

**ОАО «Научно-исследовательский институт
транспортного строительства»
(ОАО ЦНИИС)**



УТВЕРЖДАЮ:

**Заместитель Генерального директора –
главный инженер ОАО ЦНИИС,**

д-р техн. наук

А. А. Цернант

« 1 » октября 2012 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ
ЗАЩИТЫ ОТ РАЗМЫВА ГРУНТОВЫХ ОТКОСОВ
ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ
ИЗ ПОКРЫТИЯ БЕТОННОГО ЗАЩИТНОГО ГИБ-
КОГО УНИВЕРСАЛЬНОГО (ПБЗГУ)**

Москва 2012

ПРЕДИСЛОВИЕ

1. РАЗРАБОТАНЫ:

Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт транспортного строительства» (ОАО ЦНИИС) (д-р техн. наук, профессор Цернант А. А., кандидаты техн. наук Ефремов Н. А., Ефремов А. Н., инженер Хитрых В. А.).

Общество с ограниченной ответственностью ООО «Спецпром 1» (ООО «Спецпром 1») (директор Ревенков Н. В., Марков Д. П., Ковыгин А. Ф.)

2. УТВЕРЖДЕНЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ ОАО ЦНИИС

от 1 октября 2012 г.

3. ЗАРЕГИСТРИРОВАНЫ:

ФГУП «Стандартинформ» от 29 августа 2012 г. № 200/112712

4. ВВЕДЕНЫ впервые

5. Методические рекомендации разработаны в соответствии с ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организации. Основные положения». Основные положения Стандарта организации соответствуют требованиям технического регламента «Безопасность зданий и сооружений» № 384-ФЗ

6. Разработка Методических рекомендаций регламентирована статьей 13 Федерального Закона «О техническом регулировании» от 27.12.2012 № 184-ФЗ

© ОАО «Научно-исследовательский институт транспортного строительства» (ОАО ЦНИИС), 2012.

© ООО «Спецпром 1», 2012.

Настоящие Методические рекомендации являются собственностью ОАО ЦНИИС и ООО «Спецпром 1», не могут быть полностью или частично воспроизведены, тиражированы и распространены в качестве официального издания без разрешения ОАО ЦНИИС и ООО «Спецпром 1».

ВВЕДЕНИЕ

Специалистами ООО «Спецпром 1» (г. Воронеж) разработаны оригинальные конструкции покрытий бетонных защитных гибких универсальных (ПБЗГУ), работающих по принципу гибкого экрана успешное многолетнее применение которых позволило существенно снизить трудоемкость работ, сократить потребность в строительных материалах, создать условия для повышения безопасности труда, долговечности и эксплуатационной надежности крепления грунтовых откосов подтопляемых гидротехнических сооружений.

Настоящие методические рекомендации содержат требования к проектированию и возведению ПБЗГУ для защиты от размыва грунтовых откосов подтопляемых гидротехнических инженерных сооружений.

Необходимость разработки методических рекомендаций обусловлена тем, что опыт, накопленный организацией-разработчиком ПБЗГУ, а также отечественными предприятиями и организациями по проектированию и строительству берегозащитных сооружений из ПБЗГУ и методики гидротехнических расчётов, содержатся в нескольких нормативных документах (ВСН, ТУ, МД и т. п.), частично устарели и не охватывают в целом проблему качества, безопасности строительства и эксплуатации конкретного инженерного сооружения.

При разработке рекомендаций проанализированы и учтены:

- законодательная, правовая и нормативно-техническая документация по вопросам обеспечения безопасности при проектировании, строительстве и эксплуатации конструкций защиты из ПБЗГУ, работающих по принципу гибкого экрана;
- опыт проектирования, возведения, эксплуатации и ремонта конструкций защиты из ПБЗГУ;
- результаты обследования сооружений из ПБЗГУ, проведенные ООО «Спецпром 1»;
- предложения предприятий, организаций, объединений и специалистов по совершенствованию конструкции, технологий строительства и эксплуатации сооружений из ПБЗГУ.

Методические рекомендации предназначены для применения проектными и строительными организациями при проектировании, строительстве и эксплуатации защиты грунтовых откосов из ПБЗГУ.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Область применения. Общие положения	6
2 Нормативные ссылки	7
3 Термины, определения и сокращения	8
4 Основные параметры и материалы для изготовления ПБЗГУ	9
5 Разработка проектной документации	14
Исходные данные для проектирования	14
Проектирование защитных покрытий из ПБЗГУ	15
Особенности проектирования защитных покрытий из ПБЗГУ в северной климатической зоне	16
Проектирование технологии подготовительных работ	17
6 Основные расчёты (нагрузки и воздействия)	17
Расчет устойчивости ПБЗГУ на откосах автомобильных дорог	17
Расчет дополнительного крепления конструкции ПБЗГУ упором в грунтовом основании	20
Расчет дополнительного крепления конструкции ПБЗГУ анкерами и тросами	25
Расчёт нагрузки и воздействия потока воды на береговой откос, защищенный ПБЗГУ	26
Воздействие ледяного покрова на защищенный ПБЗГУ береговой откос	29
Расчетно-теоретическое исследование устойчивости креплений земляных откосов, выполненных из ПБЗГУ, при воздействии нагрузки от ледяного покрова при колебаниях уровня воды в водоеме	30
Расчет устойчивости креплений земляных откосов, выполненных из ПБЗГУ, при воздействии на них статической нагрузки термически расширяющегося сплошного ледяного покрова	36
Расчёт ударного воздействия внешних предметов на сооружения, защищенные ПБЗГУ	40

Расчет устойчивости креплений земляных откосов, выполненных из ПБЗГУ, при воздействии на них волновой нагрузки	43
Расчет модели ПБЗГУ при защите откосов от волнобоя	48
7 Строительство защитных покрытий из ПБЗГУ	50
Транспортирование и хранение ПБЗГУ	50
Выбор оборудования для производства работ	50
Подготовительные работы	51
Технология монтажа покрытия ПБЗГУ	53
Контроль качества и приемка выполненных работ	55
Производство работ зимой и в северной климатической зоне	56
8 Техника безопасности работ на строительстве защиты от размыва грунтовых откосов из ПБЗГУ	57
9 Требования к охране окружающей природной среды	57
10 Указания по безопасной эксплуатации защитных покрытий из ПБЗГУ	58

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ ЗАЩИТЫ ОТ РАЗМЫВА ГРУНТОВЫХ ОТКОСОВ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ИЗ ПОКРЫТИЯ БЕТОННОГО ЗАЩИТНОГО ГИБКОГО УНИВЕРСАЛЬНОГО (ПБЗГУ)

Дата введения – 01.10.2012 г.

1 Область применения. Общие положения

1.1 Рекомендации распространяются на проектирование и строительство защиты от размыва грунтовых откосов инженерных сооружений из Покрытия бетонного защитного гибкого универсального (ПБЗГУ) на объектах берегозащиты транспортного, гидротехнического, промышленного и гражданского назначения, а также морских и речных портов. Методические рекомендации разработаны с целью повышения качества и уровня безопасности проектирования, строительства и эксплуатации защиты от размыва грунтовых откосов инженерных сооружений из ПБЗГУ.

1.2 Основные характеристики ПБЗГУ, состоящих из плит надежно соединенных между собой, выполненных по ТУ 5859-002-59565714-2012, приведены в разделе 4 настоящих методических рекомендаций.

1.3 Плиты ПБЗГУ состоят из отдельных блоков, соединенных между собой пластическими связями (канатами), выполненными из синтетических материалов.

1.4 Основные преимущества защиты от размыва откосов инженерных сооружений из ПБЗГУ, по сравнению с традиционными конструкциями защитных покрытий в аналогичных условиях эксплуатации, заключаются в следующем:

- меньшая материалоемкость и масса, при сравнительно тонкой конструкции и крупногабаритных её размерах;
- сравнительно высокие показатели допустимых деформаций грунта откосов в процессе эксплуатации;
- покрытия из ПБЗГУ работают практически без изгибающих моментов, что обеспечивает повышение надежности и увеличивает время бездефектной эксплуатации сооружения;
- технико-экономические преимущества, обусловленные сокращением трудовых и материальных затрат при производстве строительно-монтажных работ;
- высокое качество сооружений из ПБЗГУ, в связи с применением изделий заводской готовности «под ключ» и исключением необходимости выполнения на строительной площадке каких-либо ручных доводок и подгонок;
- обеспечение возможности выполнения всех работ специалистами средней квалификации.

1.5 В методических рекомендациях рассмотрены вопросы проектирования и возведения защиты из ПБЗГУ надводных и подводных грунтовых откосов инженерных сооружений от размыва течением и волнами, а также защиты от размыва дна морских и речных причальных сооружений потоками воды от движителей судов.

2 Нормативные ссылки

Настоящие методические рекомендации содержат ссылки на следующие нормативные документы:

Федеральный закон № 184	О техническом регулировании
Федеральный закон № 384	Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений»
ГОСТ 7566-94	Металлопродукция. Приемка, маркировка, упаковка, транспортирование и хранение
ГОСТ 12.4.103-83	Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация
ГОСТ 25100-2011	Грунты. Классификация
ГОСТ 26633-2012	Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия
ГОСТ 27006-86	Бетоны. Правила подбора состава
ГОСТ 10060-2012	Бетоны. Методы определения морозостойкости. Общие требования
ГОСТ 13015-2015	Изделия железобетонные и бетонные для строительства. Правила приемки, маркировки, транспортирования и хранения
СП 126.13330.2012	Геодезические работы в строительстве
СП 68.13330.2011	Приёмка в эксплуатацию законченных строительством объектов. Основные положения
СП 45.13330.2012	Земляные сооружения, основания и фундаменты
СНиП 3.07.02-87	Гидротехнические морские и речные транспортные сооружения
СП 47.13330.2012	Инженерные изыскания для строительства
СП 48.13330.2011	Организация строительства
СНиП 12-04-2002	Безопасность труда в строительстве
СП 131.13330.2011	Строительная климатология. (С изменениями № 1)
СП 58.13330.2012	Гидротехнические сооружения. Основные положения
ВСН 34-91	Правила производства и приемки работ на строительстве новых, реконструкции и расширении действующих гидротехнических морских и речных транспортных сооружений
СанПиН 1.1.1058-01	Организация и проведение производственного контроля за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противо-эпидемических (профилактических) мероприятий
СанПиН 2.2.3.1384-03	Гигиенические требования к организации строительного производства и строительных работ
РД 10-74-94	Типовая инструкция для крановщиков (машинистов) по безопасной эксплуатации стреловых самоходных кранов. Утверждена Госгортехнадзора РФ от 02.08.94
РД 10-107-94	Типовая инструкция для стропальщиков по безопасному про-

изводству работ грузоподъёмными машинами. Утверждена постановлением № 03 Госгортехнадзора РФ от 08.02.96

РД 31.70.05-91 Типовые инструкции по организации и охране труда на водолазных работах. Утверждена ГлавМорСпецСлужбой СССР, 1991 г.

ТУ 5859-002-59565714-2012 Плиты бетонные защитные гибкие универсальные (ПБЗГУ)

При пользовании настоящих методических рекомендаций целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и нормативных документов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты».

3 Термины, определения и сокращения

В настоящих методических рекомендациях применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **Волнообразующие факторы** – скорость ветра, продолжительность его действия и протяженность водной поверхности над которой действует ветер («разгон волны»);

3.2 **Грунтовое основание** – массив грунтового откоса инженерного сооружения, для которого уложенное на него ПБЗГУ обеспечивает защиту от размыва, сдвига и перемещений;

3.3 **Инженерное сооружение** – насыпь автомобильной и железной дороги, опора мости или мостового перехода, берег канала, водные объекты различного назначения, акватория порта;

3.4 **Крепежные элементы** – элемент конструкции ПБЗГУ в виде дополнительных монтажных канатов, закладных деталей, соединительных петель предназначенных для обеспечения совместной работы и скрепления соседних плит ПБЗГУ;

3.5 **ПБЗГУ** – Покрытие бетонное защитное гибкое универсальное – гидротехническое устройство, предназначенное для защиты инженерных сооружений от разрушения потоками воды и переносимыми течением предметами;

3.6 **ДМК** – дополнительный монтажный канат;

3.7 **ЗД** – закладная деталь;

3.8 **СП** – соединительная петля;

3.9 **ПОС** – Проект организации строительства;

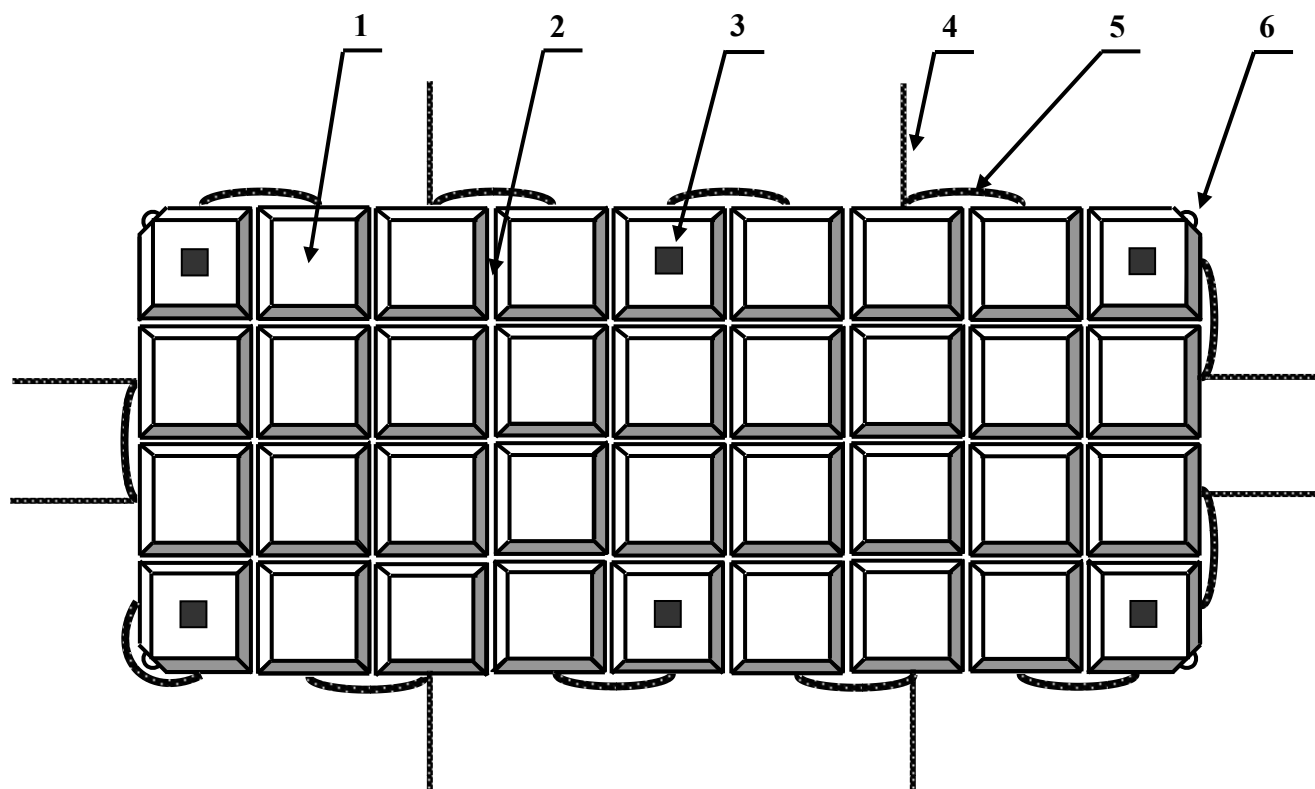
3.10 **ППР** – Проект производства работ;

3.11 **Размыв** – явление переноса грунта потоком воды, когда грунт выносится из-под покрытия и может стать причиной разрушения откоса и инженерного сооружения;

3.12 **Суффозия** – механический вынос частиц грунта из грунтового массива потоком воды.

4 Основные параметры и материалы для изготовления ПБЗГУ

4.1 ПБЗГУ представляет собой сборное защитное покрытие, состоящее из плит надежно соединенных между собой за дополнительные монтажные канаты (ДМК), закладные детали (рисунок 4.1), соединительные петли. Плита ПБЗГУ состоит из бетонных блоков, соединенных между собой замоноличенным искусственным канатом и изготавливается в соответствии с ТУ 5859-002-59565714-2012.



1 - бетонный блок, 2 – соединительный арматурный канат, 3 – закладная деталь, 4 – дополнительный монтажный канат, 5 – монтажная петля, 6 - соединительная петля

Рисунок 4.1 – Конструкция ПБЗГУ

4.2 Бетонные блоки плит (рисунок 4.3) по форме представляют собой две усеченные пирамиды, монолитно соединённые между собой по плоскости общего большого квадратного сечения. Они подразделяются на три типа по габаритным размерам, параметры которых приведены в таблице 4.1.

