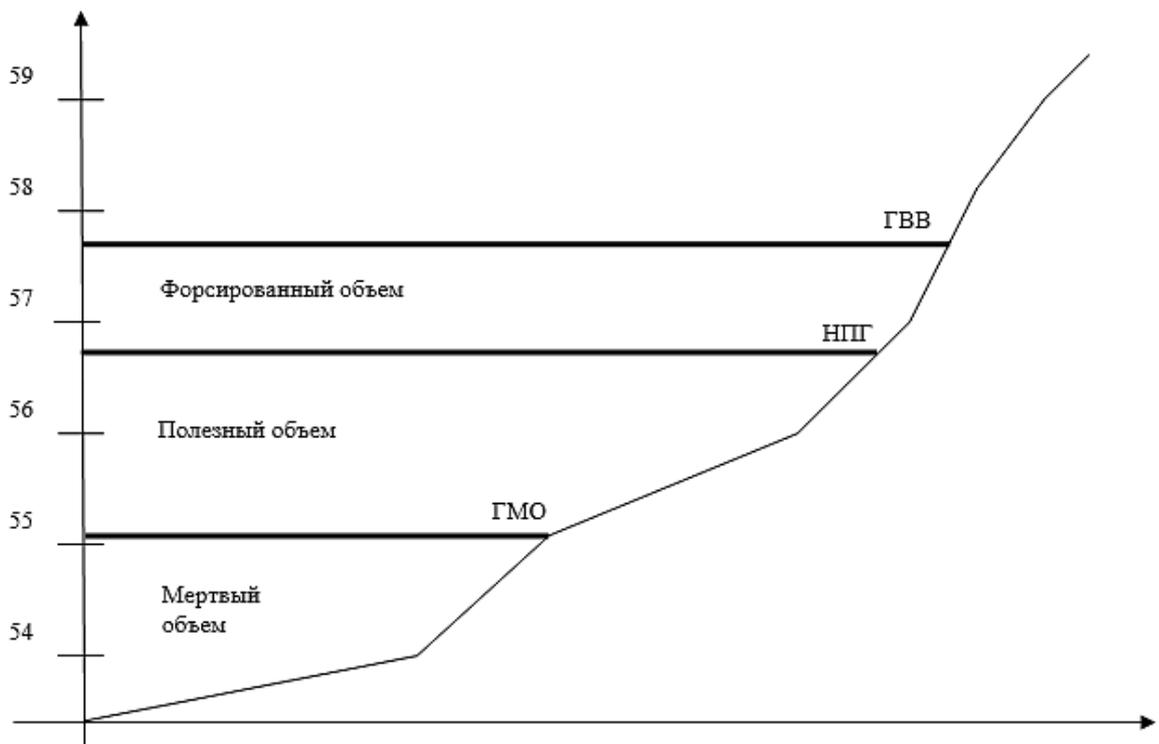


Рис. 5. Продольный профиль пруда

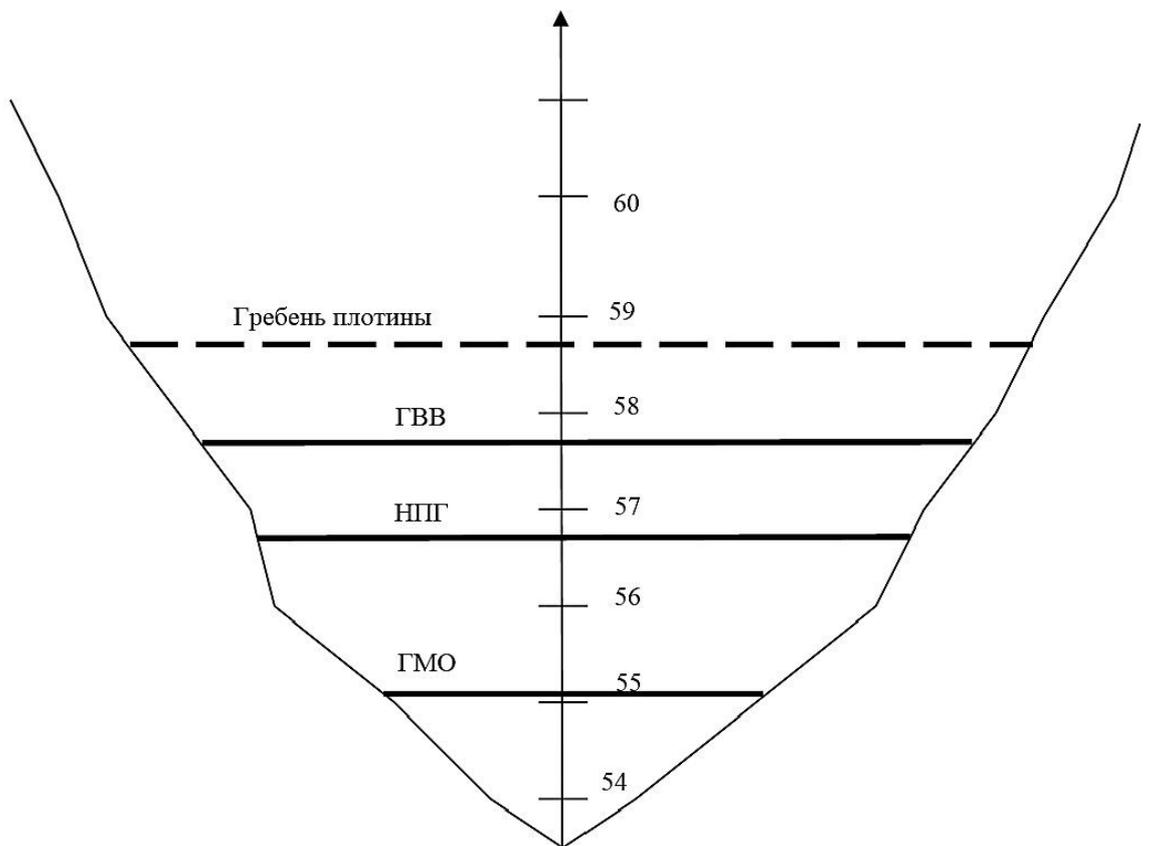


Рис. 6. Поперечный профиль пруда

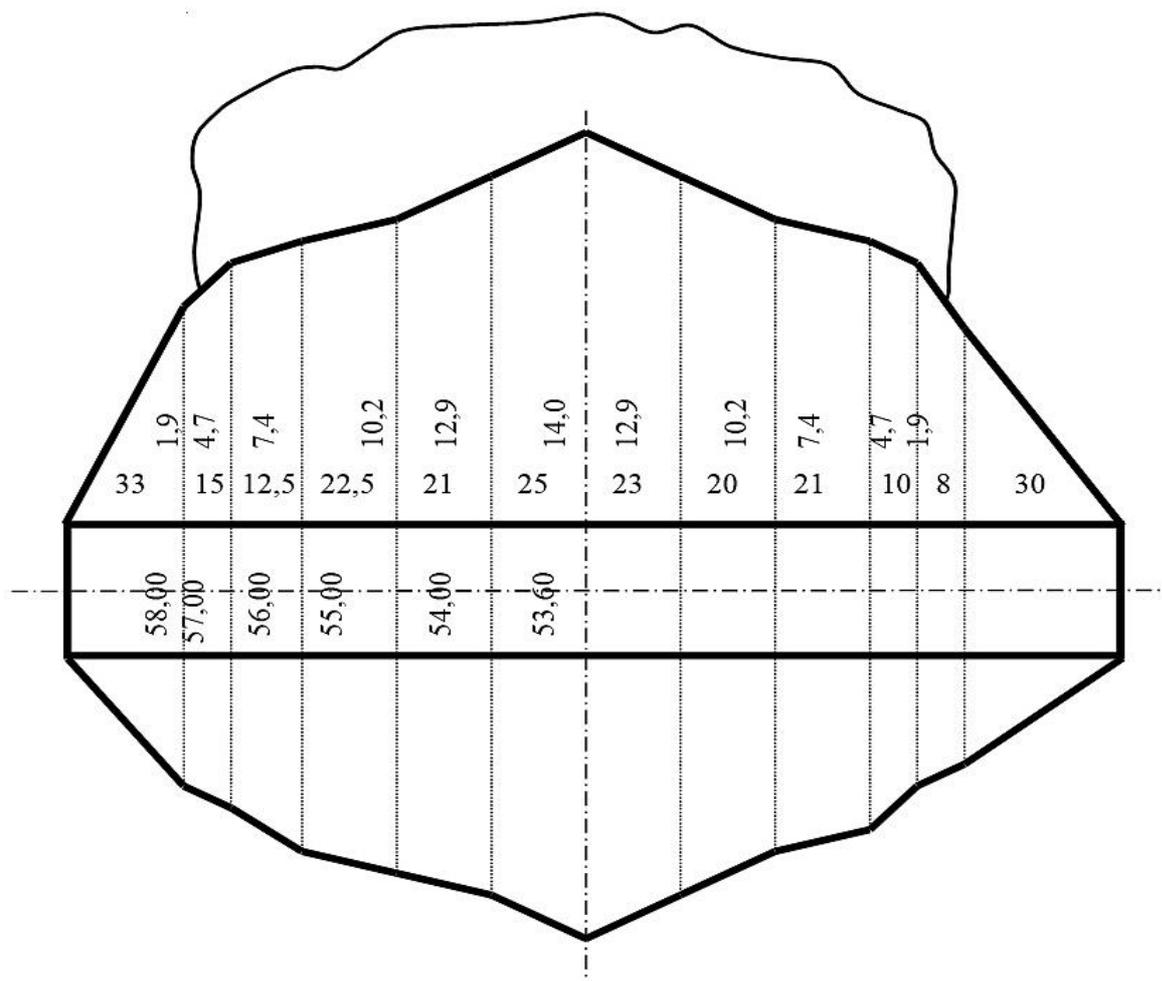


Рис. 7. Продольный профиль плотины

Вначале проводится ось и отмечается длина плотины. Параллельно с обеих сторон намечают бровки гребня так, чтобы расстояние между бровками равнялось принятой ширине гребня плотины.

Подшвы откосов плотины, то есть линии пересечения плоскостей откосов плотины с поверхностью земли, строят следующим образом. С предыдущих чертежей (см. рис. 1, 5, 6) берутся расстояния между горизонталями и откладываются в масштабе по оси плотины, а также высота плотины на каждой горизонтали.

Умножением высоты плотины на коэффициент откоса (отдельно верховой и низовой) получают заложение откоса, которое откладывается от бровки гребня плотины перпендикулярно ее оси в месте пересечения с соответствующей горизонталью.

Концы заложений с обеих сторон плотины соединяют прямыми линиями и получают подошвы откосов в виде ломаной линии. Контуры плотины (бровки гребня и подошвы откосов) вычерчиваются жирными линиями. Для обозначения насыпи на рисунке проводятся от бровки гребня перпендикулярно оси плотины чередующиеся короткие и длинные штрихи.

Глава 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДОСБРОСНОГО СООРУЖЕНИЯ

3.1. Расчет максимального расхода водосбросного сооружения

Наибольшие расходы воды получаются от снеготаяния или дождей (ливней). Часто ливневый расход превышает расход снеготаяния. В связи с этим водосбросные сооружения рассчитывают на ливневый расход.

Водосбросные сооружения (водосбросный канал, водослив, водоспуск), как правило, рассчитываются на расход 10 %-ной обеспеченности.

Приближенно максимальный ливневый расход можно определить по формуле Д.Л. Соколовского:

$$Q_{10\%} = B_{10\%} \sqrt{F},$$

где $B_{10\%}$ — районный параметр, зависящий от географического положения водосбора и обеспеченности; принимается при обеспеченности 10% равным 4 — для лесной зоны, 6 — для лесостепной, 8 — для степной;

F — площадь водосбора, км².

Например, для водосбора площадью 368 га, расположенного в Свердловской области (лесная зона), максимальный ливневый расход составит:

$$Q_{10\%} = 4 \sqrt{3,68} = 4 \cdot 1,92 = 7,67 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

