
О.Н. Черных, Я.Ю. Бурлаченко

**ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ПРИ СОЗДАНИИ
ВОДОХРАНИЛИЩ ОТ АБРАЗИИ И
ПЕРЕФОРМИРОВАНИЯ БЕРЕГОВ**



Москва 2024

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА

Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства
имени А.Н. Костякова
Кафедра гидротехнических сооружений

О.Н. Черных, Я.Ю. Бурлаченко

**ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ПРИ СОЗДАНИИ
ВОДОХРАНИЛИЩ ОТ АБРАЗИИ И
ПЕРЕФОРМИРОВАНИЯ БЕРЕГОВ**

Методические указания

Москва
2024

УДК 624.131.1:626/627

ББК 38.37

Ч 45

DOI:10.34677/,

Рецензент: кандидат технических наук, доцент **А.В. Савельев**

Черных, О.Н Инженерная защита при создании водохранилищ от абразии и переформирования берегов: Методические указания / О.Н. Черных, Я.Ю. Бурлаченко. Москва: РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2024. 77 с. - Текст : электронный.

В методических указаниях даны рекомендации по изучению курса «Инженерная защита территорий при создании водохранилищ» и проектированию берегоукрепительных конструкций водных объектов разной типологии. Рассмотрены исходные данные, тематика, состав и объём отчётной работы, порядок, методика её выполнения и расчётов с применением ПК, требования к оформлению.

Методические указания предназначены для использования студентами инженерных специальностей направления подготовки 08.04.01 Строительство направленности «Речные и подземные гидротехнические сооружения» при выполнении домашнего задания или расчётно-графической работы с базовым названием «Разработка мероприятий по инженерной защите водохранилища с укреплением берегов (№__)» и при дипломном проектировании. Издание содержит приложения, в которых даны образцы титульного листа, документов и материалов, необходимых при подготовке работы к защите.

Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией ИМВХС имени А.Н. Костякова (протокол № 4 от 15 января 2024 г.).

© Черных О.Н., Бурлаченко Я.Ю.,

Составители, 2024

© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА
им. К.А. Тимирязева, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

No table of contents entries found.

ВВЕДЕНИЕ

Целью издания данных методических указаний является формирование у магистров, обучающихся по направлению подготовки 08.04.01 Строительство направленности «Речные и подземные гидротехнические сооружения», базовых знаний об основных конструкциях берегозащитных и берегоукрепительных гидротехнических сооружений (ГТС), ознакомление с особенностями работы ГТС береговой гидротехники и учёта взаимодействия их с водной средой при расчётах и проектировании, а так же изучение способов предотвращения опасных последствий этого взаимодействия для прибрежной территории.

При эксплуатации водного объекта (ВО) (водотока и водоёма), как и при наполнении любого водохранилища происходит постоянное переформирование его берегов, независимо от пород, слагаемых берега, климата и зоны расположения ВО. Наибольшему разрушительному воздействию подвергаются абразионные склоны больших и средних водохранилищ, сложенные дисперсными породами, протяжённость береговой линии которых составляет более 55% от общего периметра водохранилищ России (около 76 тыс. км). Переформирование берегов приводит к изъятию из использования сельскохозяйственных вдольбереговых территорий, повышает риск разрушения берега ВО и береговой инфраструктуры, создаёт угрозу возникновения чрезвычайной ситуации для сооружений АПК и жителей прибрежных населённых пунктов. Например, только потеря земель из-за абразии берегов водохранилищ Волжского каскада может составить более 35...39 тыс. га [1, 2, 14]. Учитывая стремление людей селиться вблизи ВО и возрастающую стоимость земель вокруг водохранилищ, важное значение приобретает: выбор альтернативных методов снижения рисков при интенсификации абразии; разработка корректных методов прогноза береговых процессов на локальных участках берега водохранилища; определение способа устройства берегоукрепления ВО, реконструкции и природоприближённого восстановления береговых элементов ВО, прогнозирование глубинной и боковой эрозии его берегов. Всё это вкуче позволяет сократить экономический ущерб и не допустить негативное воздействие водной эрозии, приводящее к возникновению и развитию чрезвычайных ситуаций на ВО, минимизировать затраты на восстановление повреждённых элементов ВО.

Учитывая, что в магистратуре обучаются в основном студенты из Китая для целей обоснования методов защиты берегов ВО от водного воздействия акцент сделан на специфику проектирования и реконструкции наиболее значимых берегоукрепительных ГТС, которые можно построить, используя как современные инновационные материалы, так и природоприближённые технологии и природные материалы, характерные для КНР.

Проектирование ведётся на основании индивидуальных исходных данных. Расчётно-графическая работа (РГР) или домашнее задание (ДЗ)

разрабатывается на базе подробного изучения природных условий района строительства. Методика проектирования ГТС берегозащиты и берегоукрепления, обеспечивающая безопасность и надёжность работы ВО, основана на применении комплекса компьютерных программ, разработанных в формате Excel для расчёта элементов ГТС на кафедре гидротехнических сооружений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, и используемых студентами разных направлений при выполнении КП, КР, РГР и ВКР, а также комплекса отечественных и зарубежных программ: UST, MikeGIS, Mike 11, «RIVER», «SV-1», «Вода» и др. базы данных, информационно-справочные и поисковые системы («Кодекс», "Консультант +" и пр.); презентации по различным водным объектам РФ и Китая, разных регионов России и мира.

Защита отчётной работы проводится в соответствии с действующим порядком, утверждённым решением Учёного совета РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

1.1. Компетенции обучающегося, формируемые в результате изучения дисциплины

Основными целью и задачами освоения дисциплины и выполнения РГР является формирование у магистров направления подготовки 08.04.01 Строительство направленности «Речные и подземные гидротехнические сооружения» стратегического мышления, видения ситуации в целом, представления: о проектировании элементов ВО; об особенностях реконструкции и основах эксплуатации ВО, в том числе берегов водоёмов мелиоративных систем; ознакомление с процессами взаимодействия наиболее распространённых типов береговых ГТС с водной средой и способами предотвращения опасных последствий этого взаимодействия; об основах методики выбора оптимального объёмно-планировочного решения берегоукрепительных ГТС объектов гидромелиорации и гидроузлов комплексного назначения; проектирования ГТС и производства строительных работ с использованием BIM технологий и технологий информационного моделирования разной типологии при обосновании мелиоративных режимов агроландшафтов с ВО.

Конечной целью изучения дисциплины является освоение студентами теоретических и практических знаний и приобретение умений и навыков в области инженерной защиты территорий при создании водохранилищ от их негативного влияния, формирование соответствующих компетенций, способности выработать технически обоснованные решения задач, встречающихся при использовании водных ресурсов с учётом требований экономики и экологии, знаний о возможностях “умного” оборудования, робототехники, 3-d сканирования, виртуальной и дополненной реальности, аддитивных технологий, позволяющих упростить, систематизировать и вывести на новый уровень все этапы проектирования ГТС объектов береговой гидротехники.

Цель выполнения РГР по дисциплине «Инженерная защита территорий при создании водохранилищ» состоит в закреплении и углублении студентами теоретических знаний, полученных в бакалавриатуре. При этом надо учитывать, что использование современных компьютерных программ (APMMultiphysics, MODFLO, GEOSLOPE, PLAXIS, SUTRA, VISUAL, Midas, Bentleysoftware, Flowvision, ArchiCAD, Комплекс программ расчёта по выполнению расчётов ГТС, средства программы Excel и др. в области проектирования ГТС водных объектов, мелиоративных и природоподобных ГТС, разработанных на кафедре гидротехнических сооружений РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева) упрощают процесс обучения и необходимы в их дальнейшей профессиональной деятельности.

Задачи выполнения РГР: освоить принципиальную методику рационального проектирования берегоукрепительных и берегозащитных ГТС в составе как крупного водохранилищного гидроузла, так и малого пруда или реки; ознакомиться с основными типами береговых сооружений из разных, в том числе и инновационных материалов и технологий; приобрести навыки использования технической литературы [6, 7, 11, 14, 17], учебников и учебных пособий [1, 2, 8, 9, 10, 15, 16], нормативных изданий [3, 4, 5], материалов презентаций и современных программных комплексов [9, 12, 13, 18] при расчёте и конструировании ГТС, составляющих понятие «берегоукрепительные конструкции водных объектов».

Дисциплина «Инженерная защита территорий при создании водохранилищ» включена в обязательный перечень учебного плана вариативной части. Дисциплина «Инженерная защита территорий при создании водохранилищ» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 08.04.01 Строительство направленность «Речные и подземные гидротехнические сооружения». Изучение дисциплины проводится в 1-ом семестре магистратуры параллельно с дисциплиной «Речные гидроузлы и гидротехнические сооружения». Дисциплина «Инженерная защита территорий при создании водохранилищ» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Организация гидротехнического строительства», «Безопасность гидротехнических сооружений». Освоение дисциплины «Инженерная защита территорий при создании водохранилищ» и реализация по ней в РГР требований ФГОС ВО, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению подготовки 08.04.01 Строительство направленности «Речные и подземные гидротехнические сооружения» должны формировать компетенции, представленные в таблице 1.1.

**Требования к результатам освоения дисциплины
«Инженерная защита территорий при создании
водохранилищ» и выполнения работы**

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	УК-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.1 Формулирование цели, задач, значимости, ожидаемых результатов проекта	-цели и задачи ожидаемых результатов проекта; - о значимости ожидаемых результатов проекта - программное обеспечение для анализа данных и программирования; -особенности подготовки отчетов в цифровом или бумажном формате и презентаций и использования ИКТ для командной работы и общения, создания и редактирования нового контента, решения концептуальных, технических и практических проблем	-формулировать цели и задачи ожидаемых результатов проекта; -формулировать значимость ожидаемых результатов проекта - использовать интернет-браузеры для просмотра, поиска, фильтрации, организации, хранения, извлечения и анализа данных, информации и цифрового контента и офисные приложения	-способностью формулировать цели, задачи и значимость ожидаемых результатов проекта - навыками использования электронной почты, файловых менеджеров и облачных сервисов для просмотра, поиска, фильтрации, организации, хранения, извлечения и анализа данных, информации и цифрового контента; управления базами данных и программирования

						для решения профессиональных задач; обработки информации и данных для сбора и первичной обработки эмпирических данных, эмпирического анализа и визуализации данных
2	ПКос-2	Способность разрабатывать проектные решения и организовывать проектные работы в сфере гидротехнического строительства	ПКос-2.1 Выбор нормативных документов, устанавливающих требования к проектным решениям ГТС	-требования к проектным решениям ГТС; нормативные документы, устанавливающие требования к проектным решениям ГТС	-использовать требования к проектным решениям ГТС; -использовать нормативные документы, устанавливающие требования к проектным решениям ГТС; - выбирать нормативные документы, устанавливающие требования к проектным решениям ГТС	методами выбора нормативных документов, устанавливающим и требования к проектным решениям ГТС
			ПКос-2.2 Составление плана работ по проектированию ГТС	-состав работ по проектированию ГТС; -этапы выполнения работ по проектированию ГТС	-группировать работы по проектированию ГТС; -устанавливать последовательность выполнения работ по проектированию ГТС; составлять план работ по проектированию	Способностью и навыками составления плана работ по проектированию ГТС

3	ПКос-3	Способность осуществлять и контролировать выполнение обоснования проектных решений в сфере гидротехнического строительства	<p>ПКос-3.1 Выбор метода и методики выполнения расчётного обоснования проектного решения ГТС, в т.ч. составление расчётной схемы</p>	<p>-методы составления расчётных схем при выполнении расчётного обоснования проектного решения ГТС; -методы расчётного обоснования проектного решения ГТС; -методики выполнения расчётного обоснования проектного решения ГТС, в том числе с применением современных цифровых инструментов (Google Jamboard, Miro, Kahoot).</p>	<p>-составлять расчётные схемы при выполнении расчётного обоснования проектного решения ГТС; -использовать методы расчётного обоснования проектного решения ГТС; -использовать методики выполнения расчётного обоснования проектного решения ГТС посредством электронных ресурсов, официальных сайтов.</p>	<p>-методикой составления расчётных схем при выполнении расчётного обоснования проектного решения ГТС; -способностью выбора метода и методики выполнения расчётного обоснования проектного решения ГТС</p>
			<p>ПКос-3.2 Выполнение расчётного обоснования проектного решения ГТС и документирование его результатов</p>	<p>-методы расчётного обоснования проектного решения ГТС; -методы документирования результатов проектного решения ГТС;</p>	<p>-выполнять расчётное обоснование проектного решения ГТС; -выполнять документирование результатов проектного решения ГТС</p>	<p>-методами выполнения расчётного обоснования проектного решения ГТС; методами документирования результатов расчётного обоснования проектного решения ГТС; -навыками обработки и интерпретации информации с помощью программных продуктов Excel, Word, Power Point,</p>

						Ріctochart и др., осуществления коммуникации посредством Outlook, Miro, Zoom.
			ПКос-3.3 Оценка соответствия проектных решений ГТС нормативно-техническим требованиям на основе результатов расчётного обоснования, оценка достоверности результатов расчётного обоснования	нормативно-технические требования к проектным решениям ГТС; -методы оценки достоверности результатов расчётного обоснования; - нормативные базы данных (www.kodeks.ru; - www.cntd.ru сайт Центра нормативно-технической информации).	использовать нормативно-технические требованиям к проектным решениям ГТС; -использовать методы оценки достоверности результатов расчётного обоснования для оценки соответствия ГТС нормативно-техническим требованиям; находить и использовать нормативные документы из соответствующих баз данных (www.kodeks.ru; www.cntd.ru сайт Центра нормативно-технической информации).	- методами оценки соответствия проектных решений ГТС, нормативно-техническим требованиям на основе результатов расчётного обоснования; - методами оценки достоверности результатов расчётного обоснования - методологией нахождения и использования материалов нормативных документов баз данных (www.kodeks.ru; - www.cntd.ru сайт Центра нормативно-технической информации)

1.2. Этапы выполнения структурных элементов работы

Расчётно-графическая работа (РГР) либо домашнее задание (ДЗ), выполняемые в 1 семестре, включают пояснительную записку объемом 15...20 страниц текста в Word, сопровождаемую расчетными схемами и чертежами. Работа носит расчётно-конструкторский характер, при этом приветствуются анализ результатов натурных обследований конкретных реальных объектов, модельные лабораторные или виртуальные исследования, подтверждающие специфику устройства берегоукрепительных или берегозащитных ГТС на водном объекте (водохранилище, малом пруду, реке и пр.).

Студент так же может самостоятельно предложить тему РГР по береговой гидротехнике при условии обоснования им её целесообразности и актуальности, например, для региона, где он проживает, или будет рассматривать этот ВО в дальнейшем в выпускной работе, либо это исходный материал, собранный во время производственной практики, или выполненной проектной разработки по другой дисциплине и т.д. Тема должна быть уточнена и согласована с руководителем РГР.

Исходные данные к РГР могут выдаваться как в виде бланка задания, так и в электронном файле [9, 12, 18] в соответствии со сроками учебного плана в начале изучения курса. В исходных данных к выполнению РГР должны быть указаны (см. приложения П1 и П2):

- гидрологические условия, в том числе и основные параметры рассматриваемого водохранилища;
- инженерно-геологические, климатические и гидрогеологические характеристики района строительства;
- наличие и характеристики местных строительных материалов и привозных карьерных грунтов, их зерновой состав, физические и геотехнические показатели [1, 15];
- состав и объём расчётов, сроки выполнения и защиты РГР.

При выдаче задания уточняются сроки выполнения ДЗ/РГР и дата её сдачи. На первом этапе выполнения РГР студенту необходимо изучить индивидуальное задание, структуру работы (табл. 1.3), составить примерный план-график выполнения РГР (табл. 1.4) и исходные данные на проектирование, ознакомиться с учебной литературой, где изложены основные теоретические положения для проектирования берегоукрепительных и берегозащитных ГТС, методы их расчёта, конкретные приёмы расчёта элементов ГТС.

Структура работы
«Разработка мероприятий по инженерной защите водохранилища
«.....» в Китае с укреплением берегов (№__)» и объем отдельных
разделов пояснительной записки

№ п/п	Элемент структуры РГР – Содержание РГР	Объем (примерный) страниц
1	Титульный лист (<i>приложение П3</i>)	1
2	Задание (<i>приложение П1и П2</i>)	1- 2
3	Содержание	1
4	Введение	1
5	Основная часть	10-12
	1. Описание и основные характеристик водохранилища 1.1. Исходные данные 1.2. Характеристика реального водохранилища в Китае	1-3
	2. Берегоукрепительные и берегозащитные мероприятия на водохранилище «.....». 2.1. Жёсткие укрепления 2.2. Гибкие укрепления 2.3. Биологические, биопозитивные и инженерно-биологические укрепления 2.4. Миксированные конструкции берегоукрепления	5-7
	3. Гидротехнические расчёты берегозащитных укрепительных конструкций 3.1. Расчёт креплений из железобетонных плит 3.2. Расчёт креплений из каменной наброски 3.3. Расчёт креплений из габионных структур 3.4. Выбор конструкции защитного укрепления сухих и мокрых откосов берегов водохранилища	5-7
6	Заключение	0,5
7	Библиографический список	1
8	Приложения (<i>по необходимости</i>)	

ИТОГО: 15 - 20

Таблица 1.4

Примерный план-график выполнения работы (ДЗ/РГР)

№	Наименование действий	Объём в %	Сроки, № недели семестра
1	2	3	4
1	Выбор темы.	1	1
2	Получение задания по ДЗ/РГР.	1	2
3	Составление списка литературы и её изучение	1	2
4	Создание плана ДЗ/РГР.	1	2
5	Выполнение основной части ДЗ/РГР.		
	Выбор водохранилища, его характеристика	5	2-3
	Выбор не менее 3-х вариантов берегоукрепительных или берегозащитных ГТС. Назначение габаритных размеров.	7	3 - 6
	Расчёт отметки верха и низа берегоукрепления.	5	3-5
	Выбор и расчёт крепления склона водного объекта.	1	6
	Расчёт устойчивости откоса водоёма (по необходимости).	9	6-7
	Зонирование береговой линии и оценка вариантов берегоукреплений.	1	8
	Построение поперечного разреза укрепления откоса водного объекта.	12	7-8
	Выбор основного типа берегоукрепления, уточнение его габаритных размеров.	13	8-9
6	Оформление пояснительной записки и завершение графической части ДЗ/РГР.	11	10
7	Представление руководителю первого варианта ДЗ/РГР.	2	11-12
8	Заключительное консультирование и защита.		12

При выполнении РГР/ДЗ целесообразно использовать компьютерные программы комплекса гидравлических и гидротехнических расчётов, имеющихся на компьютерах кафедры ГТС. Исходные данные при расчёте берегоукрепительных ГТС на ПК принимаются из файла в формате Excel для индивидуального варианта. Краткая инструкция по использованию комплекса обучающих программ кафедры, составленных в формате Excel, дана в приложении П.3 [9], где приведены и копии файла программ в Excel. Распечатки результатов расчётов на ПК, как выполненных по обучающим программам, так и по другим фирменным программным комплексам, должны быть вложены в пояснительную записку. Методика выполнения расчётов в РГР/ДЗ в целом и их отдельных частей достаточно подробно указана в [1, 2].

1.3. Выбор водного объекта – водохранилища

При выборе ВО для инженерной защиты в РГР предпочтение отдаётся речному водохранилищу, созданному на крупной или малой реке рассматриваемого региона. Работа с гидротехническими объектами ведётся или по заданной преподавателем топографической основе территории

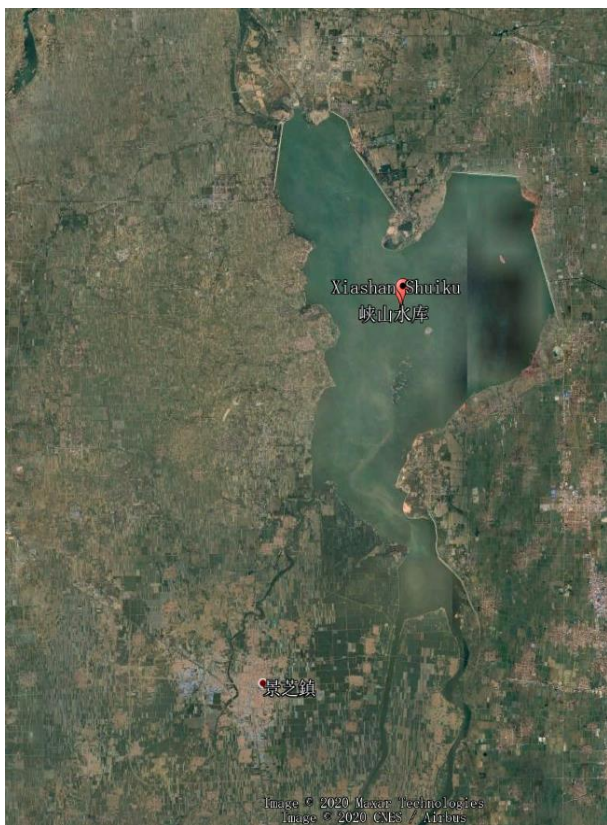
расположения ВО, либо нахождением основных параметров водохранилища, используя Google Eath Pro.

Google Eath Pro (Google Планета Земля) – это проект компании Google, в рамках которого в сети Интернет размещены спутниковые (или в некоторых точках аэрофото-) изображения всей земной поверхности. Фотографии некоторых регионов имеют очень высокое разрешение. Google Планета Земля отображается в виде цифрового глобуса, который показывает поверхность Земли, используя изображение с большого расстояния. При большом увеличении изображения происходит переход на выделенную (интересующую пользователя) область с более мелкими деталями.

Практически Google Eath Pro – это своего рода **геоинформационная система**, которая имеет много видов данных (информации), то есть слоев, которые можно подключать по желанию пользователя. Например, названия населённых пунктов, водоёмов, аэропортов, дороги, ж/д, погода и др. информация [7, 17]. Имеется функция измерения расстояний и площадей, которыми целесообразно пользоваться студентам из Китая, которую они освоили ещё обучаясь в бакалавриатуре по дисциплине «Геоинформационные технологии в гидротехническом строительстве» при выполнении поиска гидротехнических объектов Китая, изучая состав их ГТС, при определении длины подпорного сооружения (плотины) по гребню, площади водохранилища средствами данной программы. Поиск по Google Eath Pro осуществляется обычно путем введения названия гидроузла в зоне «ПОИСК» (если известно его название) или просмотром карты и по признакам гидроузла (наличие водохранилища, образованное постройкой плотины и пр.).