4.3 Модели и основные параметры плит Покрытия бетонного защитного гибкого универсального ПБЗГУ для проектирования защиты от размыва грунтовых откосов инженерных сооружений из ПБЗГУ приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Модели и параметры плит ПБЗГУ

№ п/п	Параметры плиты	Модель ПБЗГУ		
		105	202	405
1	Габаритная ¹ длина, мм	2746 ±3 % 1226 ±3 % 3,37		
2	ширина, мм;			
3	площадь, м ²			
4	Максимальная высота, мм	240 ±3 %	60 ±3 %	150 ±3 %
5	Объем бетона одной плиты ПБЗГУ, м ³	0,522	0,168	0,342
6	Габаритный объем бетона одной плиты ПБЗГУ, м ³	0,84	0,21	0,53
7	Масса одной плиты ПБЗГУ, кг	1 220±5%	395±5%	820±5%
8	Количество бетонных блоков, шт.	36	36	36
9	Разрывная нагрузка каната, кгс	5000 ±10 %	2000 ±10 %	5000 ±10 %

¹ Габаритные размеры даны с учетом прижатия к периферийным блокам выпусков канатов (монтажных петель, ДМК) на минимальном расстоянии

4.4 Обозначение типа ПБЗГУ состоит из аббревиатуры «ПБЗГУ», знака «-» и трех цифр, обозначающих номер модели ПБЗГУ в соответствии с таблицей 4.1. После обозначения типа ПБЗГУ может стоять знак «-» и буквенный индекс:

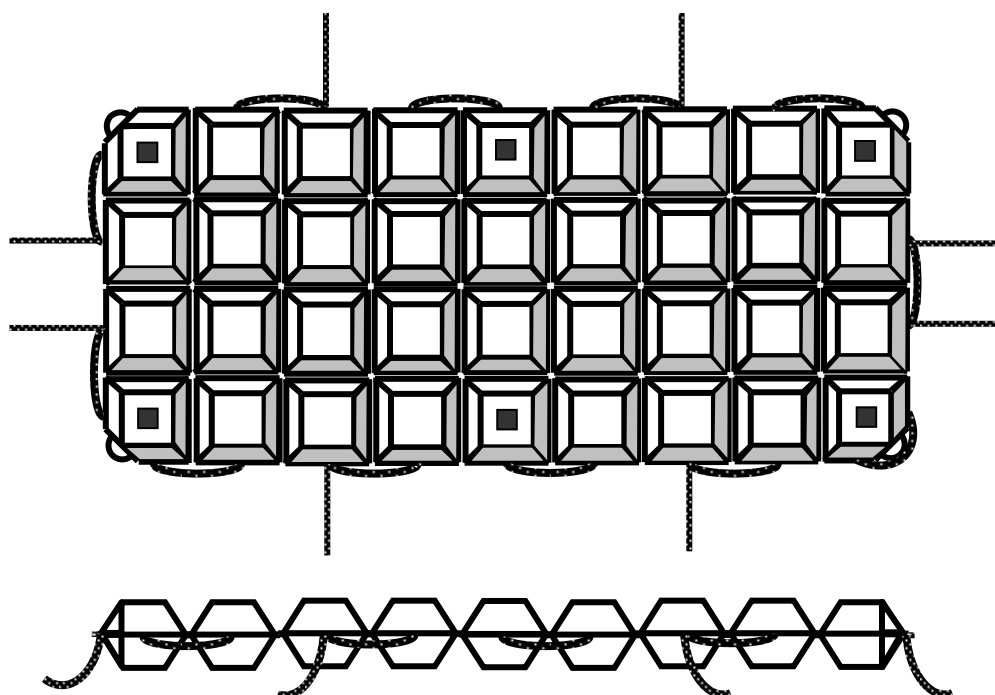
Ф – изготовление бетонных блоков ПБЗГУ с использованием сульфатостойкого цемента;

П – оснащение ПБЗГУ соединительными петлями;

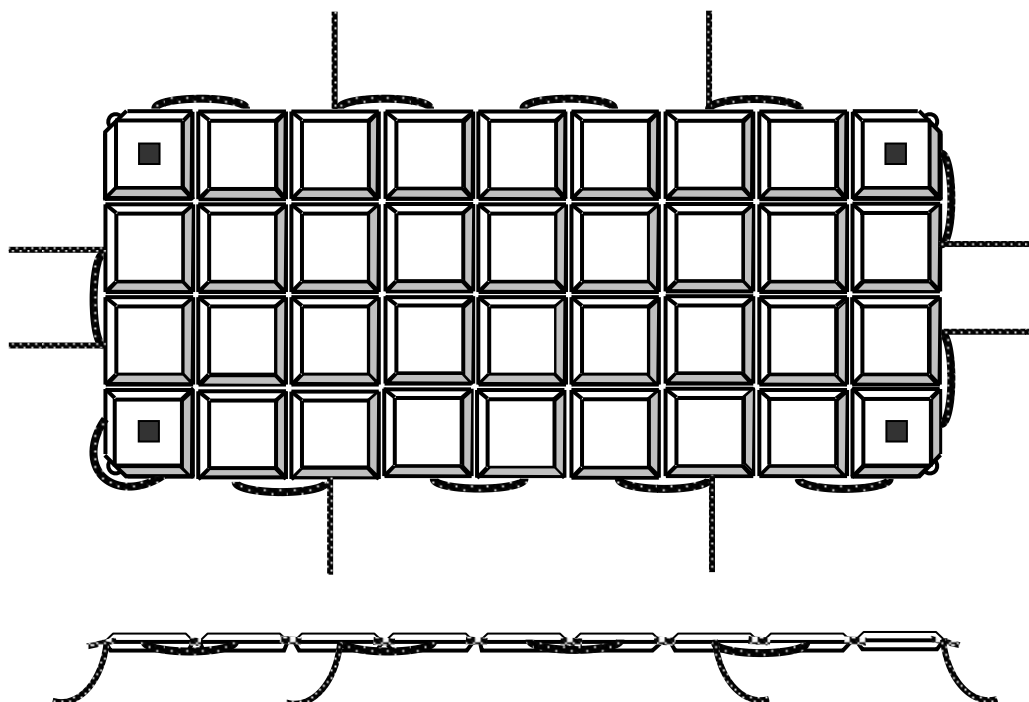
КР – ПБЗГУ комплектуется канатным зажимом (алюминиевая втулка);

Ц – в бетон добавлен краситель.

а)



б)



в)

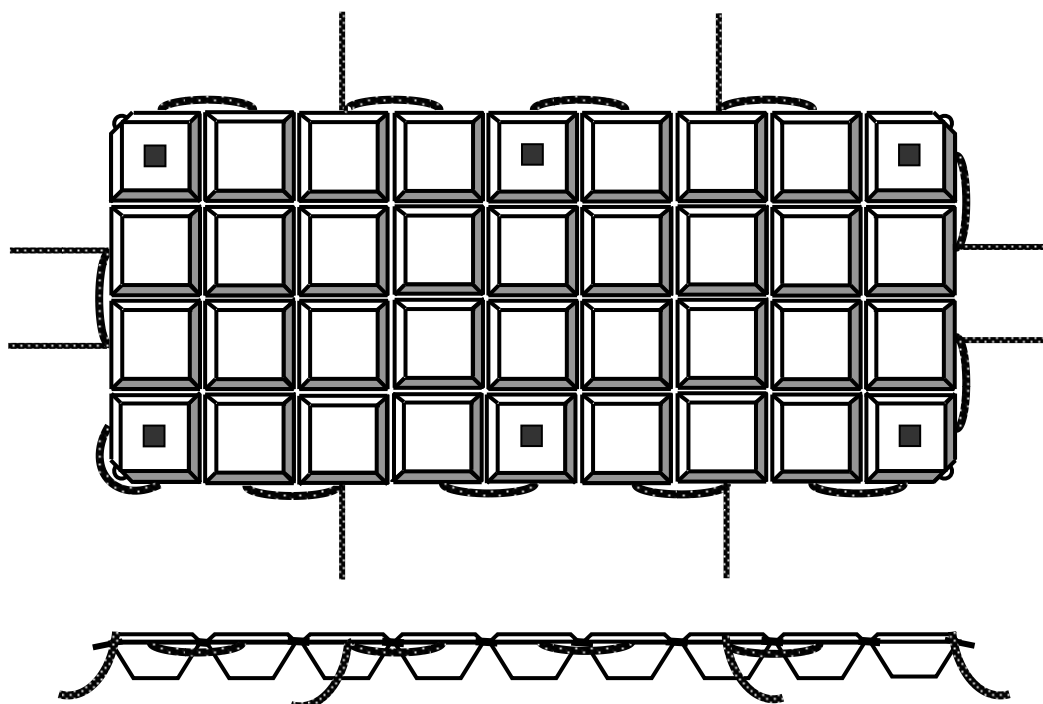


Рисунок 4.2 – Плиты покрытия бетонного защитного гибкого универсального модели ПБЗГУ-105 (а), ПБЗГУ-202 (б), ПБЗГУ-405 (в)

4.5 Бетонные блоки изготавливают из тяжелого бетона по ГОСТ 26633-2012, состав которого подбирают в соответствии с требованиями ГОСТ 27006.

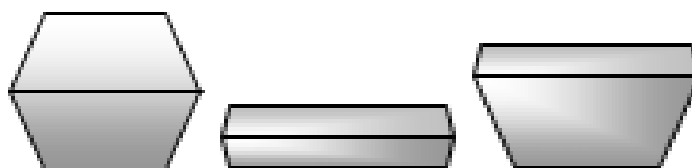


Рисунок 4.3 – Профили бетонного блока плит ПБЗГУ

4.6 Бетон для изготовления блоков по прочности на сжатие должен быть не ниже класса В30 по ГОСТ 26633-2012. Марка бетона по морозостойкости должна соответствовать F300 по ГОСТ 10060-2012, а водонепроницаемость – W8. Трещины на поверхности блоков не допускаются. Истираемость бетона должна быть не более 0,7 г/см² по ГОСТ 13015.0, а категория поверхности – А6, исключая более шероховатую горизонтальную поверхность бетонных блоков, параметры которой указаны в проекте и предназначаются для повышения адгезии ПБЗГУ к защищаемой от размыва поверхности (таблица 4.2).

Таблица 4.2. – Габаритные размеры бетонных блоков

Тип бетонного блока	Общее основание, мм	Вершина 1, мм, ± %	Высота 1, мм, ± %	Вершина 2, мм, ± %	Высота 2, мм, ± %
№ 1	300x300	190x190 ±9	119 ±5	193x193 ±9	121 ± 5
№ 2		260x260 ±7	29 ±5	263x263 ±7	31 ± 5
№ 3		260x260 ±9	29 ±5	190x190 ±9	121 ± 5

4.7 При монтаже покрытия плиты соединяются между собой за:

- ДМК опрессовыванием их между собой тросовым зажимом (алюминиевая втулка) (Рисунок 4.4) с использованием ручного гидравлического пресса;
- закладные детали путем приваривания ручной электродуговой сваркой к близлежащим закладным деталям соседних плит ПБЗГУ арматурной стали диаметром 10-12 мм и длиной 400 мм.
- СП синтетическим канатом разрывной нагрузкой от 1200 кгс для моделей плит №2 и №4, от 2000 кгс для модели №1, с последующей опрессовкой тросовым зажимом свободных концов каната.

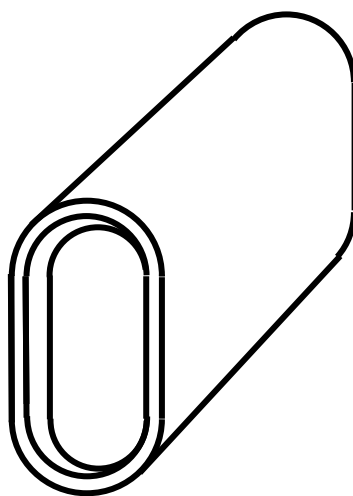
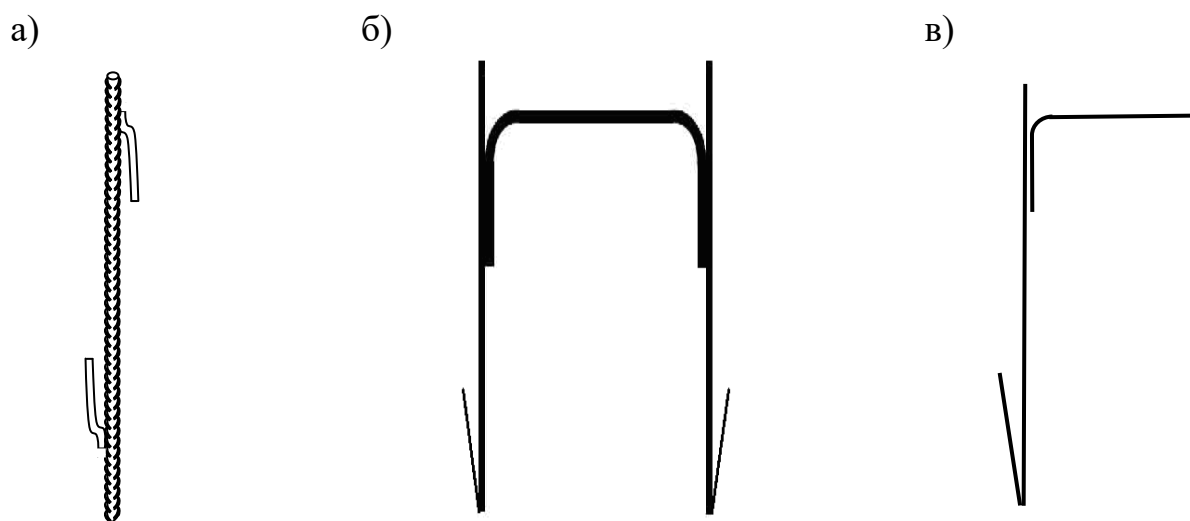


Рисунок 4.4 – Тросовый зажим

Дополнительно для крепления к грунту покрытия (рисунок 4.4) возможно использовать анкерный держатель и стальные скобы СКП, изготавливаемые по ТУ 4100-002-59565714-2012 (П-образную скобу либо Г-образную скобу).



а – анкерный держатель; б – скоба СКП-П; в – скоба СКП-Г
Рисунок 4.5 – Крепежные элементы ПБЗГУ

5 Разработка проектной документации

Исходные данные для проектирования

5.1 Проект защиты из ПБЗГУ от размыва грунтовых откосов подтопляемых инженерных сооружений следует разрабатывать на основе задания на проектирование и результатов инженерно-строительных изысканий: геодезических и топографических; геологических; гидрометеорологических и экологических.

5.2 Возможность применения ПБЗГУ рекомендуется определять на основе анализа соблюдения следующих условий:

- средняя расчётная скорость течения потока;
- допускаемая высота ветровых волн, воздействующих на защищаемый откос, определяется расчётом, исходные данные которого должны содержать топографо-гидрологические характеристики, геометрические параметры (уклоны поверхности) и инженерно-геологические характеристики грунтов;
- уклон поверхности защищаемого откоса не должен превышать 1:1;
- в исходных данных для проектирования должна быть приведена классификация грунтов тела защищаемого грунтового откоса, а также плотность их сложения по ГОСТ 25100-2011;
- температура воздуха в районе расположения защищаемого инженерного сооружения должна быть не ниже минус 55 °С;
- тип модели ПБЗГУ следует определять на основе результатов технико-экономических расчётов.

5.3 Инженерно-топографические и геодезические данные должны содержать сведения для расчетов разгона волн при различных направлениях ветра, глубины, результаты батиметрической съемки, течения воды в ординарных условиях и во время паводков (дождевых и сезонных), карты в масштабе 1:500 – 1:2000 и топографические схемы.

5.4 Инженерно геологические данные должны содержать сведения о грунтах защищаемого сооружения, их физико-механические характеристики, гранулометрический состав, сцепление, угол внутреннего трения, модуль деформации, а также результаты определения гидрогеологических характеристик.

5.5 Результаты инженерно-гидрометеорологических изысканий должны содержать данные о климате района строительства (количестве дождевых и снеговых вод, время начала и продолжительность паводков, температуре воздуха), сведения об изменении уровней воды, скорость ветра с разбивкой по месяцам года и направлениям, скорости (средние, максимальные и минимальные) течения и глубину воды.

5.6 Техническое задание на проектирование защитных покрытий из ПБЗГУ должно содержать сведения о назначении инженерного сооружения, его заказчике, руководителях и контактных лицах подрядных организаций, расчётные нагрузки и воздействия, поперечные сечения защищаемого сооружения, основные результаты инженерных изысканий, сроки начала и окончания строительства.

Проектирование защитных покрытий из ПБЗГУ

5.7 Защитное покрытие из ПБЗГУ является частью инженерного сооружения, предотвращающей размыв откосов и гасящей волны. ПБЗГУ выполнено в виде отдельных плит, изготовленных в заводских условиях, доставленных на строительную площадку, уложенных на откос из предварительно спланированного и уплотненного грунта и объединенных между собой с помощью крепежных элементов в единую конструкцию.

5.8 В проекте защитных покрытий из ПБЗГУ должна быть указана верхняя и нижняя границы укладки плит, протяженность их укладки и конструкция сопряжения ПБЗГУ на участках инженерного сооружения, а также тип грунтового основания и его физико-механические свойства.

5.9 Верхнюю границу (над уровнем воды) укладки защитного покрытия из ПБЗГУ на откосах дорожных насыпей, регуляционных и береговых сооружений рекомендуется определять по формуле

$$H_{\text{верхн}} = \Delta h_{\text{под}} + h_{\text{н}} + h_{\text{наг}} + a_{\text{зап}}, \quad (5.1)$$

где $H_{\text{верхн}}$ – верхняя граница укладки покрытия, м;
 $\Delta h_{\text{под}}$ – подпор воды, м;
 $h_{\text{н}}$ – высота наката ветровой волны, м;
 $h_{\text{наг}}$ – высота ветрового нагона, м;
 $a_{\text{зап}} \geq 0,5$ м для откосов дорожных насыпей;
 $a_{\text{зап}} \geq 0,25$ м для откосов регуляционных и береговых сооружений.

5.10 Границу укладки защитного покрытия из ПБЗГУ для подводных откосов следует устанавливать в проекте на основе данных инженерных изысканий и при наиболее низком уровне воды.

5.11 Границу укладки защитного покрытия из ПБЗГУ следует назначать с учётом толщины льда на объекте. Её следует принимать ниже подводной кромки льда с запасом не менее чем на 3,0 расчётной толщины льда.

5.12 Для защиты подошвы откоса насыпи или берегового склона от размыва течением или донными скоростями потока рекомендуется проектировать под водой «фартук» из ПБЗГУ, обеспечивающий защиту подошвы откоса и предотвращающий формирование воронки размыва. Ширину «фартука» из ПБЗГУ под водой рекомендуется определять по формуле

$$B = 3,2 h_p, \quad (5.2)$$

где B – ширина воронки размыва, м;
 h_p – прогнозируемая глубина размыва, м.

5.13 Защиту откосов от размыва из ПБЗГУ следует проектировать в пределах воздействия расчётных нагрузок на сооружение (течений, ветровых волн). В местах сопряжения ПБЗГУ с незащищённым откосом рекомендуется проектировать укладку плит ПБЗГУ с запасом в продольном направлении, равным 5 – 15 м.

5.14 Рекомендуется разработать индивидуальные проектные решения конструкции границ (сопряжений) ПБЗГУ с бровками насыпей, откосов и мостовых опор в виде слоя монолитного бетона, асфальтобетона, отсыпки щебня или гравия.

5.15 Если при проектировании установлено, что грунт подошвы и откоса насыпи подвергается одновременному размыву при воздействии нескольких факторов, то в проекте защитного покрытия следует учитывать наибольшую глубину размыва, определенную при учете воздействия каждого из факторов.