С учетом регулирующего влияния водохранилища расчетный расход водосбросного сооружения ($Q_{\text{расч.}}$, м³/с) может быть меньше, чем $Q_{10\%}$.

$$Q_{\text{расч.}} = Q_{10\%} \left(1 - \frac{V_{\phi}}{V_{\text{пав.}}} \right),$$

где V_{ϕ} — объем форсировки пруда между горизонтами ГВВ и НПГ, м³;

$V_{\text{пав.}}$ — объем воды, поступающей в пруд во время паводка, м³.

Например, объем форсировки составит

$$V_{\phi} = V_{\text{ГВВ}} - V_{\text{НПГ}} = 65000 - 34434 = 30566 \text{ м}^3.$$

Объем паводковых вод ($V_{\text{пав.}}$, м³) рассчитывается по формуле

$$V_{\text{пав.}} = 1700 B_{10\%} F,$$

где $B_{10\%}$ — районный параметр, зависящий от географического положения водосбора и обеспеченности; принимается при обеспеченности 10% — равным 4 для лесной, 6 — для лесостепной, 8 — для степной зоны;

F — площадь водосбора, м².

Для рассчитываемого примера объем паводковых вод составит

$$V_{\text{пав.}} = 1700 \cdot 4 \cdot 3680000 = 2502400000 \text{ м}^3.$$

Учет регулирующего влияния водохранилища позволяет значительно уменьшить размеры водосбросного сооружения, а, следовательно, снизить его стоимость.

Подставляем полученные данные в формулу расчетного расхода:

$$Q_{\text{расч.}} = 7,67 \left(1 - \frac{30566}{2502400000} \right) = 7,67 \text{ м}^3/\text{с}.$$

На небольших прудах, как в приведенном примере, регулирующим влиянием пруда можно пренебречь.

3.2. Гидравлический расчет водосбросного сооружения

В качестве водосбросного сооружения на прудах устраивают открытый водосбросный канал, водослив или водоспуск.

Канал используют на небольших прудах для сброса небольших расходов воды. Его прокладывают в коренном берегу балки без укрепления дна и откосов. Иногда для обеспечения устойчивости в нижней части канала делают простейшие быстротокки или ступенчатые перепады. В начале канала устраивают льдозадерживающие сооружения.

Гидравлический расчет сбросного канала сводится к определению ширины канала по дну для пропуска максимального расхода при неразмывающей скорости течения воды в канале.

Вначале определяют площадь живого сечения канала, используя формулу расхода воды:

$$Q_{\text{расч.}} = w v_{\text{max}} \rightarrow w = \frac{Q_{\text{расч.}}}{v_{\text{max}}}.$$

Максимально допустимая скорость течения воды в канале (м/с) принимается по табл. 9 в зависимости от грунтов. Глубина воды в канале принимается равной разности отметок на ГВВ и НПГ или в среднем 0,5–0,6 м. Поперечное сечение канала приведено на рис. 8.