В данной работе объектом исследования является не гидроузел, а береговая линия водохранилища. Ниже в качестве примеров приводятся данные по ряду некоторых водохранилищ Китая (рис. 1.1 – 1.7): карты, общий вид и планы гидроузлов, полученные с использованием средств Google Eath Pro, где на плане береговой линии водохранилища берегоукрепление выделено красным цветом.

1. **Водоохранилище Щя Шань**, расположенное в провинции Шаньдун (рис. 1.1). Оно является основным источником водоснабжения города Вэйфан. В состав данного гидроузла входит водосбросная плотина с затворами.



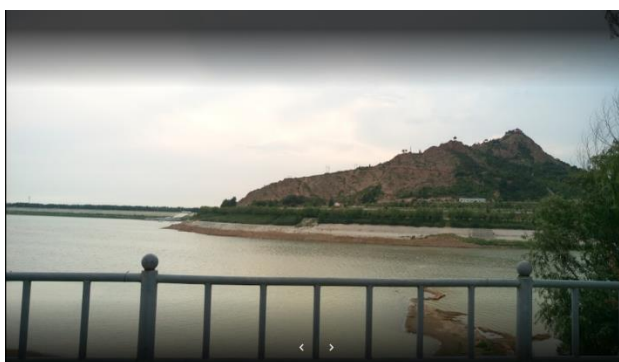
а



б



в



г

Рис. 1.1. Гидроузел Щя Шань с длиной береговой линии $L = 99.991$ км

2. **Водохранилище Нишан**, созданное в провинции Шаньдун, недалеко от города Цюйфу для его водоснабжения (рис. 1.2). В состав гидроузла входит грунтовая плотина и водосброс с затворами.



а



б



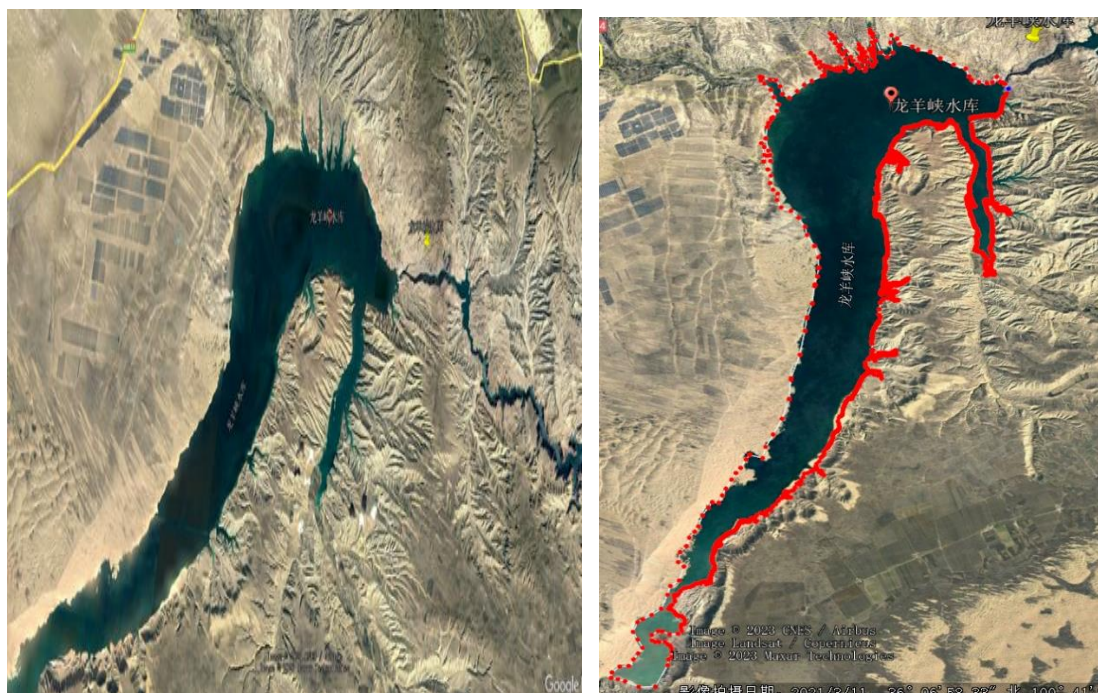
в



г

Рис. 1.2. Гидроузел Нишан с длиной береговой линии $L = 13,164$ км

3. **Водохранилище в ущелье Луньян** расположенное в провинции Цинхай в верховьях реки Хуанхэ (рис. 1.3). Установленная мощность ГЭС составляет 1,28 мил. киловатт. Общая вместимость водохранилища - 24,7 миллиард m^3 , регулируемая ёмкость - 19,4 миллиард m^3 , площадь водохранилища - 383 km^2 . На западном берегу водохранилища расположена гигантская фотоэлектрическая электростанция площадью почти 10 km^2 . Она связана с ГЭС в ущелье Луньян и стала крупнейшей в мире системой выработки электроэнергии. Плотина Луньян не только в значительной степени устранила последствия наводнений по обе стороны Желтой реки в Цинхае, Ганьсу, Нинся и Внутренней Монголии, что позволило контролировать наводнения в верховьях р. Хуанхэ, защитить от засухи и наводнений более 14 мил. га сельскохозяйственных угодий, создать уникальные условия для традиционного туризма и аквакультуры



а

б



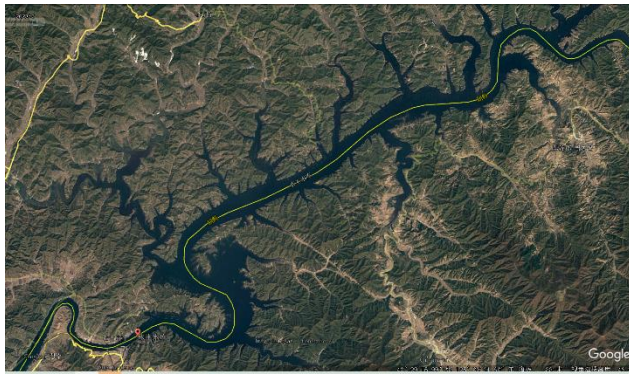
в



г

Рис. 1.2. Гидроузел в ущелье Луньян с длиной береговой линии $L = 258$ км

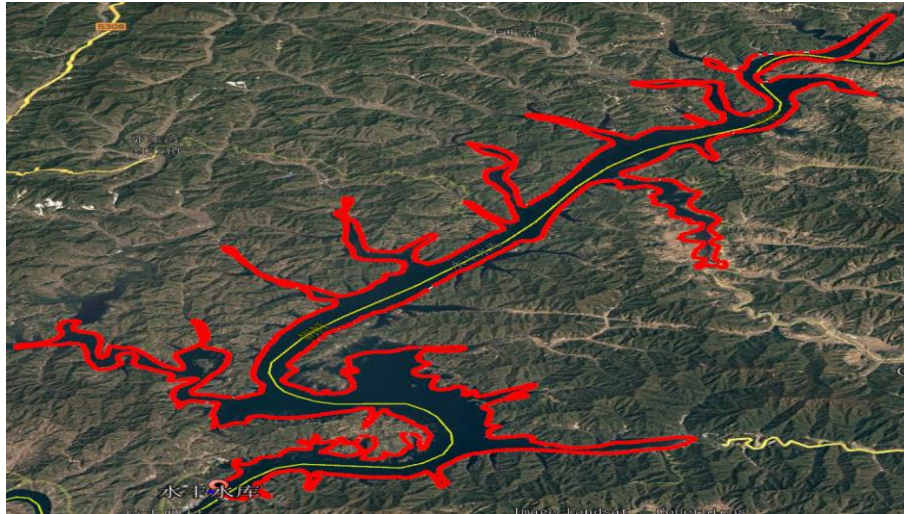
4. **Водохранилище Шуйфэн**, расположенное в провинции Ляонин (рис. 1.3) и относящееся к водной системе реки Ляохэ-Ялу на северо-востоке Китая. В крупнейшем водохранилище выращивается большое количество высококачественной рыбы. Средняя глубина составляет 25 м, максимальная 102 м., площадь - 357 км². общая ёмкость - 14,67 миллиарда м³. Водохранилище Шуйфэн предназначено не только для орошения сельскохозяйственных культур, но и играет огромную роль в борьбе с наводнениями, водопользовании, судоходстве и энергоснабжении. $L_p = 535$ км



а



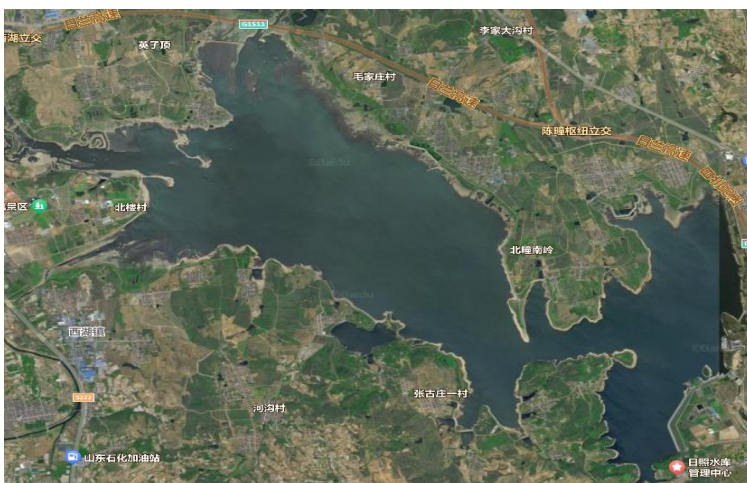
г



б

Рис. 1.3. Гидроузел Шуйфэн с длиной береговой линии $L = 535$ км

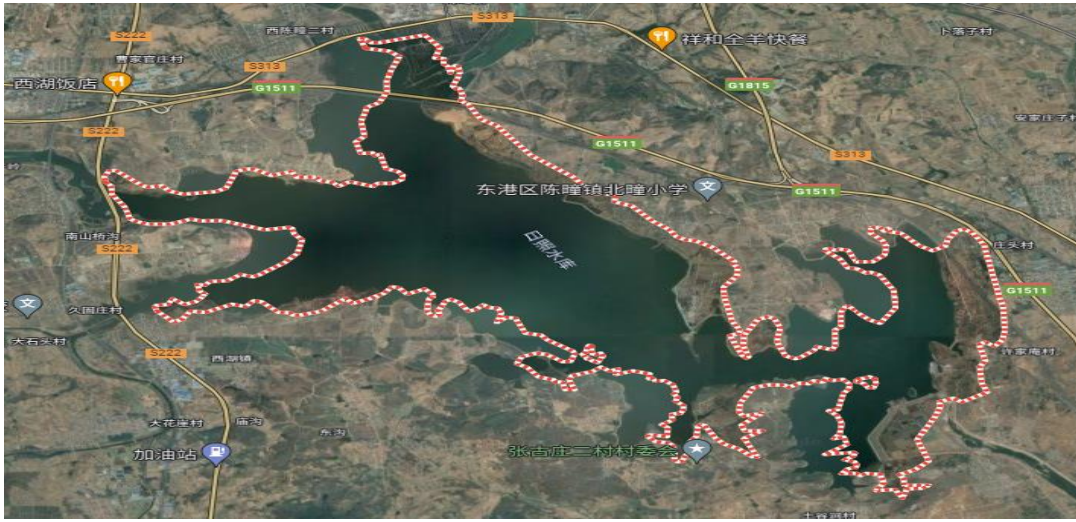
5. Водохранилище Жичжао в провинции Шаньдун, недалеко от города Жичжао (рис. 1.4). В состав гидроузла входят: каменная плотина, выводовыпуск, ГЭС, водосброс. Площадь водохранилища, определённая с помощью ГИС технологий составляет - 548 км^2 .



а



в



б



в

Рис. 1.4. Гидроузел Жичжао с длиной береговой линии $L = 40$ км

б. Водохранилище Байронь, провинция Шаньдун, недалеко от города Вэйфан (рис. 1.5).



а



б

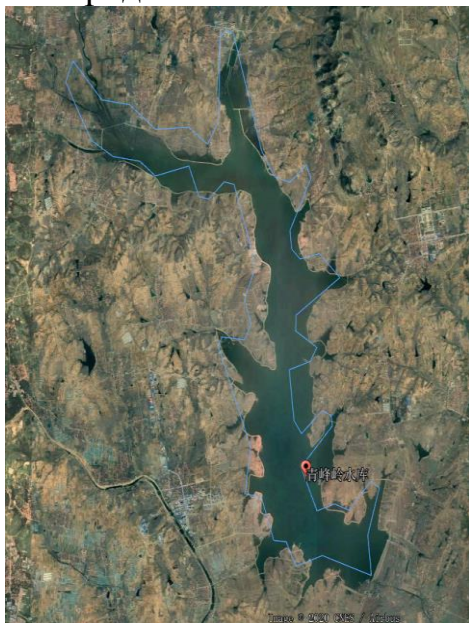


В

Г

Рис. 1.5. Гидроузел Байронь с длиной береговой линии $L = 37,5$ км

7. Водохранилище QingFengLing, провинции Шаньдун (рис. 1.6), недалеко от города Тайань.



а



б



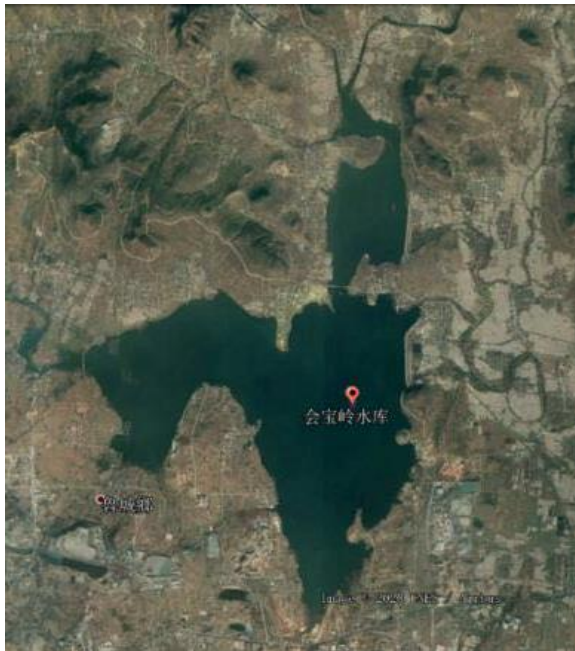
в



г

Рис. 1.6. Гидроузел QingFengLing с длиной береговой линии $L = 71,55$ км

8. Водохранилище Huibaoling, город Линьни, провинция Шаньдун (рис. 1.7). Это большое водохранилище ёмкостью 197 миллион m^3 , площадью $17,7$ km^2 с контролем за наводнениями и орошением в сочетании с выработкой электроэнергии, разведением и промышленным водоснабжением



а



б



в



г

Рис. 1.7. Гидроузел Huibaoling с длиной береговой линии $L = 36,6$ км

В подрисуночной подписи на всех рисунках указано: а – вид гидроузла, полученный средствами Google Earth Pro; б – цифровизация берегоукрепления; в – входной участок водосброса; г - вид на водохранилище

2. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ БЕРЕГОУКРЕПЛЕНИЯ

2.1. Методика проектирования берегоукрепительных ГТС

Проект инженерной защиты ВО должен обеспечивать: надежность защитных сооружений, их бесперебойную эксплуатацию при наименьших эксплуатационных затратах; возможность проведения систематических наблюдений за работой и техническим состоянием сооружений и оборудования; оптимальные режимы эксплуатации водосбросных, водопропускных и водозаборных сооружений; максимальное использование местных строительных материалов и природных ресурсов. В соответствии с требованиями Водного кодекса и охраны окружающей среды, разработанные руслорегулирующие и берегозащитные мероприятия с учетом природоохранных требований, при их реализации должны обеспечивать [6, 10, 11, 15, 18]:

- предотвращение опасных размывов русла, берегов, а также участков сопряжения защитных сооружений с неукрепленным берегом ВО, вызываемых стеснением сечения водотока защитными дамбами и береговыми укреплениями;

- сохранение вокруг оставляемых водоемов древесно-кустарниковой и луговой растительности, лесонасаждений;

- озеленение защищаемой части населенных пунктов, промышленных объектов, мелиоративных участков и т.д.;

- сохранение естественных условий миграции птиц и животных в границах защищаемой территории;

- сохранение или создание новых нерестилищ, взамен утраченных в результате осушения пойменных озер, стариц и мелководий водохранилищ;

- предупреждение гибели и травм рыб на объектах инженерной защиты;

- сохранение на защищаемой территории естественных условий обитания охраняемых животных и птиц;

- сохранение на защищаемой территории режима водно-болотных угодий, используемых перелетными водоплавающими птицами во время миграции.

При осуществлении инженерной защиты территории при создании водохранилищ помимо защиты от разрушения берегов необходимо рассматривать вкуче с ними мероприятия по защите от затопления и подтопления, не снижая при этом рекреационный потенциал защищаемой территории и прилегающей акватории ВО [6, 10].

Водохозяйственные мероприятия, проводимые на реках при создании водохранилищ, к сожалению, часто не улучшают их экологическое состояние. Наоборот, все эти мероприятия, проведенные за последние 50 лет, привели к нарушению экосистем рек, их гидрологических режимов. На реках Терек, Сулак, Самур, как и на крупных реках Волжско-Окского бассейна построены напорные гидроузлы, перекрывающие пути свободной миграции рыб, частично нарушающие естественный режим рек. На полную устойчивость и надежность зарегулированного русла сильно влияют не только форма поперечного сечения, но и конструкции крепления русла и прибрежных откосов. Полигональные русла с гибкими биопозитивными конструкциями креплений эффективно влияют и на восстановление экосистемы реки.

При выполнении РГР все расчёты и выбор берегоукрепительных элементов ГТС должны сопровождаться анализом полученных решений. При этом в РГР ограничиваются в основном выводами, часто не производя уточняющих конструктивных изменений.

Знакомясь с исходными данными для проектирования берегозащитного и берегоукрепительного ГТС водохранилищного гидроузла (рис. 2.1) в первую очередь необходимо изучить инженерно-геологические условия, топографию района и грунтовых карьеров, колебания горизонтов воды в ВО, данные о величинах паводкового и строительных расходов, величине полезного попуска из создаваемого или реконструируемого искусственного водоёма и т.д.



Рис. 2.1. Осыпной абразионный левый берег Горьковского водохранилища между с. Андроново и д. Вашуриха, 2017 г. [14]

Желательно на план местности условно нанести характерные уровни воды в бьефах: верхнего (в водохранилище - ∇ ФПУ, ∇ НПУ, ∇ УМО) и нижнего (уровни НБ, соответствующие расходам реки: максимальному – Q_m , минимальному Q_{min} в период межени, расчётный в период строительства $Q_{стр}$, и при расходе полезных попусков в русло реки $Q_{пн}$ после строительства гидроузла).

В результате ознакомления с заданием и требованиями, которые предъявляются к РГР, студент должен составить ясное представление о

последствиях не принятия своевременных берегоукрепительных мероприятий (рис. 2.2), достаточности данных и какие основные береговые ГТС надо запроектировать. После уяснения состава РГР и требований, которые к нему предъявляются, можно приступить к его детальной разработке. В дальнейшем процессе работы над РГР после утверждения преподавателем схемы предварительно выбранных берегоукрепительных и берегозащитных ГТС магистр может приступить к конкретному конструированию и расчету основных береговых ГТС гидроузла.



Рис. 2.2. Результаты наблюдений за переформированием левого берега Горьковского водохранилища на участке №1 в створе 6ГМО, опубликованные Д.Н. Хохловым [14]

Изучив геологические и топографические условия створа водохранилищного гидроузла и наличие грунтов, пригодных для возведения берегозащиты или берегоукрепления склонов ВО, следует на основании сравнения не менее трёх вариантов выбрать и обосновать принятый в проекте тип берегоукрепления [1, 2]. При предварительном назначении проектируемых или планируемых (уполаживаемых) откосов используют опыт гидротехнического строительства, тип грунтов, слагающих береговую территорию, и их высоту по соответствующим таблицам, приведённым в технической литературе [1, 2, 3, 5, 8, 11, 15, 18, 19]. При этом учитывают, что заложение откосов береговой линии и подпорных ГТС должно отвечать их статической устойчивости (рис. 2.3). Наряду с ним основным параметром откоса является высота, определяемая разностью отметок бровки берега и дна ВО. В практике берегоукрепительных работ чаще используют откосы с одиночным, полуторным, двойным и тройным заложением, т.е. откосы с углами наклона соответственно 45° , 34° , 27° и 18° . Таким образом при разработке основной концепции берегоукрепления в учебной работе (ДЗ/РГР) обычно учитываются два фактора:

- возможный комплекс негативных процессов со стороны ВО, влияющих на состояние его берега (волновое и ветровое воздействие, русловые эрозионные процессы и т.п.);

- существующее состояние береговой линии (повреждения, гипотетическое развитие склоновых процессов эрозии поверхности берега, абразия в зоне уреза воды и т.п.).

При реальном комплексном подходе к проекту разработки инженерной защиты помимо указанных выше, так же учитываются другие негативные факторы: риски затоплений, сейсмические воздействия, схода селей, корчеходов и т.д.

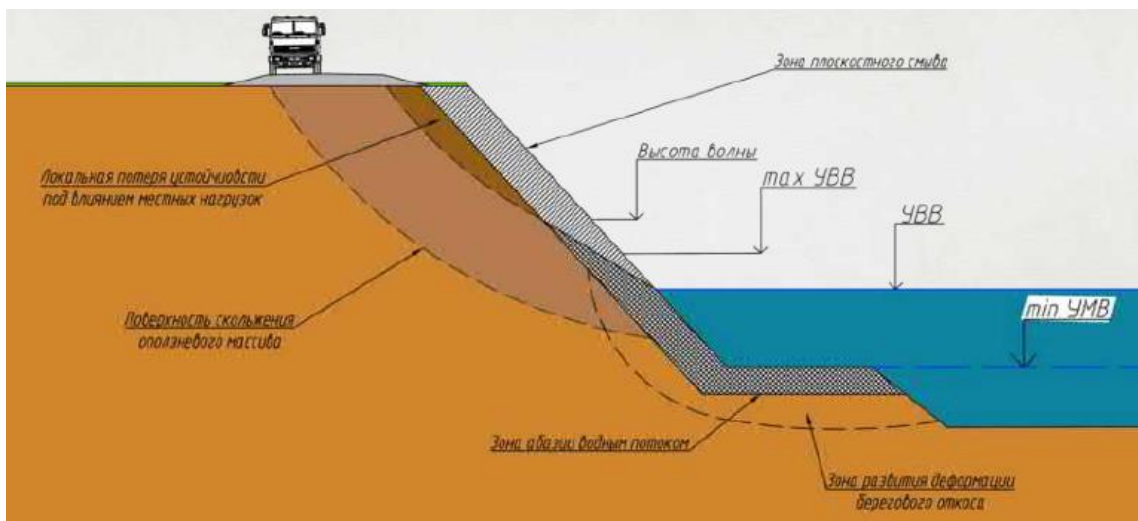


Рис. 2.3. Элементы концепции защиты берегов ВО

В общем случае основное крепление откоса размещается в зоне максимальных волновых и ледовых воздействий, поскольку неблагоприятное влияние на работу креплений откосов любого ВО оказывает действие ледяного покрова, проявляющееся в возникновении вырывающих усилий при примерзании льда к поверхности крепления, колебания уровня воды и волновое воздействие потока (рис. 2.4, 2.5).