5.16 В качестве подстилающего слоя под ПБЗГУ рекомендуется применять синтетические нетканые материалы типа «Дорнит».

5.17 В проекте укладки подготовки основания ПБЗГУ из рулонных нетканых материалов следует указать, что работы по укладке надо начинать с низовой стороны по течению, от верха откоса или склона к его подошве. При этом каждый последующий рулон материала должен перекрывать предыдущий на 0,1 – 0,5 м.

Особенности проектирования защитных покрытий из ПБЗГУ в северной климатической зоне

5.18 Защитные покрытия в северной климатической зоне следует проектировать, исходя из условия, что мерзлый грунт откоса является важным вспомогательным технологическим фактором, обеспечивающим повышение технической и экономической эффективности возведения защиты откосов из ПБЗГУ.

5.19 При выборе конструкции защитных покрытий из ПБЗГУ технология возведения должна учитывать следующие инженерно-гидрометеорологические и геологические условия:

- глубина и солёность воды;
- скорость и направление течения;
- приливные и паводковые изменения уровня воды;
- ледовые и волновые воздействия на сооружение;
- скорость ветра и роза ветров;
- теплофизические свойства грунтов (коэффициенты теплопроводности талых, оттаивающих и мерзлых грунтов, удельная и объёмная теплоёмкость грунта, льдистость, температура замерзания грунта);
- глубина сезонного оттаивания.

5.20 В зависимости от мерзлотно-грунтовых условий конструкцию грунтового основания защитного покрытия из ПБЗГУ следует проектировать либо на полное исключение, либо на ограничение глубины оттаивания.

5.21 Для снижения нагрузок на защитные покрытия из ПБЗГУ от примерзшего льда целесообразно на лицевой поверхности плит ПБЗГУ применять покрытия в ви-

де гидрофобной смазки.

Проектирование технологии подготовительных работ

5.22 При проектировании технологии подготовительных работ особое внимание следует уделить вопросам подготовки грунтового основания ПБЗГУ, исключая отсыпку его из набухающих, подверженных морозному пучению и содержащих в своем составе растворимые в воде грунты, а также грунты, подвергающиеся механической суффозии под действием фильтрационных потоков.

5.23 На этапе подготовительных работ, с целью исключения повреждений ПБЗГУ, участки производства работ целесообразно оснастить специальными траверсами для разгрузки элементов конструкции и проведения монтажных работ. Длину и ширину траверс, а также конструктивные их параметры следует принять в соответствии с особенностями конструкции ПБЗГУ, применяемой на данном объекте.

5.24 В пояснительной записке к проекту следует указать, что с целью повышения качества строительства на этапе подготовительных работ проводятся занятия с рабочими и ИТР, в том числе машинистами грузоподъемной техники и стропальщиками, разъясняющие конструктивные и технологические особенности возведения защиты инженерных сооружений из ПБЗГУ.

5.25 При проектировании защиты откосов инженерных сооружений из связных или пылеватых грунтов рекомендуется перед укладкой плит ПБЗГУ отсыпать выравнивающий слой песком толщиной 15 – 20 см.

5.26 Если проектом предусмотрена предварительная отсыпка по откосу противосуффозионного слоя, то отсыпка выравнивающего слоя песка не требуется.

6 Основные расчёты (нагрузки и воздействия)

Расчет устойчивости ПБЗГУ на откосах автомобильных дорог

6.1 При расчете устойчивости защитной конструкции на откосе расчету подлежит коэффициент устойчивости K_y . В зависимости от категории дороги назначается коэффициент запаса – коэффициент устойчивости, который определяется через соотношение удерживающих сил к сдвигающим (рисунок 6.1, таблица 6.1).

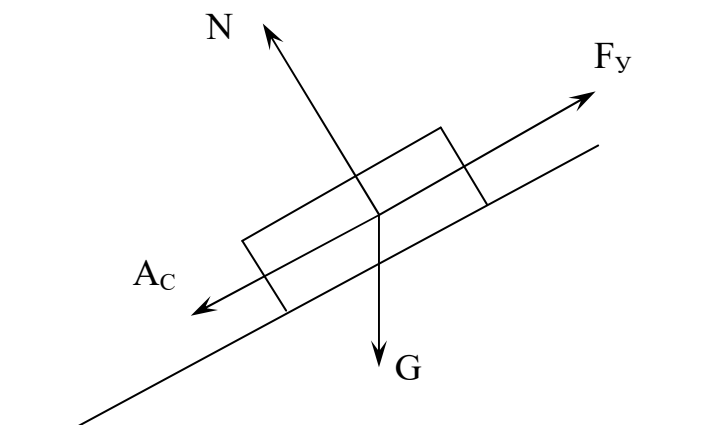


Рисунок 6.1 – Расчетная схема

Таблица 6.1 – Значения коэффициента устойчивости K_y

№ п/п	Категория автомобильной дороги	Коэффициент устойчивости K_y
1	I	1,3
2	II	1,2
3	III - IV	1,1

6.2 Действие весовой нагрузки от ПБЗГУ принимается сосредоточенной на полосе шириной в один блок.

Введем следующие обозначения:

F_c – сдвигающая сила;

N – отпор грунта;

F_y – удерживающая сила;

G – вес блока;

g – погонный вес ПБЗГУ;

l – длина откоса;

φ – угол внутреннего трения;

c – сцепление грунта;

φ_0 – угол внутреннего трения грунта основания;

α – угол откоса;

l_0 – ширина одного блока.

Определим количество блоков на откосе n (шириной в один блок).

$$n = \frac{l}{l_0}. \quad (6.1)$$

Общая масса n блоков равна:

$$G = G_0 \cdot n. \quad (6.2)$$

Условие устойчивости:

$$k_3 \cdot G \cdot \sin \alpha \leq (G \cdot \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi + c). \quad (6.3)$$

Значения φ принимаются с учетом максимального увлажнения поверхности грунта (таблица 6.2).

Таблица 6.2 – Значения угла внутреннего трения φ

Вид грунта	Песок крупный	Песок средней крупности	Песок мелкий	Супесь	Суглинок
Угол внутреннего трения, град	35	32	31	33	11

Из условия устойчивости (6.3) определяем расчетный коэффициент запаса:

$$k_3 \leq \frac{G \cdot \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi + cl}{G \cdot \sin \alpha} = \frac{\cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi + \frac{cl}{G}}{\sin \alpha}. \quad (6.4)$$

Предполагая наихудшие условия работы, значением сцепления пренебрежем, тогда условие устойчивости определяется следующим образом (таблица 6.3):

$$k_3 \leq \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (6.5)$$

Таблица 6.3 – Предельные значения тангенсов углов откосов не требующие дополнительного закрепления при укладке ПБЗГУ

№ п/п	Вид грунта	Категория дороги		
		I	II	III-IV
1	Песок крупный	0,54	0,58	0,64
2	средней крупности	0,47	0,52	0,56
3	мелкий	0,46	0,5	0,55
4	Супесь	0,5	0,54	0,6
5	Суглинок	0,15	0,16	0,17

Примечание. Заложение – отношение высоты откоса к длине.

6.3 Заложение откоса (1:m, где 1 – единица высоты, m – длина по горизонтальной поверхности, приходящаяся на подъем в 1 м) определяется по формуле:

$$m = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (6.6)$$

Если заложение откоса m меньше рассчитанной по формуле, то необходимо предусмотреть дополнительные мероприятия для удержания конструкции на откосе. Определим возможность опрокидывания блоков (рисунок 6.2).

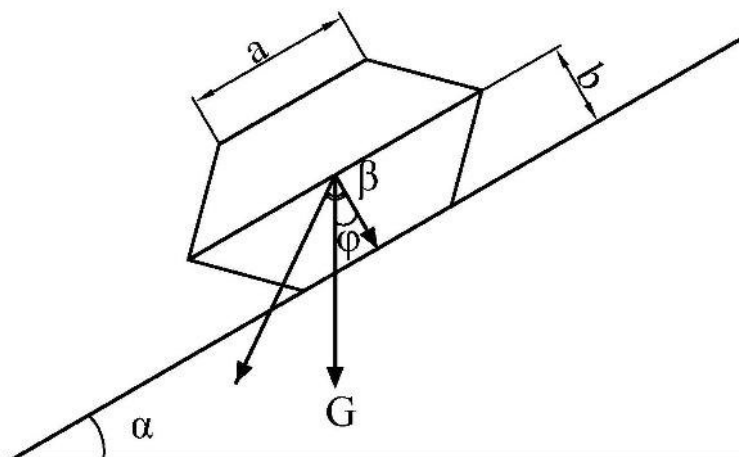


Рисунок 6.2 – Расчетная схема опрокидывания блока

Для устойчивости блока необходимо соблюдение условия:

$$\alpha \leq \beta, \text{ где } \beta = \arctg \frac{a}{2b}, \quad (6.7)$$

где a – длина стороны нижнего основания блока;
 b – половина высоты блока.

Расчет дополнительного крепления конструкции ПБЗГУ упором в грунтовом основании

6.4 При укладке ПБЗГУ на откос, по устойчивости на сдвиг меньше требуемого, необходимо рассчитать дополнительное крепление полотна ПБЗГУ для того, чтобы обеспечить его устойчивость.

6.5 При устройстве упора у заложения откоса в зависимости от нескольких равных сил сдвига определяется размер упора: ширина и высота. Упор рассчитывается на сопротивление сдвигу и опрокидывание. На него действует не скомпенсированная сила сдвига ПБЗГУ, лежащего на склоне, сила сопротивления сдвигу, состоящая из пассивного кулоновского давления грунта и сцепления грунта. По величине сдвигающего усилия определяется глубина заложения, равная высоте упора. По условию на опрокидывание определяется ширина упора.

6.6 При устройстве упора на ПБЗГУ, лежащего на откосе, действует сжимающая сила, равная не скомпенсированной силе сдвига. Так как ПБЗГУ обладает некоторой жесткостью на изгиб, возможно выпучивание.

Следует проверить возможность такого выпора.

6.7. Определим величину не скомпенсированной сдвигающей силы ΔT с учетом коэффициента запаса κ :

$$\Delta T = \kappa G \cos \alpha (tg \alpha - tg \varphi), \quad (6.8)$$

где κ принимается по табл. 6.1.

Считая, что концевой блок опирается на упор, угол внутреннего трения, о грунт которого φ_0 , определим условие устойчивости упора (рисунок 6.3).

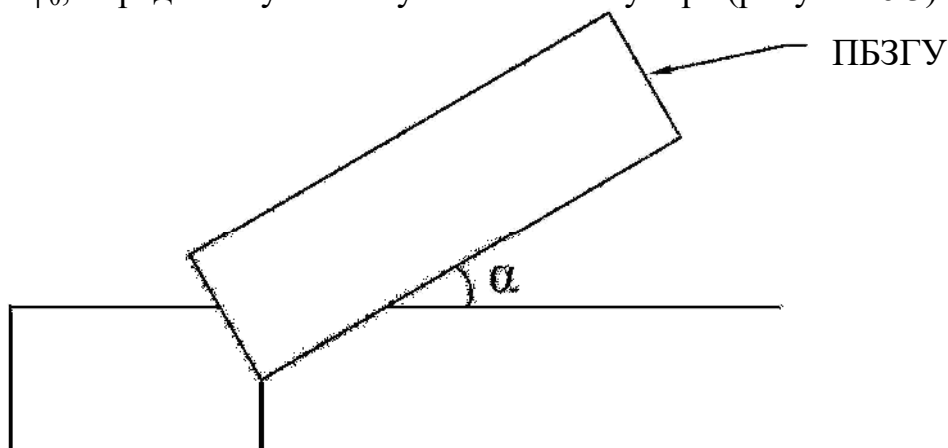


Рисунок 6.3 – Расчетная схема определения устойчивости упора

Введем следующие обозначения:

γ – удельный вес грунта основания;

φ_0 – угол трения грунта основания;

h – высота упора;

c_0 – сцепление грунта основания.

Горизонтальная сила, действующая на упор, равна:

$$\Delta T_0 = \Delta T (\cos \alpha - \sin \alpha \cdot tg \varphi) = \Delta T \cos \alpha (1 - tg \alpha \cdot tg \varphi). \quad (6.9)$$

Сопротивление упора сдвигу равно:

$$\Delta R_y = \gamma \cdot l_0 \cdot h^2 \cdot tg^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right) + \frac{c_0 \cdot h \cdot l_0}{\sin \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right)}.$$

Запишем условие равенства $\Delta T = \Delta R_y$.

$$\gamma \cdot l_0 \cdot h^2 \cdot tg^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_0}{2} \right) + \frac{c_0 \cdot h \cdot l_0}{\sin \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right)} - \Delta T = 0,$$

$$h^2 + \frac{c_0 \cdot l_6}{\gamma \cdot l_6 \cdot \sin(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}) \cdot \operatorname{tg}^2(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_0}{2})} h - \frac{\Delta T}{\gamma \cdot l_6 \cdot \operatorname{tg}^2(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_0}{2})} = 0 ; \quad (6.10)$$

$$P = \frac{C_0}{\gamma \cdot \sin(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_0}{2}) \cdot \operatorname{tg}^2(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_0}{2})} ;$$

$$q = \frac{\Delta T}{\gamma \cdot l_6 \cdot \operatorname{tg}^2(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_0}{2})} ;$$

$$h^2 + p \cdot h - q = 0 ;$$

$$h = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\frac{p^2}{4} + q} .$$

Из выражения (6.9) определяется глубина заложения упора (рисунок 6.4):

$$h = -\frac{p + \sqrt{p^2 + 4q}}{2} . \quad (6.11)$$

Определим ширину b упора.

Обозначим угол между двумя смежными гранями единичного блока ПБЗГУ

α_6 .

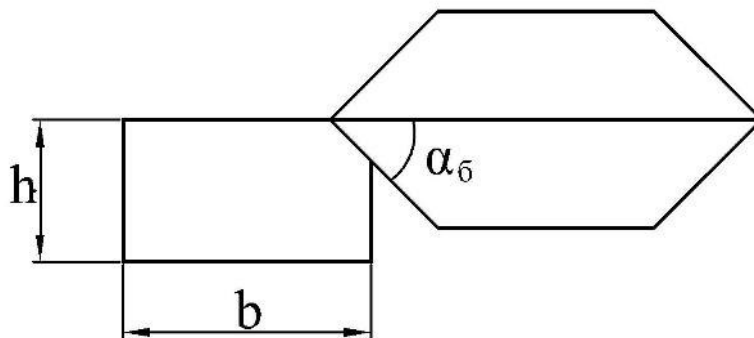


Рисунок 6.4 – Расчетная схема определения глубины заложения

Для определения геометрических величин рассмотрим следующую схему (рисунок 6.5).

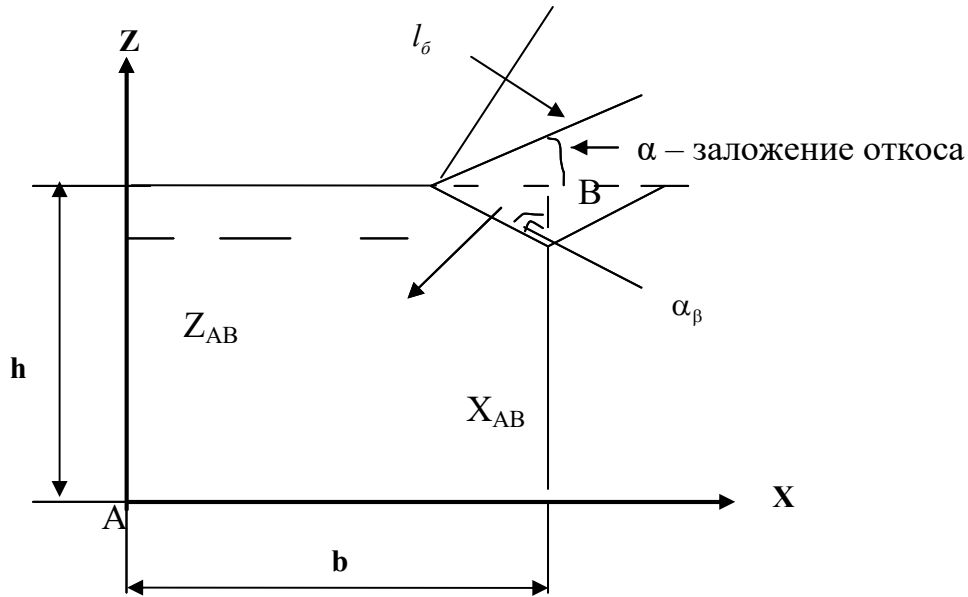


Рисунок 6.5 – Схема к расчёту геометрических параметров упора

Проекция расстояния АВ на ось OZ:

$$Z_{AB} = h - \frac{l_{\delta}}{2} \cos \alpha_{\delta} . \quad (6.12)$$

Проекция расстояния АВ на ось OX

$$X_{AB} = b - \frac{l_{\delta}}{2} \sin \alpha_{\delta} . \quad (6.13)$$

Составляя условие равновесия относительно точки А, получим:

$$M_A = \Delta T_0 \left(Z_{AB} - \frac{h}{3} \right) - \Delta T \cos \alpha \cdot X_{AB} = 0 . \quad (6.14)$$

Подставляя значения X_{AB} и Z_{AB} , получим:

$$\Delta T_0 \left(h - \frac{l_{\delta}}{2} \cos \alpha_{\delta} - \frac{h}{3} \right) - \Delta T \cos \alpha \left(b - \frac{l_{\delta}}{2} \sin \alpha_{\delta} \right) = 0 .$$

Из последнего выражения определяем b:

$$\frac{\Delta T_0}{\Delta T} \frac{(\frac{2}{3}h - \frac{l_{\delta}}{2} \cos \alpha_{\beta})}{\cos \alpha} = b - \frac{l_{\delta}}{2} \sin \alpha_{\delta} ;$$

$$b = \frac{l_{\delta}}{2} \sin \alpha_{\delta} + \frac{\Delta T_0}{\Delta T} \frac{(\frac{2}{3}h - \frac{l_{\delta}}{2} \cos \alpha_{\beta})}{\cos \alpha} . \quad (6.15)$$

В случае устройства упора необходимо также проверить возможность проскальзывания по площадке контакта блока ПБЗГУ и упора.

$$\Delta T \cdot \sin \alpha_{\delta} \leq \Delta T \cos \alpha_{\delta} \cdot \kappa_{\delta} , \quad (6.16)$$

где κ_{δ} – коэффициент трения бетона о материал упора.