Таблица 9

Максимально допустимая скорость течения воды

Грунты	Средняя глубина воды в канале, м	
	0,4	1,0
Пески: мелкий	0,20–0,35	0,30–0,45
средний	0,35–0,50	0,45–0,60
крупный	0,50–0,60	0,60–0,75
Суглинки: легкий	0,60–0,75	0,75–0,85
средний	0,75–0,85	0,85–1,00
тяжелый	0,85–1,00	1,00–1,20
Глина	1,00	1,20

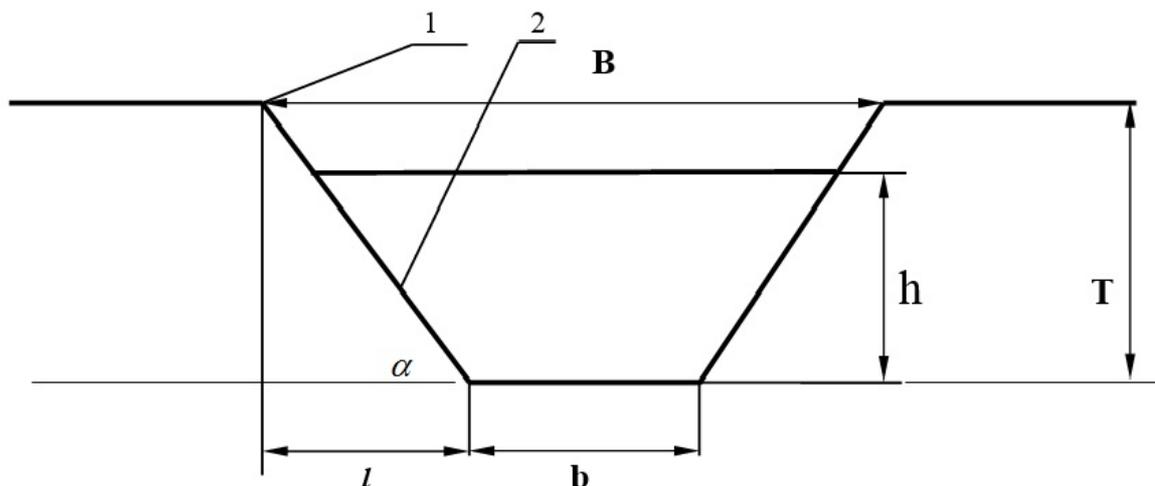


Рис. 8. Поперечный профиль канала:

1 – бровка; 2 – откос; Г – глубина канала; b – ширина канала по дну; В – ширина канала по верху; l – заложение откоса; h – глубина воды в канале

Площадь живого сечения канала трапецеидальной формы определяется по формуле

$$\omega = (b + m h) h,$$

где b — ширина канала по дну, м;
 m — коэффициент заложения откоса;
 h — глубина воды в канале, м.

Из данной формулы выражают ширину канала по дну:

$$b = \frac{w - m h^2}{h}.$$

Коэффициент заложения откосов канала принимают в глинистых грунтах — 1,00, в суглинистых — 1,50, в песчаных и супесчаных — 2,00.

Например, рассчитаем ширину канала по дну, проложенного в суглинках ($m = 1,50$), со средней глубиной воды в канале $h = 1,2$ м.

$$w = \frac{Q_{\text{расч.}}}{v_{\text{max}}} = \frac{7,67}{1,20} = 6,39 \text{ м}^2;$$

$$b = \frac{w - m h^2}{h} = \frac{6,39 - 1,50 \cdot 1,2^2}{1,2} = 3,5 \text{ м}.$$

Также для канала вычисляют смоченный периметр (χ , м) по формуле

$$\chi = b + 2 h \sqrt{1 + m^2}.$$

В рассчитываемом примере смоченный периметр составит:

$$\chi = 3,5 + 2 \cdot 1,20 \sqrt{1 + 1,5^2} = 3,5 + 2,40 \cdot 1,80 = 7,82 \text{ м}.$$

Глубину канала (T) принимают условно на $0,2$ м больше максимальной глубины воды в канале ($h + 0,2$, м).

Для проектирования канала необходимо вычислить максимальный уклон дна канала. При расчете уклона дна (v , м/с) используется формула Шези:

$$v = C\sqrt{Ri},$$

где C — скоростной коэффициент, определяется по табл. 10;

R — гидравлический радиус, м;

i — уклон поверхности.

Таблица 10

Значение коэффициента C (по формуле академика Н.Н Павловского)

R, м	n			
	0,025	0,030	0,035	0,040
0,20	26,9	21,3	17,4	14,5
0,22	27,6	21,9	17,9	15,0
0,24	28,3	22,5	18,5	15,5
0,26	28,8	23,0	18,9	16,0
0,28	29,4	23,5	19,4	16,4
0,30	29,9	24,0	19,9	16,8
0,35	31,1	25,1	20,9	17,8
0,40	32,2	26,0	21,8	18,6
0,45	33,1	26,9	22,6	19,4
0,50	34,4	27,8	23,4	20,1
0,55	34,8	28,5	24,0	20,7
0,60	35,5	29,2	24,7	21,3
0,65	36,2	29,8	25,3	21,9
0,70	36,9	30,4	25,8	22,4
0,75	37,5	30,9	26,35	22,9
0,80	38,0	31,5	26,8	23,4
0,85	38,4	31,8	27,15	23,8
0,90	38,9	32,2	27,6	24,1
0,95	39,5	32,75	28,1	24,6
1,00	40,0	33,3	28,6	25,0
1,10	40,9	34,1	29,3	25,7
1,20	41,6	34,8	30,0	26,3

Примечание. Промежуточные значения скоростного коэффициента находятся интерполяцией.

Гидравлическим радиусом (R) называется отношение площади живого сечения к смоченному периметру канала:

$$R = \frac{w}{\chi} = \frac{6,39}{7,82} = 0,82 \text{ м.}$$

Рассчитаем допустимый уклон по формуле

$$i_{\text{расч.}} = \frac{v_{\text{max}}^2}{C^2 R}.$$

При коэффициенте шероховатости русла 0,030 и гидравлическом радиусе, равном 0,82 м, скоростной коэффициент $C = 31,62$.

$$i_{\text{расч.}} = \frac{1,20^2}{31,62^2 \cdot 0,82} = 0,0015.$$

Водослив устраивают обычно в виде канала с быстотоком или перепадом. Верхняя горизонтальная часть водослива называется понурным полом, наклонная часть – водобойным и нижняя горизонтальная площадка – сливным полом. Противофильтрационную стенку, или шпунтовый ряд, забивают на глубину 1,5 – 2,0 м. Входная часть понурного пола делается расширенной для рассредоточения потока воды на входе. Водобойный пол заканчивается водобойным колодцем. Выходную часть водослива – сливную пол – также делают расширенным (рис. 9).

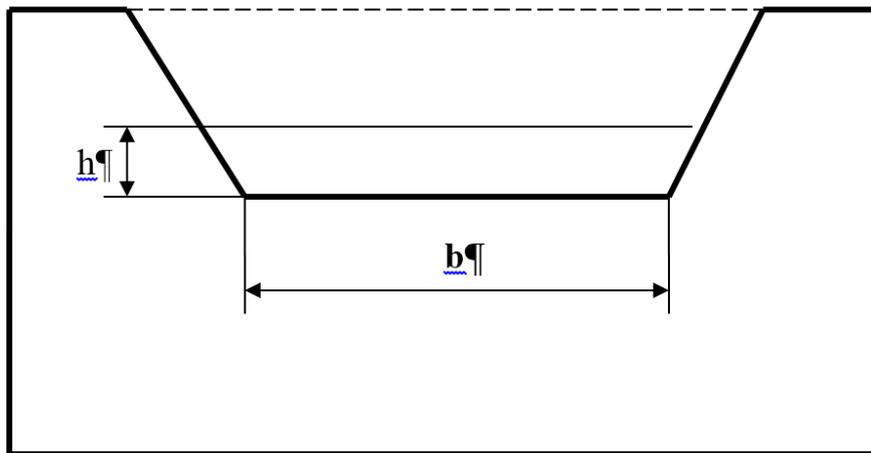


Рис. 9. Схема водослива (с трапециевидальным вырезом):
 b – ширина порога водослива; h – напор воды на пороге водослива

Ширину водослива (b , м) приближенно рассчитывают по формуле

$$b = \frac{Q}{\mu h \sqrt{2 g \Delta h}},$$

где Q — максимальный расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$;

μ — коэффициент закругления (при остром входе 0,85; при закругленном – 0,92);

h — глубина воды на пороге водослива (0,6 – 1,0 м);

g — ускорение свободного падения ($9,81 \text{ м/с}^2$);
 Δh — перепад (превышение уровня воды в водохранилище над уровнем при входном отверстии), принимается в пределах $0,08\text{--}0,10 \text{ м}$.