Рис. 2.4. Опасное разрушение берегов ВО: а – п. Песчаное, Крым; б – Цимлянское водохранилище у дельты р. Дон, Ростовская область, 2023 г.

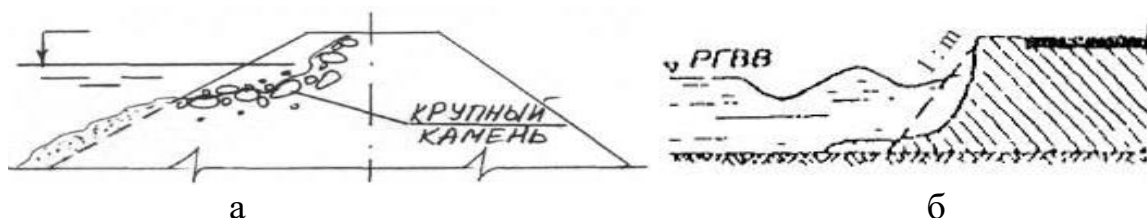


Рис. 2.5. Схематичное изображение результатов обследования береговой линии ВО: а - переработка откоса волнами; б - потери устойчивости откосов, сплывы в результате силового воздействия ветровых и судовых волн

Последствия обрушения береговой линии крайне негативны не только с точки зрения эстетичной составляющей, но и вызывают ряд других проблем: обмеление, разрушение объектов транспортной инфраструктуры частичное или полное разрушение домов и других строений из-за смещений грунтовой основы и т.д. (рис. 2.6).

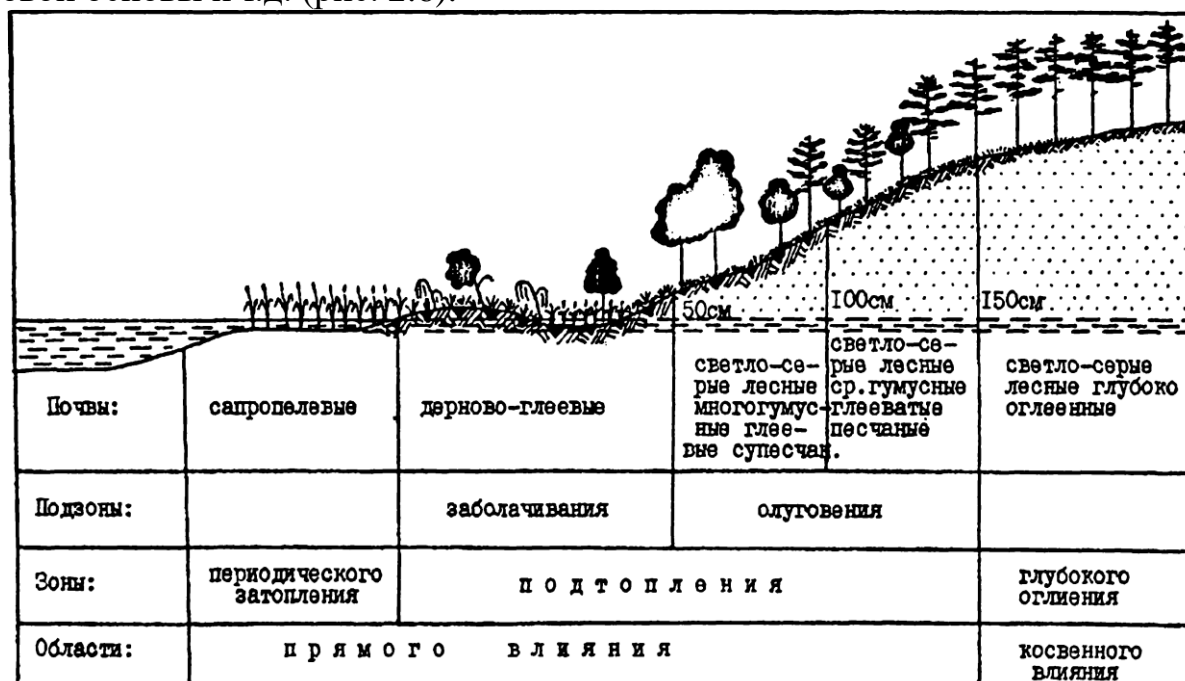


Рис. 2.6. Схема трансформации прибрежных территорий под влиянием ВО [6]

Для берегоукрепления и в целях борьбы с эрозией почвы прибрежная полоса вокруг ВО укрепляется посевом трав и посадкой насаждений, а в случае необходимости предусматривается крепление откосов отмошкой на ширину не менее волнового воздействия. Ниже уровня воды целесообразно укреплять откосы ВО конструктивными элементами с использованием местных материалов (рис. 2.7).

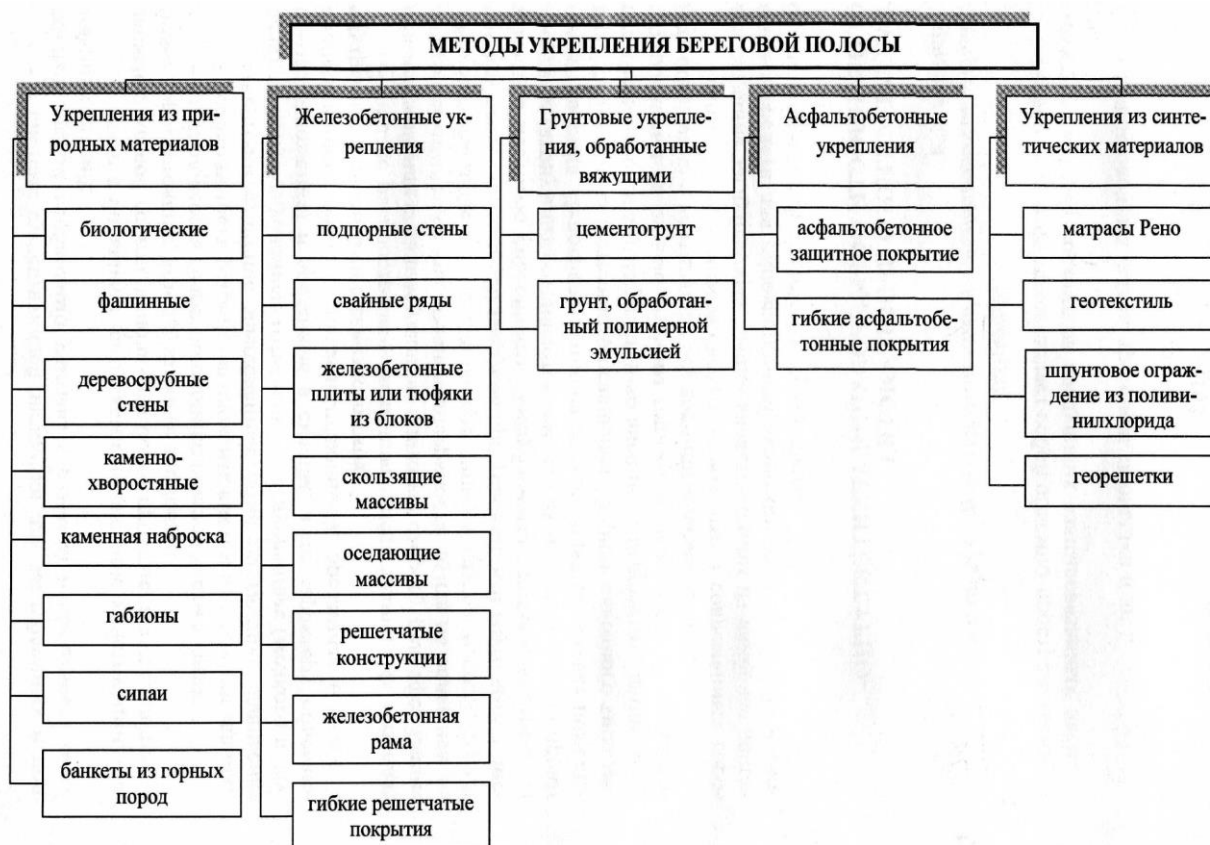


Рис. 2.7. Наиболее распространённые методы укрепления береговой полосы ВО [11]

Установив тип проектируемого берегоукрепления, следует начать конструировать его профиль. Сначала уточняют высоту превышения верха берегоукрепления мокрой части склона над ФПУ [1, 15]. Длина разгона волны принимается равной длине водохранилища. Конструкции крепления мокрой и сухой (выше отметки основного крепления) части откосов проектируют часто в зависимости от наличия строительных материалов в районе гидроузла, указанных в бланке задания. Выбор типа и конструкции крепления должен быть технически и экономически обоснован [1, 2].

По плану водохранилища, представленному в горизонталях или с использованием Google Earth Pro, следует на основе сравнения вариантов выбрать и обосновать зонированное расположение конструктивных решений берегоукрепления и берегозащиты, указать конкретный тип рекомендуемых береговых ГТС и их расположение на карте местности.

Далее после выбора типа конструкции и определения размеров всех элементов вычерчивают поперечный разрез берегоукрепительных конструкций ВО в русловой части со всеми необходимыми размерами и отметками элементов в принятом стандартном масштабе (одинаковом вертикальном и горизонтальном) (см. рис. в приложении П4). Указанный чертёж будет необходим при дальнейших гидротехнических расчётах. На отдельных форматках в более крупном масштабе должны быть показаны детали крепления откосов ВО (см. рисунки в приложении П5).

После сформированных и утверждённых преподавателем вариантов берегоукрепительных сооружений и конструкций выполняются их расчёты: расчёт по более корректному определению отметки верха и низа границ укрепления; толщины крепления; подбор подготовки под него. Гидротехнические расчёты разрешается производить любым способом, приводимым в литературе [18] или по программам для ПК, имеющимся на кафедре гидротехнических сооружений РГАУ–МСХА [8, 9, 15], как и расчёт устойчивости естественного склона берега (по необходимости или указанию преподавателя), но который целесообразнее сделать одновременно и вручную методом кругло–цилиндрических поверхностей скольжения (рис. 2.8) [2, 9, 15]. Статические расчёты элементов берегоукрепления в РГР не выполняются.

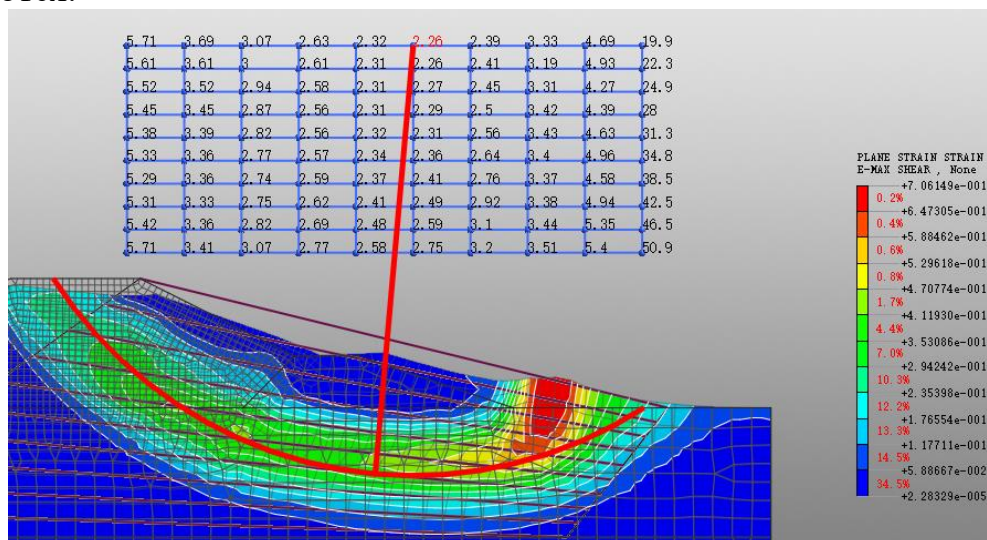


Рис. 2.8. Пример проверки устойчивости берегового склона, проведённой по программе Midas

В случае невыполнения условия устойчивости, т.е. если минимальный коэффициент запаса превысит значения допустимого, принятого в соответствии с классом опасности водохранилищного гидроузла, то необходимо предложить дополнительные конструктивные меры по повышению устойчивости берегового откоса, например, увеличить его заложение, пригрузить, устроить бермы, приурочив последнюю к нижней границе основного крепления склона, где обычно устраивается упор, и пр. [1, 2, 13, 14].

2.2. Проектирование берегоукрепительных конструктивных мероприятий

Берегоукрепление предназначено для защиты береговых сооружений от подмыва течением и волнением воды, для закрепления и сохранения благоприятных форм и положения русла водного объекта, обеспечивающих транзитные движения донных наносов, шуго-ледовых масс и сора, а также необходимую глубину воды в месте расположения водоприемника или водосброса (рис. 2.9) [2, 10, 15, 16].

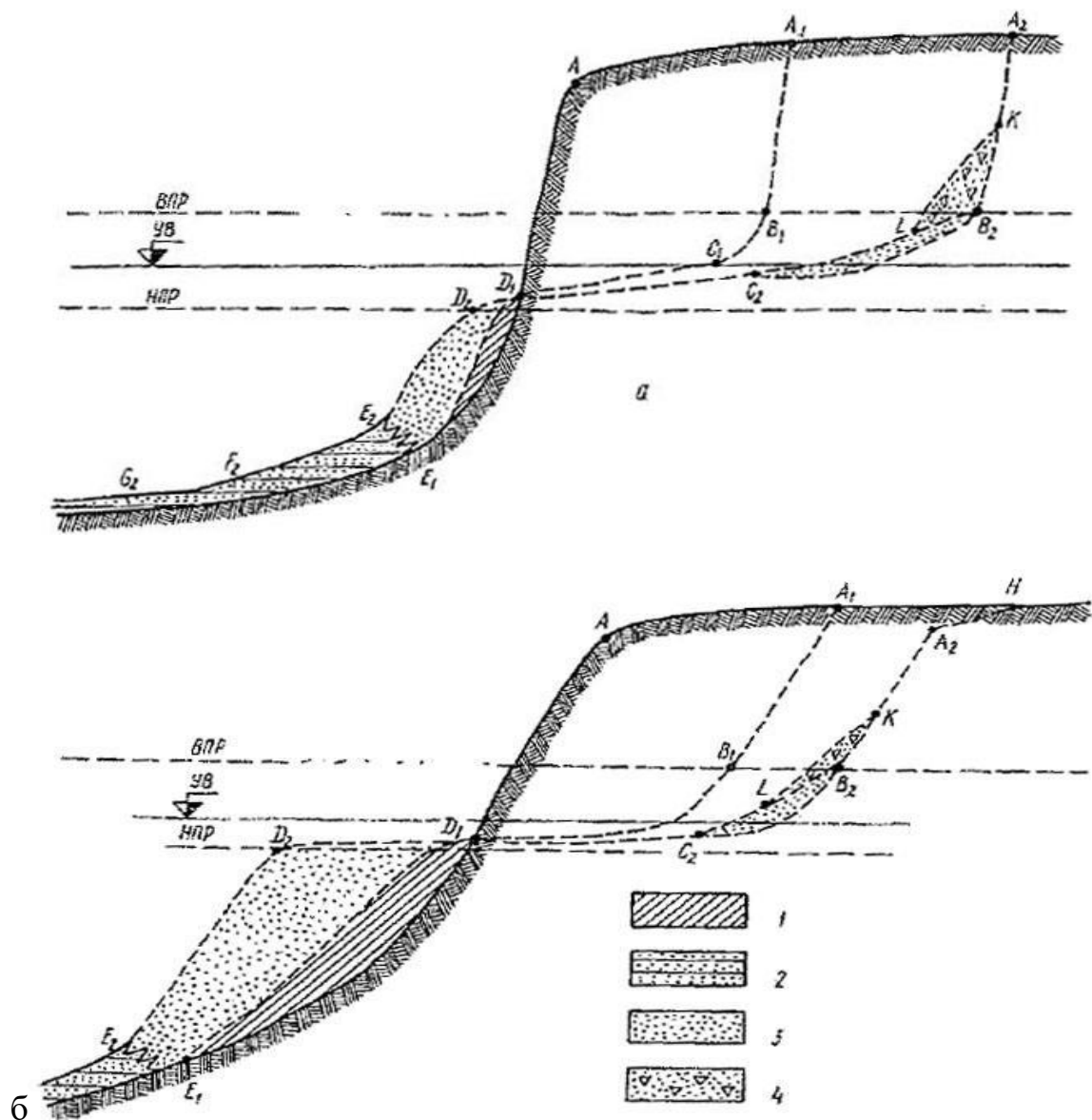


Рис. 2.9. Схемы переформирования профиля берега водохранилища: а – абразионно-обвального; б – абразионно-осыпного, $A_1B_1C_1D_1E_1$ – профиль берега на этапе абразионного выравнивания; $A_2B_2C_2D_2E_2F_2G_2$ – профиль берега на этапе абразионно-аккумулятивного выравнивания береговой линии; $A_3A_1AD_1E_1$ – первоначальный профиль берега $A_2B_1C_1$ или A_2KB – береговой уступ; KB_2L – тело осыпи (обвала); $C_1D_1E_1$ или $B_2C_2E_2$ – береговая отмель; C_1D_1 или $B_2C_2D_1$ – абразионная часть отмели; B_2C_2 – пляж; D_1E_1 или $D_1D_2E_2$ аккумулятивная часть отмели; D_1E_1 или D_2E_2 – внешний склон береговой отмели; E_2F_2 – шлейф из прибрежных осадков; F_2G_2 – дно водохранилища; D – внешний край береговой отмели; C_1 или B_2 – подошва берегового уступа; A_1 или A_2 – бровка берегового уступа; H – бровка берега; 1 – отложение отмели на этапе абразионного выравнивания; 2 – донные осадки; 3 – отложение отмели и пляжа на этапе абразионно-аккумулятивного выравнивания береговой линии; 4 – отложения обвала (осыпи); $ВПР$ и $НПР$ – верхний и нижний пределы размыва; $УВ$ – уровень воды

Обычно для восстановления берегов водохранилищ распространен принцип стабилизации гидрологического режима в диапазоне колебаний скорости течения, уровня воды (следовательно, и ее расхода) и гидрохимических характеристик качества воды, оптимального для

устойчивого функционирования водной экосистемы, а затем создание и размещение в русле сооружений, способствующих привлечению водных организмов-переселенцев для ускорения развития биоты в восстанавливаемом участке водоёма, стимулировании заселения реконструированного водохранилища флорой и фауной.

Проект восстановительных работ, включает несколько этапов:

1 - формирование группы специалистов в составе гидрологов, инженеров-гидротехников, биологов-экологов и рыбоводов, ландшафтоведов;

2 - разработка плана восстановительных работ с учетом местных условий, имеющегося опыта подобных работ;

3 - техническое осуществление плана реконструкции водного объекта и

4 - организация мониторинга водной экосистемы с целью анализа эффективности выполненных природоохранных мероприятий.

Водохозяйственные мероприятия, проводимые на реках при создании водохранилищ, к сожалению, часто не улучшают их экологическое состояние. Наоборот, все эти мероприятия, проведенные за последние 50 лет, привели к нарушению экосистем рек, их гидрологических режимов. На реках Терек, Сулак, Самур, как и на крупных реках Волжско-Окского бассейна построены напорные гидроузлы, перекрывающие пути свободной миграции рыб, частично нарушающие естественный режим рек. Основными причинами повреждений на берегоукрепительных сооружениях ВО, их аварийного состояния и полного разрушения отдельных участков ряд природных факторов являются: отливы и приливы, половодья и наводнения, сезонное изменение уровней, грунтовые воды и растительность, вид грунтов, формирующих берега. Также причинами разрушения берега могут быть: подмыв нижний кромки сооружения течениями; вынос грунтов из основания каменных набросок и через швы бетонных железобетонных конструкций, а в нижней части – из-за отсутствия или некачественного выполнения обратных фильтров.

Протяженность крепления зависит от устойчивости берега. Берегоукрепления можно подразделить по следующим типам [1, 11]:

- по способности накапливать и удерживать перед собой наносы: активные и пассивные, не влияют на положение наносов, чаще играют роль волнозащитных;

- по взаимодействию с грунтом основания:

- жесткие: такие как подпорные стенки, бетонные плиты;
- гибкие: габионы, каменная наброска, георешетки.

- по материалу:

- живые: материалы растительного происхождения, укрепляющие поверхность своей корневой системой;
- мертвые: камень, песок, бетон, синтетические материалы;
- комбинированные: мертвые материалы берутся за основу, а живые для ландшафта;

Выбор типа крепления зависит от характера воздействия речного потока на берег и скоростей течения, вида грунтов, слагающих берега и дно водотока, наличия местных строительных материалов и соответствующей базы стройиндустрии. Условия работы берегоукрепительных конструкций, их тип, используемый материал, условия и способ производства работ существенно зависят от размещения укрепления берегов водоемов и водотоков следует учитывать, что по отношению к уровню воды в водных объектах береговые склоны делят на 3 зоны (рис. 2.10):

1. Надводная (сухая) находится выше уровня высоких вод или ФПУ. Эта зона подвергается только атмосферными осадками.
2. Затопляемая, от уровня низких до уровня высоких вод водотока, в которой работы возможно выполнять насухо и сооружение испытывает периодическое смачивание и воздействие потока;
3. Подводная зона располагается ниже уровня низких вод. Работы ведутся под водой и сооружение находится в условиях постоянного смачивания и воздействия потока.