Принимая упор, выполненный из бетона, примем $\kappa_{\delta} = 0,3$.
При этом должно выполняться условие:

$$\kappa_{\delta} \geq \operatorname{tg} \alpha_{\delta} . \quad (6.17)$$

Далее необходима проверка ПБЗГУ на выпор (рисунок 6.6).

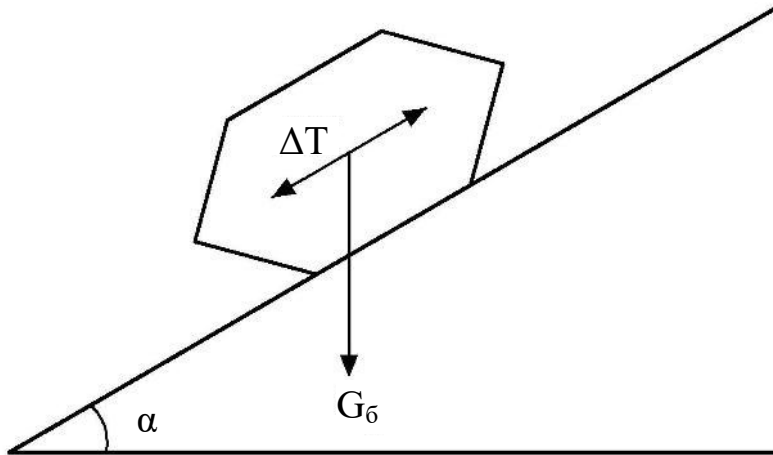


Рисунок 6.6 – Расчётная схема проверки возможности выпора упора

Для исключения выпора конструкции ПБЗГУ в случае ее опирания на упор следует проверить следующие неравенства:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot EJ}{L^2} ;$$

$$\Delta T \leq \frac{\pi^2 E \cdot J}{L^2} ; \quad (6.18)$$

$$L \leq \frac{\pi^2 E \cdot J}{\Delta T} .$$

При большой длине откоса и устройства упора возможна потеря устойчивости в виде выпора блоков. Для одного ряда блоков критические значения силы, при которой не может произойти выпор, равны:

$$\Delta T \leq \frac{\pi^2 E \cdot J}{L^2} . \quad (6.19)$$

В этом случае следует уменьшить силу ΔT за счет частичного применения анкеров либо за счет уменьшения защищаемой длины откоса, т. е. уложить плиты на меньшую длину откоса.

$$L \leq \pi \sqrt{\frac{E \cdot J}{\Delta T}} . \quad (6.20)$$

При проверке приводимого выше неравенства подставляемое значение EJ требует экспериментального определения, так как связь между блоками осуществляется канатами.

Расчет дополнительного крепления конструкции ПБЗГУ анкерами и тросами

6.8 Целью расчета является определение количества тросов (и анкеров, располагаемых в этом случае, за откосной частью) на 1 м ширины плиты. Прочность анкера равна прочности троса R_T .

Рассматривается равновесие ПБЗГУ с учетом некомпенсированной силы сдвига ΔT . Прочность одного анкера равна R_a .

6.9 Если устойчивость плит ПБЗГУ не обеспечена, их можно дополнительно укрепить устройством анкеров между блоков. Количество необходимых для этого анкеров рассчитывается по следующей схеме.

Обозначим прочность единичного анкера, углубленного в грунт откоса, R_a . В условиях прежних обозначений количество анкеров n_a на ряд единичной ширины равно:

$$n_a = \frac{\Delta T}{R_a} . \quad (6.21)$$

Если ширина блока равна l_6 , то на 1 м² откоса следует установить

$$N = \frac{n_a}{l \cdot l_{\sigma}} . \quad (6.22)$$

Анкеры следует устанавливать равномерно по длине и в шахматном порядке.

Если дополнительное крепление производится тросами, то прочность анкеров, закрепляемых за откосной частью, должна быть равна прочности анкера:

$$R_T = R_a . \quad (6.23)$$

Количество тросов и анкеров в этом случае равно:

$$n \geq \frac{\Delta T}{l_{\sigma} \cdot R_T} . \quad (6.24)$$

Расчёт нагрузки и воздействия потока воды на береговой откос, защищенный ПБЗГУ

6.10 Рассмотрим береговой откос с углом наклона α к горизонту, защищенный ПБЗГУ и находящийся под действием потока воды.

На каждый бетонный блок будут действовать следующие силы:

1. Вес бетонного блока G , уменьшенный на величину архимедовой силы P_a . Эту силу можно разложить на две составляющие силы: силу нормального давления $N = (G - P_a) \cos \alpha$ и сдвигающую силу $H = (G - P_a) \sin \alpha$.

2. Сила гидродинамического давления воды F_d , определяемая по формуле

$$F_d = C_d \cdot S \cdot \rho \cdot U^2 / 2 . \quad (6.25)$$

Геометрическая сумма сил F_d и H дает результирующую силу

$$F_{\epsilon} = \sqrt{F_d^2 + H^2} , \quad (6.26)$$

сдвигающую блок вдоль берегового откоса.

Сдвигу бетонного блока препятствуют сила трения, равная произведению силы нормального давления N и коэффициента трения f , и сила сопротивления грунта, определяемая как сила сцепления F_c или сила пассивного отпора грунта $F_{гр.}$ при погружении в него бетонных блоков.

Тогда предельное состояние, при котором ПБЗГУ выдерживает воздействие потока воды, определяется выражением:

$$\sqrt{F_d^2 + H^2} = fN + F_{гр.} . \quad (6.27)$$

Максимальная скорость течения, которую выдерживает полотно ПБЗГУ, уложенное на береговой откос с заглублением бетонных блоков, представлена в виде:

$$U = \sqrt{\frac{2q(G - P_a)}{C_d \cdot \gamma_b}} \sqrt{\left[f \cos \alpha + \frac{F_{гр}}{(G - P_a)} \right]^2 - \sin^2 \alpha}, \quad (6.28)$$

где C_d – коэффициент лобового сопротивления, принимаемый равным 1,5.

6.11 При вычислении скорости по этой формуле значения сил G , P_a и $F_{гр}$, а также площади S миделевого сечения бетонных блоков ПБЗГУ различных моделей берутся из таблицы 4.1.

6.12 Если ПБЗГУ уложено на твердый грунт берегового откоса без заглубления бетонных блоков, то для вычисления максимальной скорости потока вместо силы пассивного отпора грунта $F_{гр}$, подставить значение силы сцепления, определяемой как произведение коэффициента сцепления C на площадь контакта бетонного блока с грунтом S_c (таблица 6.4).

Таблица 6.4 – Значения параметров, необходимых для вычисления максимальной скорости потока

Параметр	ПБЗГУ		
	1	2	4
Площадь миделевого сечения S , м ²	0,0294	0,0084	0,0084
Сила тяжести блока G , кгс	34,8	11,08	22,94
Архимедова сила P_a , кг	14,6	4,72	9,5
Сила отпора грунта $F_{гр}$, кгс	30,3	6,33	30,3
Предельная скорость течения реки $U_{ср}$, м/с	5,83	5,2	10,5

6.13 Необходимо отметить, что скорость потока следует принять равной средней скорости течения реки $U_{ср}$. При этом необходимо эту скорость умножить на коэффициент 1,43, т. е. $U_{ср} = 1,43 U$.

6.14 Результаты вычислений максимальной скорости течения реки, которую выдерживает полотно ПБЗГУ, уложенное на песчано-иловый береговой откос с заглублением бетонных блоков в грунт, приведены в таблице 6.5. При расчетах принималось условие, что все бетонные блоки полотна ПБЗГУ заглублены в грунт до основания пирамиды, а коэффициент трения бетонного блока о грунт принимался равным: $f = 0,35$.

Таблица 6.5 – Значения максимальной средней скорости течения реки $U_{ср}$, м/с, выдерживаемой полотном ПБЗГУ, уложенным на песчано-иловый береговой откос с заглублением бетонных блоков.

Номер модели	Угол откоса α°						
	0	10	20	30	40	50	60
1	5,82	5,81	5,74	5,63	5,49	5,32	5,12
2	5,2	5,17	5,07	4,91	4,68	4,37	3,98
4	10,5	10,49	10,42	10,3	10,17	10	9,8

6.15 Как видно из таблицы, угол берегового откоса мало влияет на способность ПБЗГУ сопротивляться воздействию потока воды и даже при углах α , значительно превышающих угол естественного откоса для данного грунта ($\alpha \approx 30^\circ$), критическая скорость для всех моделей остается достаточно высокой, более 4 м/с.

Наибольшей сопротивляемостью сдвигу обладает модель ПБЗГУ № 4, а наименьшей – модель № 2, что объясняется меньшим заглублением в грунт бетонных блоков этой модели. Несмотря на большее заглубление в грунт бетонных блоков модели № 1 по сравнению с моделью № 4, она несколько уступает ей по сопротивляемости сдвигу, что связано с меньшей площадью миделевого сечения в модели № 4 по сравнению с моделью № 1.

При угле откоса $\alpha = 0^\circ$ значения максимальной скорости течения реки совпадают со значениями скорости (см. таблицу 6.5), вычисленными для различных моделей ПБЗГУ, уложенных на горизонтальное дно. Это подтверждает правильность выбранной расчетной модели и проведенных расчетов.

6.16 В качестве примера в таблице 6.6 приведены значения максимальной скорости течения реки, которую выдерживает ПБЗГУ различных моделей, уложенное на твердый песчано-глинистый береговой откос без заглубления бетонных блоков в грунт. При этом в расчетах коэффициент трения принимался равным: $f = 0,2$; а коэффициент сцепления $C = 0,04 \text{ кг/см}^2$.

Таблица 6.6 – Значения максимальной скорости течения реки U , м/с, выдерживаемой полотном ПБЗГУ, уложенным на твердый песчано-глинистый береговой откос без заглубления бетонных блоков

Номер модели	Угол откоса α°						
	0	10	20	30	40	50	60
1	2,89	2,86	2,76	2,59	2,31	1,79	0
2	6,69	6,68	6,66	6,64	6,62	6,58	6,54
4	3,46	3,44	3,38	3,28	3,13	2,95	2,72

6.17 Результаты вычисления показывают, что все модели ПБЗГУ, уложенные на береговой откос с заглублением бетонных блоков в грунт, обладают достаточной сопротивляемостью воздействию водного потока. Максимальная скорость течения реки, которую выдерживает ПБЗГУ в этом случае, при углах откоса меньше естественного, составляет более 5 м/с, что значительно превосходит скорости течения реально существующих рек.

При защите твердого песчано-глинистого берегового откоса может быть ис-

пользованы ПБЗГУ модели № 2, уложенные и без заглубления бетонных блоков в грунт.

Воздействие ледяного покрова на защищенный покрытием ПБЗГУ береговой откос

6.18 Рассмотрим ледяное поле, движущееся в период ледохода вдоль фронта берегового откоса, защищенного ПБЗГУ, плотно соприкасаясь с ним.

Между движущейся льдиной и соприкасающимися с ней бетонными блоками покрытия ПБЗГУ будут при этом возникать силы взаимодействия, в результате которых может произойти смещение блоков и повреждение защиты.

6.19 Рассмотрим основные силы, действующие на бетонный блок. Льдина примерно прямоугольного в плане очертания площадью W и толщиной h движется со скоростью U , обладая известным запасом кинетической энергии. При встрече с береговым откосом льдина передает каждому соприкасающемуся с ней бетонному блоку ПБЗГУ горизонтальную силу динамического давления F_r , которая может быть разложена на две составляющие силы: нормальную составляющую силу $N = F_r \sin \alpha$, прижимающую блок к грунту, и силу $F_b = N f_{\text{л}}$, действующую вдоль откоса, и стремящуюся сдвинуть бетонный блок. За счет продольного движения льдины вдоль откоса, бетонный блок будет испытывать продольное давление льда силой $F_{\text{пр}} = N f_{\text{л}}$. Общая сдвигающая сила $F_{\text{сдв}}$ будет равна геометрической сумме этих сил:

$$F_{\text{сдв}} = \sqrt{F_b^2 + F_{\text{пр}}^2} = \sqrt{2} f_{\text{л}} N . \quad (6.29)$$

Этой силе будут противодействовать сила трения бетонных блоков о грунт и силы $F_{\text{гр}}$ и $F_{\text{с}}$.

Условие сдвига бетонных блоков ПБЗГУ, заглубленных в грунт, запишется в виде:

$$\sqrt{2} f_{\text{л}} N > f_b N + F_{\text{гр}} ; \quad (6.30)$$

для ПБЗГУ, уложенных на твердый песчано-глинистый грунт без заглубления бетонных блоков

$$\sqrt{2} f_{\text{л}} N > f_b N + F_{\text{с}} ; \quad (6.31)$$

для ПБЗГУ, уложенных на каменистый грунт

$$\sqrt{2} f_{\text{л}} > f_b . \quad (6.32)$$

Принимая наибольшее значение коэффициента трения льда по бетону, равным: $f_{\text{л}}$

$= 0,14$, а коэффициенты трения бетонных блоков о грунт соответственно для песчано-илового грунта $f_b = 0,35$; песчано-глинистого $f_b = 0,2$, а каменистого $f_b = 0,6$, видим, что неравенства (6.30), (6.31) и (6.32) не выполняются даже при $F_{гр.}$ и F_c , равных нулю.

Это говорит о том, что защита берегового откоса устойчива против воздействия льда при любых скоростях течения.

При этом максимально возможная величина нормальной составляющей силы давления льда на защищенный ПБЗГУ береговой откос может быть определена из условия прочности льда разрушению по формуле

$$N_{\max} = R_{\text{см}} h k, \quad (6.33)$$

где $R_{\text{см}}$ – предел прочности льда сжатию;

h – толщина льдины;

k – коэффициент неплотности соприкосания, принимаемый в пределах от 0,4 до 0,7.

Предел прочности льда сжатию можно принимать равным:

для рек Севера и Сибири $R_{\text{см}} = 50 \text{ т/м}^2$;

для рек Европейской части $R_{\text{см}} = 30 \text{ т/м}^2$.

Следовательно, $N_{\max} = (12 - 35) h \text{ т/м}$.

6.20 Защита берегового откоса, выполненная с использованием ПБЗГУ всех моделей, устойчива против воздействия льда при любых скоростях течения и свойств защищаемого грунта.

Максимально возможная величина силы давления льда на защиту из ПБЗГУ лимитируется только пределом прочности льда разрушению.

Расчетно-теоретическое исследование устойчивости креплений земляных откосов, выполненных из ПБЗГУ, при воздействии нагрузки от ледяного покрова при колебаниях уровня воды в водоеме

6.21 Деформации ледяного покрова в прибрежной полосе при колебаниях уровня воды вызываются действием внешних сил, которые при наличии достаточно прочных связей по плоскости контакта льда с креплением передаются на откос в виде вырывающих нагрузок.

6.22 Механизм воздействия ледяного поля с креплением земляного откоса при изменении уровня воды заключается в следующем. При повышении уровня воды ледяной покров в силу своей плавучести стремится подняться вместе с уровнем воды, однако этому препятствуют усилия, действующие в области примыкания льда к откосу. Вследствие этого ледяное поле подвергается изгибу и в нем возникают внутренние напряжения растяжения σ_r и сжатия, σ_c возрастающие пропорционально изменению уровня воды (рисунок 6.7). При изменении уровня воды на некоторую величину нормальные напряжения достигают предела прочности льда при изгибе и

ледяной покров разрушается. Усилия, действующие в этот момент на крепление откоса, достигают наибольшей величины.

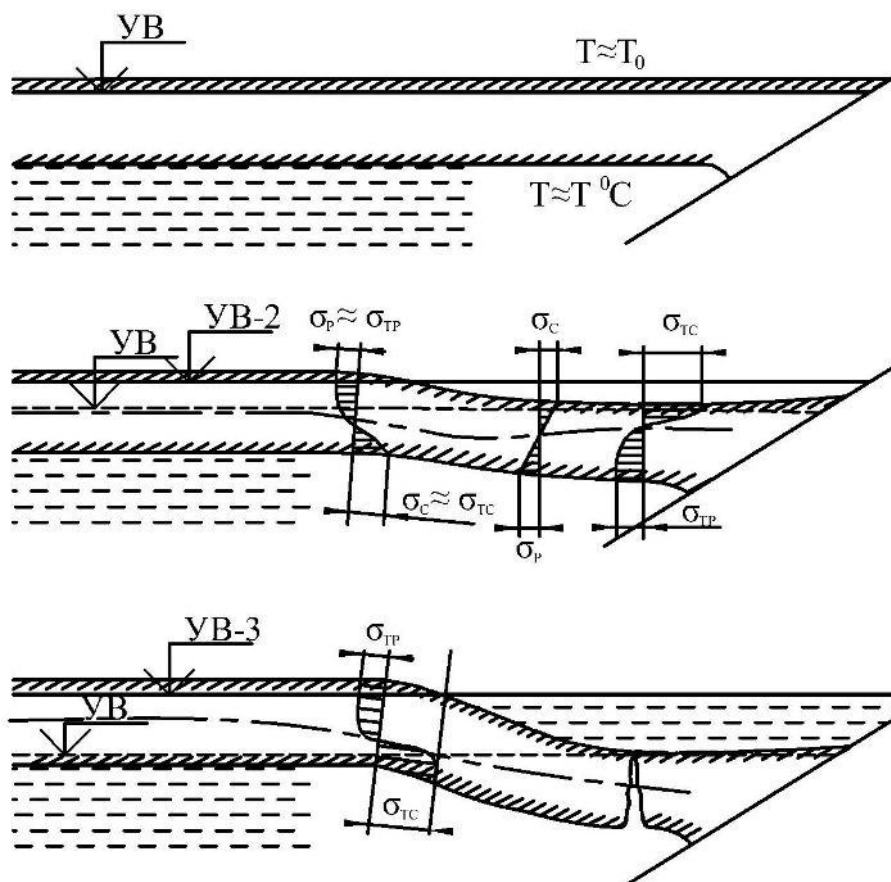


Рисунок 6.7 – Распределение нормальных напряжений в прибрежной зоне ледяного покрова при повышении уровня воды

6.23 По наблюдениям на различных водохранилищах и каналах при повышении уровня воды вдоль откоса образуется, как правило, одна трещина, проходящая вблизи пересечения нижней поверхности льда с откосом. В некоторых случаях при значительном изменении уровня воды возникает вторая, параллельная линии берега трещина, расположенная в 10 – 15 м от первой. Аналогичные явления наблюдаются в водоемах и при понижении уровня воды.