Максимальный расход воды ($Q, \text{ л/с}$) рассчитывают по формуле

$$Q = q_{\max} F,$$

где q_{\max} — максимальный модуль стока, $\text{л/с} \cdot \text{га}$ ($\text{м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2$);
 F — площадь водосбора водохранилища, га (км^2).

Максимальный модуль ($q_{\max}, \text{ л/с} \cdot \text{га}$) стока талых вод вычисляют по формуле Д.Л. Соколовского:

$$q_{\max} = 2,78 a \sigma \alpha,$$

где a — среднемаксимальная интенсивность снеготаяния, на Западе — $2\text{--}4 \text{ мм/г}$, на Урале — 4 , от Урала до Дальнего Востока — $4\text{--}8 \text{ мм/г}$;

σ — коэффициент стока;

α — коэффициент редукции, зависящий от величины водосбора:

$F, \text{ га}$	100	1000	10000
α	0,98	0,81	0,49

Например, для водосбора площадью 368 га коэффициент редукции составит $0,93$ и при интенсивности снеготаяния в Свердловской области 4 мм/г , коэффициенте стока $0,57$ максимальный модуль стока составит:

$$q_{\max} = 2,78 \cdot 4 \cdot 0,57 \cdot 0,93 = 5,89 \text{ л/с} \cdot \text{га}.$$

$$Q = 5,89 \cdot 368 = 2167,5 \text{ л/с} = 2,17 \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$b = \frac{2,17}{0,92 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,1}} = 1,69 \text{ м}.$$

Водоспуск в отличие от водослива и канала устраивают в теле плотины. Он представляет собой камеру с отвесными стенками, закрываемую щитами (рис. 10). Для уменьшения фильтрации и предотвращения размыва под водоспуском поперек камеры забивают один или несколько шпунтовых рядов: первый в начале водосливной камеры, второй под щитом. Пол и стенки водоспуска изготавливают двойными из шпунтовых досок или бетонными. Щиты, закрывающие водоспуск, делают разборными в виде шандар из шпунтовых досок или в виде металлических щитов (затворов), закрепляемых (перемещаемых) в вертикальных пазах.

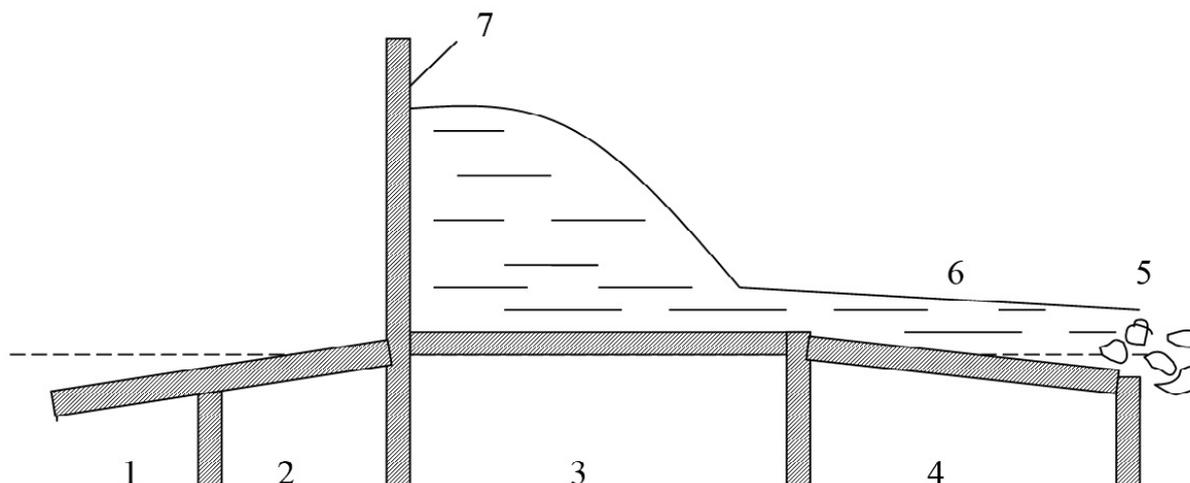


Рис. 10. Схема водоспуска:

- 1 – предпонурное сооружение; 2 – понурная часть;
 3 – водобойная часть; 4 – сливной пол; 5 – рисберма;
 6 – нижний бьеф; 7 – шпунтовая стенка (дамба)

Нижнюю часть водоспуска (дно камеры) располагают на уровне дна пруда, поэтому через водоспуск при необходимости можно спустить всю воду водохранилища.

Ширину отверстия водоспуска определяют по формуле водослива с широким порогом:

$$b = \frac{Q}{m h \sqrt{h}}$$

где Q — максимальный расход воды, м³/с;

m — коэффициент, равный 1,42 – 1,52;

h — напор на пороге водоспуска (0,6 – 1,0 м).

Рассчитаем ширину отверстия водоспуска:

$$b = \frac{2,17}{1,42 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{0,6}} = \frac{2,17}{1,42} = 1,53 \approx 1,5 \text{ м.}$$

Также используют в качестве водосброса **трубы и сифоны**. Трубы для орошения укладывают при строительстве плотины на коренном берегу балки на отметке горизонта мертвого объема (ГМО). Сифоны устраивают из стальных труб, укладываемых через плотину со стороны пруда к основанию сухого откоса. Трубы и сифоны с обеих сторон оборудуют задвижками, а концы и откосы в местах выхода оформляют прочной каменной кладкой. В местах выпуска воды устраивают водобойные колодцы.

3.3. Расположение водосброса на плане

Трасса *водосбросного канала* (продольная ось) проектируется на более пологом склоне балки. Водосбросный канал проектируется таким образом, чтобы дно канала располагалось на уровне НПГ. Канал начинается в 30–40 м от плотины и проходит в виде плавной кривой в 20 м от конца плотины. Нижний конец сбросного канала выводят в основной тальвег балки на расстоянии не менее 50 м от сухого откоса плотины (см. рис. 10).

По трассе канала определяют уклон дна и сравнивают его с расчетным. Если расчетный уклон ($i_{расч}$) больше или равен уклону местности по каналу, то принимают уклон дна канала, соответствующий уклону местности. Если нет, то канал удлиняют, доводя до расчетного уклона.

Водослив также проектируется в коренном берегу балки, аналогично водосбросному каналу.

Водоспуск проектируется в теле плотины.

3.4. Продольный профиль водосброса

Продольный профиль строится для водосбросного канала и водослива на основании плана пруда и плотины, где указана трасса канала (см. рис. 1). Продольный профиль вычерчивается условно только до оси плотины в масштабе: горизонтальном 1:1000, вертикальном 1:100.

В нижней части листа размещается панель (подзор) профиля из шести горизонтальных строк высотой 1,0 см каждая (рис. 11). Название строк помещается слева.

От начала расположения канала откладывают расстояния между горизонталями и ставят отметки поверхности (горизонталей) в первой строчке.

Отметки поверхности откладывают в выбранном масштабе вверх от верхней линии. Причем отметку этой линии принимают условно так, чтобы ординаты профиля имели высоту 6–12 см. Когда отложены все отметки поверхности, полученные вертикали соединяют прямыми линиями черным цветом, обозначая рельеф местности в месте расположения канала.