Рис. 2.10. Пример зонирования береговой территории на Нижнем Царицынском пруду в Москве [3, 10]

Крепление обычно состоит из фильтровой подготовки, покрытия и упоров. Фильтровая подготовка служит для защиты основания от выноса из него мелких частиц. Расчётом в РГР сопровождается **выбор типа материала** крепления (естественный или искусственный) и **подбор конструкции обратных фильтров** не обязателен [1, 8, 9]. При выполнении выпускных работ фракционный состав, количество слоёв и толщину фильтровой подготовки под креплением берегового откоса, выполняемой из естественных натуральных материалов по типу обратных фильтров можно назначать используя, графики В.С. Истоминой (см. рис. П 17.2 и пример расчёта в приложении П17 [8], или соответственно рис. 2.22 в п.2.2.3 и п.6.2.7 [9]). При более современных конструктивных решениях, когда вместо зернистых материалов используется геосинтетика из нетканного или вязаного материала, подбор геотекстиля, применяемого в качестве обратных фильтров дренажей и переходных зон, можно посмотреть в приложении П18 учебного пособия [8].

Крепление дна и берега под водой часто осуществляют отсыпкой камня с плавающих средств или с помощью водолазов - бетонирование

железобетонных плит или их укладка, выравнивание верхнего слоя каменной наброски и т. п. Тип и способы производства работ при подводном креплении выбирается с расчетом сведения к минимальному объёму водолазных работ.

На полную устойчивость и надежность зарегулированного русла ВО сильно влияют как форма поперечного сечения, так и конструкции крепления русла и прибрежных откосов. В этой связи в последнее десятилетие широко находят применение гибкие биопозитивные конструкции креплений, которые эффективно влияют и на восстановление экосистемы реки [11, 19, 20]. Под руководством Курбанова С.О. разработаны эффективные методы регулирования русл и прибрежных зон ВО с помощью коротких полузапруд-отбоек и гибких откосных креплений комбинированных и биопозитивных конструкций (рис. 2.11) [2, 21]. Многие из них прошли экспериментальные исследования на участках рек, где они показали себя эффективными и надежными (рис. П4.4). Они обеспечивают не только инженерную защиту территорий, но и восстановление природной среды в прибрежных местах их строительства. Эти конструкции гибки и благоприятно влияют на естественную турбулентную структуру потока

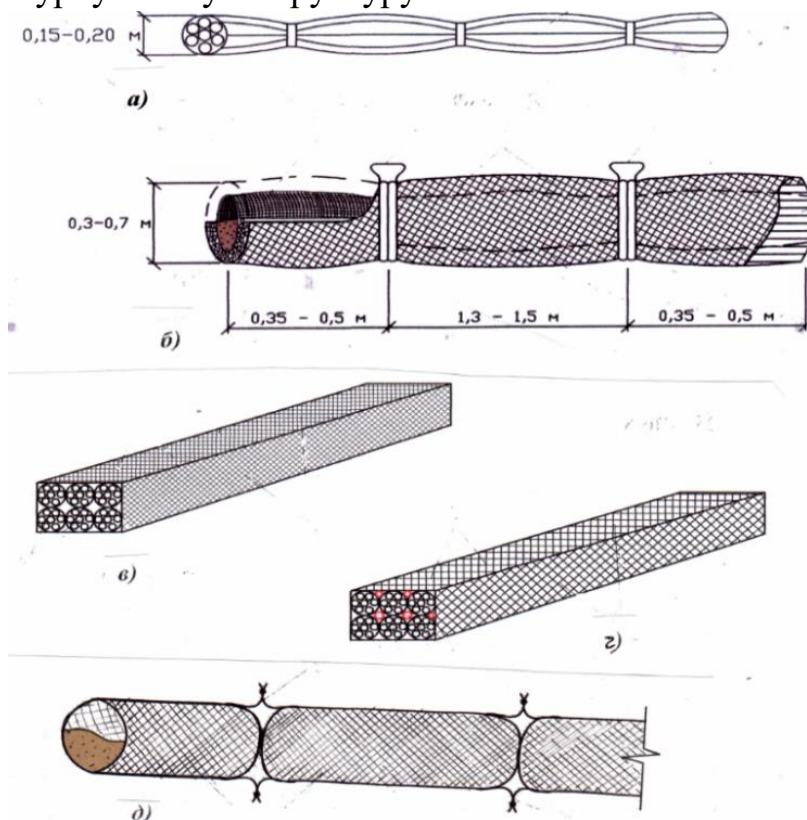


Рис. 2.11. Изделия из местных материалов, которые служат базовыми элементами для биоинженерных систем [2]: а и б-легкая и тяжелая фашины из сухого камыша и растительного грунта; в, г и е – гибкие тюфяки из легких фашин; д - мешки из растительного грунта и геосетки

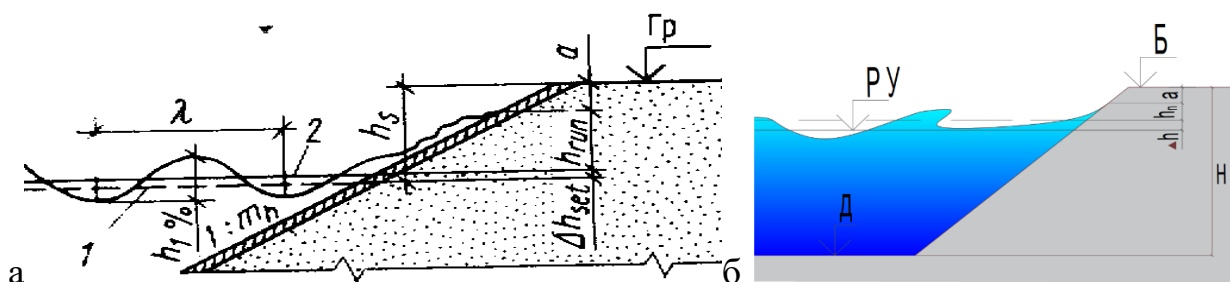
Разработан ряд биопозитивных конструкций полузапруд отбоек, береговых и откосных креплений, и технологий их строительства [2, 21].

Многие из них прошли экспериментальные исследования на участках рек и водоёмов, где они показали себя эффективными и надёжными (рис. П4.4). Со временем эти сооружения заросли травой и кустарниками, слились с природной средой, превратились в природоподобные сооружения, которые воспринимаются природой как родственные элементы. При этом, материальные затраты на единицу длины защищаемого берега уменьшились более чем в 2 раза по сравнению с традиционно используемыми сооружениями из железобетонных конструкций. Биопозитивные конструкции обеспечивают не только инженерную защиту территорий, но и восстановление природной среды в прибрежных местах их строительства. Эти конструкции гибки и благоприятно влияют на естественную структуру потока. Их конструирование подробно описано в [2, 6]. В настоящих методических указаниях в рамках РГР подробно рассмотрены только классические типы берегоукрепления ВО, а конструирование и расчёт биологических, инженерно-биологических, биопозитивных и миксированных конструкций берегоукрепления из природных растительных материалов с биоплато можно найти в учебном пособии [2].

2.3. Гидротехнические расчёты берегоукрепительных конструкций

В расчёт крепления входит определение *толщины крепления, отметок его верхней и нижней границ, подбор подготовки под него*. Параметры предварительно определённого или назначенного типа крепления окончательно рассчитываются после оценки волнового воздействия на откос берега водного объекта или ГТС.

Типы и конструкции берегозащитных сооружений и укреплений многообразны [1, 2, 11, 18]. Они зависят от назначения проектируемой территории, высоты защитного сооружения, гидрологических и климатических условий района строительства, определяющих нагрузки и воздействия на конструкцию. Принципиальные схемы поперечных профилей берегоукрепления, отражающие возможное многообразие существующих вариантов, показаны на рисунке 2.12. Откосный и вертикальный профили укрепления берега (схемы ба - бв) являются наиболее распространёнными в городских набережных. Откосно-вертикальная схема набережной находит применение при относительно больших глубинах в прибрежной полосе и в условиях сгона-нагона воды на устьевых участках рек (рис.2.12г). Однако по архитектурным соображениям набережные этого типа могут быть возведены и на мелководье, но тогда высоту вертикальной части набережной делают не более 2...3 м.



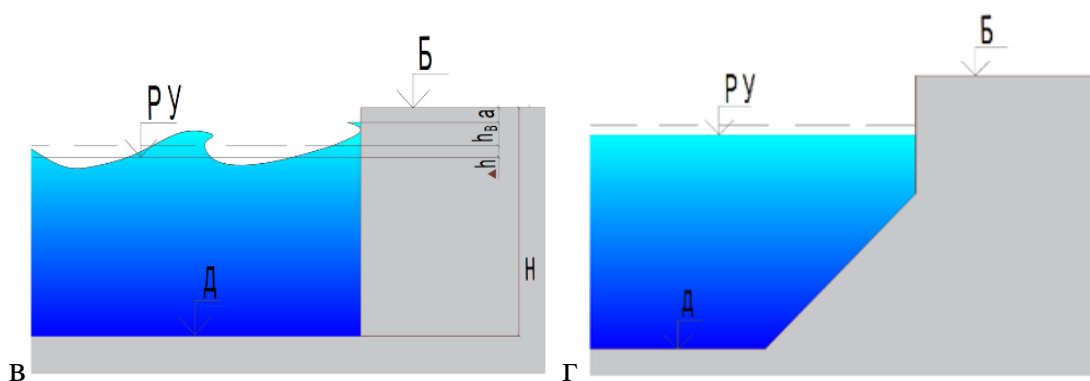


Рис. 2.12. Схемы поперечных профилей прибрежных участков ВО, защищаемых от разрушения: а – расчётная схема к определению верха (гребня) крепления берегозащитного и подпорного сооружения [1, 3, 4]: 1 - расчётный статический уровень; 2 – уровень воды при ветровом нагоне; б - профиль откосного типа; в – профиль вертикального; г – профиль комбинированного типа

В общем случае основное крепление откоса размещается в зоне максимальных волновых и ледовых воздействий. **Верхнюю (надводную) границу** основного крепления, находящуюся выше расчётного уровня воды на высоте наката и нагона ветровой волны в водоёме, обычно доводят до гребня берегозащитного или подпорного ГТС (рис. 2.12а), либо до примыкания к дорожному покрытию на гребне. Часто встречаются ГТС и земляные берега ВО, в которых последние 0,5 м высоты откоса у верхней бровки снабжены облегченным креплением из гравия, щебня или в этой зоне выполнен посев многолетних трав по слою растительного грунта. Верхняя граница крепления откоса $\nabla б$ должна обеспечивать запас над обоими расчётными уровнями воды в водоёме $\nabla ПУ$ (НПУ и ФПУ) и располагается выше расчетного уровня ($\nabla ПУ$) на величину высоты наката волн и ветрового нагона.

В РГР можно принять верхнюю границу крепления на отметке верха берега $\nabla б$ (или отметки гребня насыпи - $\nabla Гр$), то есть:

$$\nabla б = \nabla ПУ + h_s = \nabla ПУ + \Delta h_{set} + h_{run} + a \quad (1)$$

Δh_{set} - высота ветрового нагона. Величина нагона обычно для небольших водохранилищ незначительна, и в работе ею можно пренебречь или для более крупных водохранилищ принять в РГР $\Delta h_{set} = 0,1 \dots 0,2$ м, т.е. $\Delta h_{set} = 0,1$ м;

a – инженерный конструктивный запас. Его в РГР принимают, считая высоту волн в водохранилище менее 5 м равным $a \geq 0,5$ м, т.е. $a = 0,5$ м [18];

h_{run} - высота наката ветровой волны (м).

Параметры ветровых волн (длина волны λ и h_{run}), а также величины Δh_{set} и h_{run} 1% обычно определяются в соответствии с СП 38.13330.2012 «Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)» [4].

В РГР h_s и h_{run} можно определить либо по упрощённым формулам, или более точно по расчётным программам, разработанным на кафедре гидротехнических сооружений [1, 9]. Например, предварительно величина h_s может быть установлена по приближенной формуле

$$h_s = 1 + 0,3\sqrt{L}, \quad (2)$$

где L – длина разгона ветровой волны, величина которой подставляется из бланка задания в формулу (2) в км.

$$h_{run} = 3,2 \cdot Ko \cdot h_{1\%} / m_h, \quad (3)$$

Для высоты и длины волны соответственно:

$$h_{1\%} = 0,0208 V^{5/4} L^{1/3}, \quad (4)$$

$$\lambda = 0,304 V L^{1/2}, \quad (5)$$

где Ko – коэффициент, учитывающий тип крепления [9]: $Ko = 1,0$ и $0,75$ – соответственно для железобетонных плит и каменной наброски;

m_h - коэффициент заложения откоса берега;

V - расчётная скорость ветра, м/с;

L - длина разгона волны, км.

Таким образом, подставляя цифровые значения для трёх расчётных уровней ФПУ, НПУ и УМО находят значения: $h_{1\%}$, λ и h_{run} .

Принимаем в РГР устойчивый участок берега (рис. 2.13) и укрепляем его до конца откоса, т.е. до *верхней границы*, определённой как наибольшую при расчёте отдельно всех параметров для НПУ и ФПУ, из которых окончательно принимают с округлением до 0,1 м отметку верха крепления

$$\nabla б = \nabla в.креп, м. \quad (6)$$



Рис. 2.13. План береговой линии водохранилища Тяньпинху, КНР (берегоукрепление выделено красным цветом)

Исходя из практических рекомендаций *нижнюю границу основного крепления* располагаем на глубине не менее $2 h_{1\%}$ где $h_{1\%}$ - высота волны в районе берегозащитного сооружения 1%-ой обеспеченности. Для берегоукрепления водохранилища отметку нижней границы основного крепления $\nabla н.креп$ следует назначать на отметке ниже отметки

минимального уровня сработки водохранилища (УМО), выбирая её наименьшей, исходя из двух условий

$$\nabla_{н.креп} = \nabla \text{ УМО} - 2 h_{1\% \text{ при УМО}}; \quad (7)$$

$$\nabla_{н.креп} = \nabla \text{ УМО} - 1,5 t_{льда}, \quad (8)$$

где: $h_{1\% \text{ при УМО}}$, м, определяется из расчёта при $\nabla \text{ УМО}$ [3, 4, 8, 9, 15];

$t_{льда}$ – толщина льда в водоеме, принимаемая согласно климатическим справочникам или указывается в исходных данных [3, 8, 9], м.

Принятая нижняя граница крепления должна находиться ниже подводной кромки льда на водном объекте не менее чем на 0,3 м. При этом нижняя граница крепления может доводиться до подошвы откоса, если высота остающейся незакрепленной части откоса не превышает 1...1,5 м. После сопоставления с отметкой дна водохранилища ($\nabla д$) в РГР принимают отметку нижней границы крепления $\nabla_{н.креп}$, м с учётом округления в низшую сторону. За отметку $\nabla д$ можно принять наименьшую отметку дна запруженной реки в створе плотины в соответствии с заданием на проектирование (см. П2.).

Толщина крепления берегового откоса, защищающего его от волнового воздействия и др. нагрузок, определяется в зависимости от типа крепления и параметров волны по формулам, приведённым в справочной и учебной литературе [1, 4, 6, 10, 11, 13, 15]. Вначале в ДЗ/РГР проверяется возможность крепления откоса относительно мелким камнем. Если крупность камня оказывается более 150...250 мм, то расчёт проводится для крепления железобетонными плитами. Определяются толщина плит, размеры плит или карт из омоноличенных и связанных между собой сборных плит. В расчётах с помощью обучающих программ, установленных на компьютерах кафедры ГТС, рассматриваются оба варианта крепления берегового откоса: каменного и из бетонных/железобетонных плит разных типоразмеров и конструкции [15]. Затем рассматривается третий вариант – наиболее распространённый в мировой береговой гидротехнике - укрепление из габионных структур.

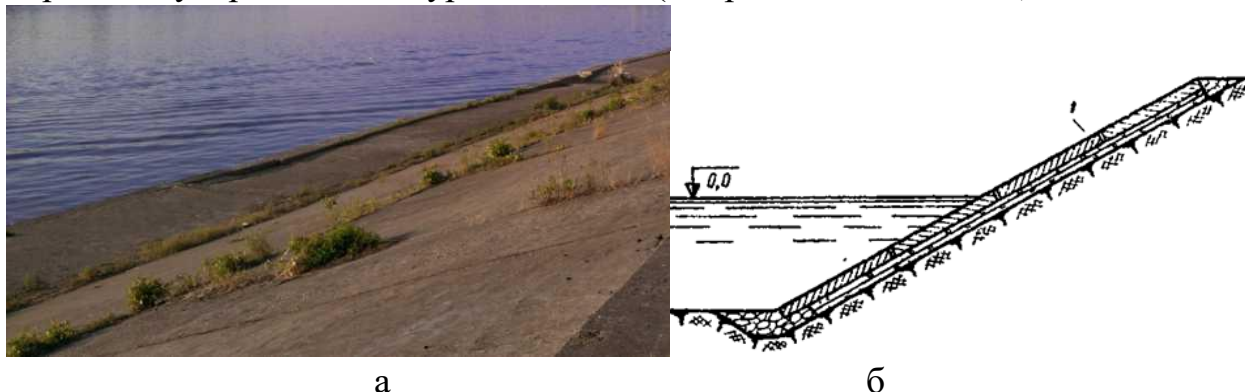
2.3.1. Расчёт креплений из железобетонных плит

Для рассматриваемого водохранилища одним из первых возможных вариантов принимают крепление берегового склона из монолитных или сборных, омоноличенных в карты, железобетонных плит. При выполнении крепления откоса берегозащитных сооружений из бетонных или железобетонных сборных (рис. 2.14) либо монолитных плит их толщина t определяется по формуле

$$t = \frac{0,07 \cdot \eta \cdot \rho_{\omega} \cdot h_{1\%}}{m_h \cdot (\rho_{\sigma} - \rho_{\omega})} \sqrt[3]{\frac{\bar{\lambda}_d}{B} \sqrt{m_h^2 + 1}}, \quad (9)$$

где: η – коэффициент, принимаемый: для монолитных плит $\eta = 1,0$; для сборных плит $\eta = 1,1$; m_h – коэффициент заложения откоса; $\rho_{\sigma} = 2,4 \text{ т/м}^3$ – плотность бетона; $\rho_{\omega} = 1 \text{ т/м}^3$ – плотность воды в т/м^3 ; $\bar{\lambda}_d$ – средняя длина и

$h_{1\%}$ – расчетная высота волны обеспеченностью 1%, м, подсчитанные при отметке НПУ [8, 9, 15]; B – размер плиты (для сборного крепления - размер карты) между двумя смежными деформационными швами в направлении перпендикулярном линии уреза воды, м (см. рис. П11 и П12 [8]).



а б
Рис. 2.14. Железобетонное крепление: а – из монолитных плит; б – из сборных плит

При определении толщины крепления из сборных плит, омоноличенных в карты, в формулу (7) в качестве размера B подставляется размер карты (рис. 2.15) [16]. После определения расчётной толщины с учётом округления принимают ближайшую стандартную толщину сборной либо монолитной плиты. Стандартные габариты железобетонных элементов представлены в справочной литературе и каталогах строительных фирм (рис. П4.2) [1, 8, 15].

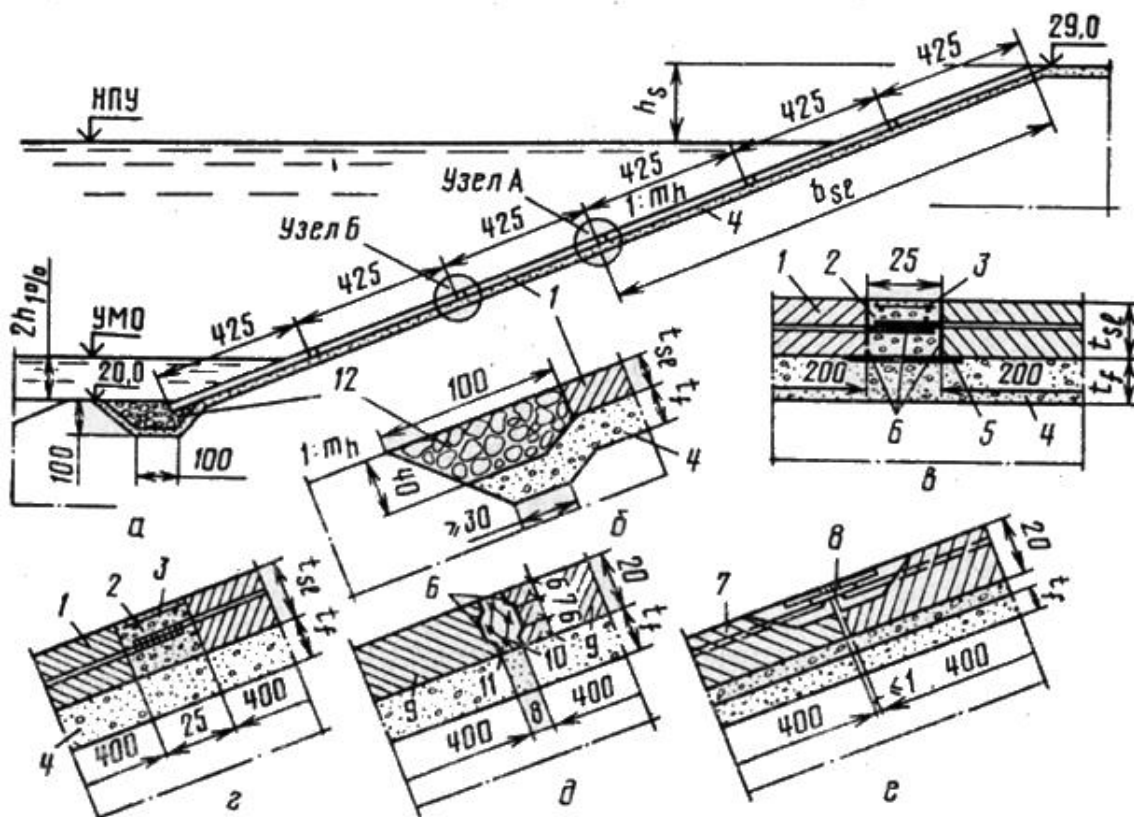


Рис. 2.15. Конструкция крепления откоса плотины сборными железобетонными плитами [15]: А – разрез крепления; б – вариант упора крепления откоса без берм; в – поперечный температурно-осадочный шов

(продольные швы – узел А, выполняют аналогично); г – омоноличенный стык жёсткосоединённых плит (узел Б); д – омоноличенный стык шарнирно соединённых плит; е – шарнирное соединение плит с открытыми швами; 1, 7 и 9 – разные типы сборных плит; 2 – бетон; 3 – сетка из стержней диаметром 8 мм через 0,2 м; 4 – фильтровая подготовка; 5 – битумный мат $t = 1$ см; 6 – окраска битумом в 2 слоя; 8 – хомут диаметром 18 мм; 10 – арматура диаметром 6 мм; 11 – бетон с мелким заполнителем; 12 – упорная призма из камня размером 12...15 см. Размеры в см

2.3.2. Расчёт креплений из каменной наброски

Применение каменной наброски из карьеров массой камней до 300 кг ограничивается расчетной высотой волны 1,5...2 м. Обязательной частью каменно-набросного укрепления является щебеночная подготовка или обратный фильтр, который защищает грунтовое основание сооружения от размыва течениями и волновыми скоростями. Выполняют каменную наброску из сортированного камня и горной массы (рис. 2.16). Толщина наброски из сортированного камня в два с половиной раза больше расчетного размера камня. Камни, недостаточные по массе, допускаются не более 25% общего объема наброски. При этом их равномерно распределяют по откосу.