6.24 Образование трещины указывает на действие в плоскости ее сечения значительных изгибающих моментов, скалывающих и продольных усилий. Лед представляет собой анизотропное физическое тело, в зависимости от температуры приобретающее упруговязкие свойства со способностью к релаксации напряжений и своеобразным характером их распределения.

6.25 Характер действия ледяного покрова и деформации крепления, выполненного из плит ПБЗГУ, позволяют определить ледовую нагрузку при колебаниях уровня воды по предельному состоянию льда в плоскости вероятного возникновения в нем первой от берега трещины. Распределение деформаций и напряжений в

ледяной консоли, примерзшей к креплению откоса, принимается по схеме рисунка 6.7.

6.26 Расчетная величина предельного момента внутренних сил в примерзшем к креплению откоса ледяном покрове на стадии его разрушения при медленном изменении положения уровня воды определяется по формуле

$$M_{\text{пх}} = \frac{b\delta_{\text{лк}}^2}{2} \cdot \frac{\sigma_{\text{pp}} \cdot \sigma_{\text{pc}}}{\sigma_{\text{pp}} + \sigma_{\text{pc}}}, \quad (6.34)$$

где b – расчетная длина крепления откоса вдоль линии уреза воды, м, обычно принимаемая при расчетах равной единице;
 $\delta_{\text{лк}}$ – расчетная толщина ледяного покрова, м, равная толщине кристаллического слоя льда;
 σ_{pp} и σ_{pc} – расчетные значения предельных напряжений кристаллического льда, т/м², соответственно при растяжении и сжатии.

Толщина кристаллического слоя может быть принята в зависимости от условий образования ледяного покрова в пределах соотношения

$$\delta_{\text{е}} = (0,8 - 0,9)\delta_{\text{е}}, \quad (6.35)$$

где $\delta_{\text{л}}$ – толщина ледяного покрова в удалении от берега за пределами наледи.

Расчетные значения предельных напряжений кристаллического льда при растяжении и сжатии принимаются в зависимости от температуры среды с учетом уменьшения напряжений во времени (релаксации) по формулам:

$$\sigma_{\text{pp}} = \sigma_{\text{TP}} K_{\text{p}}; \quad \sigma_{\text{pc}} = \sigma_{\text{TC}} K_{\text{p}}, \quad (6.36)$$

где K_{p} – коэффициент релаксации;
 σ_{TP} и σ_{TC} – пределы прочности (текучести) кристаллического льда соответственно при растяжении и сжатии, принимаемые по таблице 6.7.

Таблица 6.7 – Средние пределы прочности естественного льда

Температура льда Т, °С (минус)	Предел прочности, т/м ²	
	σ_{TP}	σ_{TC}
0 – 2 8 – 10 20 – 23	Верхняя часть ледяного покрова	
	68	184
	76	252
	108	282
0 – 2	Нижняя часть ледяного покрова	
	54	120

Температура среды для нижнего и верхнего слоев льда при подъеме уровня принимается равной температуре воды, т. е. около 0 °С.

Коэффициент релаксации определяется по формуле

$$K_p = e^{-\frac{t}{n}}, \quad (6.37)$$

где t – время, ч, в течении которого происходит деформация ледяного покрова при понижении или повышении уровня воды на величину, равную толщине льда;
 n – параметр, характеризующий время релаксаций напряжений льда:

$$n = \frac{\mu \cdot 10^3}{E_c}, \quad (6.38)$$

где E_c – статический модуль упругости льда;
 μ – коэффициент вязкости льда, тч/м², определяемый при $T < -20$ °С по зависимости

$$\mu = (3,3 - 1,85 \cdot T) \cdot 10^4. \quad (6.39)$$

Модуль упругости E_c может быть принят в среднем равным $4 \cdot 10^5$ т/м³.

Расчетные значения предельного момента определяются по формуле (6.34) при медленных деформациях ледяного покрова, что соответствует $K_p \leq 0,8$. Если значения $K_p \geq 0,85$, то расчет момента производится по формуле

$$M_{пх} = \frac{\delta_{лк}^2}{2} \cdot \frac{\sigma_{pp} \sigma_{pc}}{\sigma_{pp} + \sigma_{pc}} (1 + 2K_E), \quad (6.40)$$

где K_E – коэффициент модуля упругости, принимаемый в зависимости от температуры и скорости деформации льда в пределах $K_E = 1 - 2$.

Максимальная вертикальная вырывающая сила связана с изгибающим моментом соотношением:

$$P = \sqrt{2} \lambda M_{пх}. \quad (6.41)$$

Здесь

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{\gamma}{D}}; \quad D = \frac{E_c \delta_{лк}^3}{12(1 - \nu^2)}, \quad (6.42)$$

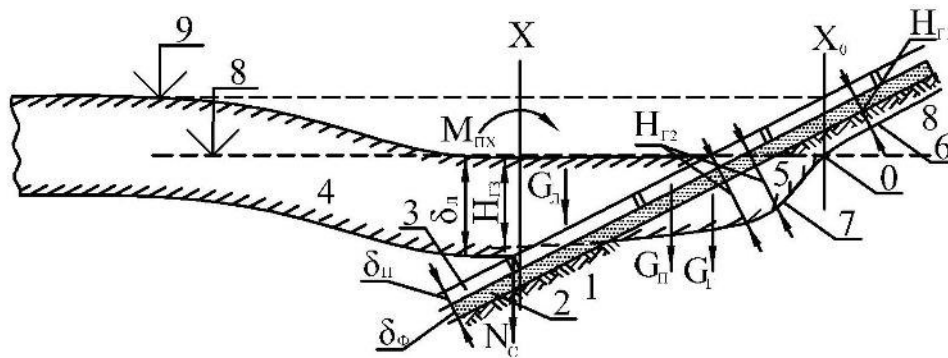
где D – цилиндрическая жесткость льда;
 E_c – модуль упругости льда;
 ν – коэффициент Пуассона;
 γ – объемный вес воды.

Проверка устойчивости креплений на откосе от изгибающего действия ледяного покрова производится по формуле

$$K_M = \frac{\sum (M_y)_{X_0}}{M_{ПХ}}, \quad (6.43)$$

где $K_M \geq 1$ – коэффициент запаса устойчивости;
 $\sum (M_y)_{X_0}$ – сумма моментов удерживающих сил относительно вертикального сечения X_0 ;
 $M_{ПХ}$ – крутящий момент, равный сумме моментов предельных внутренних сил в плоскости X , совпадающий с сечением первой (береговой) трещины в ледяном покрове.

6.27 При подъеме уровня воды принимается, что X_0 проходит через центр вращения всего «смерзшегося массива», содержащего наледь, крепление и грунт, примерзший к креплению с низовой стороны. Центр вращения в этом случае находится на пересечении плоскости, лежащей на уровне воды, с плоскостью ограничивающей верх покрытия выше уровня воды (рисунок 6.8).



0 – центр вращения «смерзшегося массива»; 1 – грунт откоса;
 2 – подготовка; 3 – покрытие из ПБЗГУ; 4 – ледяной покров;
 5 – смерзшийся грунт ниже уровня воды; 6 – граница промерзания грунта выше уровня воды; 7 – граница грунта в «смерзшемся массиве»; 8 – уровень воды при ледооставе; 9 – уровень воды при разрушении льда

Рисунок 6.8 – Схема сил к расчету устойчивости крепления при повышении уровня воды

6.28 Силы, удерживающие крепление, состоят из собственного веса ПБЗГУ $G_{П}$, веса намерзшего льда $G_{Л}$, и веса $G_{Г}$ примерзшего к ПБЗГУ грунта откоса, т. е. веса «смерзшегося массива». При повышении уровня воды и наличии связей между отдельными плитами ПБЗГУ в состав удерживающих сил включаются также реактивные силы $N_{С}$, возникающие в соединительных канатах ПБЗГУ от бетонных блоков покрытия, расположенных под водой левее сечения X (см. рисунок 6.8).

Сумма моментов сил, удерживающих крепление, определяется по формуле

$$\sum (M_y)_{X_0} = M_{GX_0} + M_{ЛX_0} + M_{ГX_0} + M_{СX_0}, \quad (6.44)$$

где M_{GX_0} – момент сил от веса ПБЗГУ ГП относительно сечения X_0 ;
 M_{LX_0} – то же от веса наледи G_L ;
 M_{GX_0} – от веса примерзшего грунта G_T ;
 M_{CX_0} – от реактивных сил N_C в связях соединительных канатов.

6.29 При подъеме уровня воды все моменты принимаются полностью в пределах значений в предположении, что в этом случае «смерзшийся массив» не деформируется. Кроме того, считается, что сила смерзания льда с поверхностью крепления превышает значение внешней силы, приложенной к креплению и вызывающей его деформацию. Прочность смерзания льда с поверхностью различных тел зависит от структуры тела, температуры и состояния его поверхности. По данным экспериментов прочность смерзания льда с поверхностью оштукатуренного бетона достигает 110 Н/см^2 .

6.30 Удерживающие силы от веса примерзшего грунта G_T устанавливаются исходя из очертания его границы под покрытием (см. рисунок 6.8). Нижняя граница примерзшего грунта зависит от многих факторов и должна определяться по известным методам теплотехнических расчетов, приближенно ее можно ограничить плоскостью, проходящей через нижнюю часть ледяного покрова (см. рисунок 6.8).

Проверка прочности крепления на откосе от вырывающего действия вертикальной силы производится по формуле

$$K_P = \frac{P}{G_{II} + N_C}, \quad (6.45)$$

где $K_P \geq 1$ – коэффициент запаса прочности покрытия;
 G_{II} – вес покрытия в пределах «смерзшегося массива»;
 N_C – вертикальная сила реакции связи в соединительных канатах.

Дополнительные удерживающие силы от примерзшего к покрытию грунта откоса в данном случае не учитываются.

Вертикальная сила реакции связи в соединительных канатах определяется по формуле

$$N_C = G_6 (\sin \alpha + f \cos \alpha) \sin \alpha, \quad (6.46)$$

где G_6 – вес всех бетонных блоков ПБЗГУ, находящихся под водой с учетом выталкивающей архимедовой силы;
 α – угол откоса;
 f – коэффициент трения бетонного блока по подстилающему слою.

Так как все плиты ПБЗГУ прочно связаны между собой дополнительными

монтажными канатами, а покрытие уложено на всю ширину откоса и доходит до дна водоема, то в этом случае вес одного метра ПБЗГУ, находящегося в воде, можно определить по формуле

$$G_{\sigma} = \left(1 - \frac{\gamma_B}{\gamma_{\sigma}}\right) \cdot \frac{h_B}{S_M} \cdot \frac{G_M}{\sin \alpha}, \quad (6.47)$$

где $\gamma_B, \gamma_{\sigma}$ – соответственно объемный вес воды и бетона;
 G_M, S_M – вес и габаритная площадь одной плиты ПБЗГУ рассматриваемой модели;
 h_B – расстояние от нижней кромки льда до дна водоема.

Расчет устойчивости креплений земляных откосов, выполненных из ПБЗГУ, при воздействии на них статической нагрузки термически расширяющегося сплошного ледяного покрова

6.31 При замерзании вода увеличивает свой объем приблизительно на 9 %, но давление ледяного поля в процессе его формирования незначительно. Последующее понижение температуры воздуха приводит к понижению температуры льда и уменьшению его объема как всякого твердого тела, а повышение температуры – к расширению. При этом, если расширению ледяного поля препятствует противоположный берег, то на покрытие откоса, смерзшегося с ледяным полем, будет действовать сила давления от температурного расширения льда:

$$F = K_e \cdot b \cdot h_{\text{л}} \cdot p, \quad (6.48)$$

где b – ширина фронта соприкосновения льда с покрытием по урезу воды (принимается $b = 1$ м);
 $h_{\text{л}}$ – толщина льда;
 p – удельное давление льда; определяемое по СНиП 2.06.04-82;
 K_e – коэффициент, снижающий силу давления льда с увеличением протяженности L ледяного покрова в направлении от откоса до противоположного берега, принимаемый по таблице 6.8.

Таблица 6.8 – Значения коэффициента K_e

$L, \text{ м}$	50	70	90	120	150 и более
K_e	1	0,9	0,8	0,7	0,6

Давление P , МПа, за счет упругой и пластической деформации при температурном расширении льда определяется по формуле

$$P = 0,05 + 11 \cdot 10^{-5} \cdot V \eta \varphi, \quad (6.49)$$

где V – максимальная скорость повышения температуры воздуха, °С/ч, за время t , ч (6 ч при 4

срочных наблюдениях);

η – коэффициент вязкости льда, МПа·ч, определяемый по формулам:

при $t \geq -20$ °C

$$\eta = (3,3 - 0,28t_{\text{л}} + 0,083 t_{\text{л}}^2) \cdot 10^2 ; \quad (6.50)$$

при $t_{\text{л}} \geq -20$ °C

$$\eta = (3,3 - 1,85 t_{\text{л}}) \cdot 10^2 . \quad (6.51)$$

Здесь $t_{\text{л}}$ – температура льда, °C, определяется по формуле:

$$t_{\text{л}} = t_{\text{в}} \eta_0 + \frac{\nu \cdot \tau}{2} \cdot \psi , \quad (6.52)$$

где $t_{\text{в}}$ – начальная температура воздуха, °C, от которой начинается ее повышение;

η_0 – относительная толщина ледяного покрова с учетом влияния снега, определяемая по формуле

$$\eta_0 = \frac{h_{\text{л}}}{h_{\text{п}}} , \quad (6.53)$$

где $h_{\text{п}}$ – приведенная толщина снежного покрова, м, определяемая по формуле

$$h_{\text{п}} = h_{\text{с}} + 1,43h_{\text{с}} + \frac{2,3}{\alpha} , \quad (6.54)$$

где $h_{\text{с}}$ – наименьшая толщина снежного покрова, определяется по данным натурных наблюдений, а при их отсутствии необходимо принимать

$h_{\text{с}} = 0$;

α – коэффициент теплоотдачи от воздуха к поверхности снежного покрова, Вт/м², принимаемый равным $23 \sqrt{\nu_{\text{с}} + 0,3}$ – при наличии снега, или $6 \sqrt{\nu_{\text{с}} + 0,3}$ – при отсутствии снега.

Безразмерные коэффициенты ϕ и ψ , входящие в формулы (6.49) и (6.52), определяются по графикам рисунка 6.9 при заданных значениях относительной толщины ледяного покрова η_0 и безразмерной величины

$$F_0 = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot \tau}{h_{\text{п}}^2} .$$

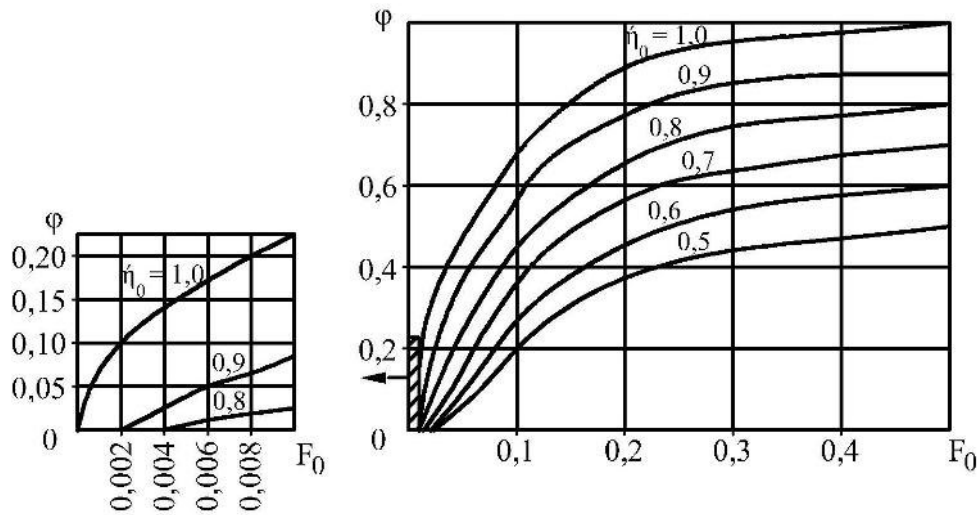
Рассчитанные ледовые нагрузки составляют усилия, действующие в горизонтальном направлении. Нормальная к откосу составляющая от этих нагрузок при угле наклона откоса к горизонту α определяется по формуле

$$F_{\text{н}} = F \sin \alpha , \quad (6.55)$$

а продольная нагрузка, действующая вдоль откоса и сдвигающая отдельные элементы защитного покрытия, равна:

$$F_{\text{п}} = F \cos \alpha . \quad (6.56)$$

а)



б)

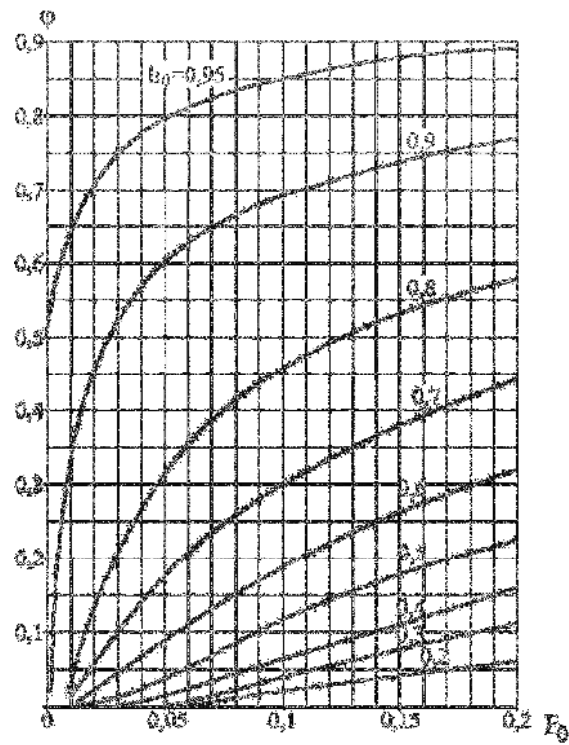


Рисунок 6.9 – Графики значений коэффициента φ (а) и ψ (б)

Если ПБЗГУ укладывается на подготовленный грунт откоса в свободном положении, без соединения отдельных плит между собой, то сила F_y , удерживающая элементы покрытия от сдвига, определяется по формуле

$$F_y = (G + G_{\text{л}}) \sin \alpha + F_{\text{т}}, \quad (6.57)$$

где G – вес плиты ПБЗГУ в пределах «смерзшегося массива»;
 $G_{\text{л}}$ – вес льда в пределах «смерзшегося массива»;
 $F_{\text{т}}$ – сила трения, которая возникает на контакте нижней грани элемента покрытия с поверхностью подстилающей подготовки.