После этого проектируют дно канала. Красным цветом вычерчивают линию дна с выбранным уклоном (средний уклон местности или рассчитанный в пункте 3.2).

После проведения линии дна вычисляют отметки дна, используя формулу

$$i = \frac{\Delta h}{l},$$

где Δh — превышения между соседними отметками, м;

l — расстояние, за которое взято превышение, м.

Для вычисления превышений уклон умножают на расстояния. Отметки определяют с точностью до 0,01 м и записывают в строку 3 (см. рис. 11).

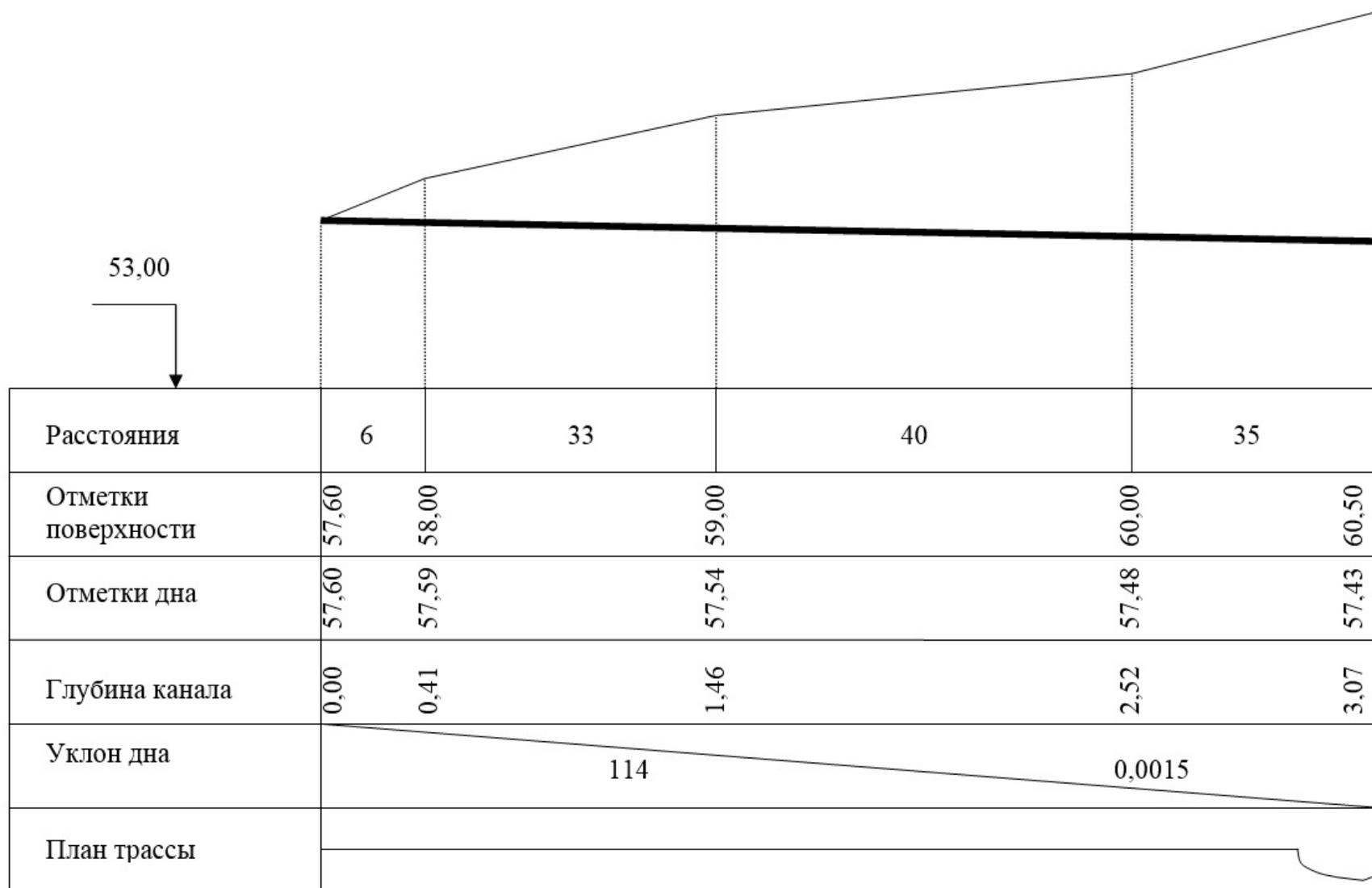


Рис. 11. Продольный профиль водосбросного канала (водослива)

По разности отметок поверхности земли и дна канала находится глубина канала. В строке «план трассы» отмечают повороты оси канала и обозначают закругления (см. рис. 11).

Продольный профиль вычерчивают в цвете: проектные линии (дно канала, отметки дна, уклоны, глубина канала, план трассы) – красным, вода в канале – синим, а все остальное (линия поверхности, отметки поверхности, расстояния) – черным цветом.

Глава 4. СТРОИТЕЛЬСТВО ПЛОТИНЫ

4.1. Технология строительства плотины

Для строительства пруда необходимо провести следующие виды работ.

1. Вынос проекта в натуру (разметка на местности).
2. Подготовка ложа пруда:
 - а) удаление из зоны затопления древесно-кустарниковой растительности;
 - б) устройство осушительных каналов для выпуска воды из всех понижений при полном опорожнении пруда.
3. Строительство плотины:
 - а) снятие растительного слоя под всей подошвой плотины на глубину 0,2–0,5 м;
 - б) устройство по всей длине замковой канавы и других запроектированных противофильтрационных сооружений под плотиной;
 - в) устройство водосброса (водосбросный канал и водослив строятся перед насыпкой плотины);
 - г) насыпка тела плотины с послойным уплотнением грунта одновременно с устройством ядра или экрана, дренажа;
 - д) укрепление откосов плотины, устройство понура;
 - е) устройство по гребню дорожной одежды;
 - ж) устройство водовыпуска для забора воды из пруда (трубы, сифоны).
4. Облесение территории вокруг пруда, прогулочной зоны, зоны отдыха.

4.2. Расчет объема земляных работ

В объем земляных работ входит расчет насыпи тела плотины и выемки грунта под водосбросный канал (водослив).

Для определения объема тела плотины ее мысленно рассекают плоскостями, перпендикулярными оси, на ряд элементарных призм, основаниями которых являются соседние поперечные сечения (F), а высотами – расстояния между соседними сечениями (l).

Объем каждой призмы (V , м³) равен произведению полусуммы соседних поперечных сечений на расстояние между ними:

$$V_{1-2} = \frac{F_1 + F_2}{2} l_{1-2} .$$

Площадь каждого поперечного сечения зависит от ширины гребня плотины (a), заложения верхового и низового откосов (m_v , m_n), высоты плотины ($H_{пл}$). Поэтому вначале рассчитывают ширину основания плотины на каждом сечении или берут эти размеры с продольного профиля плотины (см. рис. 7). Затем вычисляют площади поперечных сечений по формуле площади трапеции. Например, между горизонталями 59 и 58 площадь (F , м²) будет вычисляться по формуле

$$F_{59-58} = \frac{a + A_{59-58}}{2} H_{59-58},$$

где a — ширина гребня плотины, м;

A_{59-58} — средняя ширина основания плотины между горизонталями 59 и 58, м;

H_{59-58} — средняя высота плотины между горизонталями 59 и 58, м.

Расчеты объема насыпи плотины сводятся в таблицу (табл. 11).

Аналогичным образом рассчитывается объем выемки грунта под водосбросный канал (водослив) (табл. 12). Данные о глубине канала и расстоянии между отметками берут с продольного профиля канала (см. рис. 11).