Рис. 2.16. Крепление откоса каменной наброской

Минимальная масса камня не менее половины расчетной массы камня. Горный массив должен содержать более 50% камней с расчетной массой, при этом соотношение диаметров камней в наброске, составляющих 60% и 10% массы должно быть в пределах 3...15. Толщина наброски из горной массы превышает расчетный размер камня в три раза. Схема устройства каменной наброски представлена на рисунке 2.17.

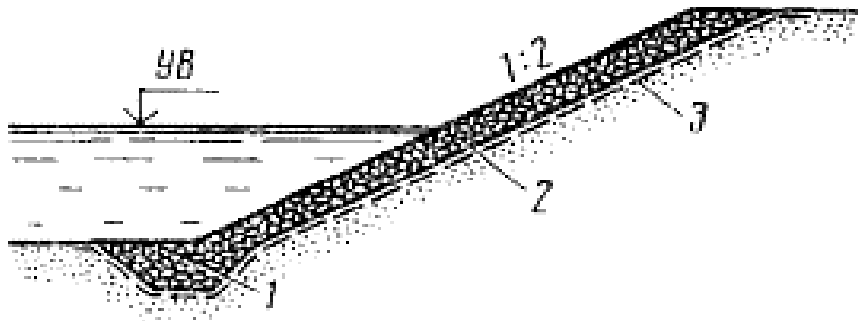


Рис. 2.17. Конструкция крепления откоса каменной наброской с обратным фильтром из геотекстиля: 1 – упор; 2 – сортированная каменная наброска; 3 - геотекстиль

Преимущества: простота конструкции, ее водопроницаемость, низкая стоимость капитальных вложений. Недостатки: крепление этой наброски подвержено разрушению при подвижках ледового покрова. Вследствие водопроницаемости покрытия происходит постепенное вымывание обратного фильтра, а затем размыв берега. Для возведения набросных креплений требуется большое количество камня и транспортных средств для его доставки на трассу, что приводит к значительному удорожанию и увеличению сроков строительства. При наличии подъездных путей для подвоза валунов или гальки используется автотранспорт. В труднодоступных местах работы проводятся ручным способом. Чтобы не произошло втапливания камня в грунты основания, надо уложить на укрепляемую береговую зону помимо обратного фильтра несущую основу, в качестве которой может быть использован такой материал, как геотекстиль, геосетка или георешетка.

В первую очередь при выборе типа защитного укрепления и обосновании его конструкции следует оценить возможность применения имеющихся крупнообломочных грунтов, поскольку часто именно применение каменной наброски оказывается предпочтительным, как более гибкого и менее дорогого откосного крепления. Такая оценка выполняется путем сравнения расчетного среднего размера камня, необходимого для укладки в крепление, и имеющегося в наличии в карьере, а также по соответствию кривой гранулометрического состава карьерного грунта допустимым пределам изменения гранулометрического состава укладываемого в крепление материала.

Для сооружений откосного профиля и креплений откосов из рваного камня масса отдельного элемента m (в тоннах), соответствующая состоянию его предельного равновесия от действия ветровых волн, определяется для параметров волн, рассчитанных в водоёме при НПУ [1, 12] по формуле

$$m = \frac{3,16k_{fr} \rho_s h^3}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1\right)^3 \sqrt{1 + \frac{m^3}{h}}} \sqrt{\frac{\lambda_d}{h}}, \quad (10)$$

где: h – расчетная высота волны (расстояние по вертикали от подошвы до гребня волны), м; высота волны принимается равной $h_{1\%}$, рассчитанной при НПУ водоёма; $\bar{\lambda}_d$ – средняя длина волны (расстояние между соседними гребнями), м; m_h – заложение откосов; k_{fr} – коэффициент, принимаемый по таблицам [1, 8, 10, 12] и равный 0,025 при наброске из камня; ρ_s – плотность камня, (принимается в РГР равной 2650 кг/м^3 или $2,65 \text{ т/м}^3$ согласно колонки 3 приложения П5 [3]); ρ_w – плотность воды ($\rho_w = 1 \text{ т/м}^3$).

Средний диаметр камня D_{cp} крепления, приведенный к шару, определяется по формуле

$$D_{cp} = \sqrt[3]{\frac{m}{0,524\rho_s}} \quad (11)$$

Средний размер имеющегося в карьере крупнообломочного грунта устанавливается по кривой гранулометрического состава (приложение П5 [3]), принимая, что $D_{cp} = D_{50\%}$.

Толщину каменной наброски следует принимать с учетом возможности частичного выноса мелких частиц из наброски при волновом и ледовом воздействиях, подвижки крупных камней, уплотнении материала крепления, а также опыта эксплуатации аналогичных креплений, но не менее $3 D_{85\%}$, где $D_{85\%}$ - диаметр камня, масса которого вместе с массой более мелких фракций составляет 85% массы всей каменной наброски крепления (рис. 2.18).

$$t_{кам} = 3 \cdot D_{85\%} \quad (12)$$

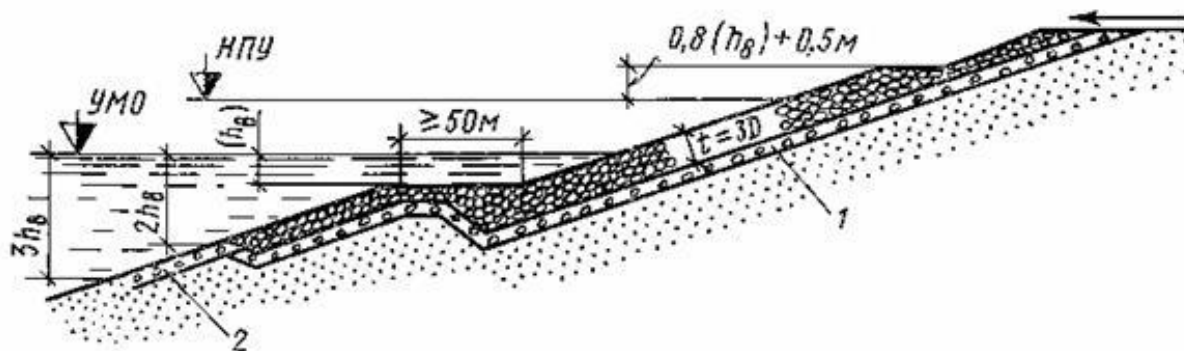


Рис. 2.18. Пример крепления откоса каменной наброски: 1 - обратный фильтр из несвязанных материалов; 2 - гравий или щебень (толщина слоя 0,3 м)

2.3.3. Расчёт креплений из габионных структур

Габионные сооружения представляют собой коробчатые конструкции в виде параллелепипеда, сделанные из шестиугольной металлической сетки двойного кручения с полимерным или цинковым покрытием. Принцип двойного кручения проволочной сетки позволяет обеспечить прочность, целостность и равномерность распределения различных нагрузок, исключает раскручивание сетки в случае ее разрыва (рис. 2.19). Высота коробов – от

0,17 до 1 м, ширина – от 0,5 до 2 м, длина габиона – от 1,5 до 6 м. Конструкции заполняются природным камнем или галькой.

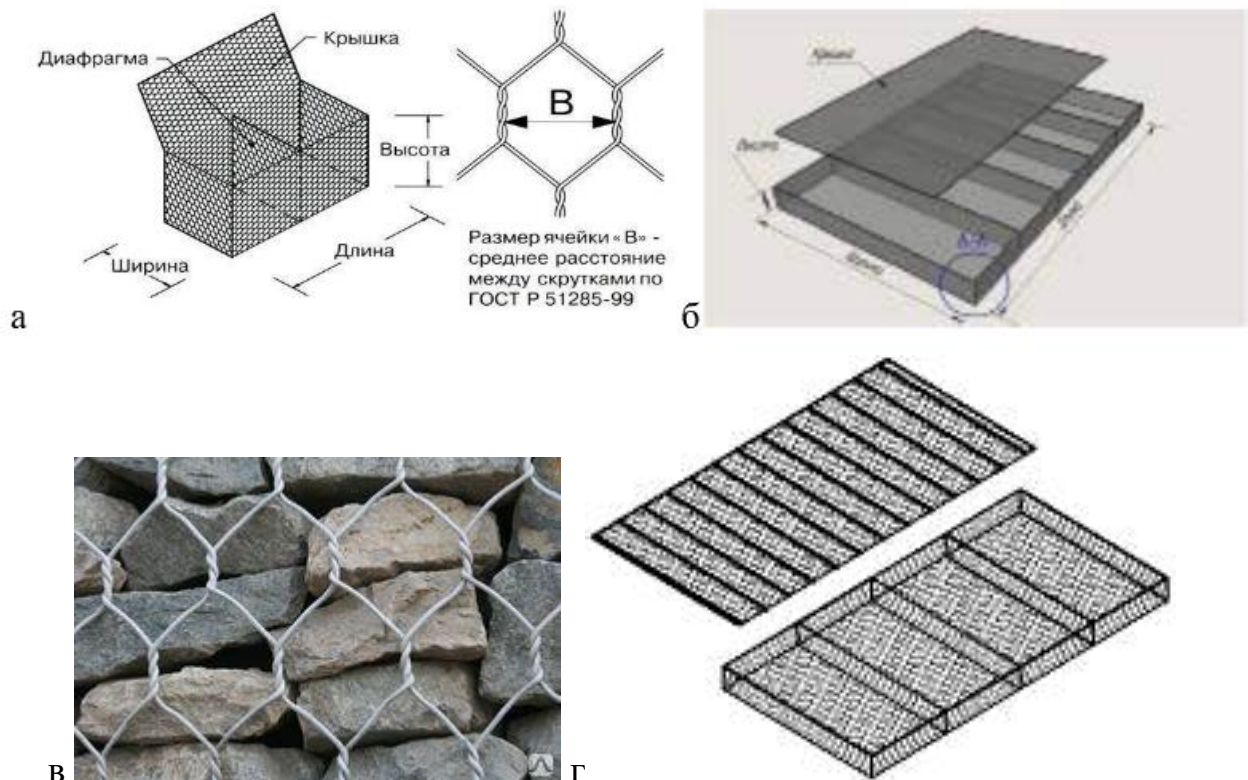


Рис. 2.19. Схема конструкции: а – коробчатого габиона; б - матрасно-тюфячного без армирования; в – заполнение короба; г – с усиленной напорной гранью

Создание конструкции производится путем загиба, сделанных из проволоки шестиугольной сетки, и последующей сшивки основной заготовки с диафрагмами и торцевыми стенками. Применение габионов резко уменьшает уровень гидростатического влияния на грунт, обеспечивая надежную защиту берегов (рис. 2.20).



Рис. 2.20. Крепление откоса матрасами Рено: а – водотока, впадающего в водохранилище; б – водоёма (во время реконструкции)

Габионы способны пропускать влагу без разрушения конструкции, противостоят эрозии откосов, осадкам нестабильных грунтов, их подмыву и

многим другим факторам, способным вызвать нарушение или ослабление местной устойчивости откосов. Задерживающиеся в габионных конструкциях частицы грунта способствуют росту растительности, что не только придаёт таким сооружениям со временем ещё большую прочность, но и приводит к тому, что они становятся частью окружающего ландшафта. К существенным достоинствам габионных конструкций так же относятся простота технологии строительства и конструкции, малые объемы подготовительных работ при возведении сооружений и минимальные эксплуатационные расходы. Укрепление габионами помогает решить не только проблему размывания берегов, но и изменить береговой рельеф, например, намыт дополнительный пляж, создать стоянку, проложить набережную.

При проектировании укрепления из габионных структур необходимо выполнить следующие расчеты:

- определение требуемой толщины матрасно-тюфячных габионных конструкций;
- проверка габионной структуры на деформацию;
- проверка скорости фильтрации.

Обычно рекомендуется для защиты от водной, волновой и ветровой эрозии поверхностей береговых откосов водохранилищ в условиях воздействия потоков воды с максимальной скоростью не более 5 м/с и возможной высоты волны не более 1,8 м принимать укрепление из матрасов Рено [1, 2]. При больших параметрах потока используются матрасы Джамбо или вертикальные габионы коробчатого типа. В соответствии с каталогом фирмы Маккафери и рекомендациями, приведёнными в таблицах 4.3. и 5.3 учебного пособия [1], назначаем толщину матраца 0,23 м, средний расчетный диаметр камня $d_k = 0,12$ м, в качестве обратного фильтра используется геотекстиль.

Размывающая скорость под матрацами на границе габион-грунт определяется по формуле

$$v_h = n_f i^{1/2} (0,5 d_{50\%})^{2/3}, \quad \text{м/ч} \quad (13)$$

где i – уклон поверхности берегового откоса ВО; n_f - коэффициент шероховатости поверхности откоса или берега под матрацем, учитывающий конструкцию обратного фильтра под габионом. Поскольку под матрасно-тюфячными габионными конструкциями в современном береговом строительстве укладывается геотекстиль, то для расчёта можно взять $n_f = 0,02$ как для геотекстиля [1, 9, 15]. Затем выполняют сравнение величины скорости фильтрации v_h с допустимой скоростью фильтрации самого грунта v_e . При этом должно выполняться условие:

$$v_h \leq (2 \dots 4) v_e. \quad (14)$$

Здесь необходимо различать две ситуации. Если основание берегов водохранилища и дна для ВО в РГР сложено из несвязанного песчаного

грунта, то среднюю скорость фильтрации можно ориентировочно оценить по формуле

$$v_e = 16,1 (d_{50\%})^{1/2}, \text{ м/ч} \quad (15)$$

Для связного грунта берега ВО при определении v_e можно воспользоваться графиком на рисунке 2.21.

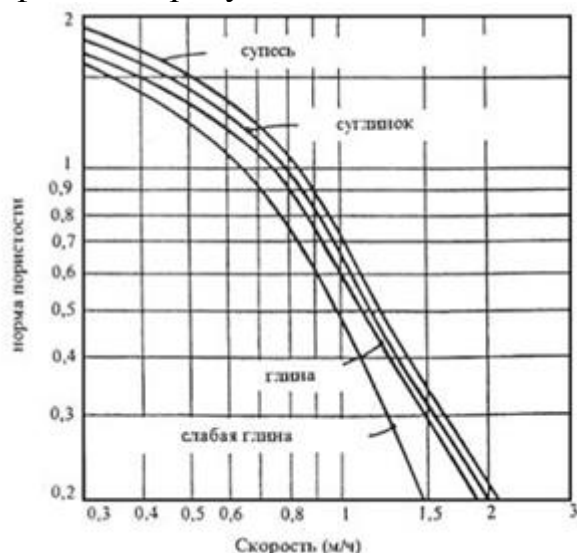


Рис. 2.21. Диаграмма для определения скорости фильтрации в глинистых грунтах при известной пористости (например, для суглинка среднего $v_e = 1,3$ м/ч)

Затем выполняется проверка возможности размыва под габионными конструкциями по условию (14). Если проверка показывает, что условие выполняется, то, следовательно, размыва под габионами не будет. В этом случае конструктивное наиболее простое решение может выглядеть как на рисунке 2.22 или П4.1.

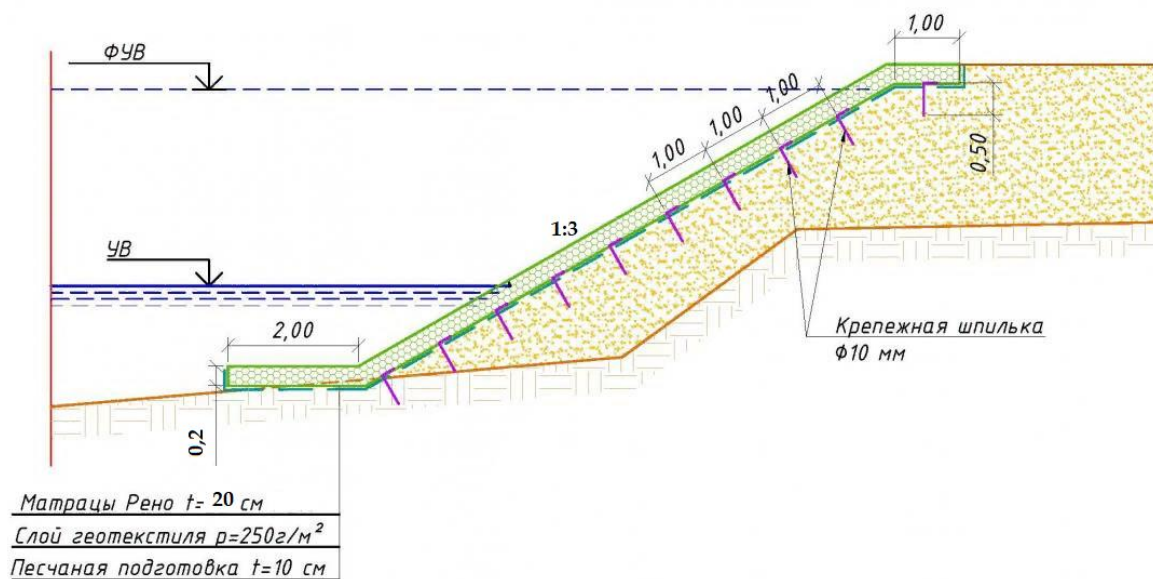


Рис. 2.22. Конструкция крепления матрасами Рено на связанном основании

2.4. Выбор типа крепления

В настоящее время в мировой практике реабилитации ВО используются несколько сотен методов и способов берегоукрепления и не всегда они требуют больших материальных затрат. Выбор конструкции защитного покрытия в основном зависит от его назначения. При этом наиболее сложный и ответственный вопрос при строительстве и эксплуатации земляных откосов водных объектов – защита их от разрушения под действием волн. Поэтому в России широкое распространение получили каменные, бетонные и железобетонные крепления откосов. Стремление полностью механизировать производство строительных работ и в наибольшей степени использовать преимущество этих защитных покрытий привело к созданию новых прогрессивных методов крепления откосов: ячеистых, шпунтовых, габионных и пр.

Анализ проектных решений показывает, что часто основным способом защиты берегов водных объектов является строительство дорогих берегоукрепительных сооружений [1, 2, 11, 13, 15]. В конкретном случае на основе мониторинга можно разработать прогноз береговых деформаций, а затем выбрать тип укрепления берегов, имеющих небольшой срок службы, но быстро и недорого восстанавливающихся, например, из природных или природоподобных материалов [1, 2, 6, 10, 19-21].

В общем случае стоимость берегоукрепления формируется из множества факторов и выполнения перечня работ, необходимого для укрепления берега водоема или водотока. На каждом ВО перечень работ сильно разнится, поскольку грунты на каждом объекте различны и берега водоёмов разрушаются хаотически. Поэтому для каждого конкретного проекта стоимость берегоукрепления рассчитывается индивидуально после визуального осмотра ВО, составления полного перечня для выполнения работ по укреплению берега. В зависимости от типа берегоукрепления обычно в прайс-листах указывается либо цена за 1 п.м, либо за 1 м². Стоимость работ варьируется в разных строительных организациях в значительных пределах. В среднем, стоимость укрепления берегов **габионами** в общем составляет в современном гидротехническом строительстве России от 14 тыс. руб. за 1 п.м. по берегу, а в некоторых организациях от 8,5 тыс. за м³ либо со стоимостью материала от 2,9 тыс. руб./м². Кроме того, надо учитывать, что при использовании габионов более чем в два раза уменьшается отвод земли по сравнению с насыпью при откосе 1:1,5. Объем габионного камня в десять раз меньше объема грунта для отсыпки насыпи. Минимальная стоимость работ по монтажу и укреплению берега габионными конструкциями составляет от 5 тыс. руб. за 1 м³, включая стоимость материалов. Анализ стоимостных показателей по ряду построенных в России объектов фирмой Маккаферри позволил установить, что применение габионных конструкций позволяет снизить строительные затраты на 10...30 % по сравнению с традиционными укреплениями из бетона. В общем, стоимость вертикального берегоукрепления габионами на 10...15 % меньше, чем крепления из железобетона, при лучшем

ландшафтном виде и более высокой экологической безопасности (так ориентировочная стоимость берегоукрепительных сооружений из габионов составляла в ценах 2006 г. 8...10 тыс. руб./п.м, а вертикальной стенки из бетона – 12...14 тыс. руб./п.м без монтажа, а с монтажом примерно в 2 раза дороже). Учитывая это и другие положительные качества, указанные в п. 2.3.3, принимаем для водохранилища из рассмотренных выше трёх типов – миксированную конструкцию из коробчатых и матрасно-тюфячных габионов (рис. 2.23).