Контактная сила трения определяется с учетом нормальной составляющей силы ледовой нагрузки $F_{\text{н}}$ и суммарной силы тяжести расчетного элемента крепления ПБЗГУ G и веса льда $G_{\text{л}}$ в пределах «смерзшегося массива»:

$$F_{\text{т}} = f [(G + G_{\text{л}}) \cos \alpha + F_{\text{н}}], \quad (6.58)$$

где f – коэффициент трения покрытия по подстилающему слою подготовки откоса (при контакте ПБЗГУ с крупнообломочным грунтом подготовки откоса $f = 0,5 - 0,6$).

При этом предполагается, что все блоки ПБЗГУ, находящегося в «смерзшемся массиве» равномерно прижимаются к грунтовому основанию, а сила смерзания льда с поверхностью крепления превышает значение внешней силы, приложенной к креплению и вызывающей его деформацию.

Вес ПБЗГУ в пределах «смерзшегося массива» определяется исходя из границы примерзания льда к покрытию и образования наледи толщиной $h_{\text{н}} = 1,2h_{\text{л}}$, по формуле

$$G = G_{\text{м}} \cdot \frac{h_{\text{н}} \cdot b}{S_{\text{м}} \sin \alpha}, \quad (6.59)$$

где $G_{\text{м}}$ и $S_{\text{м}}$ – вес и габаритная площадь одной плиты ПБЗГУ соответствующей модели.

Вес льда в пределах «смерзшегося массива» определяется как произведение объемного веса льда $\gamma_{\text{л}} = 920 \text{ кг/м}^3$ на объем «смерзшегося массива», который можно принять равным половине объема прямоугольного параллелепипеда:

$$G_{\text{л}} = \gamma_{\text{л}} \cdot \frac{1}{2} h_{\text{н}} \cdot l \cdot b, \quad (6.60)$$

где l – длина наледи ($l = mh_{\text{н}}$).

Если при выполнении покрытия все плиты ПБЗГУ прочно связываются между собой дополнительными монтажными канатами, то в состав удерживающих сил не-

обходимо также включить реактивные силы N_c , возникающие в монтажных канатах плит ПБЗГУ от бетонных блоков покрытия, расположенных под водой ниже ледяного покрова:

$$N_c = G_6 (\sin \alpha + f \cos \alpha), \quad (6.61)$$

где G_6 – вес всех бетонных блоков ПБЗГУ, расположенных под водой с учетом выталкивающей архимедовой силы.

Если предположить, что покрытие уложено на всю ширину откоса, доходящего до дна водоема, то в этом случае вес одного метра ПБЗГУ, находящегося в воде, можно определить по формуле

$$G_6 = \left(1 - \frac{\gamma_b}{\gamma_6}\right) \frac{h_b}{S_m} \frac{G_m}{\sin \alpha}, \quad (6.62)$$

где γ_b, γ_6 – объемный вес соответственно воды и бетона;
 h_b – глубина воды от нижней кромки льда до дна водоема.

Проверка устойчивости крепления на откосе от сдвигающей силы температурного расширения льда производится по формуле

$$K = \frac{F_y + N_e}{F_n}, \quad (6.63)$$

где $K \geq 1$ – коэффициент запаса устойчивости.

Расчёт ударного воздействия внешних предметов на сооружения, защищенные ПБЗГУ

6.32 Разрушение бетонного блока ПБЗГУ, при столкновении с перемещающимися потоком воды предметами может произойти путем его ударного раскалывания с образованием трещин. При этом раскалывающее ударное усилие F_z определяется по формуле:

$$F_z = 2h_{\max} b \sigma_{сж} \operatorname{tg}^{\alpha/2}, \quad (6.64)$$

$$\text{где } h_{\max} = \frac{\sigma_p}{\sigma_{сж}} \cdot \frac{a^2}{b} \cdot \frac{(1 + f \operatorname{tg}^{\alpha/2})}{(1 - f \operatorname{tg}^{\alpha/2})}; \quad (6.65)$$

σ_p и $\sigma_{сж}$ – предельные допустимые напряжения соответственно растяжения и сжатия бетона;
 a – общая высота бетонного блока;
 b – ширина вершины блока;

f – коэффициент трения тела по бетону;
 α – острый угол ударяемого тела.

Приравнявая изменение кинетической энергии ударяемого тела к потенциальной энергии деформации бетонного блока, получено следующее соотношение, выражающее условие раскалывания бетонного блока:

$$mU^2 \geq F_z h_{\max}, \quad (6.66)$$

где m и U – соответственно масса и скорость ударяющего предмета.

С другой стороны, гидравлическая крупность тела, т.е. скорость равномерного движения тела в жидкости, определяется по известной формуле

$$U = \sqrt{\frac{4}{3} q \frac{d_s (\gamma_T - \gamma_b)}{C_d \gamma_T}}, \quad (6.67)$$

где d_s – эквивалентный диаметр тела;
 C_d – коэффициент сопротивления давления, для шарообразного тела $C_d \approx 0,44$;
 γ_T и γ_b – объемный вес соответственно тела и воды.

6.33 Учитывая, что масса тела выражается через объемный вес тела и его эквивалентный диаметр, решая совместно уравнения (6.64), (6.66) и (6.67) можно получить минимальную скорость течения воды, при которой посторонние предметы могут разрушить бетонные блоки ПБЗГУ.

6.34 При расчете соединительного арматурного каната плиты ПБЗГУ на разрыв от удара посторонним предметом необходимо учитывать, что так как каждый бетонный блок удерживается 4 канатами, то, очевидно, что при центровом ударе нагрузка, действующая на бетонный блок, распределяется равномерно на все четыре каната. При неблагоприятном ударе вне центра постороннего тела по краю бетонного блока произойдет поворот блока относительно противоположной грани, а ударную нагрузку воспримут на себя только три каната. При этом максимальная допустимая нагрузка на бетонный блок составляет удвоенную допустимую нагрузку на разрыв соединительного каната, причем половину этой нагрузки будет воспринимать ближайший к месту удара канат, а на боковые канаты будет действовать нагрузка, равная половине их разрывного усиления.

6.35 Так как длительность удара постороннего предмета о бетонный блок равна времени прохождения фронта волны упругой деформации по толщине бетонного блока туда и обратно: ($\Delta t = 2a/U$, где a – толщина блока; U – скорость звука в бетонном блоке), то можно считать, что время удара постороннего предмета о бетонный блок не зависит от характера разрушения ПБЗГУ или от разрушения бетонного блока, либо от разрыва арматурного каната.

6.36 Это предположение позволяет определить скорость течения, при которой перемещающееся течением воды предметы могут разорвать арматурный канат. Применяя теорему импульсов, согласно которой

$$mU = F_z \Delta t, \quad (6.68)$$

можно найти время удара Δt и по заданному разрывному усилию каната определить необходимое количество движения mU для разрыва каната. По найденному количеству движения с использованием формулы (6.67) определяется искомая скорость течения воды.

Примем значения допустимых напряжений для бетона марки 400 равными: $\sigma_p = 25 \text{ кг/см}^2$ и $\sigma_{сж} = 280 \text{ кг/см}^2$.

Рассмотрим наиболее неблагоприятный случай, когда постороннее тело производит удар по бетонному блоку углом плоскости среза. Тогда $\alpha = 90^\circ$. Примем также коэффициент трения тела по бетону $f = 0,6$.

С учетом принятых значений величины F_z и $h_{\max}$ определяются из выражений:

$$h_{\max} = 0,357 \cdot a^2 / b; \quad F_z = 2 \cdot 106 \cdot a^2.$$

Рассмотрим также самый неблагоприятный случай, когда ударяемое по бетонному блоку тело представляет собой переносимый водным потоком валун объемным весом $\gamma_T = 3000 \text{ кг/м}^3$. Тогда, принимая объемный вес воды $\gamma_6 = 1000 \text{ кг/м}^3$ и учитывая, что масса тела в воде определяется по формуле

$$m = \frac{\pi}{6} \cdot \frac{(\gamma_T - \gamma_6)}{q} d_3^3, \quad (6.69)$$

из совместного решения уравнений (6.66) и (6.67) получим следующее выражение для вычисления минимальной скорости течения воды, при которой перемещаемые потоком предметы могут разрушить бетонный блок:

$$U_b = 2,58 \cdot \sqrt[8]{F_z \cdot h_{\max}}. \quad (6.70)$$

При этом эквивалентный диаметр ударяемого тела, согласно (6.67), равен:

$$d_3 = \frac{3}{4} \cdot \frac{1000 \cdot 0,44 \cdot U^2}{(3000 - 1000) \cdot 9,81} = 0,0168 U^2,$$

а его масса, согласно формуле (6.69), равна:

$$m = \frac{3,14 \cdot 2000}{6 \cdot 9,81} d_3^3 = 106,6 \cdot d_3^3. \quad (6.71)$$

6.37 Проведенные расчеты показали что, для всех моделей ПБЗГУ скорость потока, при которой защита может быть разрушена перемещающимся течением предметом, достаточно велика как по условию разрушения бетонных блоков, так и

по условию разрыва арматурного соединительного каната.

6.38 Учитывая, что расчеты проведены для наиболее неблагоприятных случаев (удар постороннего тела острым углом только по одному бетонному блоку, внецентренный удар) и без учета упругих деформаций ударяемого предмета и грунта, на котором уложены ПБЗГУ, можно заключить, что все модели ПБЗГУ обладают достаточной надежностью и сопротивляемостью против ударного воздействия внешних предметов и могут быть рекомендованы для защиты сооружений от селевых потоков.

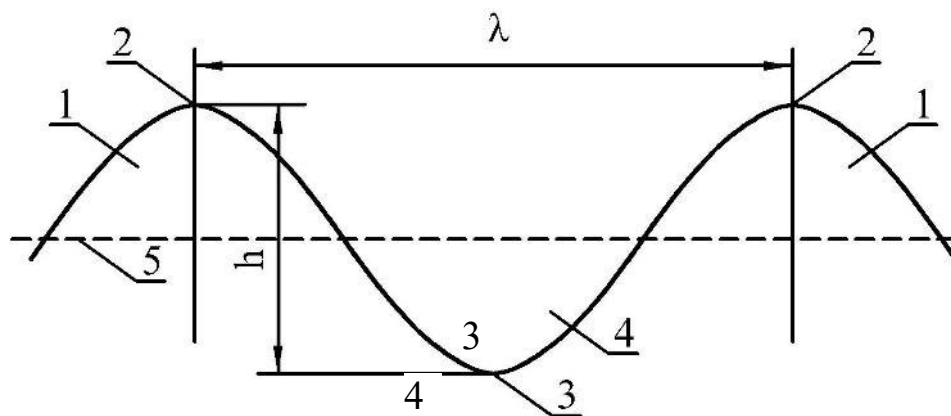
Расчет устойчивости креплений земляных откосов, выполненных из ПБЗГУ, при воздействии на них волновой нагрузки

6.39 Волны, возникающие на поверхности воды под воздействием ветра, характеризуются следующими параметрами (рисунок 6.10). Часть волны, расположенная выше статистического уровня воды, называется гребнем волны, а самая высокая точка гребня – вершиной волны.

6.40 Между двумя гребнями ниже статического уровня воды находится впадина с низкой точкой – подошвой волны. Превышение вершины над подошвой есть высота волны h . Длина волны λ – горизонтальное расстояние между двумя смежными вершинами или подошвами. Отношение высоты волны к ее длине h/λ называют крутизной волны, а обратная величина λ/h – пологостью волны.

6.41 На условия распространения и параметры волн значительное влияние оказывает глубина воды в водоеме H . В связи с этим в водоемах различают участки глубоководные $H > H_{кр}$ и мелководные $H \leq H_{кр}$, где $H_{кр}$ – критическая глубина.

На подходе к критической глубине крутизна волны увеличивается, достигая предельной величины, и ее гребень теряет устойчивость.



1 – гребень; 2 – вершина; 3 – впадина; 4 – подошва; 5 – статический уровень воды

Рисунок 6.10 – Элементы ветровой волны

6.42 На основании экспериментальных и натурных исследований установлено, что накатывающаяся на откос волна меняет форму и размеры. После выхода на кри-

тическую глубину она достигает предельного состояния по высоте, длине и запасам энергии. Потом начинается процесс ее разрушения. Опытами установлено, что волны полностью разрушаются на откосе, если угол наклона его к горизонтальной плоскости $\alpha < 45^\circ$.

6.43 Достигнув предельного состояния – максимальной высоты подъема частиц воды на гребне до y_0 , волна обрушивается на откос в виде свободно падающей струи и ударяется об откос вблизи точки В (рисунок 6.11). После этого начинается растекание заключенной в волне массы воды вверх и вниз по откосу, причем максимальная высота наката волны на откос h_n , отсчитываемая от статистического уровня воды, зависит от высоты h , крутизны h/λ волны и коэффициента заложения откоса m .

6.44 Параметры волны, достигшей предельного состояния, являются исходными для определения волновых воздействий на откос.

Критическая глубина $H_{кр}$, на которой происходит разрушение волны, определяется по формуле

$$H_{кр} = h \left(0,47 + 0,023 \frac{\lambda}{h} \right) \frac{1+m^2}{m^2} . \quad (6.72)$$

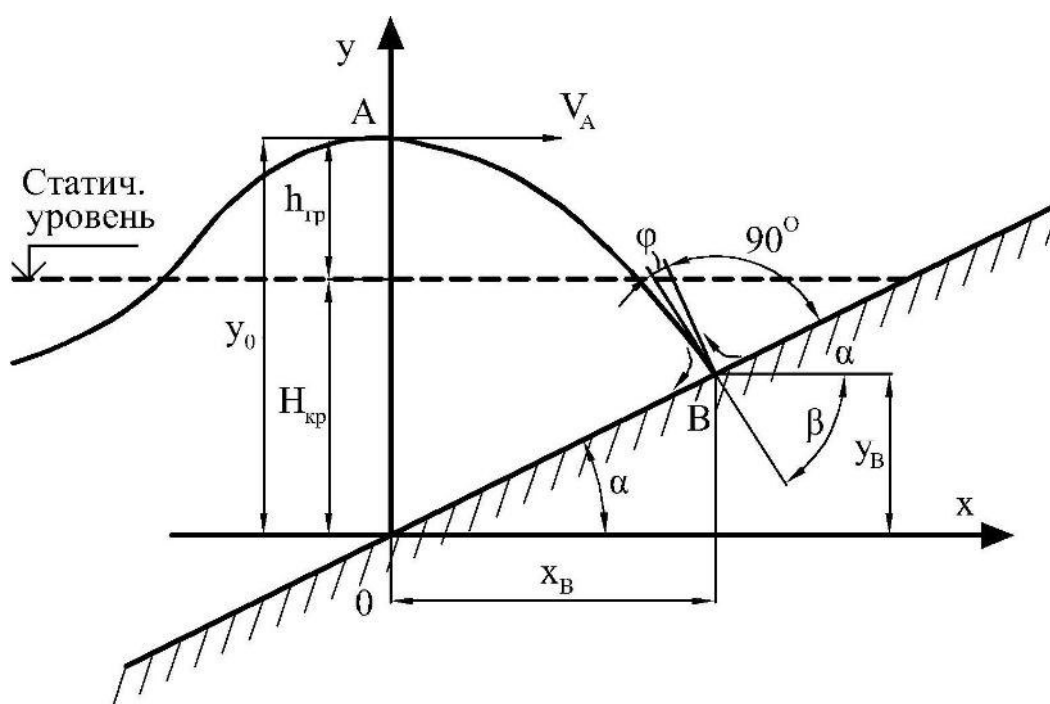


Рисунок 6.11 – Схема обрушения ветровой волны на откосе

Горизонтальная проекция начальной скорости струи, сбрасываемой с гребня волны в точке А,

$$v_A = n \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi} \operatorname{th} \frac{2\pi H_{кр}}{\lambda}} + h \sqrt{\frac{\pi g}{2\lambda} \operatorname{Cth} \frac{2\pi H_{кр}}{\lambda}} , \quad (6.73)$$

где эмпирический коэффициент n вычисляется по формуле

$$n = 4,7 \frac{h}{\lambda} + 3,4 \left(\frac{m}{\sqrt{1+m^2}} - 0,85 \right) . \quad (6.74)$$

Координаты точки В (см. рисунок 6.11) определяются уравнениями:

$$y_B = X_B / m , \quad (6.75)$$

$$X_B = \left[v_A \sqrt{\frac{v_A^2}{m^2} + 2gy_0} - \frac{v_A^2}{m} \right] \frac{1}{g} , \quad (6.76)$$

где y_0 – ордината точки А, характеризующая положение струи в начальный момент сброса ее с гребня волны:

$$y_0 = H_{кр} + h_{гр} , \quad (6.77)$$

где $h_{гр}$ – возвышение точки А над статическим уровнем воды (см. рисунок 6.11), определяемое по уравнению

$$h_{ад} = \left[0,95 - (0,84m - 0,25) \frac{h}{\lambda} \right] h . \quad (6.78)$$

Максимальная скорость струи при ударе ее об откос, наблюдающееся в точке В, определяется по формуле

$$v_B = \sqrt{\eta \left[v_A^2 + \left(\frac{gx_B}{v_A} \right)^2 \right]} , \quad (6.79)$$

где X_B – определяется по формуле (6.76);
 v_A – определяется по формуле (6.73);
 η – коэффициент, учитывающий уменьшение скорости при растекании струи в скатывающемся потоке

$$\eta = 1 - (0,017 \cdot m - 0,02) h . \quad (6.80)$$

Максимальное местное давление P_{Bmax} на откос от удара струи в точке В в момент обрушения волны определяется по формуле

$$P_{Bmax} = 1,7 \cdot \gamma \frac{v_A^2}{2g} \cos^2 \varphi , \quad (6.81)$$

где φ – угол между касательной к направлению струи в точке В и нормалью к откосу, равный:

$$\varphi = 90^\circ - (\alpha + \beta) . \quad (6.82)$$

Здесь α – угол наклона откоса к горизонту;
 β – абсолютное значение угла между касательной к направлению струи в точке В и горизонталью (см. рисунок 6.11), вычисляемое по уравнению

$$\operatorname{tg} \beta = g \frac{X_B}{v_A^2} . \quad (6.83)$$

6.45 Эпюра волнового давления на откос (рисунок 6.12) строится по точкам с давлением $P_{B\max}$ и с давлениями, вычисленными для расстояний от точки В вверх до точек ζ_1 и ζ_2 и вниз до точек ζ_3 и ζ_4 , имеющими значения соответственно $0,4 P_{B\max}$ и $0,1 P_{B\max}$.