Таблица 11

Определение объема насыпи тела плотины

$$a=4 \text{ м}, m_v=2,75, m_n=2,00$$

Отметки горизонталей	Высота плотины, Н, м	Ширина основания плотины, А, м	Средняя линия трапеции, м	Площадь трапеции, м ²	Площадь средней трапеции, м ²	Расстояние между сечениями, м	Объем, м ³
58,70	0,00	4,00	-	0,00	-	-	-
58,00	0,70	7,33	5,66	3,96	1,98	33,00	65,40
57,00	1,70	12,08	8,04	13,66	8,81	15,00	132,21
56,00	2,70	16,83	10,41	28,11	20,89	12,50	261,11
55,00	3,70	21,58	12,79	47,31	37,71	22,50	848,56
54,00	4,70	26,33	15,16	71,26	59,29	21,00	1245,06
53,60	5,10	28,23	16,11	82,17	76,72	25,00	1917,97
54,00	4,70	26,33	15,16	71,26	76,72	23,00	1764,53
55,00	3,70	21,58	12,79	47,31	59,29	20,00	1185,78
56,00	2,70	16,83	10,41	28,11	37,71	21,00	791,99
57,00	1,70	12,08	8,04	13,66	20,89	10,00	208,89
и т.д.							
Итого							

Таблица 12

Определение объема выемки под водосбросный канал (водослив)

$$b=3,5 \text{ м, } m=1,50$$

Отметки горизонталей	Глубина канала, Т, м	Ширина канала по верху, В, м	Площадь трапеции, м ²	Площадь средней трапеции, м ²	Расстояния между сечениями, м	Объем, м ³
57,6	0	-	-	-	-	-
58,0	0,41	4,73	1,69	0,84	6	5,04
59,0	1,46	7,88	8,31	5,00	33	165
60,0	2,52	11,06	18,34	13,32	40	532,8
60,50	3,07	12,71	24,88	21,61	35	756,35
Итого						1459,19

Поскольку продольный профиль строится только до оси плотины, объем выемки также рассчитывается до оси плотины, общий объем выемки условно удваивается:

$$1459,19 \cdot 2 = 2918,38 \text{ м}^3.$$

4.3. Эксплуатация пруда и плотины

Эксплуатация пруда и плотины включает мероприятия по надзору и уходу за плотинной и водосбросными сооружениями, их ремонт и мероприятия по благоустройству территории водохранилища.

Основные виды повреждений – перелив воды через гребень плотины, фильтрация воды через плотину, разрушение плотины волнобоем, повреждение водосбросных сооружений.

Перелив воды через гребень наблюдается при очень больших паводках или вследствие неподготовленности водосбросных сооружений к пропуску паводка. Для предотвращения перелива воды водосбросные сооружения необходимо весной перед половодьем очистить от снега, льда, мусора. При больших паводках, когда водосбросные сооружения не успевают сбросить воду, для устранения перелива воды необходимо устроить временный водосбросный канал с отводом воды в балку ниже плотины.

Трещины часто образуются на новых плотинах до полной усадки грунта вследствие его замерзания в верхних слоях и продолжающейся осадки нижних слоев, что ведет к образованию пустот. При образовании в плотине поперечной трещины нужно выкопать траншею 1,5–2,0 м глубиной на 0,5 м ниже глубины трещины. При продольной трещине траншею выкапывают вдоль трещины на всю ее длину. Трещину заполняют тем же грунтом, из которого устроена плотина, слоями 15–20 см с тщательной утрамбовкой.

Фильтрация воды через плотину может наблюдаться при нарушении правил проектирования или строительства. Для устранения фильтрации

необходимо увеличить основание плотины за счет ее уширения со стороны сухого откоса или устроить дренаж. Если фильтрующаяся через дренажное устройство вода чистая, то это указывает на хорошее состояние плотины.

Разрушение плотины волнобоем устраняют креплением мокрого откоса каменной отмосткой, бетонными плитами или наброской камней по квадратам, созданным из кольев ивы.

Водосбросные сооружения следует постоянно очищать от мусора, а весной от снега и льда. Наиболее частыми видами повреждения водосбросных сооружений является образование провалов вдоль их стенок вследствие фильтрации воды. Все провалы за стенками водопропускных сооружений следует своевременно заполнять грунтом с тщательной утрамбовкой.

Во избежание размыва плотин необходимо ко времени половодья или паводка организовать наблюдение и сосредоточить нужные материалы и механизмы.

В систему эксплуатационных мероприятий входит благоустройство территории вокруг пруда, восстановление нарушенного дернового покрытия, создание древесно-кустарниковых насаждений. При использовании пруда для тушения пожаров строят подъездные пути и помосты в местах забора воды. Целесообразно также разведение в прудах ценных пород рыб (карпа, линя, леща). Периодически необходимо проводить очистку пруда от травянистой водной растительности. Небольшие пруды очищают вручную, для очистки больших прудов используют специальные косилки и земснаряды. Через 20–30 лет, освободив пруд от воды полностью, очищают его от растительности, мусора и ила. Воду отводят через водоспуск или откачивают насосами.

Глава 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ВОКРУГ ПРУДОВ, ВОДОЕМОВ, ВОДОХРАНИЛИЩ

Облесение прудов и водохранилищ проводят для укрепления берегов от разрушения волнобоем, защиты водоемов от заиления и загрязнения, ослабления испарения с водной поверхности и улучшения санитарно-гигиенических условий на побережье. Защитные насаждения по берегам водохранилищ предупреждают заболачивание пологих берегов, приостанавливают оползневые явления, декоративно оформляют берега, создают благоприятные условия для отдыха людей, улучшают химический состав воды, усиливают ее бактериологические свойства (Приложение 2).

Выделяют несколько видов прибрежных насаждений в зависимости от их расположения и основного назначения (рис. 12).

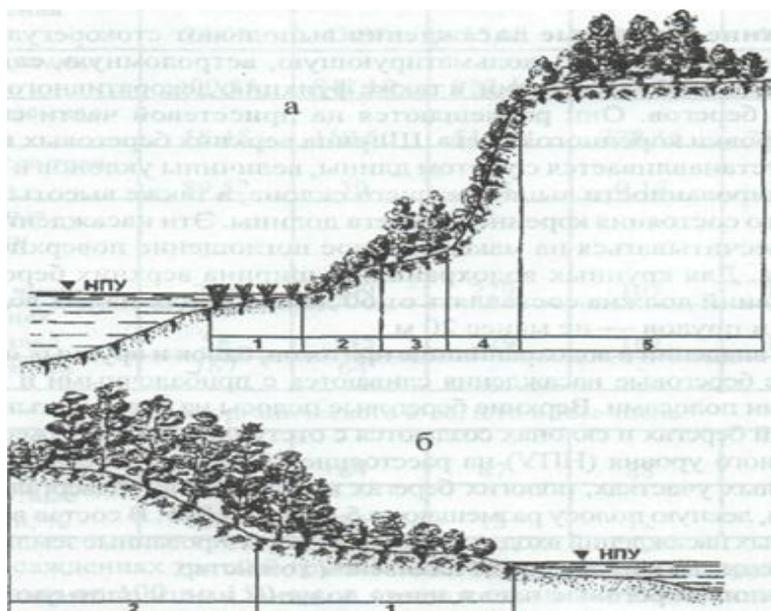


Рис. 12. Схема защитных насаждений по берегам водохранилищ: а – абразионные берега: 1 – тростник, камыш озерный, рис дальневосточный; 2 – кустарниковые ивы; 3 – древовидные ивы; 4 – среднее береговое насаждение из кустарников и древесных пород; 5 – верхнее береговое насаждение, б – пологие берега: 1 – кустарниковый пояс; 2 – древесно-кустарниковый пояс.