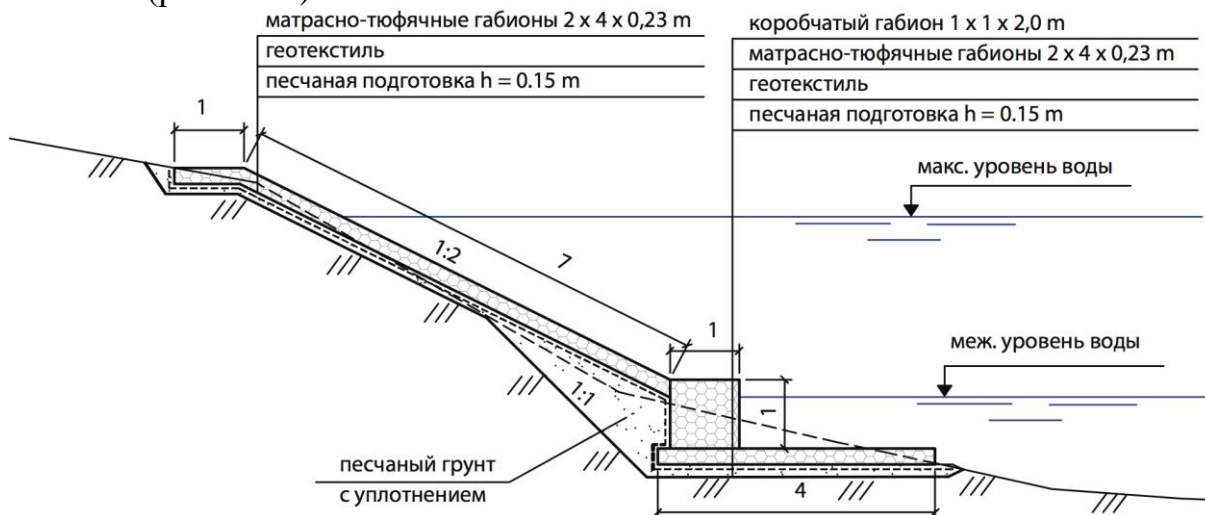


Рис. 2.23. Принятая схема укрепления берега водохранилища коробчатыми габионами разного типа

3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ И ПОДГОТОВКЕ ОТЧЁТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

3.1. Рекомендации по изучению дисциплины

Магистранту при изучении дисциплины, следует иметь в виду, что она относится к инженерным дисциплинам. То есть она требует формирования представлений об объектах и сооружениях, их назначении, понимания принципов устройства и работы, способов возведения, а также обладания навыками графического их изображения.

Как известно, это возможно при освоении курса начертательной геометрии и инженерной графики, а также развивая себя в процессе освоения данной дисциплины. Для этого при конспектировании материалов занятий следует внимательно отнестись к схемам и чертежам (сооружений, устройств, элементов и узлов и пр.), представляемых преподавателем, добиваясь полного их понимания.

При этом, студенту не следует:

- стесняться задавать вопросы, боясь прослыть «неумным»;
- откладывать выяснение неясного вопроса на будущее, поскольку он, как правило, связан с последующими вопросами, что приведет к непониманию и второго, а в результате и к потере интереса к дисциплине.
- работая с литературой, следует особое внимание уделять рисункам, где приводятся схемы ГТС либо схемы их функционирования.

Желательно в период изучения дисциплины «Инженерная защита территории при создании водохранилищ» и выполнения РГР, кроме работы над учебной литературой, познакомиться с проектами повторного применения или типовыми решениями как классических, так и инновационных берегоукрепительных сооружений, а также, если представляется возможность, просмотреть существующие презентации или фильмы по строительству и используемым материалам и способам возведения берегоукрепительных и берегозащитных ГТС.

Без графического изображения элементов ВО, изучаемых в дисциплине нельзя в полной мере оценить принцип устройства того или иного ГТС или водохранилищного гидроузла в целом либо возможности его функционирования. Поэтому студентам в первую очередь надо совершенствовать знания и умение в области начертательной геометрии и черчения, полученных на первых курсах в бакалавриатуре, а также использовать современные компьютерные технологии. Для выполнения рисунков и графических приложений к РГР нужно уметь пользоваться AutoCAD и информационно-справочными и поисковыми системами («Консультант+», «Гарант», СПС «Кодекс», Pravo.by и др.).

При выполнении РГР/ДЗ следует большую роль отвести на общение с преподавателем: обязательное посещение консультаций, обсуждение непонятных вопросов в аудитории. Именно на текущих консультациях студент

убеждается в правильности выбранных им конструктивных решений и расчётных аспектах разрабатываемых береговых ГТС. При выборе типа противоэрозионных конструкций берегоукрепления и берегозащиты следует использовать аналоги проектных решений уже существующих и нормально функционирующих водохранилищных, речных и прудовых гидроузлов. Выбранные типы берегоукрепления и берегозащиты при выполнении РГР обязательно обсуждаются и утверждаются руководителем проектирования.

Начиная заниматься РГР, необходимо изучить задание и те требования, которые в целом предъявляются к водохранилищному гидроузлу при его проектировании, а также к отдельным берегозащитным и берегоукрепительным сооружениям, входящим в его состав. При изучении задания и выборе рациональной схемы зонирования берегоукрепительных сооружений необходимо учитывать расположение, конструктивные и эксплуатационные особенности основных функционирующих сооружений водохранилищного гидроузла. Во время занятия или во внеаудиторное время следует досконально изучать предлагаемые преподавателем и имеющиеся в проектной комнате кафедры ГТС и в лабораториях: макеты и модели отдельных ГТС и гидроузлов, учебные плакаты, фото- и киноматериалы различных прибрежных сооружений объектов природообустройства, презентации и пакеты материалов по натурным обследованиям и проектным решениям разных гидротехнических комплексов отраслевого назначения (в том числе компьютерная визуализация ВО в формате 3D), действующие модели отдельных сооружений объектов природообустройства (сопрягающие и водопроводящие сооружения, мостовые переходы, водосливные плотины, бетонные плотины, укрепления береговых склонов, берегов ВО, их примыкания с подпорными и водопропускными ГТС и пр.). Рекомендуется так же ознакомиться с образцами ранее выполненных выпускных проектов и работ по близкой тематике, альбомами проектов повторного применения, фотографиями, соответствующей учебной и научно-технической литературой и другими материалами по водохранилищам, укрепительным и берегозащитным конструкциям, дамбам, плотинам из грунтовых материалов гидроузлов разного назначения и класса опасности, имеющихся на кафедре ГТС.

В рамках самостоятельной работы с технической или учебной литературой, основное внимание надо уделять графической информации – её правильному прочтению, оформлению, соответствию подрисуночной подписи и визуализации в реальные объекты.

Наряду с результатами расчётов в пояснительной записке к ДЗ/РГР должны содержаться расчётные схемы, краткое пояснение порядка вычислений, выбранных формул, табличных значений, а также логические рассуждения при проектировании отдельных конструктивных элементов береговых ГТС и конкретные выводы по разделам.

При разработке пояснительной записки РГР, в соответствии с её структурой, приведённой в таблице 1.3, надо начинать её формирование с **титального листа** (образец приведён в приложении 3), на котором сообщаются официальные сведения о выполняемой РГР, исполнителе, руководителе, даётся

наименование направления подготовки и кафедра. Перенос слов на нём не допускается, а точки в конце названий не ставятся. Далее помещается **задание на проектирование с исходными данными**. Их включают в общую нумерацию страниц, но номера страниц на них не проставляют.

3.2. Рекомендации по написанию работы

При разработке текста РГР начинать надо с введения. В **введении** обосновывается актуальность избранной темы РГР, раскрывается его практическая значимость, формулируются цель и задачи конструирования отдельных берегоукрепительных ГТС и всей береговой линии в целом для рассматриваемого региона, например, региона Китая. Дается краткая оценка природных условий и исходных данных. Отмечается, что в настоящий момент необходимо проводить защиту и обустройство берегов практически любого водного объекта, поскольку их состояние для ВО особенно на урбанизированных территориях неудовлетворительно во всех регионах как России, так и Китая. Переформирование берегов ВО представляет собой нестационарный многофакторный процесс, в результате которого возникают различные формы берегов, определяемые преимущественно инженерно-геологическими условиями. Берег, подвергающийся размыву, называется абразионным, а нарастающий за счет накопления наносов – аккумулятивным. В общем случае берег водоема состоит из берегового склона или обрыва, побережья, береговой отмели и отсыпи. Его специфической особенностью является ступенчатость поперечного профиля, который создается за счет искусственного регулирования уровней.

Нестабильность берегов и отсутствие надёжных средств берегозащиты является одним из главных препятствий на пути комплексного использования потенциальных ресурсов береговой зоны ВО. Сохранять линию берега в первоначальных позициях, обеспечивающих целостность и долговечность береговой линии ВО, естественную среду обитания прибрежных организмов и растений должны рационально подобранные **конструкции берегоукрепительных сооружений**.

В **основной части** пояснительной записки РГР наряду с результатами расчётов должны содержаться расчётные схемы, приведены краткие классификационные признаки рассмотренного водохранилища, пояснение порядка вычислений, выбранных формул, табличных значений, а также логические рассуждения при выборе типа берегоукрепительных либо берегозащитных ГТС (рассматривается не менее трёх вариантов), даны схемы проектируемых отдельных конструктивных элементов берегозащитных ГТС и конкретные выводы по разделам.

Заканчивается пояснительная записка **заключением**, где резюмируется содержание РГР, подводятся итоги проведенных расчётов, соотнесены их с целью и задачами, поставленными в начале работы, сформулированными во введении. В нём должны быть указаны выводы и приведены рекомендации относительно возможностей использования выбранного типа укрепления берегового склона ВО. Например, *«Из анализа представленных в РГР материалов,*

конструктивных решений и расчётов можно сделать вывод, что для более экономичной реабилитации береговой линии водохранилища Тяньпинху в Китае в большей мере целесообразно использовать берегоукрепление из габионных элементов. Это – более экономичный способ противоэрозионной организации территории, хотя бы по сравнению с укреплением берегового откоса сборными железобетонными плитами, который помимо этого является наиболее экологически безопасным и эстетически продуманным.»

В библиографический список включаются источники, которые непосредственно использовались при выполнении РГР и на которые есть ссылки в тексте пояснительной записки (не менее 10 источников). При этом обязательно присутствие источников, опубликованных в течение последних 3-х ... 5-ти лет.

В приложениях РГР помещают материал, дополняющий основной текст:

- графики, диаграммы, результаты проведения лабораторных или натуральных исследований, связанных с темой РГР;

- таблицы большого формата, в том числе и листы книги Excel расчёта подпорных сооружений береговой линии по программам, разработанным на кафедре ГТС для ПК [1, 2, 9, 13, 18].

Каждое приложение в соответствии следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова "Приложение" и его обозначения. Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой, и общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц. После слова "Приложение" следует буква (или цифра), обозначающая его последовательность. Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита или арабскими цифрами. Приложения допускается оформлять помимо формата А4 на листах формата А3, А2, А1.

3.2.1. Оформление текста записки

Общие требования при оформлении пояснительной записки РГР должны соответствовать требованиям государственных стандартов, действующих на момент его выполнения. Текстовый материал представляется печатным способом на одной стороне белой бумаги формата А4 (210x297 мм). Вписывать отдельные слова, символы или формулы в напечатанный текст вручную (пастой, гелем и пр.) не допускается.

Объём записки не должен превышать 30 страниц текста без учёта приложения, набранным шрифтом в текстовом редакторе Microsoft Word типа Times New Roman Cyr. Шрифт основного текста: обычный, **размер 14** кегля. Шрифт заголовков разделов (глав): полужирный, размер 16 пт. Шрифт заголовков подразделов: полужирный, размер 14 пт. Цвет шрифта должен быть черным. Межсимвольный интервал – обычный. Межстрочный интервал – **полуторный**. Абзацный отступ – 1,25 см. Поля: с левой стороны – 25 мм; с правой – 10 мм; в верхней части – 20 мм; в нижней – 20 мм. Выравнивание текста по ширине, допускается перенос слов (за исключением заголовков глав и разделов, названий таблиц и рисунков).

Страницы должны быть пронумерованы арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту пояснительной записки, включая приложения. Порядковый номер ставится в **середине верхнего поля** листа без точки. Первой страницей считается титульный лист, но номер страницы на нем не проставляется. Введение – 3 страница. Иллюстрации и таблицы на листе формата А3 учитывают как одну страницу.

Главы пояснительной записки к РГР по объему должны быть пропорциональными, а каждая глава – начинаться с новой страницы. Главы имеют сквозную нумерацию в пределах работы и обозначаются арабскими цифрами. В конце заголовка точка не ставится. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Номер подраздела (параграфа) включает номер раздела (главы) и порядковый номер подраздела (параграфа), разделенные точкой. *Например, 1.1, 1.2 и т.д.*

Пояснительная записка к РГР должна быть написана логически последовательно, литературным языком. При написании текста не рекомендуется вести изложение от первого лица единственного числа: «я наблюдал», «я считаю», «по моему мнению» и т.д. Корректнее использовать местоимение «мы». Допускаются обороты с сохранением первого лица множественного числа, в которых исключается местоимение «мы», то есть фразы строятся с употреблением слов «рассчитываем», «устанавливаем», «имеем». Можно использовать выражения «на наш взгляд», «по нашему мнению», однако предпочтительнее выражать ту же мысль в безличной форме, например:

- *изучение опыта строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений свидетельствует о том, что ...,*
- *проведенные расчёты подтвердили...;*
- *установлено, что;*
- *можно сделать вывод о том, что;*
- *необходимо рассмотреть, дополнить;*
- *в работе рассматриваются, анализируются...*

При написании ДЗ/РГР необходимо пользоваться языком научного изложения. Здесь могут быть использованы следующие слова и выражения:

- для указания на последовательность развития мысли и временную соотнесённость:
 - *прежде всего, сначала, в первую очередь;*
 - *во-первых, во-вторых, и т. д.;*
 - *затем, далее, в заключение, итак, наконец;*
 - *до сих пор, ранее, до настоящего времени;*
 - *в последние годы, десятилетия;*
- для сопоставления и противопоставления:
 - *однако, в то время как, тем не менее, но, вместе с тем;*
 - *как..., так и...;*
 - *с одной стороны, с другой стороны, не только..., но и;*
 - *по сравнению, в отличие, в противоположность;*
- для указания на следствие, причинность:

- *таким образом, следовательно, итак, в связи с этим;*
- *отсюда следует, ясно;*
- *это позволяет сделать вывод, заключение;*
- *свидетельствует, говорит, дает возможность;*
- *в результате;*
- *для дополнения и уточнения:*
- *помимо этого, кроме того, также и, наряду с..., в частности;*
- *главным образом, особенно, именно;*
- *для иллюстрации сказанного:*
- *например, так;*
- *приведем пример;*
- *подтверждением выше сказанного является;*
- *для ссылки на предыдущие высказывания, мнения, исследования и*

Т.д.:

- *было установлено, рассмотрено, выявлено, проанализировано;*
- *аналогичный, подобный, идентичный анализ, результат;*
- *для введения новой информации:*
- *рассмотрим следующие случаи;*
- *остановимся более детально на...;*
- *для выражения логических связей между частями высказывания:*
- *как показал анализ, как было сказано выше;*
- *на основании полученных данных;*
- *проведенные расчёты позволяют сделать вывод.*

Часто употребляются составные подчинительные союзы и клише:

- *поскольку, благодаря тому, что, в соответствии с...;*
- *в связи, в результате;*
- *при условии, что, несмотря на...;*
- *наряду с..., в течение, в ходе, по мере.*

На последней странице РГР ставятся **дата окончания работы и подпись автора**. Законченную работу следует сброшюровать и переплести в папку.

При написании РГР можно давать внутри текстовые **библиографические ссылки**, которые оформляются в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5. Если делается ссылка на источник в целом, то необходимо после упоминания автора или авторского коллектива, а также после приведенной цитаты работы, указать в квадратных скобках номер этого источника в библиографическом списке. *Например:* В соответствии с требованиями СП 39.13330.2012 выбор типа укрепления осуществляется на основании технико–экономического сравнения вариантов различных конструкций [8]. Если ссылку приводят на конкретный фрагмент текста документа, в ней указывают порядковый номер и страницы, на которых помещен объект ссылки. Сведения разделяют запятой, заключая в квадратные скобки. *Например,* [10, с. 81]. Допускается оправданное сокращение цитаты – пропущенные слова заменяются многоточием.

На все **таблицы** в тексте должны быть ссылки. В соответствии с ГОСТ таблица должна располагаться непосредственно после текста, в котором она

упоминается впервые, или на следующей странице. Все таблицы нумеруются (нумерация сквозная, либо в пределах раздела). В последнем случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера внутри раздела, разделенных точкой. *Например:* Таблица 1.2. Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением обозначения приложения. *Например:* Приложение 2, табл. 2. Название таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире. *Например:* Таблица 3 – Построение кривой депрессии. При заимствовании таблиц из какого-либо источника оформляется на него сноска.

При переносе таблицы на следующую страницу название помещают только над первой частью. Над другими частями также слева пишут слово «Продолжение» или «Окончание» и указывают номер таблицы. *Например:* Продолжение таблицы 3. Таблицы, занимающие страницу и более, обычно помещают в приложение. Таблицу с большим количеством столбцов допускается размещать в альбомной ориентации. В таблице допускается применять размер шрифта 12, интервал 1,0.

Особое внимание надо обращать на оформление библиографического списка (ГОСТ 7.1):

- для книг

с 1 автором

Хомицкий, В.В. Природоохранные аспекты береговой гидротехники / В.В. Хомицкий. - Киев.: Наукова думка, 1983. - 276 с.

с 2–3 авторами

Черных, О.Н. Водопрпускные сооружения транспортных магистралей из металлических гофрированных структур/ О.Н. Черных, В.И. Алтунин, М.В. Федотов. – М.: Изд-во МАДИ, 2016. – 304 с.

с 4 и более авторами

Баранов, Е.В. Использование объёмных полимерных георешёток в качестве противоэрозионной защиты грунта / Е.В. Баранов [и др.] – Иркутск.: ООО «Мегапринт», 2017. – 193 с.;

- для учебников и учебных пособий

1. Большаков, А.Г. Проектирование городской набережной: учебное пособие / А.Г. Большаков – Иркутск.: Изд-во ИрГТУ, 2009. – 120 с.

2. Глазунова, И.В., Раткович, Л.Д., Соколова, С.А. Проектирование биоинженерных сооружений в составе схем комплексного использования водных ресурсов / И.В. Глазунова, Л.Д. Раткович, С.А. Соколова – М.: МГУП, 2007. – 63 с.

- для учебников и учебных пособий под редакцией

Эксплуатация и проектирование дюкеров на водных объектах: уч. пособие / О.Н. Черных, А.В. Бурлаченко; под ред. О.Н. Черных. – М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2021. – 153 с.;

- для многотомных книг

Штеренлихт, Д.В. Очерки истории гидравлики, водных и строительных искусств. Книга 1. Древний мир / Д.В. Штеренлихт. – М.: Изд-во МГУП, 2000. – 392 с.;

- для словаря и энциклопедии

1. Ожегов, С. И. Толковый словарь русского языка / С. И. Ожегов, Н. Ю. Шведова. – М.: Азбуковник, 2000. – 940 с.

2. Мелиоративная энциклопедия / Б. С. Маслов [и др.]. – М.: ФГНУ «Роинформагротех», 2003. – Т. 1(А–К). – 672 с.;

- для статей из журналов и периодических сборников

1. Черных, О.Н., Алтунин, В.И., Сабитов, М.А. Типизированные приёмы экологического восстановления малых рек Москвы (на примере реки Сетунь) / О.Н. Черных, В.И. Алтунин, М.А. Сабитов // Природообустройство. – 2015. – №3.– С. 66–72.

2. Черных, О.Н., Бурлаченко, А.В., Бурлаченко, Я.Ю. Особенности перемещения наносов при волновом воздействии на берега водных объектов АПК / О.Н. Черных, А.В. Бурлаченко, Я.Ю. Бурлаченко // Современное состояние инженерных инфраструктур в АПК: материалы Международной научно-практической конференции. – М., 2023. ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева. – С.11 – 17.

3. Bruce, M. McEnroe, Ph.D., P.E. Travis R. Malone Hydraulic resistance of small-diameter helically corrugated metal pipe. Report №. K–Tran: KU–07–5, University of Kansas Lawrence, Kansas, Jan., 2008. – P. 88–93.

4. Chris, R. Magura. Hydraulic Characteristics of Embedded Circular Culverts. A Thesis Submitted to the Faculty of Graduate Studies in Partial Fulfillment for the Degree of MASTER OF SCIENCE. Department of Civil Engineering University of Manitoba Winnipeg, Manitoba. August 2007. – 44 s.;

- для диссертации

Баранов, Е.В. Гидравлическое обоснование конструкции объёмной полимерной георешётки с крупнозернистым наполнителем // Е.В. Баранов. – Дисс. ... канд. техн. наук. Москва, 2016. – 233 с.;

- для автореферата диссертации

Козлов, К.Д. Гидравлические исследования водопропускных сооружений с противоэрозионным покрытием из геомата : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Козлов Константин Дмитриевич. – М., 2017. - 20 с.;

- для нормативно–технических и технических документов

1. ГОСТ Р 7.0.5–2008 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления» – Введ. 2009–01–01.— М.: Стандартинформ, 2008.— 23 с.

2. Пат. 2801714 Российская Федерация МПК E02B 3/06 Подпорная стенка армогрунтовой конструкции для защиты прибрежных зон от обрушения и размыва / Ханов Н.В., Курбанов С.О., Черных О.Н.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Российский государственный аграрный университет имени К.А. Тимирязева. — №2022128586; заявл. 03.11.2022; опубл. 15.08.2023, — Бюл. № 23. — 6 с.;

- для электронных ресурсов

О безопасности гидротехнических сооружений: Федеральный закон от 21.07.1997. № 117–ФЗ. (ред. от 28.12.2013). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://focdoc.ru/article/a-43.html> (Дата обращения: 16.05.2018).

3.2.2. Оформление рисунков и графического материала

Графическая часть РГР выполняется в виде иллюстративного материала (чертежи и расчётные схемы) на миллиметровой бумаге карандашом либо на одной стороне белой чертёжной бумаги формата А4 в тексте пояснительной записки в карандаше или с помощью ПК в AutoCAD и одного листа ватмана формата А1 (594x841). Требования к оформлению графической части РГР изложены в стандартах ЕСКД и соответствуют современным ГОСТ. Компонировка основных схем береговых ГТС, масштабы и степень детализации сооружений на форматках в пояснительной записке устанавливаются студентом при консультации с преподавателем и утверждаются руководителем. Используемые и рекомендуемые масштабы узлов ГТС, разрезов и планов должны быть стандартными.