Эти расстояния по откосу равны:

$$\begin{aligned} \zeta_1 &= 0,025L; & \zeta_3 &= 0,053L; \\ \zeta_2 &= 0,065L; & \zeta_4 &= 0,135L, \end{aligned}$$

$$\text{где } L = \frac{m\lambda}{2\sqrt{m^2 - 1}} . \quad (6.84)$$

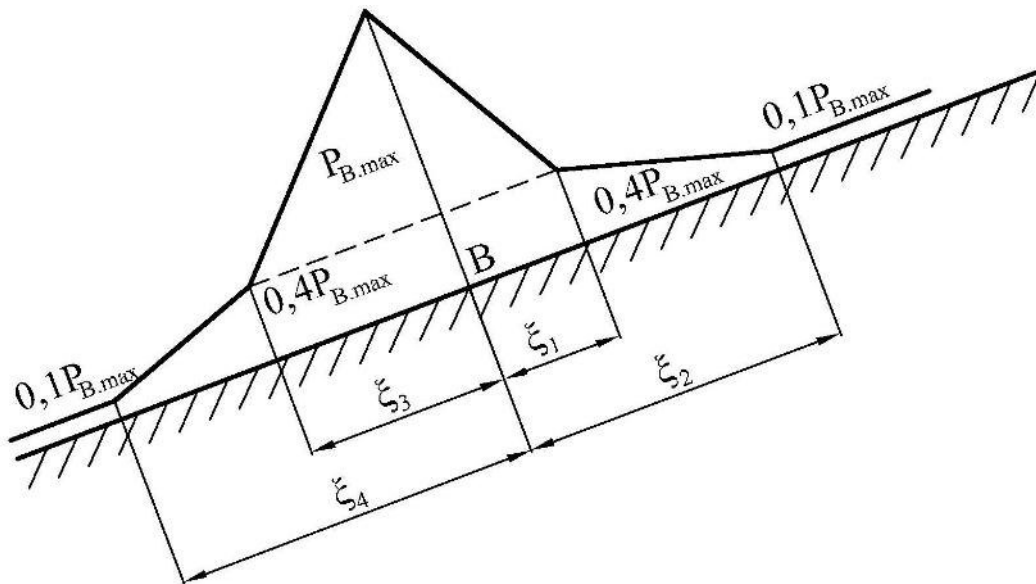


Рисунок 6.12 – Эпюра волнового давления на откос в момент удара волны

Среднее значение нормальной составляющей силы, действующей на некоторую площадь поверхности S и прижимающую защитное покрытие к откосу, можно определить по формуле

$$F_H = P_{cp} \cdot S, \quad (6.85)$$

где P_{cp} – среднее значение давления на данную площадь, определяемое по эпюре, изображенной на рисунке 6.12;
 S – площадь покрытия, подверженная активному волновому воздействию.

Среднее давление можно определить по формуле

$$P_{cp} = 0,5P_{Bmax} \left[0,5 + 0,9 \frac{(\xi_1 + \xi_3)}{(\xi_2 + \xi_4)} \right], \quad (6.86)$$

а площадь активного воздействия волны на единицу ширины покрытия вдоль линии уреза воды в 1 м равна:

$$S = (\xi_2 + \xi_4) \vartheta = \xi_2 + \xi_4. \quad (6.87)$$

Средняя продольная сила, действующая вдоль откоса и сдвигающая отдельные элементы защитного покрытия, равна:

$$F_{\pi} = F_H \operatorname{tg} \varphi. \quad (6.88)$$

Сила, удерживающая элементы покрытия в пределах площади активного воздействия волны, определяется по формуле

$$F_y = G_B \sin \alpha + f(G_B \cos \alpha + F_H), \quad (6.89)$$

где G_B – вес всех бетонных блоков ПБЗГУ, расположенных в пределах зон активного воздействия волны, с учетом выталкивающей архимедовой силы;
 f – коэффициент трения покрытия по подстилающему слою подготовки откоса, принимаемый равным 0,5 – 0,6.

Вес ПБЗГУ в пределах зоны активного воздействия волны определяется исходя из границы площади S по формуле

$$G_B = G_m \cdot \left(1 - \frac{\gamma_{\text{в}}}{\gamma_{\text{б}}} \right) \frac{(\xi_2 - \xi_4)}{S_m}, \quad (6.90)$$

где G_m и S_m – соответственно вес и габаритная площадь одной плиты ПБЗГУ соответствующей модели;
 $\gamma_{\text{в}}$, $\gamma_{\text{б}}$ – соответственно объемный вес воды и бетона.

Если при выполнении покрытия все плиты ПБЗГУ прочно связываются между

собой дополнительными монтажными канатами, то в состав удерживающих сил необходимо также включать реактивные силы N_c , возникающие в монтажных канатах ПБЗГУ от бетонных блоков покрытия, расположенного ниже зоны активного воздействия волны:

$$N_c = G_{\bar{o}}(\sin \alpha + f \cos \alpha), \quad (6.91)$$

где $G_{\bar{o}}$ – вес всех бетонных блоков ПБЗГУ, расположенных под водой ниже зоны активного воздействия волны, определяемый по формуле

$$G_{\bar{o}} = \left(1 - \frac{\gamma_{\bar{o}}}{\gamma_{\bar{o}}}\right) G_m \frac{l_n}{S_m}. \quad (6.92)$$

Здесь l_n – протяженность покрытия, расположенного ниже зоны активного воздействия волны, определяемая по формуле

$$l_n = \frac{H_n + y_{\bar{o}} - H_{кр}}{\sin \alpha} - \xi_4, \quad (6.93)$$

где H_n – глубина нижней границы крепления откоса под водой.

По рекомендациям нижняя граница крепления должна располагаться на глубине не выше двух высот волны расчетной обеспеченности.

Проверка устойчивости крепления на откосе от волнового воздействия производится по формуле

$$K = \frac{F_y + N_c}{F_{\pi}}, \quad (6.94)$$

где $K \geq 1$ – коэффициент запаса устойчивости.

Расчет модели ПБЗГУ при защите откосов от волнобоя

6.46 Для определения необходимой длины укрепления откоса при волнобое в зависимости от глубины поймы определяют необходимую толщину плит ПБЗГУ с учетом возникновения разрежения при откате волны с откоса.

6.47 Требуется определить высоту волны при известной глубине $h_{наб}$ для нахождения длины укрепленных откосов в зависимости от коэффициента шероховатости откоса, а также толщину плит ПБЗГУ, обеспечивающую устойчивость покрытия из ПБЗГУ на откосе.

Большое значение имеет укрепление и защита откосов пойменных насыпей от волнобоя.

Предельная высота волны на пойме определяется по следующей формуле:

$$h_{наб} = \frac{4,3\kappa_{ш} \cdot h_{вол}}{m}, \quad (6.95)$$

где $h_{наб}$ – бытовая глубина пойменного потока.

Волна, набегая на откос насыпи, поднимается по нему до высоты (от спокойного уровня воды) $h_{наб}$, равного:

$$h_{наб} = \frac{4,3\kappa_{ш} \cdot h_{вол}}{m}, \quad (6.96)$$

где $\kappa_{ш}$ – коэффициент относительной шероховатости откоса, для ПБЗГУ $\kappa_{ш} = 0,80$;
 m – коэффициент заложения откоса

$$m = \operatorname{ctg} \alpha. \quad (6.97)$$

Необходимая длина укрепления откоса l равна:

$$l = \kappa_3 \cdot h_{наб} \cdot m, \quad (6.98)$$

где κ_3 – коэффициент запаса, равный $\kappa_3 = 1,2$.

Следовательно,

$$l = 1,2 \cdot 4,3\kappa_{ш} \cdot h_{вол} = 5,1h_{вол}. \quad (6.99)$$

Необходимая толщина блока определяется по следующей формуле:

$$h_{пл} = \frac{0,11h_{вол}\gamma_6}{(\gamma_6 - \gamma_6)\sqrt{l_{6л}}} \cdot \frac{\sqrt{1+m^2}}{m}. \quad (6.100)$$

ПБЗГУ из плит такой толщины не будут сброшены в воду.

6.48 Для укрепления подтопленных откосов внизу устраивается упор, защищающий подошву откоса от подмыва.

Если дерновой покров поймы будет разрушен течением, то размыв произойдет за упором и откоса не коснется. Упор при этом разрушится и слагающие его материалы прикроют откос местной ямой размыва.

Обычно упоры (рисбермы) не применяются при размывах более 3 м. Ширина упора (из щебня, гравия и т.п.) при откосах круче 1:2, достаточная для удержания ПБЗГУ на откосе, может быть определена расчетом:

$$e_{\text{укр}} = \frac{lh_{\text{укр}}}{2fh_p} (\sin 2\beta - f \cos 2\beta) \frac{\gamma_{\kappa}}{\gamma_{\kappa} - \gamma_0}, \quad (6.101)$$

где l – длина укрепления (по откосу);
 $h_{\text{укр}}$ – толщина укрепления вместе с подстилающим слоем щебня или гравия;
 h_p – ожидаемая глубина размыва;
 β – угол наклона откоса к горизонту;
 f – коэффициент трения при подвижке укрепления по грунтовому откосу (в данном случае $f \approx 0,5$) – трение по слою щебня;
 γ_{κ} – плотность камня;
 γ_0 – плотность воды.

Необходимость в таком расчете может встретиться только при проектировании защиты существующей насыпи, так как правилами проектирования предусматривается крутизна смоченного откоса пойменных насыпей не более 1:2.

7 Строительство защитных покрытий из ПБЗГУ

Транспортирование и хранение ПБЗГУ

7.1 ПБЗГУ не подлежит транспортировке и хранению как самостоятельное изделие. Транспортируется отдельными элементами (плиты ПБЗГУ, крепёж).

7.2 Плиты ПБЗГУ перевозятся всеми видами транспорта в соответствии с правилами перевозки, действующими на данном виде транспорта.

7.3 В случае необходимости плиты ПБЗГУ следует хранить в штабелях, но не более чем 19 шт. в ряду по высоте. Допускается хранение плит ПБЗГУ на открытой площадке. Рекомендуются при длительном хранении (более года) покрывать штабели плит ПБЗГУ непрозрачной полиэтиленовой пленкой с целью исключения деструктивных процессов в синтетических материалах под действием солнечной радиации.

7.4 При хранении, погрузке, транспортировании и разгрузке плит ПБЗГУ следует применять стропы и жесткие прямоугольные траверсы, исключающие остаточные деформации и повреждения, а также обеспечивающие сохранность элементов конструкции плит ПБЗГУ.

7.5 Крепёжные изделия следует хранить в условиях, обеспечивающих сохранность упаковки организации – поставщика и при отсутствии каких-либо процессов коррозии, соблюдая требования ГОСТ 7566-94.

Выбор оборудования для производства работ

7.6 Оборудование для возведения защиты от размыва откосов инженерных сооружений из ПБЗГУ должно соответствовать указаниям ПОС, ППР, рабочей документации для данного объекта и указаниям настоящих методических рекомендаций.

7.7 Комплект оборудования для возведения защиты от размыва откосов инже-

нерных сооружений из ПБЗГУ выбирают на основе результатов анализа исходных данных, основными из которых являются:

- назначение защиты от размыва откосов инженерных сооружений из ПБЗГУ, требования к обеспечению надежности её работы, эксплуатационные нагрузки;
- гидрометеорологические условия: глубина воды; скорость течения; колебания уровня воды; роза ветров; защищённость акватории от волнения;
- местные технические условия: наличие оборудования; электроэнергии; транспортных путей и т. п.

7.8 Для укладки ПБЗГУ на откос рекомендуется применять устройства (автокраны, плавучие краны) грузоподъёмностью не менее 2 т, оснащенные прямоугольной траверсой не менее чем с четырьмя монтажными крюками.

Подготовительные работы

7.9 Подготовка откосов инженерных сооружений для защиты от размыва покрытием ПБЗГУ заключается в их планировке, проверке плотности грунта и выполнении геодезических работ по привязке и разбивке участков строительно-монтажных работ.

7.10 Планировку следует производить, как правило, срезкой грунта намытого земснарядом, отсыпанного автосамосвалами с погрузкой экскаватором или иным способом.

Планировка поверхности выполняется бульдозером или автогрейдером.

Планировка подсыпкой рекомендуется только при условии тщательного уплотнения грунта в соответствии с требованиями проекта.

Уплотнение грунта рекомендуется выполнять в соответствии с проектом, применяя специальную технику (катки, виброплиты и т. п.).

7.11 При возведении защиты от размыва откосов инженерных сооружений из ПБЗГУ следует выполнение и принятие по акту следующих работ:

- ознакомление ИТР и рабочих с проектом, в том числе ППР;
- разбивка и закрепление главных осей, вынос в зону работ высотного репера, создание строительной сети, закрепление в натуре площадки;
- приёмка (входной контроль) плит ПБЗГУ и крепежных элементов, и соответствующая подготовка их к монтажу и укладке;
- подготовка и опробование строительных механизмов и вспомогательных устройств, предусмотренных к использованию на строительстве объекта с применением ПБЗГУ;
- промер уклонов надводного и глубин подводного откосов, в том числе проверка их соответствия проекту. В случае значительного отклонения фактического профиля откоса от проектного (по согласованию с представителем проектной организации) – принятие решения о дополнительной разработке или досыпке грунта и его уплотнении;
- оценка качества (плотности, угла внутреннего трения и т. п.) грунтового основания, обследование грунтового массива на наличие валунов, линз и слоев «сла-

бых» грунтов;

- устройство, в соответствии с ППР, подъездных проездов, площадок складирования, освещения строительной площадки, служебно-бытовых помещений и спасательного поста.

7.12 Для повышения надежности работ на всех этапах строительства и эксплуатации защиты от размыва откосов инженерных сооружений из ПБЗГУ должен выполняться комплекс мероприятий по организации отвода поверхностных и грунтовых вод с площадки строительства.

7.13 Общие решения по отводу воды от участка монтажа ПБЗГУ разрабатывает проектная организация на основе расчетов стока поверхностных и дренажных вод, расчётов кривой депрессии и предотвращения появления барражного эффекта.

7.14 Отвод поверхностных вод в период строительства рекомендуется проектировать с применением нагорных канав расчетного профиля, выполненных с соответствующими уклонами.

7.15 Земляные работы по подготовке основания ПБЗГУ должны производиться в соответствии с указаниями СП 45.13330.2012, СП 58.13330.2012, настоящих рекомендаций и ППР, в котором должны быть указаны физико-механические характеристики грунтов, способы отсыпки грунтового основания, толщина слоев грунтовой отсыпки, методы их уплотнения, степень уплотнения грунтов, средства и количественные показатели контроля.

7.16 Земляным работам по подготовке основания на участках монтажа ПБЗГУ должна предшествовать очистка от строительного мусора, снега и льда.

7.17 Земляные работы по подготовке основания ПБЗГУ рекомендуется выполнять с использованием песчаного водопроницаемого грунта, коэффициент фильтрации которого $K_f > 0,5$ м/сут. Грунт отсыпки должен быть непучинистым (ГОСТ 25100-2011) и не содержать в своем составе органических и водорастворимых примесей. Для отсыпки рекомендуется применять песчаные кварцевые пески средней крупности по ГОСТ 25100-2011 со степенью неоднородности гранулометрического состава $C_u > 3$.

7.18 Грунты отсыпки следует уплотнять до плотности, приведенной в проектной документации. Как правило, степень плотности грунта I_d должна быть не менее 0,95 – 0,98.

Степень плотности грунта рекомендуется определять режущим кольцом, зондированием, динамическим пенетрометром.

При недостаточной степени уплотнения грунта в пределах выделенного участка его уплотняют дополнительно.

7.19 В процессе устройства грунтовой отсыпки составляют акты на скрытые работы и выполняют систематический контроль за следующими показателями:

- качеством выполнения работ по подготовке основания и откосов грунтовой отсыпки;
- соответствием отсыпаемого грунта принятому в ППР;
- толщиной отсыпаемого слоя грунта;
- оптимальной влажностью отсыпаемого грунта;
- числом проходов грунтоуплотняющих устройств;

– степенью плотности грунта.

7.20 Сдачу-приёмку земляных работ производят по данным журналов производства работ, исполнительной схеме, результатам контроля плотности и влажности грунта.

Технология монтажа покрытия ПБЗГУ

7.21 Возведение защиты от размыва грунтовых откосов инженерных сооружений из плит ПБЗГУ должно выполняться в соответствии с требованиями проекта, СНиП 12-01-2004, ВСН 34-91, ПОС, ППР, а также настоящих методических рекомендаций. Все отступления от проекта должны быть предварительно согласованы с полномочным представителем проектной организации.

7.22 Покрытие из плит ПБЗГУ возводят непосредственно на строительном объекте с использованием общестроительной техники.

7.23 В соответствии с требованиями проекта на поверхность грунтового откоса после уплотнения грунта может быть уложен слой нетканого материала типа «Дорнит» или другие подобные материалы.

7.24 Для удобства разгрузки и укладки плит ПБЗГУ на поверхность защищаемого откоса применяют траверсы, имеющие не менее четырех монтажных крюков, расположенных по её углам. Перед поднятием и в процессе укладки плит ПБЗГУ на откос все четыре монтажных крюка траверсы должны быть зацеплены за четыре угловые петли плиты ПБЗГУ.