1. Верхние береговые насаждения выполняют водорегулирующую, почвозащитную, кольматирующую, ветроломную, санитарно-гигиеническую функции и функцию декоративного оформления берегов. Они размещаются на присетевой части склона, выше бровки коренного берега. Ширина устанавливается с учетом длины, величины уклонов, степени эродированности вышележащего склона, высоты и эрозионного состояния коренного берега долины.

Насаждения рассчитываются на максимальное поглощение поверхностного стока. Их ширина для крупных водохранилищ должна составлять 60–120 м, для малых – не менее 20 м.

Верхние береговые насаждения должны иметь плотную конструкцию и хорошую подстилку, что обеспечивает снегозадержание и водопоглощение. Они должны быть трехъярусными и создаваться по комбинированному типу смешения. Подбор пород и технология выращивания верхних береговых насаждений аналогичны таковым в прибалочных и приовражных полосах.

2. Средние береговые насаждения создаются для защиты от смыва и размыва берегов, предупреждения оползневых явлений, декоративного оформления берегов и хозяйственного использования непроизводительных площадей. Размещаются на коренных берегах речных долин и уступах террас. На оползневых берегах их ширина устанавливается с учетом облесения всего тела оползня. В связи с тяжелыми лесорастительными условиями этих местоположений и ограниченными возможностями применения механизации некоторые участки берега оставляют под естественным травостоем и кустарничковыми насаждениями. В ассортимент вводятся декоративные виды и формы, породы с глубокой и хорошо развитой корневой

системой, нетребовательные к почвенно-грунтовым условиям, плодово-ягодные культуры (на пологих берегах).

При облесении оползневых участков высаживаются высокоствольные древесные породы, которые хорошо транспирируют влагу, содействуя осушению грунта, дают корневые отпрыски, надежно скрепляющие верхние горизонты почвы (тополя, ива белая, акация белая, лиственница, береза).

3. Нижние береговые насаждения подразделяются на:

- 1) *волноломные*, размещаемые на пляжах абразионных берегов;
- 2) *дренирующие* – на пологих неабразионных берегах, предназначенные для борьбы с их заболачиванием;
- 3) *наносорегулирующие*, создаваемые в верхней части водохранилища для аккумуляции поступающих речных наносов.

Волноломные насаждения погашают надземными частями растений энергию волн прибойного потока и вдоль береговых течений, аккумулируют наносы и скрепляют грунт корневыми системами. Волноломные насаждения должны занимать всю надводную часть пляжа и подводную отмель.

На пологих берегах крутизной 3–6° противоабразионные насаждения создаются за 3–5 лет до заполнения водохранилища выше и ниже НПУ, после его заполнения – по мере сработки уровня воды (осенью) и по воде.

При значительной абразии высоких берегов и небольшой ширине надводного пляжа создание волноломной полосы сочетают с устройством берегозащитных ГТС.

Ширина волноломной полосы может быть принята 20–50 м и зависит от типа берегов, высоты и длины волн, ширины и величины уклона подводной отмели.

При биологическом способе защиты абразионных берегов немаловажную роль играют полуводные растения (камыш, тростник и др.). При создании волноломной полосы вниз по отмели следует разводить полуводную растительность: рис дальневосточный, тростник, камыш озерный. Из кустарниковых ив хорошо переносят длительное периодическое затопление ивы трехтычинковая, русская, пурпурная, шерстистопобеговая, серая. На подводном пляже используют иву белую, иву ломкую, ольху черную, тополя, облепиху, аморфу и другие породы. Размещение для кустарниковых ив принимается загущенным – 0,8 (1) x 0,3 (0,2) м, а для древесных пород – 2 (2,5) x 1 (1,5) м.

Дренирующие насаждения создаются на переувлажненных почвах в зоне подтопления, их ширина – около 30 м. При частичной подготовке почвы в насаждения вводятся ивы древовидные, тополя, ольха черная и другие влаголюбивые породы.

Илозадерживающие (наносорегулирующие) насаждения создают с целью защиты водохранилища от твердых наносов. Поэтому полосы или куртинные насаждения кольматирующего назначения закладываются в

пойме выше вершины водохранилища, в устьях впадающих в него балок и оврагов. Рекомендуются наносорегулирующие насаждения сложной формы, с густым подлеском, типа илофильтров.

Схема поперечного профиля системы защитных насаждений вокруг пруда приведена на рис. 13.

Посадки по откосам земляных плотин предназначены для охраны плотин от оползней и смыва грунта при волнобое, для защиты их от разрушения при передвижении по ним транспорта и скота. Противоабразионные полосы устраивают из 5 – 6 рядов кустарниковых ив по урезу межени вод и выше по мокрому откосу. Размещение принимается загущенным – 0,5 x 0,5 м, посадка производится в шахматном порядке. По бровкам откосов может быть создана аллея из тополей и древовидных ив.

За сухим откосом в нижнем бьефе обычно наблюдается заболачивание, здесь высаживают дренирующие влаголюбивые породы.

Сухой откос плотины засевают многолетними травами между одно-, двухрядными кустарниковыми кулисами через 5 м. Возможно также его облесение кустарниками и древесными породами.

Припрудовые полосы по конструкции и назначению соответствуют противоабразионным, средним и верхним береговым. Их создают в количестве одного, двух или трех поясов в зависимости от местных условий. *Первый, волноломный (берегоукрепительный)*, пояс располагают в зоне НПУ, он состоит из 2–3 и более рядов кустарниковых ив. *Второй (ветроломный, дренирующий)* пояс создают из тополей и древовидных ив между отметками НПГ и ФПУ. Общая ширина насаждений вокруг прудов составляет до 10–18 м. В полосах оставляют разрывы для проезда и прогона скота к водоему.

По водопроводящим тальвегам создают кустарниковые илофильтры для кольматажа твердого стока. Ширину их определяют в зависимости от уровня проходящего паводка; длину по главному тальвегу устанавливают не менее 50 м, а по второстепенным – 20–50 м.

На мокрых откосах плотин для защиты их от разрушения волнобоем сажают 1–2 ряда кустарниковых ив между отметками НПУ и ФПУ. С целью биологического дренажа на нижнем бьефе проводится посадка древовидных ив и тополей (на протяжении 50–100 м) (рис. 14).

На участках водохранилищ и прудов, подвергающихся интенсивной абразии, создают ГТС.