На рисунках обязательно указываются основные размеры. Рисунки оформляют в соответствии с ГОСТ 2.105–95. На все рисунки в тексте должны быть даны ссылки. Расчётные схемы помещаются в тексте в порядке упоминания без соблюдения масштаба. Рисунки должны располагаться непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице. Рисунки нумеруются арабскими цифрами, при этом нумерация сквозная, но допускается нумеровать и в пределах раздела (главы). В последнем случае, номер рисунка состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Точка в конце названия рисунка не ставится. Подпись к рисунку располагается под ним посередине строки. Слово «Рисунок» пишется полностью. *Например:* «Рисунок 2 – Расчётная схема для определения параметров крепления». Независимо от того, какая представлена иллюстрация – в виде схемы, графика, диаграммы, фотографии – подпись всегда должна быть «Рисунок». Схемы, графики, диаграммы (если они не внесены в приложения) должны размещаться сразу после ссылки на них в тексте РГР. При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рис. 1.2».

3.2.3. Написание формул

Формулы должны быть оформлены в редакторе формул *Equation Editor*. Нумеруемые, большие, длинные и громоздкие формулы, которые имеют в составе знаки суммы, произведения, дифференцирования, интегрирования, размещают на отдельных строках. Небольшие формулы, не имеющие самостоятельного значения, вписывают внутри строк текста.

Объяснение значений символов и числовых коэффициентов нужно подавать непосредственно под формулой в той последовательности, в которой они приведены в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициента нужно подавать с новой строки. Первую строку объяснения начинают со слова «где» без двоеточия. Выше и ниже каждой формулы нужно

оставить не меньше одной свободной строки. Если уравнение не вмещается в одну строку, его следует перенести после знака равенства (=), или после знаков плюс (+), минус (-), умножение.

Нумеровать следует лишь те формулы, на которые есть ссылка в следующем тексте. Формулы должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы около правого поля страницы в круглых скобках без точек. При нумерации формул в пределах раздела номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой. Двоеточие перед формулой ставят лишь в случаях, предусмотренных правилами пунктуации: в тексте перед формулой обобщающее слово; этого требует построение текста, который предшествует формуле - смотри формулу (2.2) в разделе 2 данных методических указаний.

3.2.4. Рекомендации по защите работы

К защите представляется сброшюрованная пояснительная записка по ДЗ/РГР вместе с заданием и графическим материалом.

Защита РГР включает:

- краткое сообщение автора об актуальности работы, целях, объекте проектирования, результатах расчётов и проектирования;
- вопросы к автору работы и ответы на них.

При защите ДЗ/РГР к студентам предъявляются следующие требования:

- необходимо уметь обосновать и защитить принятые в работе решения;
- надо разбираться в произведённых расчётах;
- следует хорошо понимать чертежи.

Если при проверке РГР или защите выяснится, что студент не является ее автором, то защита прекращается. Студент будет обязан выполнить ДЗ/РГР по другой теме или водному объекту.

Студент, пропустивший занятия, обязан самостоятельно изучить материалы пропущенного занятия, пользуясь учебной литературой, сведениями интернет – ресурсов, с обязательным составлением конспекта. Материал считается отработанным после собеседования с преподавателем, оценившим положительно работу студента. Оценочные средства текущего контроля успеваемости и оценочные средства сформированности компетенций приведены в фонде оценочных средств по дисциплине. При выставлении зачёта по дисциплине принимаются во внимание итоги контроля текущей работы студента. Оценка за РГР является суммарной, учитывающей: степень самостоятельности выполненной работы; правильность, глубину и качество расчётов и принятых конструктивных решений; содержание доклада и адекватность ответов.

3.3. Материалы к итогам освоения дисциплины

Оценочные средства текущего контроля успеваемости и оценочные средства сформированности компетенций приведены в фонде оценочных средств по дисциплине. Текущий контроль по дисциплине проводится по окончанию изучения теоретического раздела и завершению выполнения РГР. При выставлении зачёта в 1 семестре по дисциплине принимаются во внимание итоги контроля текущей работы студента.

**Примерный перечень вопросов,
выносимых на зачёт по дисциплине «Инженерная защита
территорий при создании водохранилищ» для магистров 1 курса
направление 08.04.01 «Строительство» направленность ««Речные и
подземные гидротехнические сооружения»**

1. Понятие водохранилища и подпертого бьефа.
2. Основные виды водохранилищ.
3. Явления и процессы, происходящие в водохранилищах (в верхнем бьефе гидроузла).
4. Процессы, происходящие в нижнем бьефе гидроузла за водохранилищем.
5. Негативные явления, происходящие при создании водохранилищ.
6. Методы борьбы и сооружения для защиты территорий от затоплений при создании водохранилищ.
7. Особенность конструкций дамб обвалования на водохранилищах.
8. Основные конструктивные элементы дамб и их назначение.
9. Инженерные методы и сооружения для борьбы с подтоплением территорий при создании водохранилищ.
10. Методы защиты берегов водохранилищ от абразивных явлений.
11. Методы борьбы с цветением воды в водоёмах.
12. Общая характеристика водохранилищ Китая.
13. Основные характеристики и классификация водохранилищ России.
14. Перечислите основные виды русловых деформаций и дефектов берегов водоёмов и откосов ГТС, с которыми приходится сталкиваться гидротехнику при проектировании сооружений на водохранилищах.
15. Расскажите об особенностях конструкции креплений берегов крупных водохранилищ. Из каких материалов их выполняют чаще всего.
16. В каких случаях проводят укрепление и защиту берегов от размывов? Какие сооружения при этом возводят?
17. Приведите конструктивные схемы биологического берегоукрепления «сухого» и «мокрого» откосов водного объекта.
18. Приведите некоторые инженерные мероприятия, направленные на повышение устойчивости берегового откоса и верхового откоса грунтовых насыпных ГТС.
19. Какие укрепления имеют наибольшую сопротивляемость воздействию потока? Приведите их схемы и назовите основные конструктивные элементы.
20. В каких случаях целесообразно применять каменное укрепление откосов водного объекта.
21. Пляжный откос и способы формирования пляжей.
22. Перечислите берегоукрепительные одежды, применяющиеся в зоне меженного горизонта воды в водотоке.

23. Перечислите достоинства и недостатки габионных укрепительных сооружений.

24. Перечислите разновидности креплений из камня, приведите их схемы и охарактеризуйте области применения.

25. От чего зависят допустимые скорости течения воды для различных укреплений. Для чего их нужно знать.

26. Что представляют собой свайные и шпунтовые укрепления. Их роль в миксированных конструкциях берегоукрепительных сооружений. Проиллюстрируйте ответ схемами полукосных береговых укреплений.

27. Типы крепления верхового откоса грунтовых берегозащитных сооружений и области их применения.

28. Какие виды берегоукрепления наиболее часто используются на крупных водохранилищах России и Китая?

29. Способы борьбы с паводками и наводнениями на территориях при создании водохранилищ.

30. Охарактеризуйте берегозащитные и берегоукрепительные сооружения водных объектов традиционных типов.

31. Области применения георешёток и их типы.

32. Роль и типы деревянного укрепления в подводной части берегов.

33. Поясните разницу между биоматом и геотекстилем и условия их применения для защиты склонов.

34. Назовите отличительные особенности разных типов фашин и тюфяков с применением хвороста.

35. Перечислите достоинства и недостатки укрепительных сооружений с применением композиционных геоматов.

36. Поясните, что представляет собой биоплато.

37. Приведите конструктивные схемы набережных.

38. Основные виды биоинженерных сооружений, используемых в пределах берегового участка ВО, выполняющих наряду с берегозащитными и водоохраные функции.

39. Расскажите об особенностях конструкции креплений малых прудов.

40. Элементы из местных материалов для изготовления биопозитивных сооружений и укреплений: схемы, область применения.

41. Принципиальная схема укрепления откоса ренатурированного водоёма и водотока.

42. Приведите примеры укрепления из элементов древесных и кустарниковых растений.

43. Берегоукрепление многосекционными геоболочками.

Критерии выставления зачёта:

В соответствии с установленными правилами оценивается положительно работа, в которой студент показал повышенный уровень сформированной компетентности: поставленные в РГР задачи решены в максимальном объёме; доклад при защите работы сделан уверенно и грамотно; студент чётко ответил на все поставленные вопросы; выводы и подтверждающие их расчёты выполнены лично автором. Оценка «зачтено» выставляется магистру, который дал полные правильные ответы или допустил неточности, не имеющие принципиального характера, а также, магистру, допускающему незначительные ошибки и имеющему незначительные пробелы в знаниях;

Не зачитывается работа, в которой студент показал уровень сформированной компетентности ниже порогового: он частично знаком с теоретическими основами предмета, но расчёты содержат грубые ошибки; конструктивные решения изображены неправильно; высока степень заимствования чужих решений, несоответствующих исходным данным РГР; чертежи выполнены небрежно; оформление пояснительной записки и чертежей не соответствует ГОСТ; студент не может пояснить принятые решения и не отвечает на задаваемые вопросы. Таким образом, оценка «не зачтено» выставляется магистру, если он дал неверные ответы, путался в понятиях и определениях, допускал ошибки принципиального характера.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Черных, О.Н. Берегоукрепительные конструкции водных объектов / О.Н. Черных, Н.В. Ханов, А.В. Бурлаченко: Учебное пособие. Ч.1 / под общей редакцией О.Н. Черных, – М.: РГАУ МСХА, 2019. - 145 с.
2. Черных, О.Н. Берегоукрепительные конструкции водных объектов / О.Н. Черных, Н.В. Ханов, А.В. Бурлаченко: Учебное пособие. Ч.2 / под общей редакцией О.Н. Черных, – М.: РГАУ МСХА, 2020. - 185 с.
3. СП 58.13330.2012и2 Гидротехнические сооружения. Основные положения: Актуализированная редакция СНиП 33–01–2003. 2012. [Электронный ресурс]. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200094156> (дата обращения 16.05.2014).
4. СП 38.13330.2012 «Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)» (актуализированная редакция СНиП 2.06.04–82*). 2012.
5. СП 104.13330.2016 Инженерная защита территории от затопления и подтопления. Актуализированная редакция СНиП 2.06.15-85.
6. Румянцев, И.С. Научные основы совершенствования методов создания и эксплуатации водохранилищ речных гидроузлов / И.С. Румянцев, И.Ж. Атабиев, Р.К. Кромер – М.: МГУП, 2011, – 455 с.
7. Трифонова, Т.А. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях / Т.А. Трифонова, Н.В. Мищенко, А.Н. Краснощёков – М.: Изд-во «Академический Проект», 2005 г. – 198 с.
8. Волков, В.И. Проектирование сооружений гидроузла с грунтовой плотиной: уч. пособие / В.И. Волков, О.Н. Черных, А.Г. Журавлёва. – М.: МГУП, 2007. – 246 с.
9. Черных, О.Н. Расчеты сооружений гидроузла с плотиной из грунтовых материалов: уч. пособие / О.Н. Черных, В.И. Алтунин, В.И. Волков. – М.: Изд-во РГАУ–МСХА, 2015. 203 с. Режим доступа: <http://elib.timacad.ru/account/login>.
10. Попов, М.А. Природоохранные сооружения: учебник / М.А. Попов, И.С. Румянцев. – М.: КолосС. 2005. – 520 с.
11. Коренева, В.В. Гидравлическое и конструктивное обоснование берегозащитных и берегоукрепительных мероприятий на водных объектах / В.В. Коренева, Д.В. Штеренлихт. – М.: МГУП, 2002. - 116 с.
12. Черных, О.Н. Оценка безопасности грунтовых подпорных сооружений: Уч. пособие / О.Н. Черных, В.И. Волков, В.И. Алтунин. – М.: Изд-во РГУ- МСХА, 2016, - 75 с.
13. Черных, О.Н. Обеспечение безопасности гидротехнических сооружений мелиоративных гидроузлов с грунтовой плотиной: уч. пособие / О.Н. Черных, А.В. Бурлаченко. – М.: 2022. 172 с. Режим доступа: <http://elib.timacad.ru/dl/full/s13102022Chernykh.pdf>.
14. Хохлов, Д.Н. Развитие и автоматизация энергетических методов расчётов переформирования абразионных и термоабразионных берегов

водохранилищ: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Хохлов Дмитрий Николаевич. Нижний Новгород., 2017. - 20 с.;

15. Гидротехнические сооружения: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Стр–во» специальности «Гидротехн. стр–во». в 2 ч. /Л.Н. Рассказов и др.; под ред. Л.Н. Рассказова. – М.: Изд–во АСВ, 2011.

16. Нестеров, М.В. Гидротехнические сооружения и рыбоводные пруды: уч. пособие / М.В. Нестеров, И.М. Нестерова. – Минск: Новое знание; – М.: ИНФРА–М, 2012. 681 с.

17. Нань, Ф. Основы современного гидротехнического строительства / Ф. Нань, А.Г. Журавлёва, И. С. Румянцев. – LAP LAMBERT AcademicPublishingGmbH&Co. KG. Saarbrucken, Germany, 2014. 124 с.

18. Черных, О.Н. Земляные плотины и дамбы: уч. пособие / О.Н. Черных, А.Г. Журавлёва, А.В. Бурлаченко, Т.Ю. Жукова; под ред. О.Н. Черных. – М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2023. – 207 с. Режим доступа: <http://elib.timacad.ru/dl/full/s10022023Chernih.pdf>.

19. Румянцев, И.С. Природоприближённое восстановление и эксплуатация водных объектов / И.С. Румянцев, Р.С. Чалов, Р. Кромер, Ф. Нестман – М.: МГУП, 2001. – 285 с.

20. Андриющенко, П.Ф. Основы инженерной биологии с элементами ландшафтного планирования: уч. пособие / П.Ф. Андриющенко, О.Н. Анциферова, Е.Н. Базалина и др.; под ред. Ю.И. Сухоруких. – Майкоп – М.: Т-во научн. изданий КМК. 2006. – 281 с.

21. Курбанов, С. О. Проблемы и пути решения вопросов инженерной защиты и восстановления прибрежных нарушенных земель городских территорий / С. О. Курбанов, Н. В. Ханов, О. Н. Черных // Природообустройство. – 2023. – № 1. – С. 38-46. – DOI 10.26897/1997-6011-2023-1-38-46.



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
 «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
 МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»
 (ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт мелиорации, водного хозяйства
 и строительства имени А.Н. Костякова

Кафедра Гидротехнических сооружений

ЗАДАНИЕ
НА РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКУЮ РАБОТУ (РГР)
 по дисциплине «Инженерная защита территорий при создании
 водохранилищ»

Студент _____ Группа _____

Тема работы «Разработка мероприятий по инженерной защите
 водохранилища «.....» в Китае с укреплением берегов (№__)»

Исходные данные к работе

1. Водоохранилище..... (выбрать), вариант №__
2. Грунты на рассматриваемом участке водохранилища:
 пески мелкозернистые, среднезернистые, крупнозернистые; супесь;
 суглинок лёгкий, средний, тяжёлый; глина, (отметить)
4. Тип берегозащитного укрепления: каменное, железобетонные плиты,
 габионное, биологическое, биоинженерное, с применением георешётки,
 миксированное, неукреплённые (пляжные) откосы, **выбрать**.

Перечень подлежащих разработке в работе вопросов:

1. **Расчётная часть** - выполнить:
 - гидротехнический расчёт берегозащитного укрепления.
2. **Графическая часть** - законструировать и выполнить чертежи:
 - берегоукрепительных сооружений в двух проекциях;
 - защитных сооружений в трёх проекциях: план, продольный и поперечный разрезы по сооружению;
 - схем к гидротехническому расчёту конструктивных элементов берегозащитного укрепления.

Дата выдачи задания «__» _____ 202__ г.

Руководитель (подпись, ФИО) _____

Задание принял к исполнению (подпись студента) _____

«__» _____ 202__ г.

Варианты
исходных данных для выполнения РГР/ДЗ
«Разработка мероприятий по инженерной защите водохранилища
«.....» в Китае с укреплением берегов (№__)»
(№ варианта задания соответствует номеру фамилии в списке журнала
посещения занятий)

Таблица П1 – Данные (реальные или виртуальные) к РГР/ДЗ по водохранилищу

№ варианта п/п	Название водохранилища (вставить)	Наименование уровней воды	Отметки уровней, м	Длина разгона ветровой волны, L, м	Скорость ветра, V_W , м/с	Угол между осью водоема и направлением ветра, α , град	Заложение откоса берега m_h
1	2	3	4	5	6	7	8
1		ФПУ	120	10000	17	0	3
		НПУ	119	9000	20	0	
		УМО	106,3	8500	15		
		дно водохранилища	100				
№ варианта п/п	Название водохранилища (вставить)	Наименование уровней воды	Отметки уровней, м	Длина разгона ветровой волны, L, м	Скорость ветра, V_W , м/с	Угол между осью водоема и направлением ветра, α , град	Заложение откоса берега m_h
1	2	3	4	5	6	7	8
2		ФПУ	118,5	9540	16	0	3,5
		НПУ	118	9000	19	0	
		УМО	106	7500	14		
		дно водохранилища	90				
№ варианта п/п	Название водохранилища (вставить)	Наименование уровней воды	Отметки уровней, м	Длина разгона ветровой волны, L, м	Скорость ветра, V_W , м/с	Угол между осью водоема и направлением ветра, α , град	Заложение откоса берега m_h
1	2	3	4	5	6	7	8
3		ФПУ	118	8000	15	0	4
		НПУ	117	7000	17	0	
		УМО	15,8	6000	13		
		дно водохранилища	95				
№ варианта п/п	Название водохранилища (вставить)	Наименование уровней воды	Отметки уровней, м	Длина разгона ветровой волны, L, м	Скорость ветра, V_W , м/с	Угол между осью водоема и направлением ветра, α , град	Заложение откоса берега m_h
1	2	3	4	5	6	7	8
4		ФПУ	117	7000	16	0	3,75
		НПУ	116,5	6000	18	0	
		УМО	105	5000	14		
		дно водохранилища	100				

№ вариант п/п	Название водохранилища (вставить)	Наименование уровней воды	Отметки уровней, м	Длина разгона ветровой волны, L, м	Скорость ветра, V_W , м/с	Угол между осью водоема и направлением ветра, α , град	Заложение откоса берега m_h
1	2	3	4	5	6	7	8
5		ФПУ	111,6	6500	15	0	3,25
		НПУ	111	5400	18	0	
		УМО	103	4000	12		
		дно водохранилища	80				
№ вариант п/п	Название водохранилища (вставить)	Наименование уровней воды	Отметки уровней, м	Длина разгона ветровой волны, L, м	Скорость ветра, V_W , м/с	Угол между осью водоема и направлением ветра, α , град	Заложение откоса берега m_h
1	2	3	4	5	6	7	8
6		ФПУ	115	5000	14	0	4,5
		НПУ	114,5	3700	16	0	
		УМО	103,5	2900	15		
		дно водохранилища	70				
№ вариант п/п	Название водохранилища (вставить)	Наименование уровней воды	Отметки уровней, м	Длина разгона ветровой волны, L, м	Скорость ветра, V_W , м/с	Угол между осью водоема и направлением ветра, α , град	Заложение откоса берега m_h
1	2	3	4	5	6	7	8
7		ФПУ	114	4000	13	0	5
		НПУ	113,3	3500	17	0	
		УМО	103	3000	15,5		
		дно водохранилища	80				
№ вариант п/п	Название водохранилища (вставить)	Наименование уровней воды	Отметки уровней, м	Длина разгона ветровой волны, L, м	Скорость ветра, V_W , м/с	Угол между осью водоема и направлением ветра, α , град	Заложение откоса берега m_h
1	2	3	4	5	6	7	8
8		ФПУ	113	3100	13	0	3
		НПУ	112,2	2300	15,5	0	
		УМО	105,1	2000	16		
		дно водохранилища	90				
№ вариант п/п	Название водохранилища (вставить)	Наименование уровней воды	Отметки уровней, м	Длина разгона ветровой волны, L, м	Скорость ветра, V_W , м/с	Угол между осью водоема и направлением ветра, α , град	Заложение откоса берега m_h
1	2	3	4	5	6	7	8
9		ФПУ	112	2500	12	0	3,25
		НПУ	111,3	2000	17	0	
		УМО	105	1500	13		
		дно водохранилища	100				

№ вариант п/п	Название водохранилища (вставить)	Наименование уровней воды	Отметки уровней, м	Длина разгона ветровой волны, L, м	Скорость ветра, V_W , м/с	Угол между осью водоема и направлением ветра, α , град	Заложение откоса берега m_h
1	2	3	4	5	6	7	8
10		ФПУ	111	1200	12	0	3,5
		НПУ	110,6	1000	15	0	
		УМО	103	900	11		
		дно водохранилища	60				
№ вариант п/п	Название водохранилища (вставить)	Наименование уровней воды	Отметки уровней, м	Длина разгона ветровой волны, L, м	Скорость ветра, V_W , м/с	Угол между осью водоема и направлением ветра, α , град	Заложение откоса берега m_h
1	2	3	4	5	6	7	8
11		ФПУ	111	2001	12	0	3,75
		НПУ	110,6	1590	14	0	
		УМО	104,5	950	11		
		дно водохранилища	90				
№ вариант п/п	Название водохранилища (вставить)	Наименование уровней воды	Отметки уровней, м	Длина разгона ветровой волны, L, м	Скорость ветра, V_W , м/с	Угол между осью водоема и направлением ветра, α , град	Заложение откоса берега m_h
1	2	3	4	5	6	7	8
12		ФПУ	109	950	11	0	4
		НПУ	108,5	900	15	0	
		УМО	102,8	850	11		
		дно водохранилища	100				
№ вариант п/п	Название водохранилища (вставить)	Наименование уровней воды	Отметки уровней, м	Длина разгона ветровой волны, L, м	Скорость ветра, V_W , м/с	Угол между осью водоема и направлением ветра, α , град	Заложение откоса берега m_h
1	2	3	4	5	6	7	8
13		ФПУ	109,5	1200	14,5	0	5
		НПУ	108,9	1000	15,3	0	
		УМО	102,5	800	13,4		
		дно водохранилища	80				
№ вариант п/п	Название водохранилища (вставить)	Наименование уровней воды	Отметки уровней, м	Длина разгона ветровой волны, L, м	Скорость ветра, V_W , м/с	Угол между осью водоема и направлением ветра, α , град	Заложение откоса берега m_h
1	2	3	4	5	6	7	8
14		ФПУ	108	1250	15,2	0	4,75
		НПУ	107	1050	16	0	
		УМО	102,6	950	14,2		
		дно водохранилища	85				