7.25 Первый ряд плит ПБЗГУ рекомендуется укладывать в самой нижней точке монтируемого защитного покрытия. Плиты ПБЗГУ укладывают автокраном, плавающим краном или иным грузоподъемным устройством. В случае необходимости укладки плит ПБЗГУ под водой монтажные работы, в том числе стропальщиков, выполняют водолазы.

При производстве работ на глубине экономически целесообразно использовать траверсу (рисунок 7.1) для монтажа плит ПБЗГУ, соединенных по четыре и более штук. Использование траверсы позволяет значительно снизить расходы по водолазным и прочим работам, связанным с монтажом ПБЗГУ под водой.

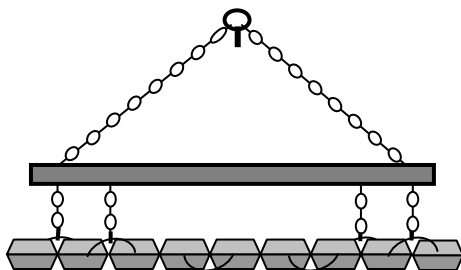


Рисунок 7.1 – Траверса для укладки плит ПБЗГУ на горизонтальную поверхность

7.26 Плиты ПБЗГУ, в соответствии с проектом, укладывают рядами вплотную друг к другу.

7.27 При наличии течения рекомендуется укладывать плиты ПБЗГУ вплотную

друг к другу, начиная укладку с нижнего по течению участка.

7.28 Укладываемые на откос в проектное положение плиты ПБЗГУ соединяются между собой с использованием дополнительных монтажных канатов (ДМК), закладных деталей, либо дополнительно за соединительные петли (СП).

7.29 Сборка плит ПБЗГУ в единое покрытие.

После укладки плит ПБЗГУ их необходимо соединить между собой в единое покрытие. Соединение производится несколькими способами:

- за ДМК опрессовыванием их между собой тросовым зажимом (алюминиевая втулка) с использованием ручного гидравлического пресса;
- путем приваривания ручной электродуговой сваркой к близлежащим закладным деталям соседних плит ПБЗГУ арматурной стали диаметром 10-12 мм и длиной от 400 мм;
- за СП синтетическим канатом разрывной нагрузкой от 1200 кгс для моделей плит №2 и №4, от 2000 кгс для модели №1, с последующей опрессовкой тросовым зажимом свободных концов каната.

7.30 Дополнительное крепление покрытия из ПБЗГУ к защищаемой поверхности стальными скобами, изготавливаемыми по ТУ 4100-002-59565714-2012.

Стальные скобы (рисунок 4.3 б, в) предназначены для крепления ПБЗГУ к защищаемой поверхности (грунту) на откосах, местах по урезу воды и образования наледи.

Скобы изготавливаются из арматурной стали периодического профиля. Диаметр арматурной стали выбирается от 14 мм (для песчаных грунтов) до 18 мм (для каменистых грунтов) в зависимости от условий эксплуатации.

Отдельные части скобы соединены между собой с помощью сварки.

Скоба П-образная имеет ширину порядка 380 мм. Такая ширина скобы позволяет установить одно острие скобы между первым и вторым рядами бетонных блоков одной плиты, а другое острие скобы установить между первым и вторым рядами бетонных блоков соседней плиты (рисунок 7.2). С помощью ручного ударного инструмента скоба забивается в грунт. При забивании скобы в грунт происходит крепление ПБЗГУ к грунту.

Скоба Г-образная позволяет надежно закрепить полотно из ПБЗГУ по периметру, может использоваться как верхний якорь для полотна из ПБЗГУ при защите откосов. Скоба длинным острием забивается в грунт ручным ударным инструментом вплотную к плите напротив закладной детали, так что бы Г-образный выступ лег на закладную деталь. Затем ручной электродуговой сваркой скоба приваривается к закладной детали.

При скорости течения реки менее 0,5 м в секунду в применении скоб нет необходимости при любом грунте и модели ПБЗГУ.

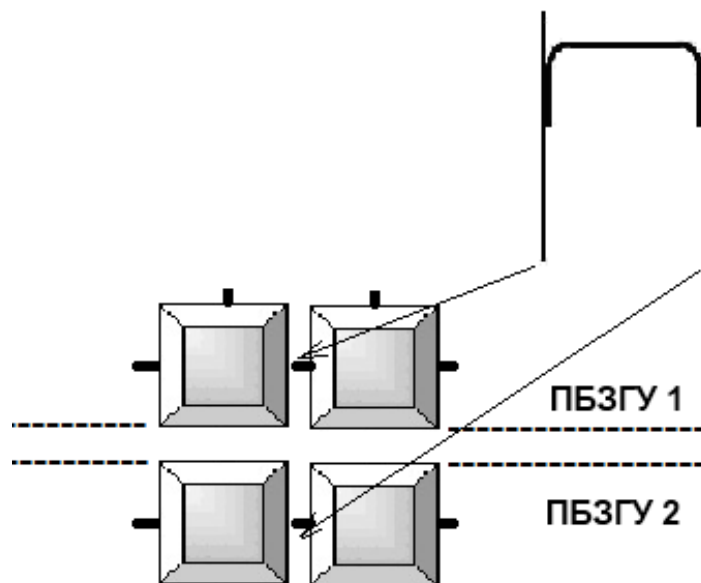


Рисунок 7.2 – Схема установки П-образной скобы

Минимальное количество скоб, необходимое для обеспечения прочности крепления ПБЗГУ определяется по следующей формуле: $A \times B - (A+B)$, где A - количество плит по ширине, B - количество плит по длине возводимого сооружения из ПБЗГУ. При этом будет по одной скобе на каждую сторону плиты.

7.31 Дополнительное крепление покрытия из ПБЗГУ к защищаемой поверхности с применением анкерного держателя.

Анкерные держатели (рисунок 4.3 а) погружают (забивают) в грунт рядом с периферийными бетонными блоками двух соседних плит ПБЗГУ. В процессе погружения анкерного держателя в грунт должно быть обеспечено условие, чтобы в верхний зацеп анкерного держателя попало по одной монтажной петле двух соседних плит ПБЗГУ. Анкерные держатели должны быть погружены в грунт на такую глубину, чтобы их верхний край центрального стержня был на одном уровне с поверхностью грунта на данном участке откоса.

Контроль качества и приемка выполненных работ

7.32 Каждая партия плит, поступившая на строительную площадку, должна сопровождаться документацией (паспортом) согласно требованиям СНиП 12-01-2004, ВСН 34-91, ТУ и иметь сертификаты, подтверждения качества в соответствии с требованиями Федерального закона «О техническом регулировании» (№ 184-ФЗ).

7.33 Документ (паспорт) о качестве плит ПБЗГУ должен содержать:

- наименование предприятия-изготовителя, его адрес и товарный знак;
- номер паспорта и дату его составления, информацию о модели ПБЗГУ;
- количество плит ПБЗГУ в покрытии;
- паспорт должен быть подписан начальником ОТК или другим ответственным представителем предприятия-изготовителя;

7.34 Плотность грунта на укрепляемых откосах, в том числе и в местах подсыпки грунта, должна отвечать требованиям проекта.

7.35 Плотность грунтов откоса рекомендуется контролировать по углам сетки квадратов со сторонами, не превышающими 20 м.

7.36 Контроль и приемка работ защиты от размыва грунтовых откосов инженерных сооружений из ПБЗГУ должны обеспечивать выполнение следующих требований:

- покрытие из плит ПБЗГУ должно иметь ровную поверхность. Расположение отдельных блоков бетонных плит ПБЗГУ над соседними должно быть в пределах ± 5 см;
- отклонение по ширине швов соединения соседних плит ПБЗГУ не должно превышать ± 7 см.

7.37 Конструкции защиты от размыва откосов инженерных сооружений из ПБЗГУ принимают в соответствии с требованиями проектной документации, указаниями СП 126.13330.2012, СП 68.13330.2011, ВСН 34-91 и настоящих методических рекомендаций.

7.38 Состав приёмочной комиссии и порядок её работы устанавливается заказчиком и строительной организацией.

7.39 При приемке конструкций защиты от размыва откосов инженерных сооружений из ПБЗГУ представляются журналы производства работ, акты на скрытые работы, результаты геодезических измерений и фактическая исполнительная схема.

Производство работ зимой и в северной климатической зоне

7.40 Все работы при наступлении отрицательных температур наружного воздуха должны выполняться в соответствии с ППР и требованиями настоящих методических рекомендаций.

7.41 В ППР должны быть отражены конкретные организационные и технологические решения, обеспечивающие безопасность выполняемых работ при наступлении отрицательных температур.

7.42 Строительные машины (краны, бульдозеры и т. д.) следует дополнительно утеплить, оснастить калориферами и др. отопительными устройствами промышленного изготовления.

7.43 Планировка откосов для укладки покрытия ПБЗГУ при отрицательных температурах допускается только в исключительных случаях.

7.44 Работы по возведению защиты от размыва подводных откосов инженерных сооружений из плит ПБЗГУ в период осеннего ледостава и весеннего ледохода запрещены.

7.45 В соответствии с проектом мерзлые грунты основания ПБЗГУ могут быть использованы в конструкции защиты от размыва откосов инженерного сооружения по I принципу (сохранение грунта в мерзлом состоянии в процессе строительства и в течение всего периода эксплуатации) или по II принципу – вечномерзлые грунты используются в оттаявшем состоянии в пределах расчётной глубины.

7.46 В проекте конструкции защиты от размыва откосов инженерного сооружения из ПБЗГУ рекомендуется применять только один принцип использования

вечномерзлых грунтов.

8 Техника безопасности работ на строительстве защиты от размыва грунтовых откосов из ПБЗГУ

8.1 При производстве работ по возведению защиты от размыва откосов инженерных сооружений из ПБЗГУ следует соблюдать требования проекта, СНиП 12-04-2002, а также правила и требования органов Государственного надзора.

8.2 Применяемые при производстве работ по возведению защиты от размыва откосов инженерных сооружений из ПБЗГУ плавучие средства, береговые механизмы и оборудование должны эксплуатироваться с соблюдением требований Регистра и Госгортехнадзора. Судовые участки акватории в местах производства работ следует оснастить соответствующими навигационными знаками.

8.3 Все подъемно-транспортные операции должны выполняться с соблюдением требований проекта и СНиП 12-04-2002.

Строповка плит ПБЗГУ должна проводиться с помощью специальной траверсы в местах, предусмотренных проектом. Подъем плит ПБЗГУ должен производиться при вертикальном положении грузового полиспаста. Кантование, перемещение волоком и сбрасывание с высоты не допускается.

8.4 Операции подъема, перемещения к месту установки и укладку плит ПБЗГУ, во избежание большой раскачки, следует производить плавно, без рывков, с применением растяжек, не допуская ударов, в том числе о ранее установленные элементы защитного покрытия ПБЗГУ.

8.5 Работники, занятые укладкой плит ПБЗГУ, должны быть обеспечены спецодеждой, спецобувью и индивидуальными средствами защиты, в том числе рук, в соответствии с «Перечнем профессий» и ГОСТ 12.4.103.

8.6 При производстве строительно-монтажных работ по возведению покрытия из плит ПБЗГУ должны соблюдаться следующие или аналогичные им инструкции:

- РД 10-74-94 «Типовая инструкция для крановщиков (машинистов) по безопасной эксплуатации стреловых самоходных кранов» (утверждена Госгортехнадзора РФ от 02.08.94);
- РД 10-107-94 «Типовая инструкция для стропальщиков по безопасному производству работ грузоподъемными машинами» (утверждена постановлением № 03 Госгортехнадзора РФ от 08.02.96);
- РД 31.70.05-91 «Типовые инструкции по организации и охране труда на водолазных работах» (утверждена ГлавМорСпецСлужбой СССР, 1991 г.).

8.7 Санитарные правила и санитарно-противоэпидемиологические мероприятия следует проводить в соответствии с СанПиН 1.1.1058-01 и СанПиН 2.2.3.1384-03.

9 Требования к охране окружающей природной среды

9.1 Возведение защиты от размыва откосов инженерных сооружений из

ПБЗГУ должно выполняться в соответствии с ППР и требованиями раздела ОВОС проекта и настоящих методических рекомендаций.

9.2 При производстве строительно-монтажных работ рекомендуется разработать мероприятия по уменьшению загрязнения строительной площадки, примыкающего водного объекта и его ледового покрова строительными и бытовыми отходами, а также нефтепродуктами.

9.3 Запрещается заправка транспортных и строительных машин топливом и маслом вне стационарных или передвижных заправочных пунктов. Запрещается мытьё машин в неустановленных местах.

9.4 Контроль над выполнением требований по охране окружающей природной среды осуществляется должностными лицами, органами государственного и экологического надзора, а также представителями проектной организации.

9.5 По степени воздействия на организм человека защитные покрытия из ПБЗГУ являются неопасными и пожаро- и взрывобезопасными изделиями.

9.6 При производстве плит ПБЗГУ какие-либо токсичные вещества и соединения не образуются, а общераспространенные загрязняющие вещества, например пыль от строительных материалов, поступает в воздушную и водную среду.

9.7 Воздействия на почву, воздушную и водную среду при возведении защитных покрытий из плит ПБЗГУ не образуются за исключением выбросов при работе двигателей строительных машин.

9.8 Отходы производства при возведении защитных покрытий из плит ПБЗГУ не образуются.

9.9 Токсичные или иные вредные соединения при контакте ПБЗГУ с водой водного объекта, в том числе морской, почвой и воздухом не образуются.

10 Указания по безопасной эксплуатации защитных покрытий из ПБЗГУ

10.1 Эксплуатация защиты от размыва откосов инженерных сооружений из плит ПБЗГУ должна быть организована в соответствии с требованиями проекта, СП 126.13330.2012, СП 68.13330.2011, а также настоящими методическими рекомендациями.

10.2 В процессе эксплуатации защиты от размыва откосов инженерных сооружений из плит ПБЗГУ должны быть предусмотрены меры, исключающие проезд каких-либо машин и механизмов по поверхности покрытия ПБЗГУ.

10.3 Предприятие-изготовитель (ООО «Спецпром 1») гарантирует продолжительность эксплуатации плит ПБЗГУ не менее 40 лет, но не более расчётного срока эксплуатации элементов конструкции плит ПБЗГУ (бетонных блоков и канатов) в конкретных природно-климатических условиях при наличии:

- проектной документации (копии), относящейся к защищаемому с помощью инженерному сооружению и его откосам;
- копии паспортов качества на плиты ПБЗГУ и входящие в него элементы, в том числе данные входного, операционного и выходного контроля;

- копии договорных документов на монтаж плит ПБЗГУ с приложением допусков (разрешений компетентных организаций) на выполнение конкретных строительно-монтажных работ данной строительной организацией;
- актов, фотоматериалов и других документов, свидетельствующих о разрушении плит ПБЗГУ.

10.4 Срок удовлетворения надлежаще оформленных и обоснованных гарантийных требований не должен превышать одного календарного месяца со дня обращения и представления всех необходимых документов.

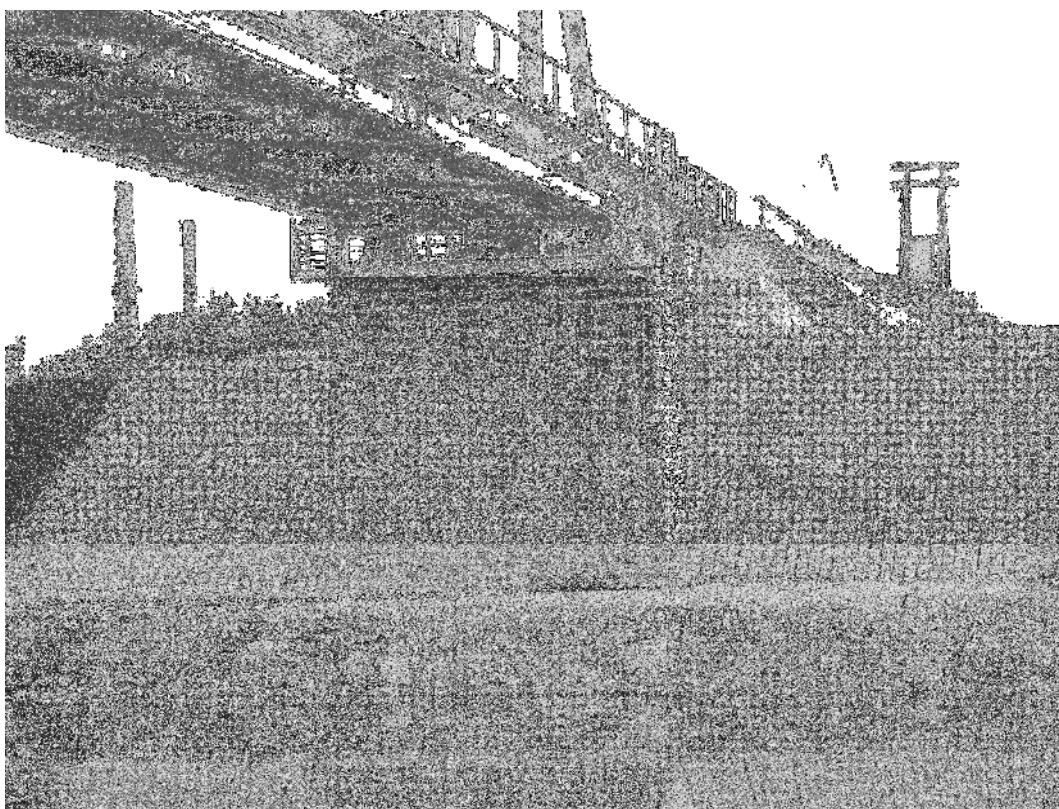
10.5 На начальном этапе эксплуатации защитного покрытия из ПБЗГУ, например в первые 3 – 4 года по окончании строительно-монтажных работ, рекомендуется организовать мониторинг за состоянием защитного покрытия на основе визуальных наблюдений и проведения геодезических изменений по согласованным проектной организацией контрольным точкам.

10.6 В случае обнаружения локального разрушения плиты ПБЗГУ до указанного в проекте срока его эксплуатации, рекомендуется выяснить причины, демонтировать деформированную плиту ПБЗГУ и заменить ее на новую плиту ПБЗГУ.

Фотографии гибкого бетонного покрытия на объектах



Берегоукрепление



Укрепление грунтового откоса у опоры моста

Для заметок