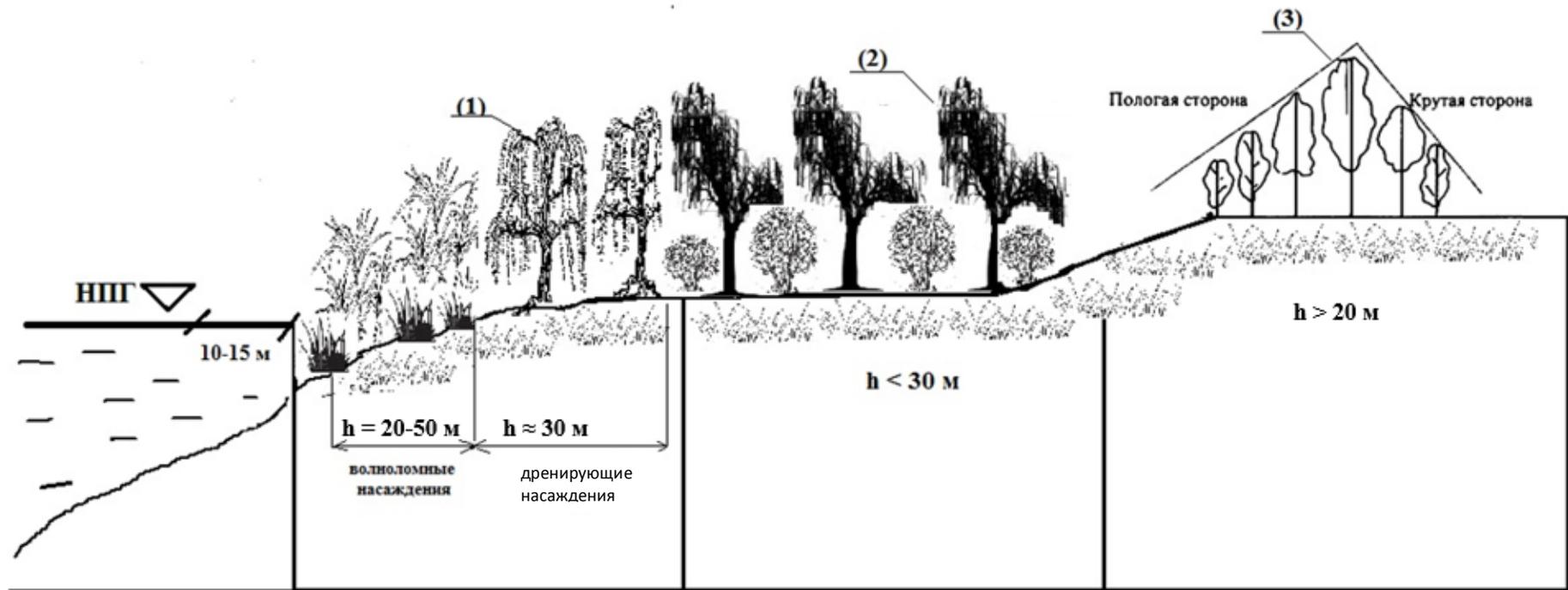


Рис. 13. Схема поперечного профиля системы защитных насаждений вокруг пруда:

- (1) – нижние береговые насаждения; (2) – средние береговые насаждения;
 (3) – верхние береговые насаждения; h – ширина насаждений

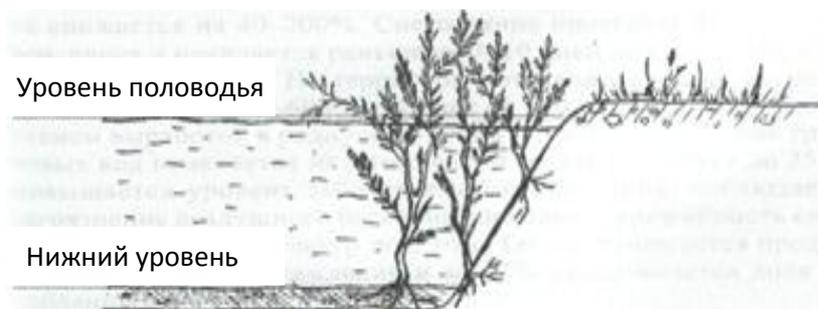


Рис. 14. Инженерно-биологические мероприятия на водоемах с сильным колебанием уровня воды

ГЛАВА 6. РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СЕБЕСТОИМОСТИ ПРОЕКТА

6.1. Смета затрат на строительство

Стоимость всех работ на создание плотинного пруда определяется по единым районным расценкам, учитывающим местные условия. Все расходы по устройству плотины можно отнести к стоимости земляных работ по устройству плотины.

Стоимость 1 м³ земляных работ колеблется в широких пределах и зависит от многих факторов: качества грунтов, дальности их вывозки, типа плотины и типа применяемых механизмов, организации работ и др.

Смета затрат на строительство водохранилища и плотины составляется поштатейно по укрупненным показателям (табл. 13).

Таблица 13

Смета затрат
на строительство пруда и плотины по укрупненным показателям

Наименование работ	Механизмы	Ед. изм.	Объем работ	Расценка, руб.	Стоимость, руб.
1	2	3	4	5	6
1. Расчистка площадей от кустарника и мелколесья	Корчеватель-собираатель, кусторез	га		44,3	
2. Строительство плотины: а) снятие растительного грунта под всей подошвой плотины на глубину ___ м	Скрепер, ковш 2,25 м ³	м ³		0,16	
б) устройство по всей длине плотины замковой траншеи и замка (зуба); в) забивка шпунтового ряда	Скрепер, ковш 2,25 м ³	10 м ³ м ²		5,50 6,00	

1	2	3	4	5	6
г) насыпка плотины	Скрепер, ковш 10 м ³	10 м ³		1,07	
д) уплотнение грунта	Пневмокаток весом 25 т	100 м ³		2,58	
	Вибрацион- ный каток ве- сом 6 т	100 м ³		3,19	
	Грунтоуплот- няющая ма- шина	100 м ³		4,82	
е) устройство ядра (экрана)	Укатка	100 м ³		21,5	
ж) планировка откосов и гребня плотины	Прицепные грейдеры	10 м ²		0,02	
3. Крепление откосов плоти- ны: а) сплошной одерновкой с подсыпкой растительной земли; б) одерновкой в клетку с подсыпкой растительной земли и посевом трав		100 м ²		37,5	
		100 м ²		22,0	
4. Устройство по гребню плотины дорожной одежды для грунтов группы: первая вторая третья; первая вторая третья	Грейдер- элеватор	100 м ²		11,0	
	«-«			14,7	
	«-«			22,4	
	автогрейдер			25,3	
	«-«			29,6	
	«-«			32,8	
5. Подготовка почвы, стои- мость саженцев, посадка и уход за лесом	Лесохозяй- ственные ма- шины	1 га		120- 150 руб.	
Итого затрат					

После составления сметы подсчитываются:

- накладные расходы – 16,5 %;
- плановые накопления – 6 %;
- непредвиденные расходы – 3 %.

В конце рассчитывают общий объем затрат.

6.2. Паспорт проекта

После завершения проектировочных работ и экономических расчетов составляется паспорт проекта, в котором указываются основные параметры плотины и пруда на момент создания и намечаются необходимые операции по эксплуатации плотины и пруда.

ПАСПОРТ плотинного пруда

проект № _____

1. Область (край) _____
2. Район _____
3. Характер водосбора _____
4. Время производства проектно-изыскательских работ _____
5. Время производства строительных работ _____
6. Основная характеристика плотины:
 - грунт основания плотины _____
 - грунт плотины _____
 - противофильтрационные сооружения:
 - в теле плотины _____
 - под плотиной _____
 - длина плотины _____ м
 - высота плотины _____ м
 - ширина гребня _____ м, дорога _____ класса
 - водосбросное сооружение _____
7. Основная характеристика водохранилища:
 - площадь зеркала воды на НПГ _____ м²
 - на ГВВ _____ м²
 - объем воды (по НПГ) _____ м³
 - глубина воды у плотины _____ м
 - длина по оси водохранилища _____ м
 - ширина водохранилища у плотины (по НПГ) _____ м
 - наибольшая _____ м
8. Характеристика защитной лесополосы:
 - длина полосы _____ м
 - ширина полосы _____ м, кол-во рядов _____ штук
 - древесные породы _____
 - кустарниковые породы _____
9. Мероприятия по очистке пруда: _____ лет
 - очистка водосброса _____
 - уход за насаждениями _____
 - очистка зон отдыха _____

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Бабилов Б.В. Гидротехнические мелиорации: учебник для вузов. СПб.: ЛТА, 2002. 293 с.

Матвеева М.А. Гидромелиорация ландшафта: метод. указ. Екатеринбург: УГЛТУ, 2006. 48 с.

Трещевский И.В., Шаталов В.Г. Лесные мелиорации и зональные системы противозерозионных мероприятий: учеб.пособие. Воронеж: изд-во ВГУ, 1982. 264 с.

Образец оформления титульного листа

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический
университет»**

Кафедра экологии и природопользования

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине «Регулирование стока»

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩА
И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОХРАНЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ
НА ТЕРРИТОРИИ _____.**

Руководитель: должность, ФИО

Выполнил: ФИО

Направление подготовки: 20.03.02

Курс:

Шифр:

Екатеринбург

20 ____

Проект пруда и плотины в балке