№ вариант п/п	Название водохранилища (вставить)	Наименование уровней воды	Отметки уровней, м	Длина разгона ветровой волны, L, м	Скорость ветра, V_W , м/с	Угол между осью водоема и направлением ветра, α , град	Заложение откоса берега m_h
1	2	3	4	5	6	7	8
15		ФПУ	107,5	980	13,4	0	3
		НПУ	107	1080	15	0	
		УМО	103	800	12		
		дно водохранилища	100				
№ вариант п/п	Название водохранилища (вставить)	Наименование уровней воды	Отметки уровней, м	Длина разгона ветровой волны, L, м	Скорость ветра, V_W , м/с	Угол между осью водоема и направлением ветра, α , град	Заложение откоса берега m_h
1	2	3	4	5	6	7	8
16		ФПУ	106,7	990	13,7	0	3,5
		НПУ	106	1090	16	0	
		УМО	102,5	890	12		
		дно водохранилища	90				
№ вариант п/п	Название водохранилища (вставить)	Наименование уровней воды	Отметки уровней, м	Длина разгона ветровой волны, L, м	Скорость ветра, V_W , м/с	Угол между осью водоема и направлением ветра, α , град	Заложение откоса берега m_h
1	2	3	4	5	6	7	8
17		ФПУ	105,7	1000	14	0	3,75
		НПУ	105,2	1100	15	0	
		УМО	102,7	700	13		
		дно водохранилища	50				
№ вариант п/п	Название водохранилища (вставить)	Наименование уровней воды	Отметки уровней, м	Длина разгона ветровой волны, L, м	Скорость ветра, V_W , м/с	Угол между осью водоема и направлением ветра, α , град	Заложение откоса берега m_h
1	2	3	4	5	6	7	8
18		ФПУ	109	1250	16	0	3,5
		НПУ	108,4	1302	17	0	
		УМО	103,4	1000	15		
		дно водохранилища	40				
№ вариант п/п	Название водохранилища (вставить)	Наименование уровней воды	Отметки уровней, м	Длина разгона ветровой волны, L, м	Скорость ветра, V_W , м/с	Угол между осью водоема и направлением ветра, α , град	Заложение откоса берега m_h
1	2	3	4	5	6	7	8
19		ФПУ	110,6	5500	15	0	4
		НПУ	110	5900	16,5	0	
		УМО	103	4000	16		
		дно водохранилища	100				

№ варианта п/п	Название водохранилища (вставить)	Наименование уровней воды	Отметки уровней, м	Длина разгона ветровой волны, L, м	Скорость ветра, V_W , м/с	Угол между осью водоема и направлением ветра, α , град	Заложение откоса берега m_h
1	2	3	4	5	6	7	8
20		ФПУ	108,5	1500	15,6	0	2,75
		НПУ	107,9	1700	17,2	0	
		УМО	102,9	1340	12,8		
		дно водохранилища	90				

Таблица П2 - Исходные данные по грунтам берегов водохранилища

№ п/п	Грунт основания и берегов	$V_{д.н.р.}$, м/с	Физико-механические свойства грунтов				
			ρ_s , т/м ³	пористость, n_r	ϕ_1 , град	C_1 , кН/м ²	K_ϕ , м/сут
1	3	6	7	8	9	10	11
1	песок м/з	0,6	2,65	0,37	36	4	3,5
2	супесь	0,86	2,8	0,36	30	15	1
3	песок к/з	0,67	2,67	0,35	41	-	23
4	глина	1,7	2,72	0,36	16	43	$8 \cdot 10^{-5}$
5	супесь	0,85	2,68	0,35	33	11	0,3
6	суглинок тяжёлый	1,1	2,71	0,37	18	20	$1 \cdot 10^{-3}$
7	песок с/з	0,65	2,66	0,35	40	1,1	12
8	глина	1,3	2,74	0,36	17	45	$5 \cdot 10^{-5}$
9	супесь	0,81	2,7	0,35	27	8	0,5
10	суглинок средний	0,95	2,71	0,37	16	16	$5 \cdot 10^{-2}$
11	песок с/з	0,63	2,65	0,35	34	2	15
12	суглинок тяжёлый	0,88	2,72	0,37	20	24	$7 \cdot 10^{-2}$
13	песок с/з	0,7	2,66	0,35	35	1	17
14	суглинок лёгкий	0,93	2,7	0,37	19	25	$2 \cdot 10^{-2}$
15	песок м/з	0,58	2,63	0,36	32	2	5
16	суглинок лёгкий	0,97	2,7	0,37	17	27	$9 \cdot 10^{-3}$
17	супесь	0,8	2,73	0,36	23	13	0,9
18	глина	1,2	2,75	0,36	14	37	$6 \cdot 10^{-5}$
19	песок к/з	0,7	2,67	0,34	37	-	20
20	суглинок средний	0,9	2,71	0,37	20	18	$1 \cdot 10^{-3}$

Пример оформления титульного листа



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ -
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»**
(ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства
имени А.Н. Костякова

Кафедра гидротехнических сооружений

Учебная дисциплина

Инженерная защита территорий при создании водохранилищ

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА

Разработка мероприятий по инженерной защите водохранилища

«.....» в Китае с укреплением берегов (№__)

Выполнила:

Студент группы -

.....

Руководитель:

Дата защиты _____

Москва, 202_

Материалы к выбору, конструированию и расчёту укрепления береговых склонов ВО

№	Техническое решение	Применение
1		<p>Защита надводной части пологих откосов искусственных/природных насыпей и берегов ВО от склоновой эрозии</p>
3		<p>Крепление габрионами берегов и русел ВО с защитой откосов от склоновой эрозии размыва</p>
4		<p>Защита габрионами береговых откосов, которые подвержены русловой эрозии размыва нижней части</p>
5		<p>При глубоких промоинах и подмывах берегов под габрионной конструкцией устраивают каменно-набросную призму</p>

Рис. П4.1. Берегоукрепительные сооружения из матрасно-тюфячных габрионных конструкций

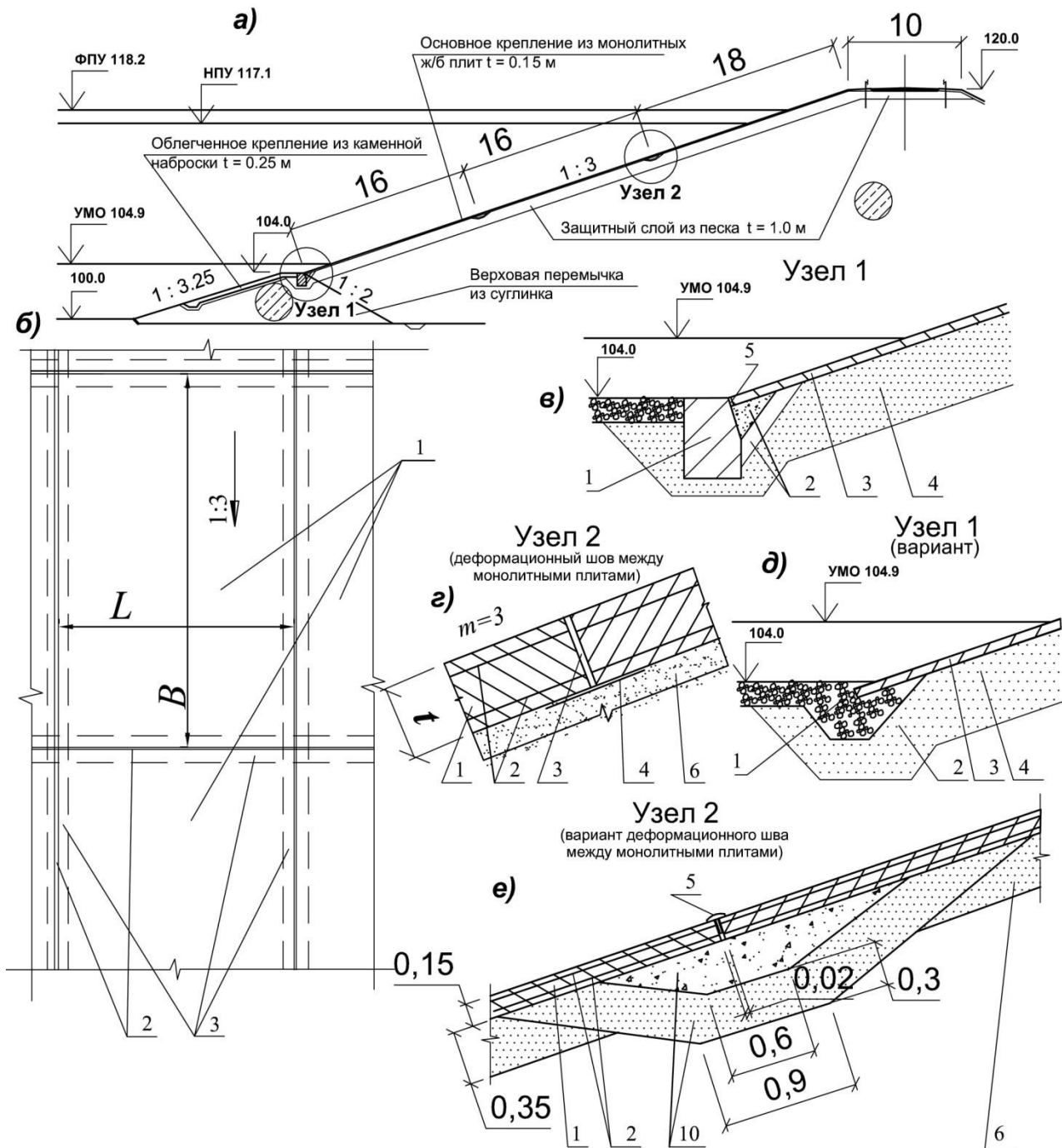


Рис. П4.2. Укрепление откоса из монолитных железобетонных плит [8]:

а – разрез по откосу; б – раскладка плит на откосе, 1 – монолитные ж/б плиты; 2 – деформационные швы между плитами с ленточными фильтрами 3 под деформационными швами; в – упор из сборного или монолитного бетона, 1 – бетонный блок; 2 – слои обратного фильтра; 3 – плита крепления; 4 – выравнивающая подготовка или защитный слой из песчано-гравийных грунтов; 5 – доска, пропитанная битумом; г – вариант деформационного шва между монолитными ж/б плитами, 1 – плиты; 2 – рабочая арматура; 3 – доска, пропитанная битумом; 4 – фильтр из геотекстиля; 6 – выравнивающая подготовка или защитный слой из песчано-гравийных грунтов; д – вариант упора плит из камня, 1 – камень; остальные обозначения те же, что и на рисунке в; е – вариант деформационного шва между монолитными плитами, 1 – монолитные плиты; 2 – рабочая арматура; 5 – уплотнение шва типа "грибок"; 6 – выравнивающая подготовка или защитный слой из песчано-гравийных грунтов; 10 – слои обратного фильтра

	<p>а. Подпорная стенка биопозитивной конструкции состоит из двух ступеней, первой ступени 1 и второй ступени 2, которые выполнены из тяжелых фашин 3 и габионных тюфяков 4. На береговом откосе выше второй ступени предусмотрено крепление из гибких габионных тюфяков 12, заполнителем которых использованы только легкие фашины 9. $i = 0,005...0,01$, $V = 2...4$ м/с $Fr = 0,5...1,5$</p>
	<p>б. Габионный тюфяк биопозитивной конструкции состоит из крупноячеистой сетки, выполненной из металлических проволок 2, геотекстиля 3, прикрепленного сверху к проволокам 2, мешков 4, заполненных растительным грунтом с добавлением семян трав и кустарников, местного грунта 5, уложенного в пространство между мешками 4 до их верха. Поверх мешков 4 и грунта 5 устроен слой из камня 7, обтянутый сверху габионной сеткой 8. $i = 0,0005...0,015$, $V = 2...4$ м/с, $Fr = 0,5...1,8$</p>
	<p>в. Откосное крепление биопозитивной конструкции состоит из тюфяков 1, гибко соединенных между собой, металлических проволок 2, растянутых в основании, геосетки 3 с карманами, расположенными рядами и заполненными растительным грунтом 4 и местного грунта 5, уложенного между рядами карманов. Легких фашин 6 из сухого камыша, уложенных сверху плотными рядами по всей площади тюфяков 1. При этом тюфяки 1 прикреплены к бетонным анкерам 8. $i = 0,0005...0,001$, $V = 0,5...1,5$ м/с $Fr = 0,1...0,3$</p>
	<p>г. Откосное крепление биопозитивной конструкции состоит из легких фашин 1, соединенных между собой, металлических проволок 2, растянутых сверху легких фашин 1 с образованием крупноячеистой сетки, тяжелых фашин 3, уложенных сверху легких фашин 1. Поверх тяжелых фашин 3 растянута вторая крупноячеистая сетка 8 из металлической проволоки. Между собой крупноячеистые сетки соединены проволокой и прикреплены к анкерам 9, устроенных в откосе. $i = 0,0005...0,015$, $V = 2...4,5$ м/с, $Fr = 0,5...1,5$</p>
	<p>д. Подпорные стенки выполнены из арматурных решетчатых каркасов 1 сборной конструкции, связанных между собой и прикрепленных к бетонным анкерам 2, устроенным в откосе; габионов 3, выполненных из специальной сетки 4, каменного заполнителя 5, и - мешков 6 с плодородным грунтом. $i = 0,005...0,015$, $V = 0,5...3$ м/с $Fr = 0,5...2,0$</p>
	<p>е. Комбинированное крепление из железобетонных плит и габионов, расположенных рядами вдоль укрепляемого откоса: 1 – откос; 2 – ж/б плиты; 3 – габионы; 4 – фильтровая подготовка; 5 – монтажные петли; 6 – габионные тюфяки; 7 – русло реки; 8 – гибкие ж/б решётки; 9 и 10 – шарнирные связи, расположенные на арматурной проволоке 13; 11 – сетчатая оболочка; 12 – заполнитель; 14 – последнее звено ж/б решёток $V = 0,5...3$ м/с, $Fr < 1,0$</p>

Рис. П4.4. Биоинженерные системы, разработанные под руководством С.О.

Курбанова для защиты, укрепления и восстановления прибрежных зеленых зон, откосов дамб и берегов ВО [21]: соответственно i - уклон дна ВО, V – скорость движения потока, Fr - число Фруда

Основные положения инструкции по использованию обучающих программ для расчёта отдельных ГТС водохранилищного гидроузла

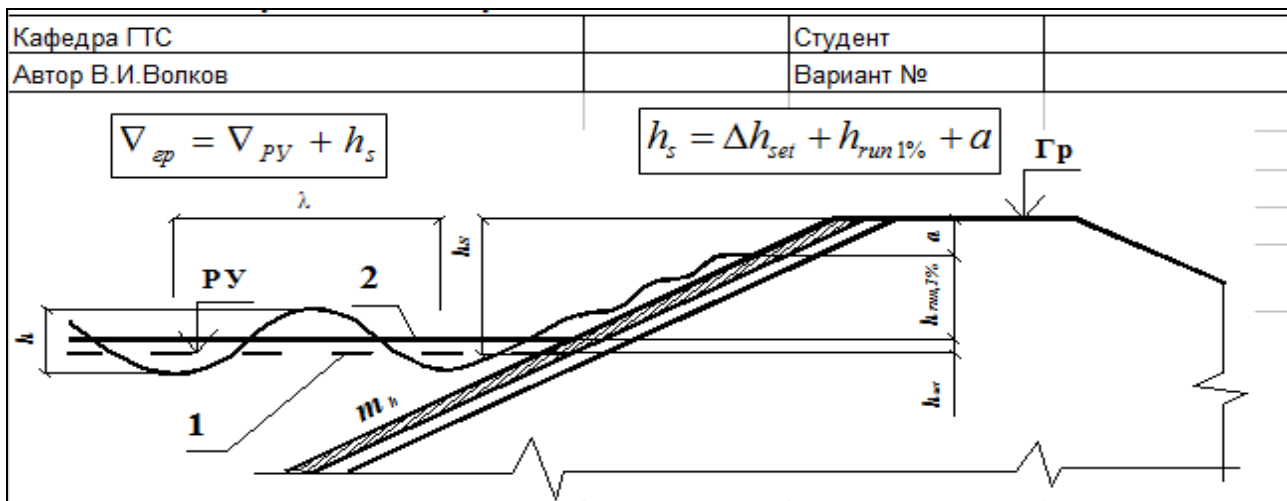
В комплект обучающих программ расчёта ГТС водохранилищного гидроузла с грунтовой плотиной, разработанных на кафедре ГТС РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева доц., к.т.н. В.И. Волковым [8, 9, 12] и установленных на компьютерах кафедры, входят программы для ПК по:

- определению отметки гребня грунтовой плотины/дамбы и верха крепления берегового склона над расчётными уровнями воды в водоёме;
- определению толщины крепления мокрого откоса защитного ГТС, выполненного из бетонных/железобетонных плит разной типологии и камня;
- оценке коэффициентов устойчивости откосов насыпей (плотин, дамб, полузапруд) и склонов берегов ВО.

Каждая из перечисленных программ включает обычно один лист книги Excel, называемый «Исходные данные и расчёт», на котором находятся соответствующие решаемой задаче проектирования и разделу РГР исходные данные, а также и результаты расчёта на ПК. В программах ячейки ввода исходных данных и данных, касающихся принимаемым пользователем решений, выделены синим цветом и жирным курсивом. Значения в ячейках, не имеющих такого выделения рассчитываются автоматически при включении данной опции по умолчанию, либо принудительно нажатием клавиши F9. Исправление других ячеек, особенно ячеек вне рабочего поля, не желательно. Остальные листы книги Excel при выполнении расчётных работ в КП не используются.

При расчёте ряд некоторых параметров не может быть получен прямым счётом, а только с использованием метода итераций. В этом случае в соответствующих местах рядом с искомым параметром размещена кнопка «Расчёт...» с указанием рассчитываемого параметра. При нажатии курсором мыши на эту кнопку запускается соответствующий макрос и производится определение искомых параметров.

При работе с программным комплексом следует иметь в виду также ряд рекомендаций автора [8, 9, 12]. Работа с оригиналом программы не желательна. В начале работы желательно открыть оригинал программы, обеспечив при этом включение содержащихся в нём макросов, и сохранить его с поддержкой макросов под любым другим именем, или под тем же именем, но в другой папке. Необходимо корректно вводить разумные исходные данные (например, проверив, чтобы отметка верха крепления берега была не ниже отметки НПУ, дна реки и т.п.). Дробные числа необходимо вводить с десятичным разделителем (точка или запятая), установленным на используемом ПК (рис. П5.1).



Исходные данные

	НПУ	ФПУ
Отметка расчетного уровня, м	184.2	184.9
Отметка дна, м	170	170
Длина разгона ветровой волны L , м	1200	1250
Угол между осью водохранилища и направлением ветра α_B , град	0	6
Скорость ветра V_w , м/с	28.0	16.0
Заложение верхового откоса	3	3
Обеспеченность по накату (в %), $P =$	1	1

Формулы	Результаты		Источник
Высота ветрового нагона, м $\Delta h_{set} = K_B \frac{W^2 D}{g(H + \Delta h)} \cos \alpha_B$	0.014	0.005	Источник - СП. 38.13330.2012 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения.
gL / V_w^2	15.0	47.9	
gt / V_w	7567.7	13243.5	
$g\bar{h} / V_w^2$	0.00734	0.01281	
$g\bar{T} / V_w$	0.90	1.28	С графика рис. 1 Приложение 1
$\bar{T} = (g\bar{T} / V_w) \cdot (V_w / g)$	2.57	2.08	
$\bar{\lambda}_d = \frac{g\bar{T}^2}{2\pi}$	10.34	6.78	
Проверка глубоководности водоема $0.5\bar{\lambda}_d / H_1 \leq 1$ ($0.5\bar{\lambda}_d \leq H_1$)	0.36	0.23	
	Выполняется	Выполняется	
$\bar{h} = (g\bar{h} / V_w^2) \times V_w^2 / g$	0.59	0.33	
$K_{1\%}$	2.08	2.08	С графика рис. 2 Приложение 1
$h_{1\%}$	1.22	0.70	
$\bar{\lambda}_d / h_{1\%}$	8.48	9.74	
K_r	0.9	0.9	Из таблицы № 6
K_p	1	1	Из таблицы № 6
K_{sp}	1.5	1.34	Из таблицы № 7

K_a	1	0.988	Из таблицы № 9
K_j	1	1	Из таблицы № 8
K_{run}	1.12	1.20	С графика № 10
$h_{run 1\%} = k_r k_p k_{sp} k_{run} k_j k_a h_{1\%}$	1.84	1.00	
Конструктивный запас a , м	0.5	0.5	
Требуемый запас гребня над расчетным уровнем $h_s = \Delta h_{set} + h_{run 1\%} + a$	2.36	1.50	
Отметка гребня плотины (верха берегоукрепления), м	186.56	186.40	
Принимаем	186.56		м

Вывод: С учётом строительного модуля принимаем отметку $\nabla Gr = 186,6$ м.

Рис. П.5.1 – Файл по расчётному определению отметки гребня земляной плотины (пример) или верха бетонного крепления берегового откоса ВО по обучающей программе в формате Excel, установленной на ПК кафедры ГТС [9]

Следует учитывать, что в программах расчёта многие параметры определяются методом последовательных приближений, используя встроенную в Excel опцию «Подбор параметра». При заданной точности подбора параметра 0,01% программа может найти значение параметра, удовлетворяющее это условие, в области бесконечно больших или малых значений. В этом случае необходимо ввести в ячейку с таким значением найденного параметра разумную величину и повторить расчёт путём нажатия соответствующей кнопки «Расчёт...».

Результаты расчётов выводятся на печать непосредственно из программы Excel или после постраничного переноса фрагментов в Word. Следует учитывать, что при переносе данных в Word с возможностью осуществления поправок переносится много не нужных пустых ячеек, что потребует определённого времени на редактирование документа. При вставке фрагмента в Word из Excel как растрового рисунка частично теряется качество представления материала.

Методическое издание

Черных Ольга Николаевна

Бурлаченко Ярослав Юрьевич

**ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ПРИ СОЗДАНИИ
ВОДОХРАНИЛИЩ ОТ АБРАЗИИ И
ПЕРЕФОРМИРОВАНИЯ БЕРЕГОВ**

Методические указания

Издано в редакции составителя
Корректурa составителя

Подписано для размещения в Электронно-библиотечной системе РГАУ-МСХА
имени К.А. Тимирязева 10.02. 2024 г.